СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Задание КР-4 (задача 1, 2, 3, 4; 5)
Плоский изгиб прямого бруса

Условия задания КР-4
Прочностные расчеты при деформации плоского изгиба прямого бруса
4.1. Прочностные расчеты статически определимых балок, работающих на изгиб

1. Задание состоит из четырех задач (**задачи1, 2, 3, 4**).
2. Схемы балок изображены на рис.:
4.1.1 – задача 1, 4.1.2 – задача 2, 4.1.3 – задача 3, 4.1.4 а, б – задача 4.
3. Числовые данные указаны в табл.:4.1.1, 4.1.2 (задачи 1,2,3,4)
4. Профили поперечных сечений указаны на рис.4.1.5 (задачи 1, 2,3 ,4)
5. **Допускаемые напряжения**:
сталь: σ_{adm}=160 МПа; τ_{adm}=100 МПа;
чугун: σ_{adm}=60 МПа, τ_{adm} =40 МПа;
железобетон: σ_{adm}=30 МПа; τ_{adm}=10 МПа;
древесина – сосна σ_{adm} =12 МПа; τ_{adm} =1,5 МПа.

Требуется:

1. Вычислить внутренние силовые факторы, построить соответствующие графики внутренних силовых факторов в характерных сечениях (Q, кН; M, кН·м) (график усилий изгибающего момента строится **ТОЛЬКО** на **РАСТЯНУТОМ волокне**!).
2. По условиям прочности подобрать размеры поперечных сечений балок в соответствии с заданными типами поперечных сечений в соответствии с вариантами (и с выбранным типом материала, в зависимости от грузовых условий работы конструкции, и типами поперечных сечений в соответствии с вариантами (задачи 1, 2, 3, 4));
3. Вычислить действительные нормальные и касательные напряжения в опасных сечениях σ_{max}, τ_{max} при выбранных размерах поперечных сечений балок и сопоставить их с допускаемыми напряжениями σ_{adm}, τ_{adm};

4.1.1. Последовательность выполнения задания:
Расчет статически определимых балок, работающих на изгиб

1.1 **Выбор варианта** по номеру зачетной книжки студента:

три последние цифры номера зачетной книжки раскладываются на **сотни – № 1**,**десятки – № 2** и **единицы – № 3**(данные в табл.).

Например, № зачетной книжки 523068 раскладывается на:
предпредпоследняя цифра № 1 – 000 – это СОТНИ,
предпоследняя цифра № 2 – 60 – это ДЕСЯТКИ ,
последняя цифра зачетной книжки № 3 – 8 – это ЕДИНИЦЫ.

Данные для задания 4: задачи 1,2,3,4:

Таблица 4.1.1

№ 1 сотни	l_1, м	l_2, м	l_3, м	№ 2 десятки	q, кН/м	№ 3 единицы	M, кН·м	F, кН	Схема (рис. 4.1, 4.2, 4.3)
100	2	4	2	10	10	1	30	24	5
200	2	4	2	20	12	2	-20	-30	6
300	4	2	4	30	10	3	22	38	7
400	4	2	2	40	8	4	-28	-30	8
500	2	4	2	50	12	5	30	36	9
600	2	4	2	60	10	6	-20	-20	0
700	4	2	4	70	6	7	24	32	1
800	4	4	2	80	12	8	-28	-36	2
900	2	4	4	90	16	9	22	24	3
000	2	2	4	00	10	0	-24	-36	4

Примечание: знак «-» перед силой означает, что направление вектора силы **необходимо поменять на противоположное!** (это касается ТОЛЬКО НАПРАВЛЕНИЯ ВЕКТОРА действия силы *на расчетных схемах!)*

Таблица 4.1.2

№ 2 десятки	Тип сечения 2	№ 3 единицы	Тип сечения3
10	б	1	а
20	а	2	б
30	б	3	а
40	а	4	б
50	б	5	а
60	а	6	б
70	б	7	а
80	а	8	б
90	б	9	а
00	а	0	б

1.2. Вычертить расчетную схему балки с заданными нагрузками, соблюдая масштаб размеров по длине балки. Проставить числовые значения размеров конструкции и нагрузок.

1.3. Применить принцип освобождаемости от связей, отбросить связи в опорах, заменив опорными реакциями. Отобразить опорные реакции и вычислить их величины; нанести на расчетную схему полученные значения и направление векторов действия реакций.

1.4. Установить количество участков и характерных сечений, обозначить их на расчетной схеме. Под участком понимают часть балки, в пределах которой не изменяются нагрузки.

1.5. Нанести сечения в начале и в конце каждого участка, пронумеровать их арабскими цифрами и вычислить значения Q_i и M_i в данных сечениях.

1.6. Построить графики силовых факторов Q и M. Проставить числовые значения Q и M на границах участков и выделить сечения, где Q и M имеют экстремальные значения (График усилий изгибающего момента строится **ТОЛЬКО** на **РАСТЯНУТОМ волокне**!).

В пределах каждой эпюры следует соблюдать один масштаб для откладываемых величин.

1.7. Для каждой из четырех вариантов балок (задача 1, 2, 3, 4) по допускаемым напряжениям σ_{adm} подобрать размеры одного из следующих профилей поперечного сечения в соответствии с грузовыми условиями работы конструкций (в порядке убывания наибольшего изгибающего момента):

а) для двух балок с самыми большими значениями наибольшего изгибающего момента M_{max} выбрать профили 1 по рис. 4.1.5 (а: двутавр и б: два швеллера), материал – сталь. Допускаемые напряжения: для стали: σ_{adm}=160 МПа; τ_{adm}=100 МПа;

б) для балки с немного меньшим значением наибольшего изгибающего момента M_{max} – профиль 2 по рис. 4.1.5 (а: балка прямоугольного сечения: железобетон, соотношение сторон $h=2b$, или б: балка прямоугольного сечения: чугун, соотношение сторон $h=4b$; *в соответствии с вариантом (см. табл. 4.1.2)*). Допускаемые напряжения: для железобетона: σ_{adm}=30 МПа; τ_{adm}=10 МПа; для чугуна: σ_{adm}=60 МПа, τ_{adm} =40 МПа;

в) для балки с самым малым значением наибольшего изгибающего момента M_{max}, профиль 3 по рис. 4.1.5(а: бревно или б: брус, соотношение сторон $h=2b$; *в соответствии с вариантом (см. табл. 4.1.2)*), материал древесина – сосна. Допускаемые напряжения: для сосны σ_{adm} =12 МПа; τ_{adm} =1,5 МПа.

1.8 ***Принимать размеры поперечных профилей*** *двутавров и швеллеров* следует по таблицам ГОСТ для прокатной стали (см. Приложения УП или МУ).

Размеры поперечных сечений *профиля 2, 3* (рис. 4.1.5) *принимают* в соответствии с *существующим ассортиментом*, и принимают (см. пункт 1.12):

размеры профиля *2 (железобетон*) следует округлять до числа, кратного 10 мм (например, существующие размеры поперечных сечений железобетонных балок: 150×300 мм, 120×240 мм);

размеры профиля 2 (*чугун*) следует округлять до числа, кратного 5 мм (например, существующие размеры поперечных сечений чугунных балок: 75×375 мм, 70×280 мм);

размер профиля 3 (*древесина*) следует округлять до числа: кратного 10 мм – *балки прямоугольного сечения*, и 20 мм – *бревно* (например, существующие размеры поперечных сечений деревянных балок: 100×200 мм, 120×240 мм; бревно диаметрами: d=100 мм, 120 мм, 240 мм, 280 мм).

1.9. Вычертить профиль поперечного сечения и проставить принятые размеры.

1.10. Для каждой балки по принятым размерам поперечного сечения по условиям прочности вычислить действительные нормальные напряжения в

опасном сечении σ_{max} и сопоставить с допускаемыми нормальными напряжениями σ_{adm}, при этом перегрузка не должна превышать 5%, а недогрузка – 15%. На расчетных схемах указать первое опасное сечение по нормальным напряжениям I-I, первую опасную точку (·) 1, построить эпюры нормальных напряжений для данного сечения.

1.11. Для каждой балки по принятым размерам поперечного сечения вычислить действительные касательные напряжения в опасном сечении τ_{max} и сопоставить их с допускаемыми касательными напряжениями τ_{adm}. На расчетных схемах указать второе опасное сечение по касательным напряжениям II-II, вторую опасную точку (·) 2, построить эпюры касательных напряжений для данного сечения.

1.12. Примеры типоразмеров поперечных сечений балок в соответствии с *существующим ассортиментом*:

- профиль *2 (железобетон*) следует округлять до числа, кратного 10 мм: 100 × 200 мм, 110 × 220 мм, 120 × 240 мм, 130 × 260 мм, 140 × 280 мм, 150 × 300 мм, 160 × 320 мм, 180 × 360 мм, 200 × 400 мм;

- профиль 2 (*чугун*) следует округлять до числа, кратного 5 мм:
40 × 160 мм, 45× 180 мм, 50 × 200 мм, 55× 220 мм, 60 × 240 мм, 65× 260 мм, 70 × 280 мм, 75 × 300 мм, 80× 320 мм, 85× 340 мм, 90 × 360 мм, 100× 400 мм, 110 × 440 мм, 120 × 480 мм, 130× 520 мм;

- профиль 3 (*древесина*) следует округлять до числа, кратного 10 мм – *балки прямоугольного сечения*:
40 × 80 мм, 50 × 100 мм, 60 × 120 мм, 70 × 140 мм, 80 × 160 мм,
100 × 200 мм, 110 × 220 мм, 120 × 240 мм, 130 × 260 мм, 140 × 280 мм, 150 × 300 мм, 160 × 320 мм, 180 × 360 мм, 200 × 400 мм, 210 × 420 мм, 220 × 440 мм, 230 × 460 мм, 240 × 480 мм, 250 × 500 мм,

- профиль 3 (*древесина*) следует округлять до числа, кратного 20 мм – *бревно:*
бревно диаметром: d=80 мм, 100 мм, 110 мм, 120 мм, 140 мм, 150 мм, 160 мм, 180 мм, 200 мм, 210 мм, 220 мм, 230 мм, 240 мм, 260 мм, 280 мм, 300 мм, 320 мм.

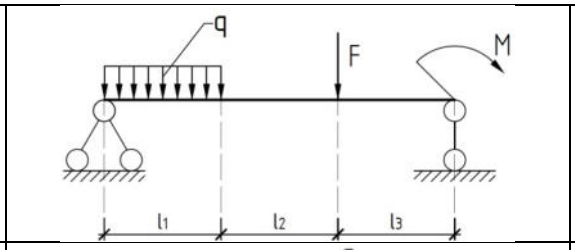
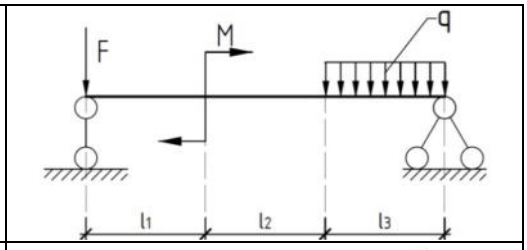
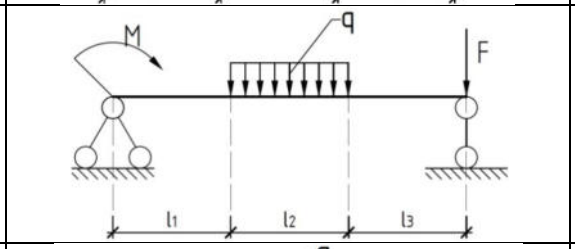
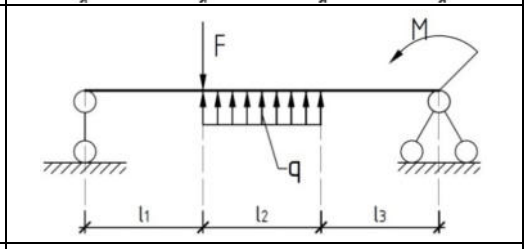
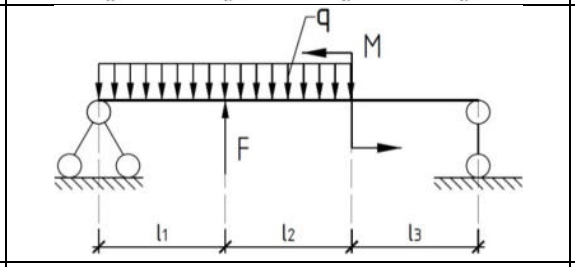
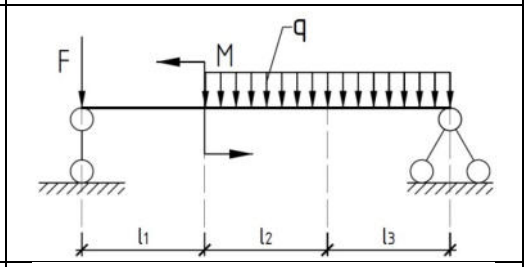
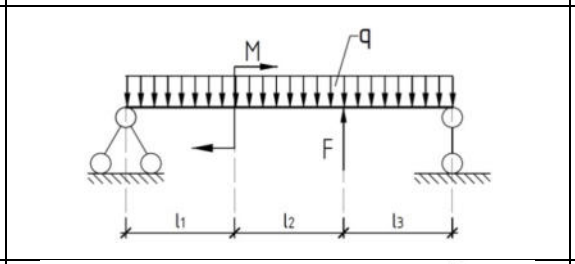
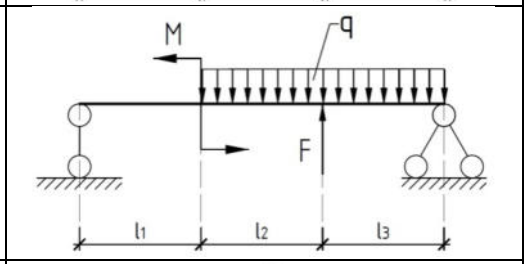
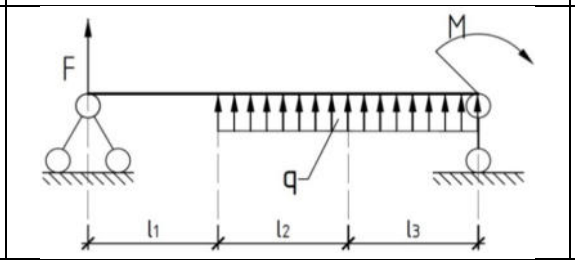
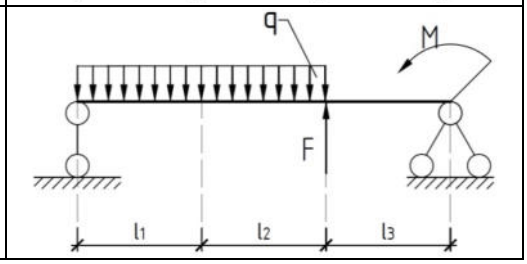
1.1		2.1	
3.1		4.1	
5.1		6.1	
7.1		8.1	
9.1		0.1	

Рис. 4.1.1. Схемы задания 4, задача 1

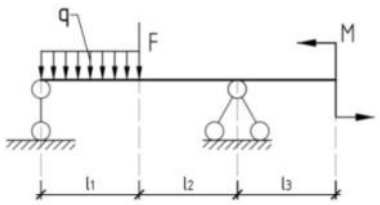
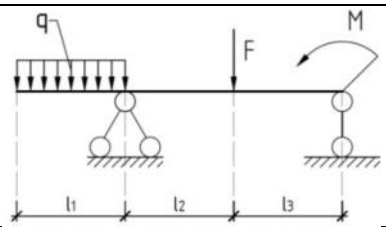
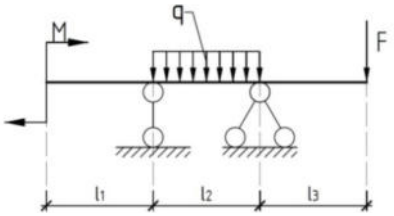
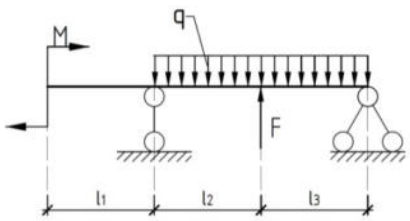
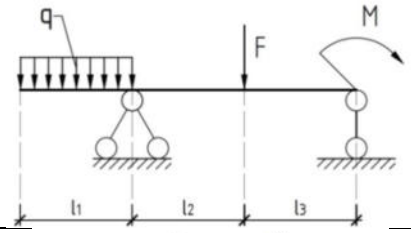
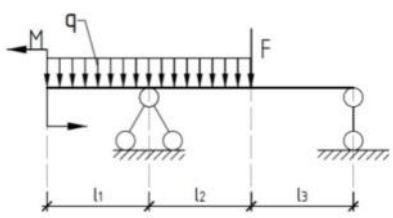
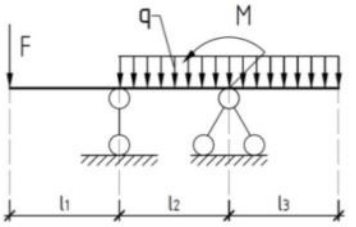
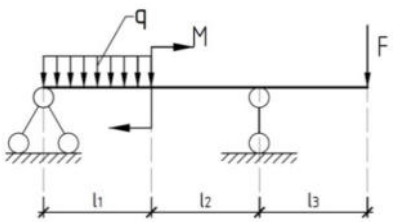
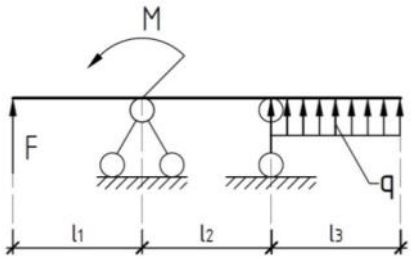
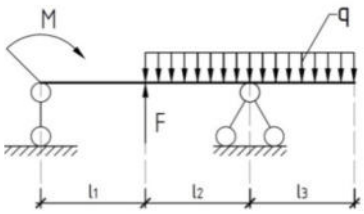
1.2		2.2	
3.2		4.2	
5.2		6.2	
7.2		8.2	
9.2		0.2	

Рис. 4.1.2. Схемы задания 4, задача 2

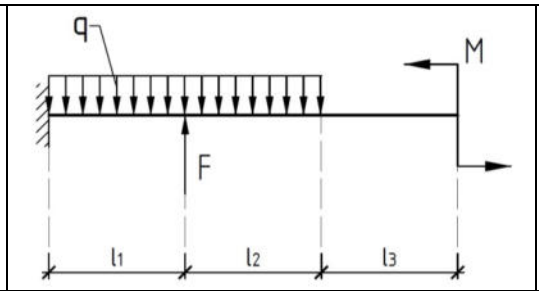
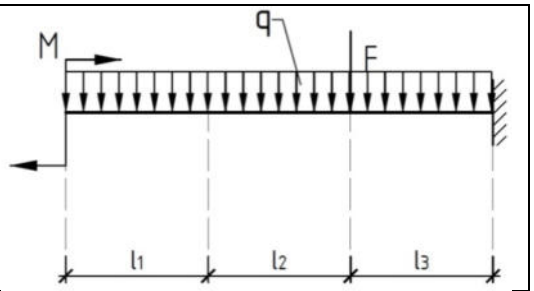
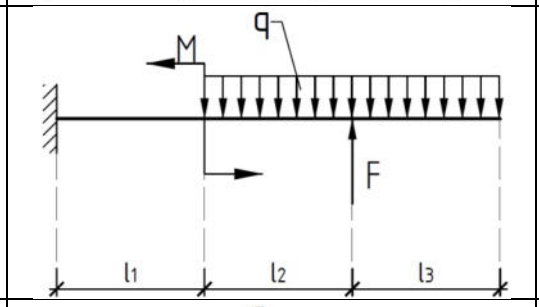
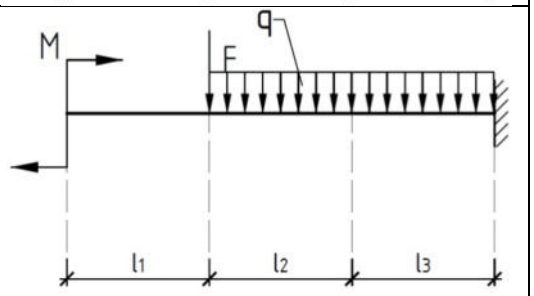
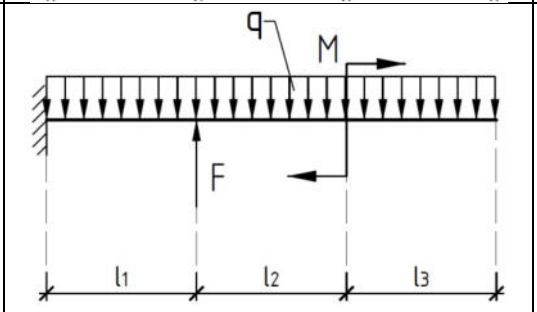
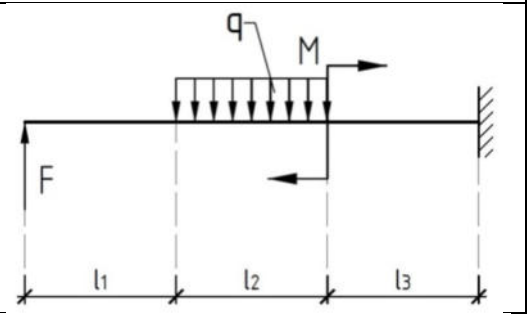
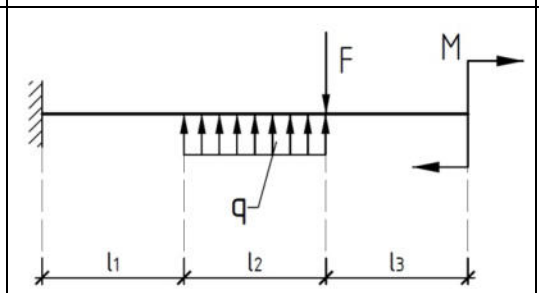
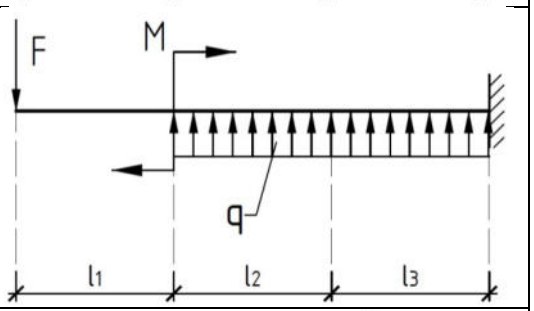
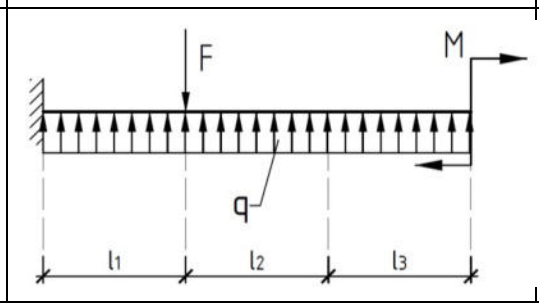
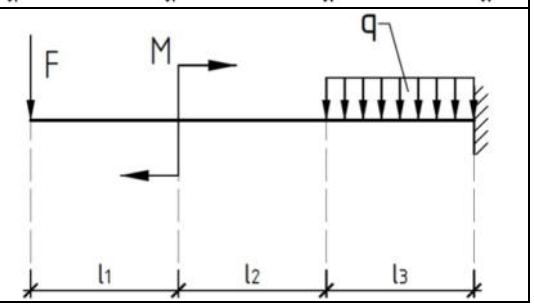
1.3		2.3	
3.3		4.3	
5.3		6.3	
7.3		8.3	
9.3		0.3	

Рис. 4.1.3. Схемы задания 4, задача 3

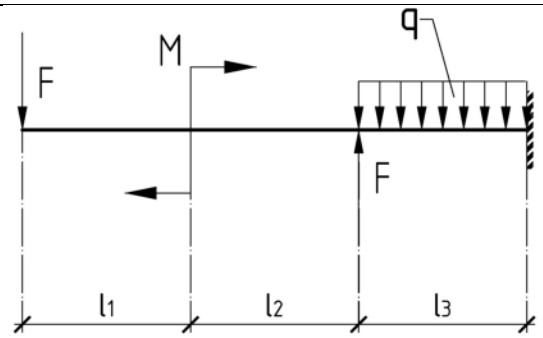
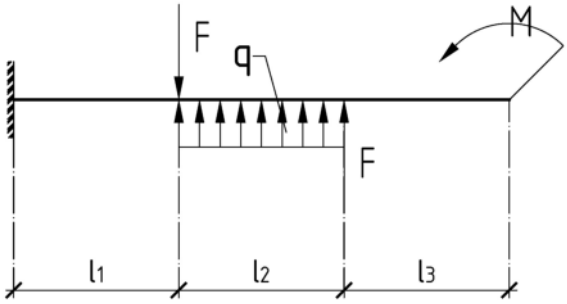
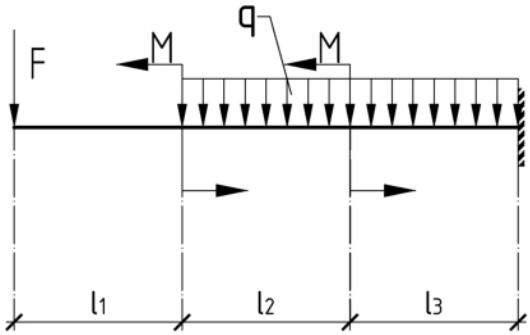
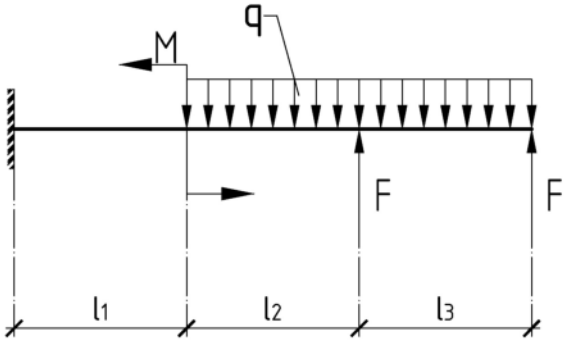
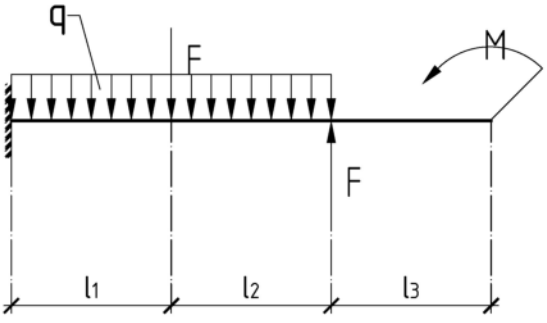
1.4	
2.4	
3.4	
4.4	
5.4	

Рис. 4.1.4.а. Схемы задания 4, задача 4

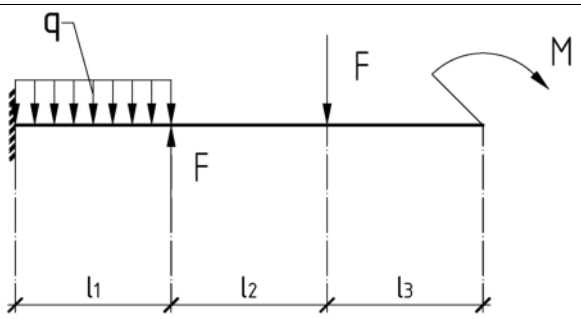
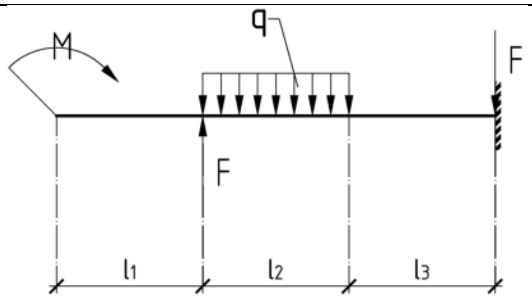
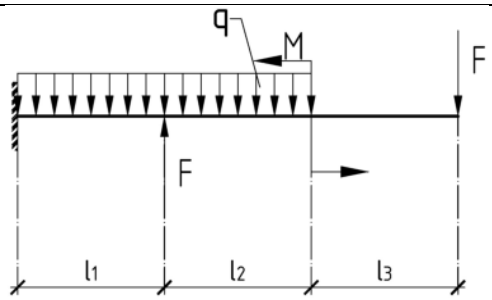
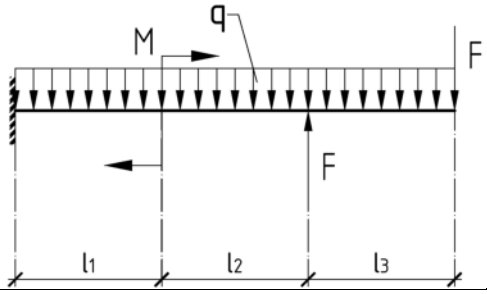
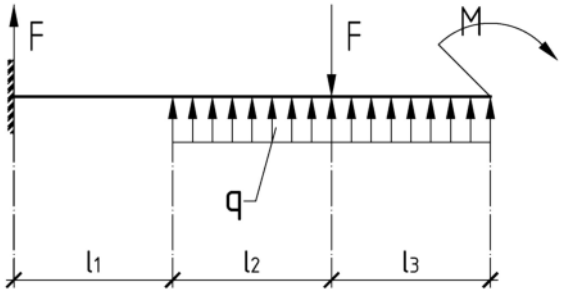
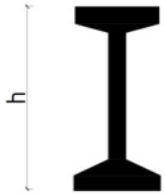
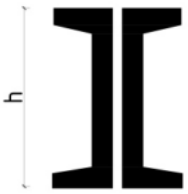
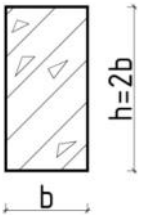
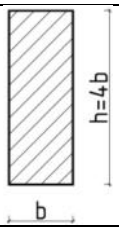
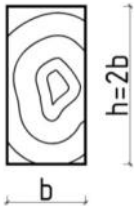
6.4	
7.4	
8.4	
9.4	
0.4	

Рис. 4.1.4.б. Схемы задания 4, задача 4

Профиль 1		Профиль 2		Профиль 3	
а	б	а	б	а	б
					
профиль 1а – двутавр, материал: сталь	профиль 1б – два швеллера, материал: сталь	профиль 2а – прямоугольное сечение, материал: железобетон	профиль 2б – прямоугольное сечение, материал: чугун	профиль 3а – бревно, материал: древесина – сосна	профиль 3б – брус, материал: древесина – сосна
Рис. 4.1.5. Профили поперечных сечений для задания 4 (задачи 1,2,3,4)					

Таблицы сортамента смотрите в Приложениях учебного пособия:

«Кривоногова, А. С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направления подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02очной формы обучения / А. С. Кривоногова[и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.»

или методических указаний:

«Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчётных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А. С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.»

Методику выполнения смотрите в учебном пособии: «Кривоногова, А. С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направления подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02очной формы обучения / А. С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.»

4.2. Прочностные расчеты статически определимых многопролетных консольно-шарнирных балок, работающих на изгиб

1. Задание состоит из одной задачи (**задача 5**).
2. Схемы балок изображены на рис.:
4.2.1 – задача 5.
3. Числовые данные указаны в табл.:4.2.1, 4.2.2 (задача 5).
4. Профили поперечных сечений указаны на рис.4.2.2 (задача 5).
5. **Допускаемые напряжения**:
сталь: σ_{adm}=160 МПа; τ_{adm}=100 МПа;

Т р е б у е т с я :

1. Вычислить внутренние силовые факторы, построить соответствующие графики внутренних силовых факторов в характерных сечениях (Q, кН; M, кН·м) (график усилий изгибающего момента строится **ТОЛЬКО** на **РАСТЯНУТОМ волокне**!).
2. По условиям прочности подобрать размеры поперечных сечений балок в соответствии с заданными типами поперечных сечений в соответствии с вариантами (задача 5).
3. Вычислить действительные нормальные и касательные напряжения в опасных сечениях σ_{max}, τ_{max} при выбранных размерах поперечных сечений балок и сопоставить их с допускаемыми напряжениями σ_{adm}, τ_{adm};

4.2.1. Последовательность выполнения задания: Проектировочный расчет многошарнирной балки, работающей на изгиб

2.1. **Выбор варианта** по номеру зачетной книжки студента:

три последние цифры номера зачетной книжки раскладываются на **сотни – № 1**,**десятки – № 2** и **единицы – № 3**(данные в табл.).

Например, № зачетной книжки 523068 раскладывается на:

предпредпоследняя цифра № 1 – 000 – это СОТНИ,

предпоследняя цифра № 2 – 60 – это ДЕСЯТКИ ,

последняя цифра зачетной книжки № 3 – 8 – это ЕДИНИЦЫ.

2.2. Вычертить расчетную схему балки с заданными нагрузками, соблюдая масштаб размеров по длине балки. Проставить числовые значения размеров конструкции и нагрузок.

2.3. Применить принцип освобождаемости от связей, отбросить связи в опорах, заменив опорными реакциями. Отобразить опорные реакции.

2.4. Выполнить анализ кинематического состояния конструкции. Определить степень статической определимости и геометрической неизменяемости конструкции (ГНиСО).

2.5. Разрезать многодисковую конструкцию на отдельные диски по шарнирам. Представить поэтажную монтажную схему конструкции со всеми связями (в проекционной связи с основной расчетной схемой).

2.6. Вычертить в проекционной связи с основной расчетной схемой расчетные схемы отдельных дисков с обозначением усилий давлений в разрезанных шарнирах. На расчетных схемах нанести все величины: размеры конструкции, нагрузки, искомые опорные реакции, давления в шарнирах.

2.7. Записать условия равновесия статики для каждого диска. Решить уравнения равновесия статики для каждого диска: определить опорные реакции, давления в шарнирах.

Доказать равновесие каждого диска. Записать и решить проверочные уравнения равновесия статики для каждого диска (отличные от ранее используемых уравнений; включающее все найденные опорные реакции, давления в шарнирах, все присутствующие на конструкции заданные внешние нагрузки).

На расчетных схемах каждого диска нанести (исправить) найденные действительные направления опорных реакций, давлений в шарнирах и величины.

2.8. Вычертить окончательную расчетную схему конструкции с заданными нагрузками, соблюдая масштаб размеров по длине балки. Проставить числовые значения размеров конструкции и нагрузок, отобразить опорные реакции с действительными направлениями векторов усилий и их величины.

2.9. Доказать равновесие всей конструкции. Записать и решить проверочное уравнение равновесия статики всей конструкции (отличное от ранее используемых уравнений; включающее все найденные опорные реакции, все присутствующие на конструкции заданные внешние нагрузки).

2.10. Установить количество участков и характерных сечений, обозначить их на расчетной схеме. Под участком понимают часть балки, в пределах которой не изменяются нагрузки.

2.11. Нанести сечения в начале и в конце каждого участка, пронумеровать их арабскими цифрами и вычислить значения Q_i и M_i в данных сечениях.

2.12. Построить графики силовых факторов Q и M. Проставить числовые значения Q и M на границах участков и выделить сечения, где Q и M имеют экстремальные значения (График усилий изгибающего момента строится **ТОЛЬКО** на **РАСТЯНУТОМ волокне**!).

В пределах каждой эпюры следует соблюдать один масштаб для откладываемых величин.

2.13. По условию прочности по допускаемым напряжениям σ_{adm} подобрать размеры поперечного сечения одного из следующих профилей прокатной стали (*в соответствии с вариантом (см. рис. 4.2.2, табл. 4.2.2)).*

Допускаемые напряжения: для стали: σ_{adm}=160 МПа; τ_{adm}=100 МПа

Принимать размеры поперечных профилей *двутавров и швеллеров* следует по таблицам ГОСТ для прокатной стали (см. Приложения УП или МУ).

2.14. Вычертить профиль поперечного сечения и проставить принятые размеры.

2.15. Для балки по принятым размерам поперечного сечения по условиям прочности вычислить действительные нормальные напряжения в опасном сечении σ_{max} и сопоставить с допускаемыми нормальными напряжениями σ_{adm}, при этом перегрузка не должна превышать 5%, а недогрузка – 15%. На расчетных схемах указать первое опасное сечение по нормальным напряжениям I-I, первую опасную точку (·) 1, построить эпюры нормальных напряжений для данного сечения.

2.16. Для балки по принятым размерам поперечного сечения вычислить действительные касательные напряжения в опасном сечении τ_{max} и сопоставить их с допускаемыми касательными напряжениями τ_{adm}. На расчетных схемах указать второе опасное сечение по касательным напряжениям II-II, вторую опасную точку (·) 2, построить эпюры касательных напряжений для данного сечения.

Таблицы сортамента смотрите в Приложениях учебного пособия:

«Кривоногова, А. С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направления подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02очной формы обучения / А. С. Кривоногова[и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.»

или методических указаний:

«Механика. Справочные материалы: методические указания по выполнению расчётных работ для подготовки бакалавров всех форм обучения / сост.: А. С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. – 56 с.»

Методику выполнения смотрите в учебном пособии: «Кривоногова, А. С. Прочностные расчеты элементов конструкций, деталей машин лесозаготовок и лесного хозяйства: учебное пособие по выполнению расчетов для бакалавров направления подготовки: 13.03.01, 18.03.01, 18.03.02, 20.03.01, 23.03.01, 35.03.02очной формы обучения / А. С. Кривоногова [и др.]. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 80 с.»

Задача 5

Расчет многошарнирной балки, работающей на изгиб

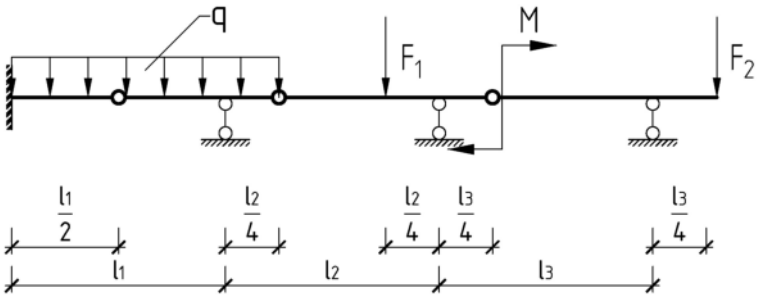
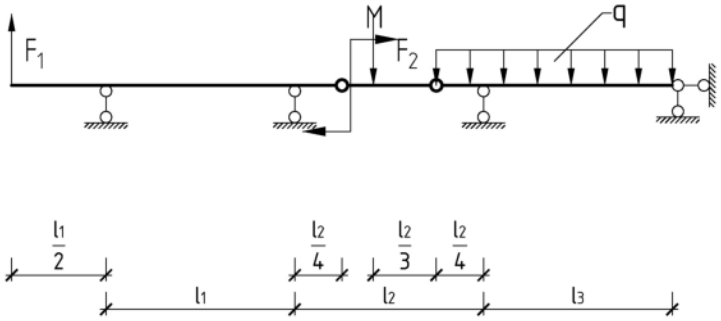
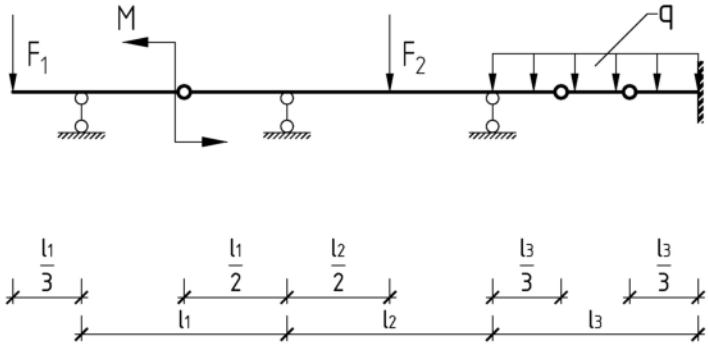
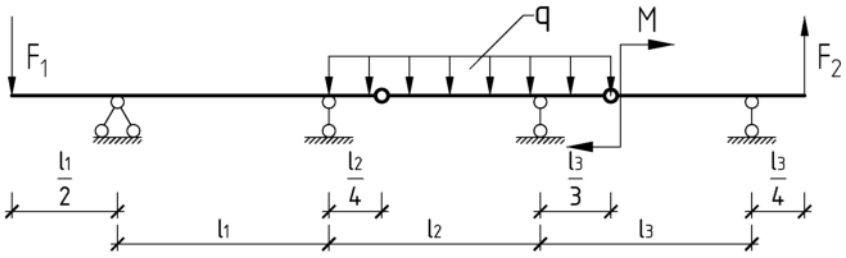
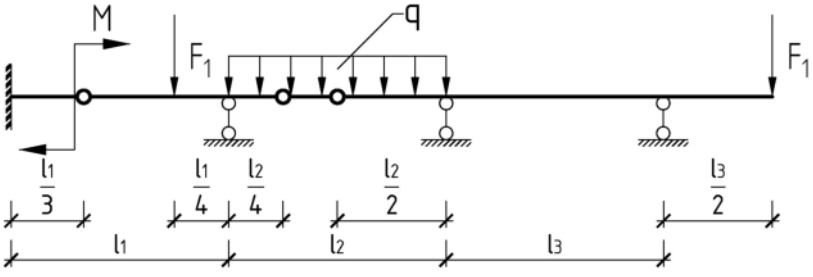
схема	условие
1	
2	
3	
4	
5	

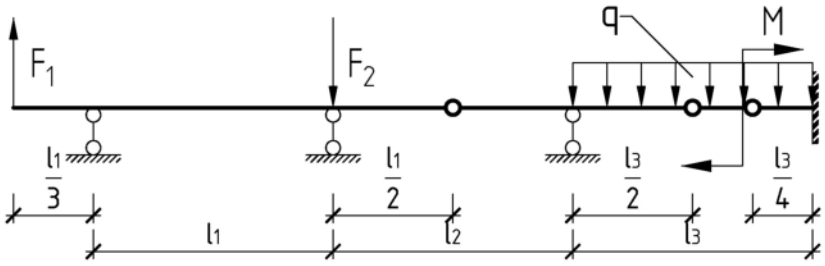
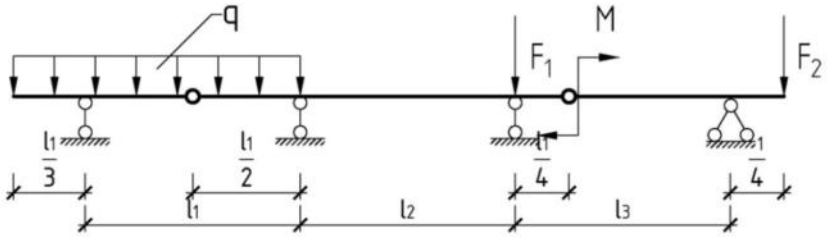
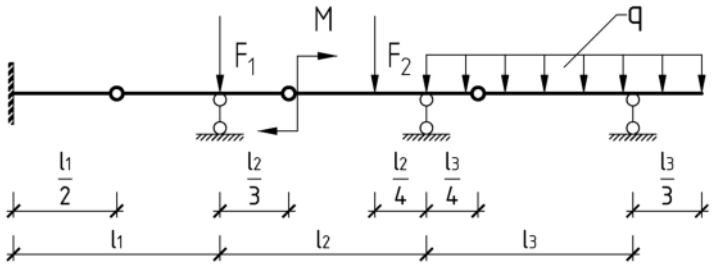
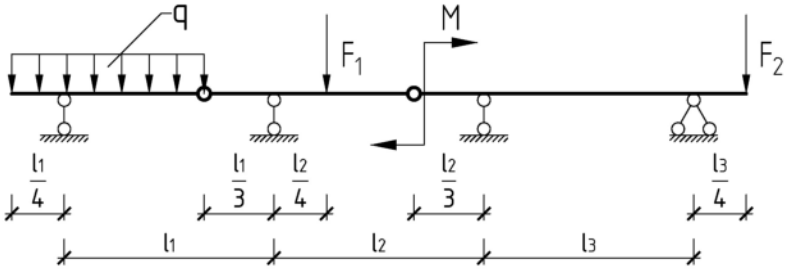
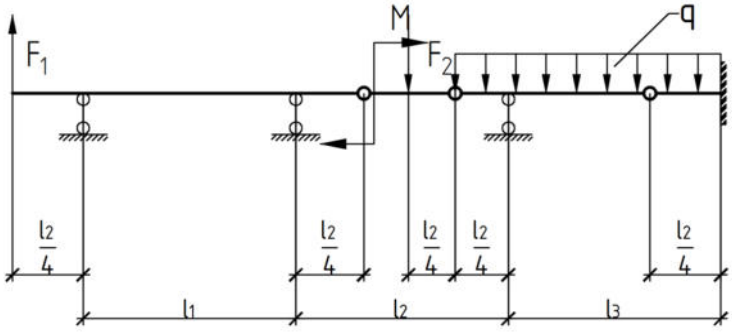
схема	условие
6	
7	
8	
9	
0	

Рис. 4.2.1. Схемы задания 4, задача 5

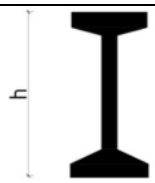
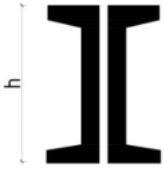
Табл. 4.2.1

№ 1 сотни	F_1, кН	l_1, м	№ 2 десятки	F_2, кН	q, кН/м	l_2, м	№ 3 единицы	l_3, м	M, кН·м	Схема (рис.)
100	12	1,8	**10**	11	6	1,4	**1**	2,4	14	0
200	10	1,2	**20**	13	8	1,8	**2**	2,4	10	9
300	14	1,8	**30**	9	4	2,4	**3**	1,8	18	8
400	18	2,4	**40**	8	10	1,2	**4**	1,2	10	7
500	14	2,4	**50**	5	8	1,2	**5**	3,0	16	6
600	11	1,2	**60**	12	6	3,0	**6**	1,8	10	5
700	10	1,8	**70**	10	5	1,2	**7**	2,4	12	4
800	13	2,4	**80**	11	10	1,2	**8**	1,2	16	3
900	10	2,4	**90**	14	12	1,2	**9**	1,8	14	2
000	14	1,2	**00**	12	10	3,0	**0**	1,4	16	1

Таблица 4.2.2

№ 3 единицы	Тип сечения 1
1	а
2	б
3	а
4	б
5	а
6	б
7	а
8	б
9	а
0	б

Рис.4.2.2 Профили поперечного сечения балки

а	**б**
	
профиль 1а – двутавр, материал: сталь	профиль 1б – два швеллера, материал: сталь

Допускаемые напряжения: для стали: σ_{adm}=160 МПа; τ_{adm}=100 МПа;