СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Задание КР-3

Расчет статически неопределимого стержня, находящегося под действием продольных сил

Условия задания КР-3

Последовательность выполнения задания:

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 358017 раскладывается на:

предпредпоследняя цифра № 1 – 000 – это СОТНИ,
предпоследняя цифра № 2 – 10 – это ДЕСЯТКИ ,
последняя цифра зачетной книжки № 3 – 7 – это ЕДИНИЦЫ.

1.2. Схемы стержней изображены на рис.1.1.2, 1.2.2 (**Примечание**. На рис. точка приложения силы F_1 и F_2 указанажирной точкой, соответствует вершине вектора силы).

1.3. Числовые данные указаны в табл. 1.1.1, 1.1.2; 1.2.1, 1.2.2;

1.4. Типы поперечных сечений на рис.1.1.1, 1.2.1, табл. 1.1.2, 1.2.2

1.5. Модуль упругости $E=2\cdot10^5$ МПа.

1.6. Допускаемое напряжение $\sigma_{adm}=160$ МПа.

Задача 1. Проверочный расчет, расчет на деформативность статически неопределимых стержней, находящихся под действием продольных сил

Требуется: раскрыть статическую неопределимость методом перемещений (определить опорные реакции); вычислить продольные усилия (N_i, кН) и нормальные напряжения (σ_i, МПа) во всех характерных сечениях стержня, построить графики внутренних силовых факторов. В соответствии с условиями прочности проверить размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2, если условие прочности не выполнено, подобрать необходимые размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2,: стальной стержень квадратного сечения (см. варианты в табл. 1.1.2) (в таблицах стального сортамента: см. Приложения в УП или МУ).

2. Вычертить схему стержня с приложенными силами, соблюдая пропорции размеров по длине стержня и заданными условными соотношениями размеров поперечных сечений. Нанести числовые значения размеров и сил на расчетной схеме. Эта расчетная схема – *заданная система* (ЗС).

3. Применить принцип освобождаемости от связей, отбросить связи в опорах, заменив опорными реакциями. Отобразить реакции опор, нанести на расчетную схему.

4. Решение статически неопределимых задач начинается с определения *степени статической неопределимости*. Приводим заданную систему к *основной системе* путем отбрасывания «лишней» связи до образования статически определимой системы. Используемая основная система должна быть *кинематически неизменяема*.

5. Отбрасываем одну из заделок, «лишнюю» связь. Вычерчиваем *основную систему* (ОС).

6. К основной системе добавляется неизвестная реактивная сила, уравнение деформаций, накладываемое отброшенной «лишней» связью. Таким образом, система преобразуется в *эквивалентную систему* (ЭС).

7. Дальнейшее решение статически неопределимой системы выполняется как решение статически определимой эквивалентной системы.

8. Составляем уравнение перемещений $\Delta l_{общ}=0$.

9. Установить число участков. Под участком понимают часть стержня, в пределах которой не изменяются ни продольная сила, ни площадь поперечного сечения.

10. На каждом участке перпендикулярно продольной оси стержня нанести сечения. Пронумеровать эти сечения арабскими цифрами, например, 1–1, 2–2 и т. д.

11. Решаем уравнение перемещений относительно неизвестной «лишней» реакции.

12. На расчетной схеме наносим действительное направление действия реактивной силы.

13. Написать условие уравнение равновесия статики.

14. Решить уравнение равновесия статики относительно второй неизвестной опорной реакции:

$$\sum_{i=1}^{n} F_{i(x)} = 0 \text{ или } \sum_{i=1}^{n} F_{i(z)} = 0.$$

15. Отобразить реакции опор с нанесением на расчетную схему ***полученных*** *значений и* ***направлений*** *векторов действия реакций.*

16. Для каждого участка вычислить величину продольной силы N_1, N_2, N_i, …, N_n с учетом знака. Продольная растягивающая сила имеет знак «+», а продольная сжимающая сила – знак «–».

17. Построить эпюру продольных усилий N, то есть построить график изменения величины продольного усилия N в сечениях по длине стержня.

На эпюре продольных сил следует указать числовые значения всех характерных ординат, указать символами на графике растянутые и сжатые зоны («+» и «-»).

18. Вычислить величины нормальных напряжений σ_i для каждого участка σ_1, σ_2, σ_i, …, σ_n по поперечным сечениям.

Растягивающие напряжения имеют знак «+», а сжимающие – знак «–». Построить графики нормальных напряжений. На эпюре следует указать числовые значения всех характерных ординат, указать символами на графике растянутые и сжатые зоны («+» и «-»).

19. В соответствии с условиями прочности проверить размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2 , если условие прочности не выполнено (перегрузка превышает 5%, недогрузка превышает 15%), подобрать необходимые размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2,: стальной стержень квадратного (в таблицах стального сортамента: см. Приложения в УП или МУ). Вычертить смеху конструкции, пропорционально, с принятыми размерами поперечных сечений, обозначить параметры на расчетной схеме.

20. Вычислить величины действительных нормальных напряжений σ_i для каждого участка σ_1, σ_2, σ_i, …, σ_n по поперечным сечениям. Растягивающие напряжения имеют знак «+», а сжимающие – знак «–».Построить графики нормальных напряжений. На

эпюре следует указать числовые значения всех характерных ординат, указать символами на графике растянутые и сжатые зоны («+» и «-»).

Условия задания Задача 1:

Таблица 1.1.1

№ 1 сотни	a, м	b, м	№ 2 десятки	c, м	d, м	A_1, см^2	№ 3 единицы	A_2, см^2	F_1, кН	F_2, кН	Схема (рис. 1.1.2)
100	0,8	1,2	10	1.8	1,2	10.24	1	56.25	500	100	3
200	1,0	1,2	20	2.4	0.8	12.25	2	72.25	400	200	4
300	1,4	1,2	30	1.4	0.8	14.14	3	49.00	300	300	5
400	1,6	1,0	40	1.8	1.0	42.25	4	12.96	600	100	6
500	1,4	1,0	50	1.2	1.2	21.16	5	39.69	200	200	7
600	1,2	0,8	60	1.0	1.0	72.25	6	16.00	400	300	8
700	1,2	1,0	70	1.4	1.4	17.64	7	33.64	90	100	9
800	1,6	1,2	80	1.6	1.2	11.56	8	30.25	80	200	0
900	1,2	1,4	90	1.2	1.2	27.04	9	20.25	100	300	1
000	1,2	1,6	00	1.0	1.0	9.00	0	56.25	200	400	2

Таблица 1.1.2

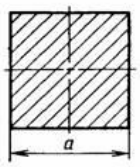
Тип сечения


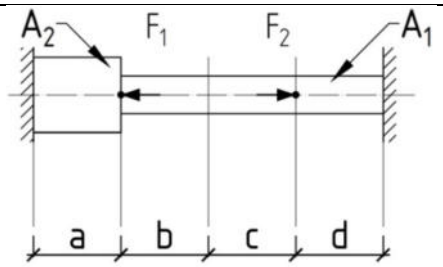
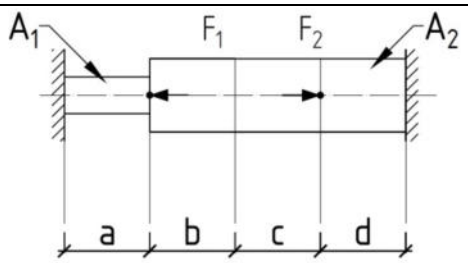
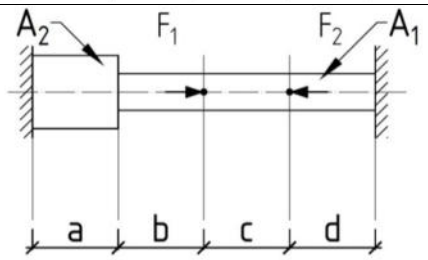
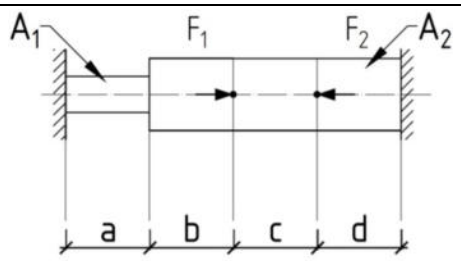
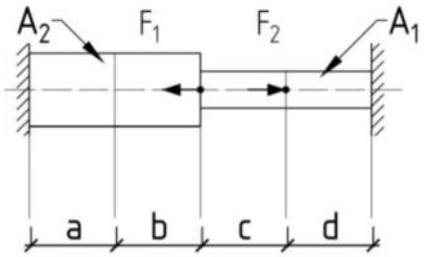
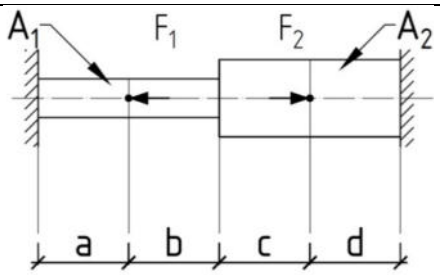
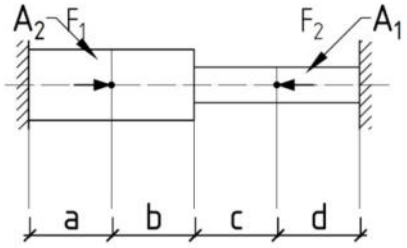
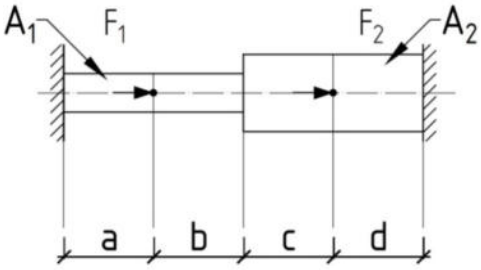
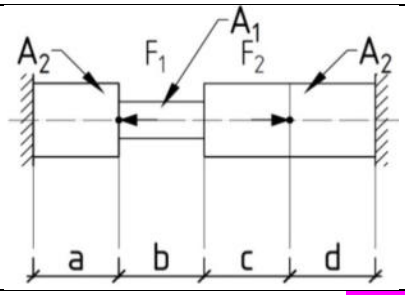
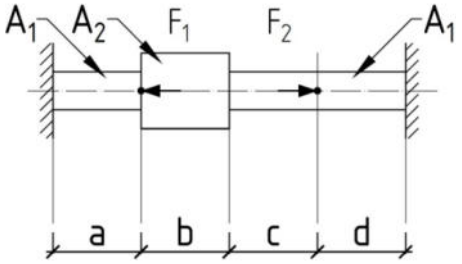
Рис. 1.1.1 Типы сечений для задания

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.»

Таблицы сортамента прокатной стали смотреть в Приложениях:

«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.»

«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.»

№ схемы	Варианты схем задания 1		№ схемы
1.1			1.2
1.3			1.4
1.5			1.6
1.7			1.8
1.9			1.0
	Рис. 1.1.2 Схемы задания		

Примечание. На рис. точка приложения силы F_1 и F_2 соответствует вершине стрелки.

Задача 2. Проектировочный расчет, расчет на деформативность статически неопределимых стержней, находящихся под действием продольных сил

Требуется: раскрыть статическую неопределимость методом перемещений (определить опорные реакции); вычислить продольные усилия (N_i, кН) и нормальные напряжения (σ_i, МПа) во всех характерных сечениях стержня, построить графики внутренних силовых факторов. В соответствии с условиями прочности проверить размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2, если условие прочности не выполнено, подобрать необходимые размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2,: стальной стержень квадратного сечения (см. варианты в табл. 1.2.1) (в таблицах стального сортамента: см. Приложения в УП или МУ).

2. Вычертить схему стержня с приложенными силами, соблюдая пропорции размеров по длине стержня и заданными условными соотношениями размеров поперечных сечений. Нанести числовые значения размеров и сил на расчетной схеме. Эта расчетная схема – *заданная система* (ЗС).

3. Применить принцип освобождаемости от связей, отбросить связи в опорах, заменив опорными реакциями. Отобразить реакции опор, нанести на расчетную схему.

4. Решение статически неопределимых задач начинается с определения *степени статической неопределимости*. Приводим заданную систему к *основной системе* путем отбрасывания «лишней» связи до образования статически определимой системы. Используемая основная система должна быть *кинематически неизменяема*.

5. Отбрасываем одну из заделок, «лишнюю» связь. Вычерчиваем *основную систему* (ОС).

6. К основной системе добавляется неизвестная реактивная сила, уравнение деформаций, накладываемое отброшенной «лишней» связью. Таким образом, система преобразуется в *эквивалентную систему* (ЭС).

7. Дальнейшее решение статически неопределимой системы выполняется как решение статически определимой эквивалентной системы.

8. Составляем уравнение перемещений $\Delta l_{\text{общ}}=0$.

9. Установить число участков. Под участком понимают часть стержня, в пределах которой не изменяются ни продольная сила, ни площадь поперечного сечения.

10. На каждом участке перпендикулярно продольной оси стержня нанести сечения. Пронумеровать эти сечения арабскими цифрами, например, 1–1, 2–2 и т. д.

11. Решаем уравнение перемещений относительно неизвестной «лишней» реакции.

12. На расчетной схеме наносим действительное направление действия реактивной силы.

13. Написать условие уравнение равновесия статики.

14. Решить уравнение равновесия статики относительно второй неизвестной опорной реакции:

$$\sum_{i=1}^{n} F_{i(x)} = 0 \text{ или } \sum_{i=1}^{n} F_{i(z)} = 0.$$

15. Отобразить реакции опор с нанесением на расчетную схему ***полученных*** *значений и* ***направлений*** *векторов действия реакций.*

16. Для каждого участка вычислить величину продольной силы N_1, N_2, N_i, …, N_n с учетом знака. Продольная растягивающая сила имеет знак «+», а продольная сжимающая сила – знак «–».

17. Построить эпюру продольных усилий N, то есть построить график изменения величины продольного усилия N в сечениях по длине стержня.

На эпюре продольных сил следует указать числовые значения всех характерных ординат, указать символами на графике растянутые и сжатые зоны («+» и «-»).

18. В соответствии с условиями прочности рассчитать размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2 (в соответствии с *условиями прочности* $\sigma_{max} \leq \sigma_{adm}$=160 МПа (подбор сечения осуществляется ТОЛЬКО исходя из условий прочности, а не из условий примерных соотношений площадей A_1:A_2, указанных в условии задачи!). Подобрать необходимые размеры поперечных сечений конструкции A_1, A_2: стальной стержень квадратного или круглого сечений (см. варианты в табл. 1.2.1, 1.2.2 рис.1.2.1) (в таблицах стального сортамента: см. Приложения в УП или МУ).

19. Вычислить величины нормальных напряжений σ_i для каждого участка σ_1, σ_2, σ_i, …, σ_n по поперечным сечениям, с принятыми размерами поперечных сечений.

Растягивающие напряжения имеют знак «+», а сжимающие – знак «–». Построить графики нормальных напряжений. На эпюре следует указать числовые значения всех характерных ординат, указать символами на графике растянутые и сжатые зоны («+» и «-»).

20. Вычертить смеху конструкции, пропорционально, с принятыми размерами поперечных сечений, обозначить параметры на расчетной схеме.

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.»

Таблицы сортамента прокатной стали смотреть в Приложениях:

«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.»

«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.»

Условия задания Задача 2:

Таблица 1.2.1

№ 1 сотни	*a*, м	*b*, м	№ 2 десятки	*c*, м	*d*, м	№ 3 единицы	F_1, кН	F_2, кН	A_1:A_2	Схема (рис. 1.2.2)	Тип сечения (рис.1.2.1)
100	1.8	1,2	10	1,2	0,8	1	600	1000	3:1	1	2
200	2.4	0.8	20	1,2	1,0	2	900	1100	2:3	2	1
300	1.4	0.8	30	1,2	1,4	3	700	1200	1:3	3	2
400	1.8	1.0	40	1,0	1,6	4	800	1000	4:3	4	1
500	1.2	1.2	50	1,0	1,4	5	500	1100	2:4	5	2
600	1.0	1.0	60	0,8	1,2	6	1000	1400	2:1	6	1
700	1.4	1.4	70	1,0	1,2	7	900	900	1:2	7	2
800	1.6	1.2	80	1,2	1,6	8	800	800	3:4	8	1
900	1.2	1.2	90	1,4	1,2	9	500	700	1:2	9	2
000	1.0	1.0	00	1,6	1,2	0	700	500	3:2	0	1

Таблица 1.2.2

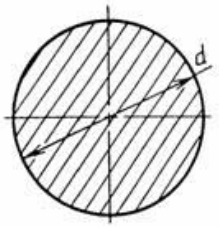
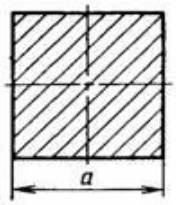
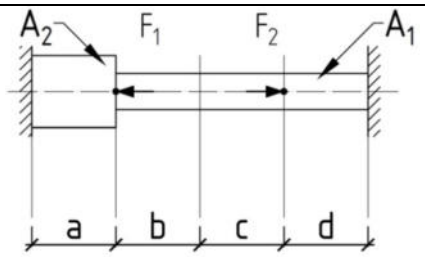
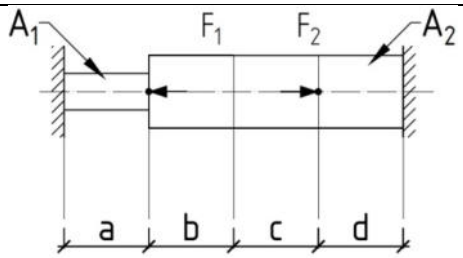
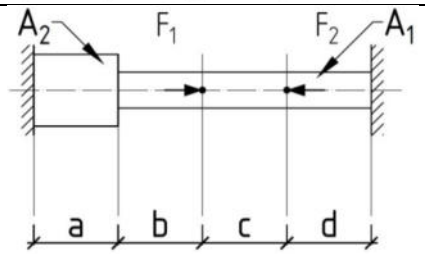
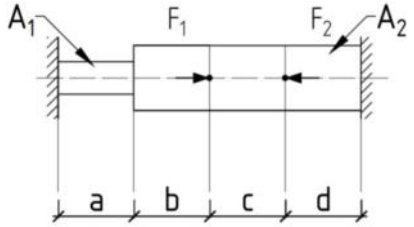
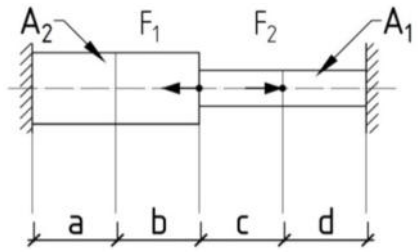
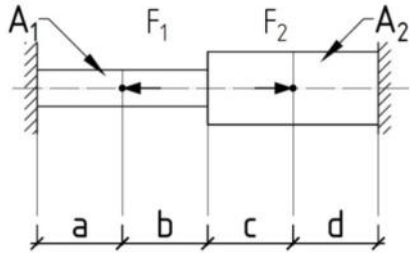
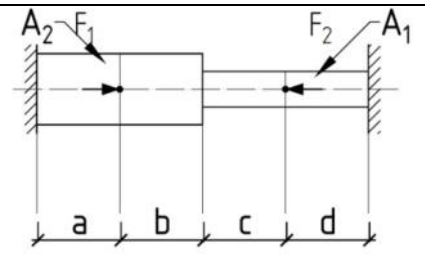
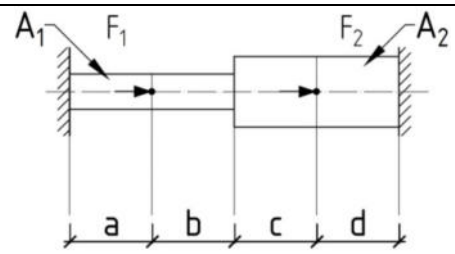
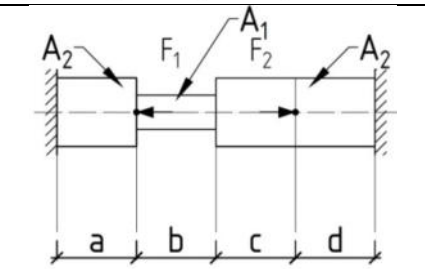
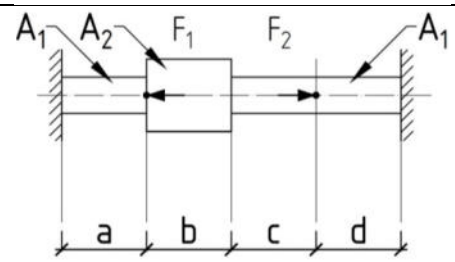
Тип сечения 1	Тип сечения 2
	

Рис. 1.2.1. Типы сечений для задания

№ схемы	Варианты схем задания		№ схемы
2.1			2.2
2.3			2.4
2.5			2.6
2.7			2.8
2.9			2.0
	Рис. 1.2.2Схемы задания		

Примечание. На рис. точка приложения силы F_1 и F_2 соответствует вершине стрелки.