Ув. студенты! Ознакомиться с практическим заданием, выполнить задание, согласно своего варианта. Выполненное задание предоставить до **16.02** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

Практическая работа

Тема: **Растяжение и сжатие сплошного стержня**

Цель: Научиться выполнять расчеты элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия)

Список рекомендованной литературы

1. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1989
2. Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1986

Задание: Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами F_1 и F_2 , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса.

При расчетах принять $[\sigma]$ *=150МПа: Е=2·10*^{5}*МПа.* Исходные данные выбрать из таблицы 1.

Порядок выполнения:

1 Изобразить расчетную схему в соответствии с вариантом.

2 Выписать исходные данные из таблицы.

3 Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеровать участки.

4 Определить внутренние силовые факторы на каждом участке для чего применить метод сечения.

5 Построить эпюру N_z.

6 Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma] \qquad (1)$$

найти площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A \geq \frac{N_{zi}}{[\sigma]} \quad (мм^2) \qquad (2)$$

Определить диаметр каждого из сечений:

$$d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (мм) \qquad (3)$$

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел.

7. Уточнить площади поперечных сечений: $A_1^{'} = \frac{\pi d_1^2}{4}$ $A_2^{'} = \frac{\pi d_2^2}{4}$

8 Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{ист} = \frac{N_z}{A^{/}} \quad (МПа) \qquad (4)$$

9 Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10 Определить деформацию каждого участка.

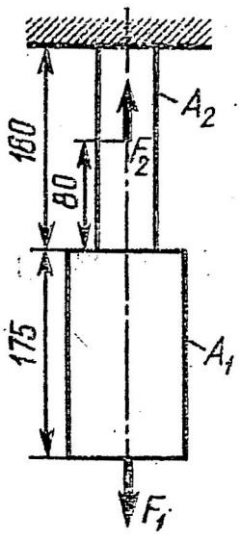
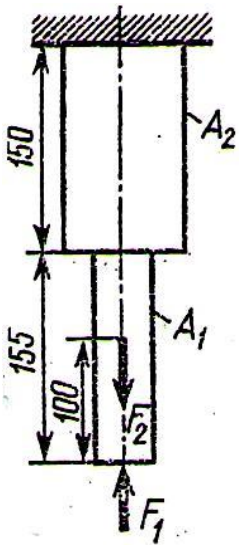
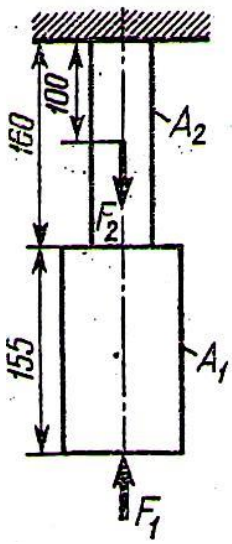
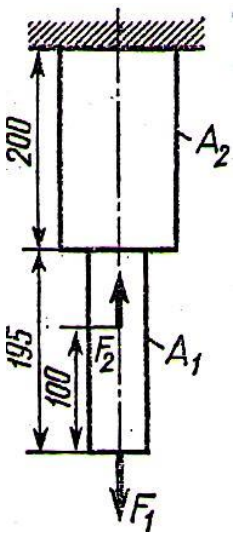
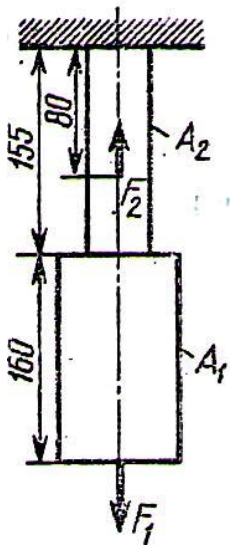
$$\Delta l_i = \frac{N_{zi} l_i}{A_i \cdot E} = \frac{\sigma_i l_i}{E} \ (мм) \qquad (5)$$

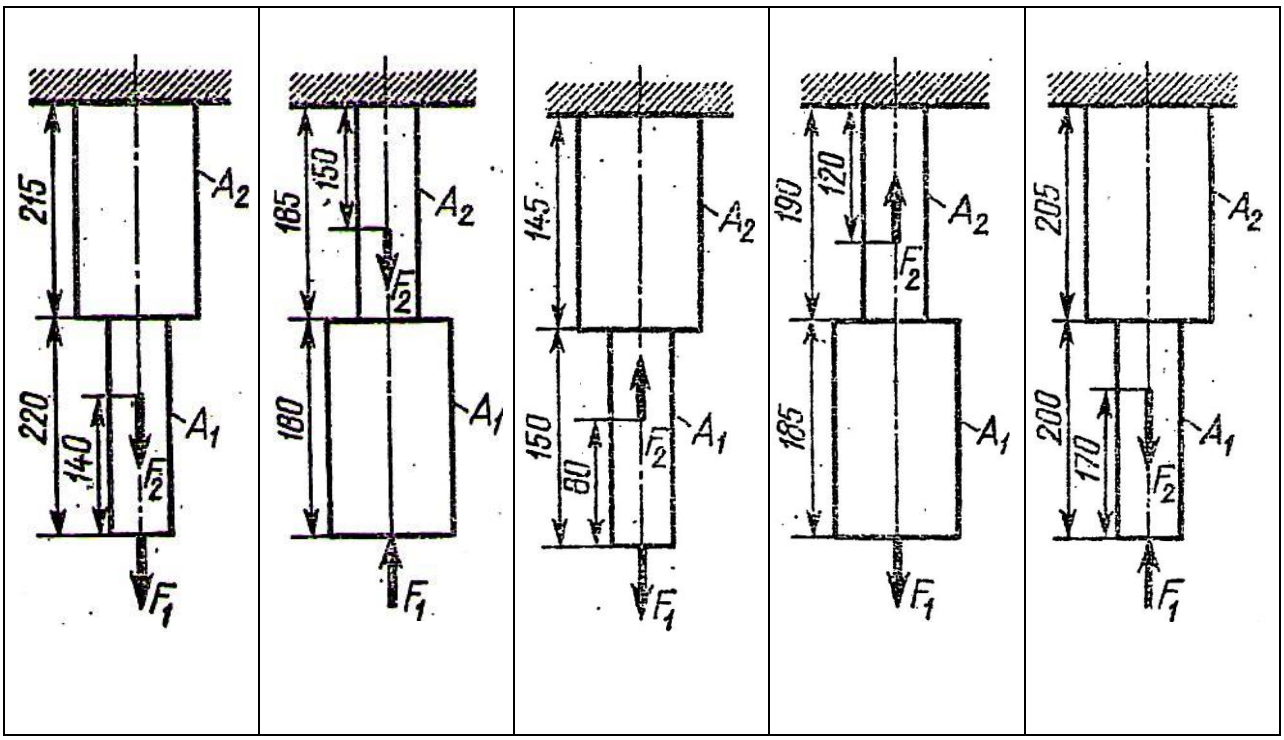
11 Определить перемещение свободного конца бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 \qquad (6)$$

Таблица 1

Задания к практической работе

Вариант 1, 11, 21	Вариант 2, 12, 22	Вариант 3, 13, 23	Вариант 4, 14, 24	Вариант 5, 15, 25
				
Вариант 6, 16, 26	Вариант 7, 17, 27	Вариант 8, 18, 28	Вариант 9, 19, 29	Вариант 10, 20, 30



Пример выполнения практической работы

Задача 1

Защемленный в стене двухступенчатый брус нагружен осевыми силами. Массой бруса пренебречь (см. рисунок 1,а).

1) Определить нормальные силы и напряжения в поперечных сечениях по всей длине бруса;
2) Построить эпюры нормальных сил и напряжений по длине бруса;
3) Определить перемещение свободного конца бруса, если $E = 2\cdot10^5$ МПа.

Дано: $F_1 = 30$ кН; $F_2 = 38$ кН; $F_3 = 42$ кН; $A_1 = 1{,}9$ см^2; $A_2 = 3{,}1$ см^2; $a = 0{,}2$ м; $b = 0{,}1$ м; $c = 0{,}5$ м.

Найти: N_i; σ_i; Δl.

Решение:

1. Разбиваем брус на участки: *AB*; *BC*; *CD*.

2. Определяем значения нормальной силы *N* на участках бруса:

Участок *AB*, сечение I-I, $N_1 = F_1 = 30$ кН;

Участок *BC*, сечение II-II, $N_2 = F_1 + F_2 = 30+38 = 68$ кН;

Участок *CD*, сечение III-III, $N_3 = F_1 + F_2 - F_3 = 30+38-42 = 26$ кН.

Строим эпюру нормальных сил (рисунок 1,б).

3. Вычисляем значения нормальных напряжений на участках бруса:

Участок *AB*, сечение I-I, $\sigma_1 = N_1/A_1 = \dfrac{30\cdot10^3}{1{,}9\cdot10^2} = 158$ Н/мм^2; $\sigma_1 = 158$ МПа;

Участок *BC*, сечение II-II, $\sigma_2 = N_2/A_1 = \frac{68 \cdot 10^3}{3{,}1 \cdot 10^2} = 219{,}4$ Н/мм^2; $\sigma_2 = 219{,}4$ МПа;

Участок *CD*, сечение III-III, $\sigma_3 = N_3/A_1 = \frac{26 \cdot 10^3}{3{,}1 \cdot 10^2} = 84$ Н/мм^2; $\sigma_3 = 84$ МПа.

Строим эпюру нормальных напряжений (рисунок 1,в).

4. Определяем продольную деформацию бруса:

Участок *AB*, сечение I-I,

$\Delta l_1 = N_1 \cdot l_1 / A_1 \cdot E = 30 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5 \cdot 10^3 / 1{,}9 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 4 \cdot 10^{-1}$ мм ; $\Delta l_1 = 0{,}4$ мм;

Участок *BC*, сечение II-II,

$\Delta l_2 = N_2 \cdot l_2 / A_2 \cdot E = 68 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^3 / 3{,}1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 1 \cdot 10^{-1}$ мм; $\Delta l_2 = 0{,}1$ мм;

Участок *CD*, сечение III-III,

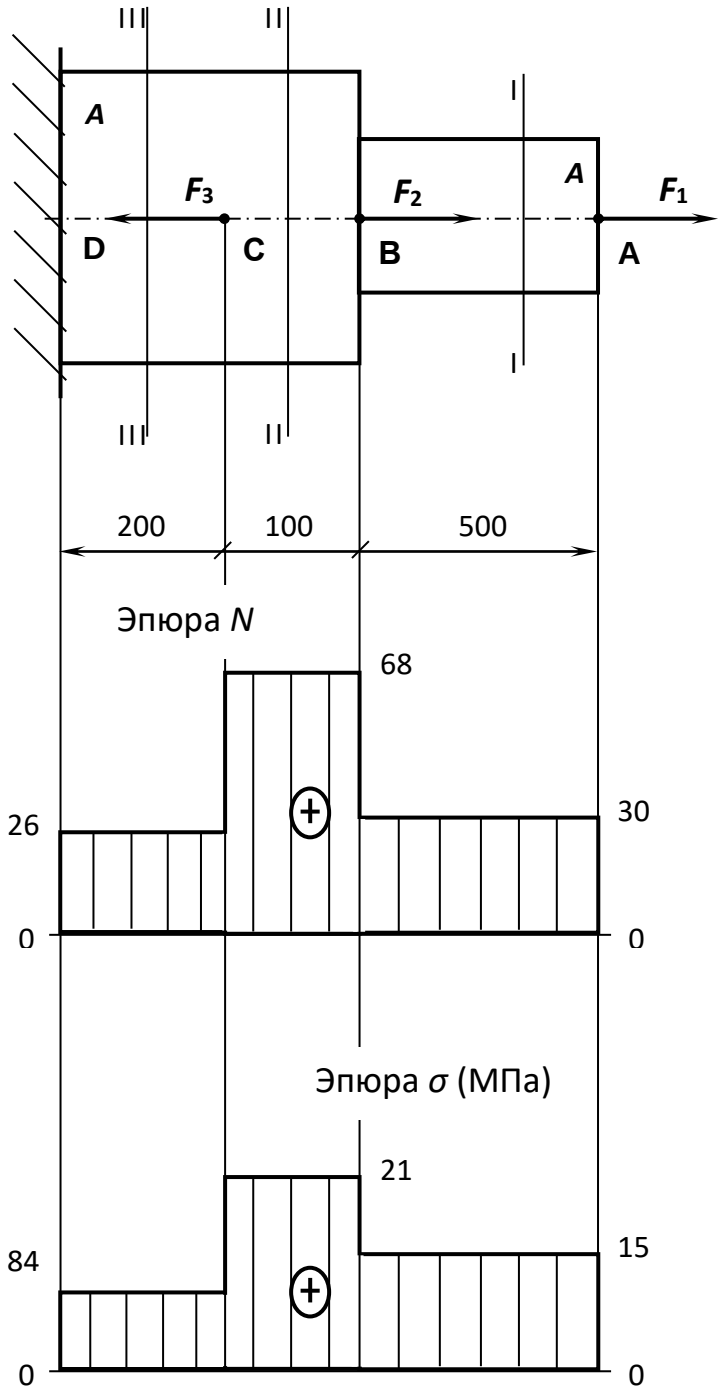
$\Delta l_3 = N_3 \cdot l_3 / A_2 \cdot E = 26 \cdot 10^3 \cdot 0{,}2 \cdot 10^3 / 3{,}1 \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 10^5 = 0{,}8 \cdot 10^{-1}$ мм; $\Delta l_3 = 0{,}08$ мм;

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 = 0{,}4 + 0{,}1 + 0{,}08 = 0{,}58 \text{ мм.}$$

Ответ: $\Delta l = 0{,}58$ мм. Стержень растянут.

а)

б)



в)

а)

б)

сил

в)

Рисунок 1 – Пример выполнения ПР№6: расчетная схема

эпюра продольных

эпюра нормальных напряжений

Задача 2

Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами $F_1 = 30$ *кН* и $F_2 = 40$*кН* , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса. При расчетах принять $[\sigma]=150$*МПа*: $E=2\cdot10^5$*МПа.*

Решение

Разбиваем брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеруем участки, Начиная со свободного конца.

4 Определяем значение продольной силы на каждом участке для чего применим метод сечений.

Участок AB, сечение I-I, $N_{z1} = - F_1 = - 30$ кН;

Участок BC, сечение II-II, $N_{z2} = - F_1 + F_2 = - 30+40= 10$ кН;

5 Строим эпюру N_z.

6 Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$

Находим площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A_1 \geq \frac{N_{z1}}{[\sigma]} = \frac{30 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} = 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 200 \text{ мм}^2$$

$$A_2 \geq \frac{N_{z2}}{[\sigma]} = \frac{10 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} = 67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 67 \text{ мм}^2$$

Определяем диаметр каждого из сечений:

$$d_1 \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 200}{3{,}14}} = 15{,}96 \text{ мм}$$

$$d_2 \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 67}{3{,}14}} = 9{,}2 \text{ мм}$$

Округляем значения диаметров до стандартных из ряда чисел и принимаем d_1 = 20 мм, d_2 = 10 мм

7. Уточняем площади поперечных сечений:

$$A_1' = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 20^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 314 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$A_2' = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 78{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

8 Определяем напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{ист1} = \frac{N_{z1}}{A_1^{/}} = \frac{-30 \cdot 10^3}{314 \cdot 10^{-6}} = -95{,}5 \cdot 10^6 \text{Па} = -95{,}5 \text{МПа}$$

$$\sigma_{ист2} = \frac{N_{z1}}{A_2^{/}} = \frac{-30 \cdot 10^3}{78{,}5 \cdot 10^{-6}} = -382 \cdot 10^6 \text{Па} = -382 \text{МПа} > [\sigma] = 150 \text{МПа}.$$

следовательно, диаметр стержня на участке 2 следует увеличить и принять d_2 = 18 мм, тогда

$$A_2' = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 18^2 \cdot 10^{-6}}{4} = 254 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$\sigma_{ист2} = \frac{N_{z1}}{A_2^{/}} = \frac{30 \cdot 10^3}{254 \cdot 10^{-6}} = 118 \cdot 10^6 \text{Па} = 118 \text{МПа}$$

$$\sigma_{ист3} = \frac{N_{z2}}{A_2^{/}} = \frac{10 \cdot 10^3}{78{,}5 \cdot 10^{-6}} = 127{,}4 \cdot 10^6 \text{Па} = 127{,}4 \text{МПа}$$

9 Строим эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10 Определяем деформацию каждого участка.

$$\Delta l_1 = \frac{N_{z1} l_1}{A_1 \cdot E} = \frac{\sigma_1 l_1}{E} = \frac{-95{,}5 \cdot 10^6 \cdot 180 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = -8595 \cdot 10^{-8}\, м = -0{,}086\, мм$$

$$\Delta l_2 = \frac{N_{z1} l_2}{A_2 \cdot E} = \frac{\sigma_2 l_2}{E} = \frac{-118 \cdot 10^6 \cdot 35 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = -2065 \cdot 10^{-8}\, м = -0{,}021\, мм$$

$$\Delta l_3 = \frac{N_{z2} l_3}{A_2 \cdot E} = \frac{\sigma_2 l_3}{E} = \frac{127{,}4 \cdot 10^6 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} = 9555 \cdot 10^{-8}\, м = 0{,}096\, мм$$

11 Определяем перемещение свободного конца бруса.

$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3$ = -0,086 – 0,021 + 0,096 = - 0,011мм, т.е. имеет место укорочение бруса.

Свободный конец бруса переместится вверх на 0,011 мм

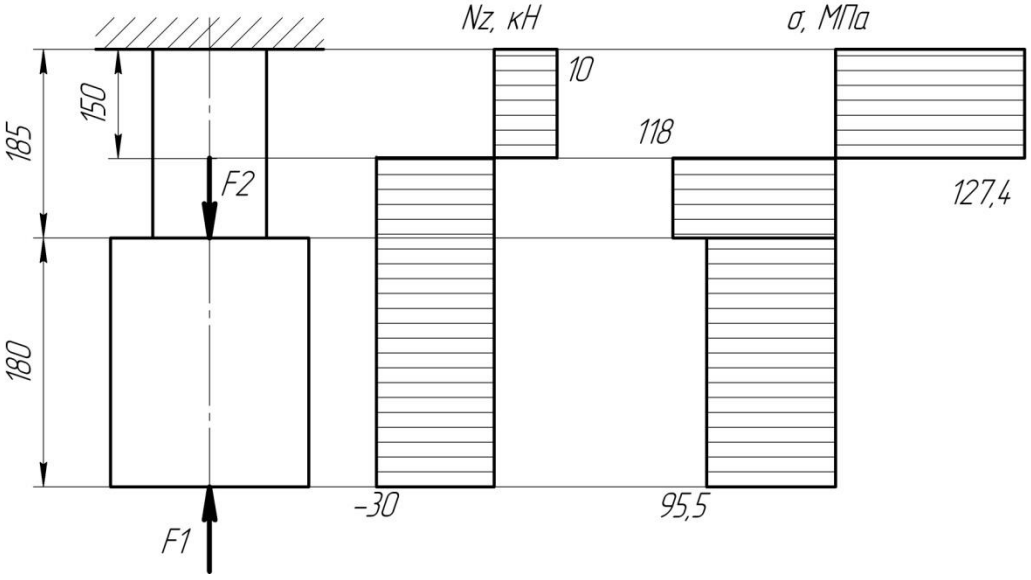


Рисунок 2 – Пример выполнения задачи 2