

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уфимский государственный авиационный технический университет»**

Кафедра \_\_\_\_\_ Информатики \_\_\_\_\_

100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
90												
80												
70												
60												
50												
40												
30												
20												
10												
0												

## ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

«Напряжения и деформации при растяжении

и сжатии стержней»

по дисциплине \_\_\_\_\_ **Основы конструкции объектов ОТС**

**1306.558108.000 ПЗ**

(обозначение документа)

Группа	СТС-407	Фамилия И.О.	Подпись	Дата	Оценка
Студент		Гарасев Д.Н.			
Консультант		Минасов Ш. М.			
Принял					

Уфа – 2021 г.

## Содержание

<b>ОТЧЕТ .....</b>	<b>7</b>
Введение .....	9
1    Краткие теоретические сведения.....	10
2    Выполнение индивидуального задания .....	11
2.1    Исходные данные .....	11
2.2    Решение задачи .....	12
Заключение .....	15

## Введение

Данная лабораторная работа №1 предназначена для закрепления знаний и получения практических навыков расчетов напряжений и деформаций при растяжении и сжатии стержней.

Задачи выполнения лабораторной работы:

1. Разбить брус на характерные участки в зависимости от схемы приложения нагрузок и изменения размеров поперечного сечения.
2. Составить аналитические выражения для определения внутренних усилий по каждому участку, рассчитать их величину в характерных точках и построить эпюру продольных сил.
3. Записать условие прочности для каждого участка бруса. Назначить размеры прямоугольного поперечного сечения из условий прочности. Принять для всех нечетных вариантов расчетных схем соотношение сторон  $b:h=1:2$ . Построить эпюру нормальных напряжений.
4. Для каждого участка бруса составить уравнения для определения продольных деформаций; записать условие жёсткости для каждого участка и из этого условия назначить размеры поперечного сечения. Построить эпюру перемещений.
5. Сравнить размеры сечений, полученных из условий прочности и жесткости; окончательно назначить размеры, удовлетворяющие обоим условиям.

## 1 Краткие теоретические сведения

Гипотеза Бернулли: поперечные сечения стержня, плоские и перпендикулярные его продольной оси до приложения нагрузки, остаются плоскими и перпендикулярными оси и после приложения нагрузки.

Используя зависимость между продольной силой в рассматриваемом сечении и нормальным напряжением  $N = \int \sigma dA$ , получим  $N = \sigma A$ ; следовательно, нормальные напряжения в произвольном сечении стержня:

$$\sigma_i = N_i / A_i.$$

Знаки нормальных напряжений определяются по знаку продольной силы в рассматриваемом сечении: растягивающие напряжения положительны, сжимающие – отрицательны.

Методы расчета конструкций:

1. Все элементы строительных конструкций рассчитываются по **методу предельных состояний**, критерием прочности материала служит его расчетное сопротивление при растяжении или сжатии -  $R_p$  или  $R_{сж}$ .  
Условие прочности в этом случае:

$$|\sigma_{max}| \leq R_i.$$

2. Детали машиностроительных конструкций рассчитываются по **методу допускаемых напряжений** критерием прочности материала при этом служит допускаемое напряжение при растяжении  $[\sigma_p]$  или сжатии  $[\sigma_{сж}]$ .  
Условие прочности элемента при таком подходе:

$$|\sigma_{max}| \leq [\sigma_i].$$

В том случае, если в поперечных сечениях стержня действуют напряжения разных знаков, площадь поперечного сечения назначается с учётом выполнения обоих условий  $|\sigma_{max}| \leq R_p$ ;  $|\sigma_{min}| \leq R_{сж}$ .

Величина продольной деформации рассматриваемого участка стержня, т.е. его абсолютного удлинения или укорочения определяется по формуле:

$$\Delta L_i = N_i \cdot L_i / E \cdot A_i.$$

Условие жесткости стержня:

$$|\Delta L_{max}| \leq [\Delta L].$$

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

1306.558108.000 ПЗ

Лист

10

## 2 Выполнение индивидуального задания

### 2.1 Исходные данные

Для стержня, расчётная схема которого соответствует варианту №8 (Рисунок 2.1) и исходных данных (Таблица 2.1), требуется назначить размеры прямоугольного поперечного сечения с отношением сторон  $b:h=1:1,5$  из условий прочности и жёсткости.

Таблица 2.1 – Исходные данные

№, вар.	$a$ , м	$F$ , кН	$E$ , ГПа	$R_p$ , МПа	$R_{сж}$ , МПа	$\Delta a$
8	0,55	130	140	130	100	$a/700$

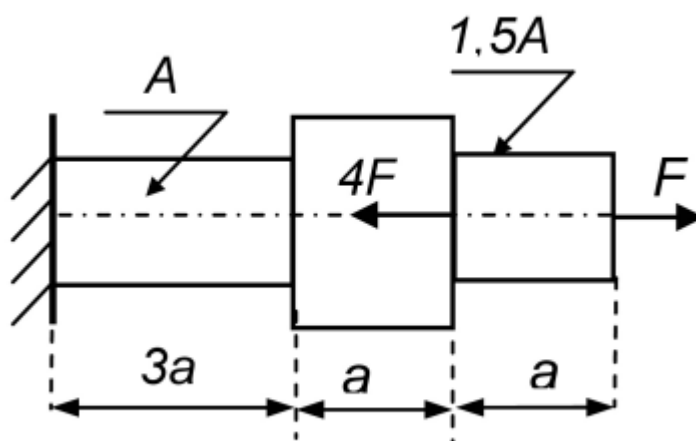


Рисунок 2.1 – Расчётная схема варианта №8

## 2.2 Решение задачи

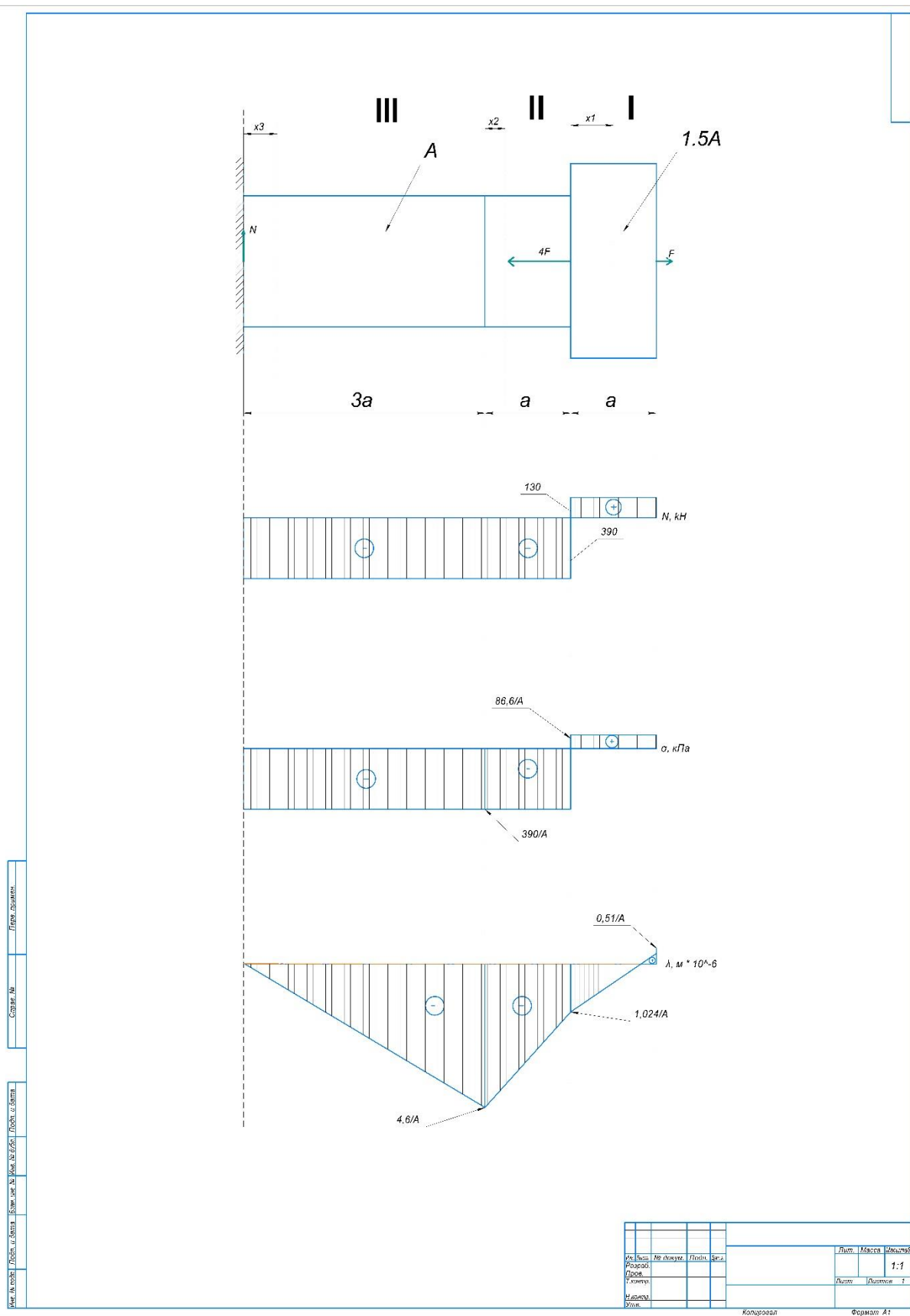


Рисунок 2.2 – Эпюры внутренних усилий, напряжений и перемещений

Расчет на прочность произвести по первому предельному состоянию.

Для определения положения опасных сечений стержня, т.е. сечений, в которых от действий внешней нагрузки возникают экстремальные нормальные напряжения, необходимо построить эпюры продольных сил и нормальных напряжений.

Для построения этих эпюр стержень разбивается на характерные участки, границами участков служат сечения, в которых приложены сосредоточенные силы или меняются размеры поперечного сечения.

**Сечение I** ( $0 \leq x_1 \leq a$ ) из уравнения равновесия отсеченной части стержня:

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow N_1 - F = 0 \Rightarrow N_1 = F = 130 \text{ кН.}$$

Нормальные напряжения в сечениях первого участка:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{F}{1.5A} = \frac{130}{1.5A} = \frac{86,6}{A} \text{ кПа.}$$

**Сечение II** ( $0 \leq x_2 \leq a$ ) из уравнения равновесия отсеченной части стержня:

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow N_2 - F + 4F = 0 \Rightarrow N_2 = -3F = -390 \text{ кН.}$$

Нормальные напряжения в сечениях второго участка:

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{-3F}{A} = \frac{-390}{A} \text{ кПа.}$$

**Сечение III** ( $0 \leq x_3 \leq 3a$ ) из уравнения равновесия отсеченной части стержня:

$$\Sigma x = 0 \Rightarrow N_3 - F + 4F = 0 \Rightarrow N_3 = -3F = -390 \text{ кН.}$$

Нормальные напряжения в сечениях третьего участка:

$$\sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{-3F}{A} = \frac{-390}{A} \text{ кПа.}$$

Условие прочности по растягивающим напряжениям:

$$|\sigma_{\max}| = |\sigma_3| = \frac{3F}{A} \leq R_p \Rightarrow A_{\text{пр}} \geq \frac{3F}{R_p} \Rightarrow A_{\text{пр}} = \frac{390 \cdot 10^3}{130 \cdot 10^6} = 30 \text{ см}^2.$$

Условие прочности по сжимающим напряжениям:

$$|\sigma_{\min}| = |\sigma_1| = \frac{F}{A} \leq R_{\text{сж}} \Rightarrow A_{\text{пр}} \geq \frac{F}{R_{\text{сж}}} \Rightarrow A_{\text{пр}} = \frac{130 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^6} = 13 \text{ см}^2.$$

Из условий прочности требуемая площадь поперечного сечения стержня должна быть не менее  $30 \text{ см}^2$ .

Для назначения размеров поперечного сечения из условия жесткости необходимо построить эпюру продольных деформаций стержня.

Анализ расчетной схемы стержня показывает, что поперечного сечение, примыкающее к жесткой заделке, не может перемещаться, следовательно, при построении эпюры перемещений за начало отсчета нужно принять жесткую заделку.

Укорочение третьего участка составляет:

$$\Delta a_{3(x)} = \frac{N_3 \cdot x}{E \cdot A_3} \quad (0 \leq x \leq 3a).$$

Тогда удлинение третьего участка составляет:

$$\Delta a_3 = \frac{-3F \cdot 3a}{E \cdot A} = \frac{-4,6 \cdot 10^{-6}}{A} \text{ м.}$$

Продольные деформации второго участка:

$$\Delta a_{2(x)} = \frac{N_2 \cdot x}{E \cdot A_2} \quad (0 \leq x \leq a).$$

Тогда укорочение второго участка составляет:

$$\Delta a_2 = \frac{-3F \cdot a}{E \cdot A} = \frac{-1,536 \cdot 10^{-6}}{A} \text{ м.}$$

Продольные деформации первого участка:

$$\Delta a_{1(x)} = \frac{N_1 \cdot x}{E \cdot A_1} \quad (0 \leq x \leq a).$$

Тогда укорочение первого участка составляет:

$$\Delta a_1 = \frac{F \cdot a}{E \cdot 1,5A} = \frac{0,34 \cdot 10^{-6}}{A} \text{ м.}$$

Продольная деформация стержня, определяемая как алгебраическая сумма деформаций каждого из участков, равна:

$$\lambda = \Sigma \Delta a = \frac{-9F \cdot a}{E \cdot A} - \frac{2F \cdot a}{E \cdot A} + \frac{F \cdot a}{E \cdot A} = \frac{-10F \cdot a}{E \cdot A} = \frac{-5,11 \cdot 10^{-6}}{A} \text{ м.}$$

Построение эпюры продольных деформаций и эпюр внутренних усилий и напряжений показано на Рисунок 2.2. Назначение размеров поперечного сечения стержня производится по величине максимальной деформации участка. Условие жёсткости:

$$|\Delta a_{\max}| = \frac{9F \cdot a}{E \cdot A} \leq \frac{a}{700} \Rightarrow A_{\text{пр}} \geq \frac{9F \cdot 700}{E} = 58,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 58,5 \text{ см}^2.$$

Так как площадь поперечного сечения, вычисленная из условий прочности, превышает величину площади, полученной из условия жесткости, окончательно назначено  $A = 58,5 \text{ см}^2$ .

Тогда размеры сечения вычислим, исходя из условия  $b:h = 1:1,5$ :

$$b = \frac{10}{15} h; b \cdot h = A \Rightarrow \frac{10}{15} h^2 = A \Rightarrow h = \sqrt{\frac{15A}{10}} = 9,4 \text{ см}; b = 6,24 \text{ см.}$$



## Заключение

В данной лабораторной работе №1 для стержня, расчетная схема которого соответствует варианту №8, были назначены размеры прямоугольного поперечного сечения с отношением сторон  $b:h=1:1,5$  из условий прочности и жесткости ( $b=6,24$  см и  $h=9,4$  см).

					1306.558108.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		15