

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ СТЕРЖНЕВОЙ СИСТЕМЫ

**Аширов А.А.**

Ассистенты кафедры «Тех.маш.» Алмалыкского филиала ТГТУ им. И. Каримова

**Хасанов Б.Б.**

ст. преп. кафедры «Тех.маш.» Алмалыкского филиала ТГТУ им. И. Каримова

**Валижонов Б.Б.**

студент группы 7а-23 МТ Алмалыкского филиала ТГТУ им. И. Каримова

**Хазраткулов Д.Б.**

студент группы 7а-23 МТ Алмалыкского филиала ТГТУ им. И. Каримова

Конструкция, состоящая из элементов большой жесткости и двух стальных стержней с расчетным сопротивлением материала  $R=210$  МПа и модулем продольной упругости  $E = 210$  ГПа, загружена согласно схеме (рис.1).

Требуется подобрать диаметр стержней, округлив их до большего значения с шагом 0,5 см, и выполнить проверочный расчет жесткости, если перемещение точки С не должно превышать 20 мм.

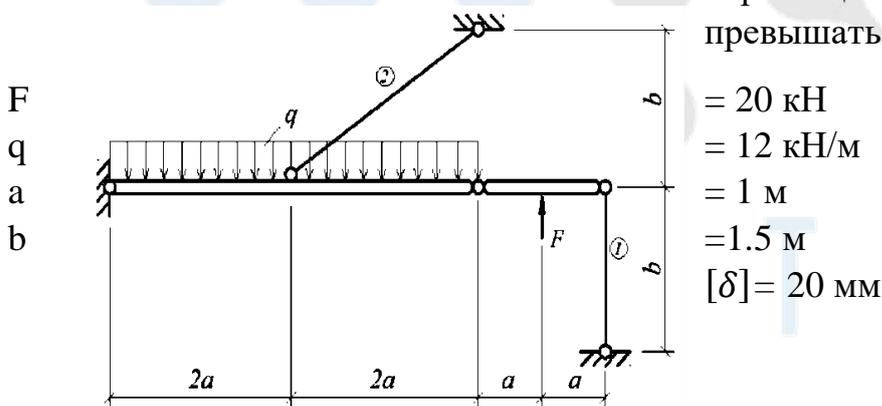


Рис 1. Схема стержневой системы

Определим усилия в стержнях, мысленно разделив стержневую систему на две составляющие. Рассмотрим жесткий элемент I (рис.2).

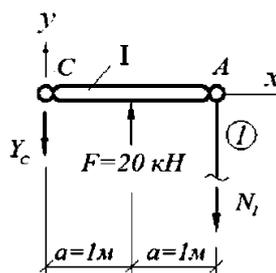


Рис 2. Схема жесткого элемента I

Приложим к стержню 1 неизвестную растягивающую продольную силу  $N_1$  и определим ее значение, составив уравнение равновесия:

$$\sum M_C = 0; N_1 \cdot 2a - F \cdot a = 0; N_1 \cdot 2a = F \cdot a;$$

$$N_1 = \frac{20 \cdot 1}{2 \cdot 1} = 10 \text{ кН}$$

Определим реакцию в шарнире  $Y_C$ :

$$\sum Y = 0; F - Y_C - N_1 = 0; Y_C = 20 - 10 = 10 \text{ кН.}$$

Рассмотрим жесткий элемент II (рис.3), приложив к нему реакцию  $Y_C$ , взятую с обратным знаком.

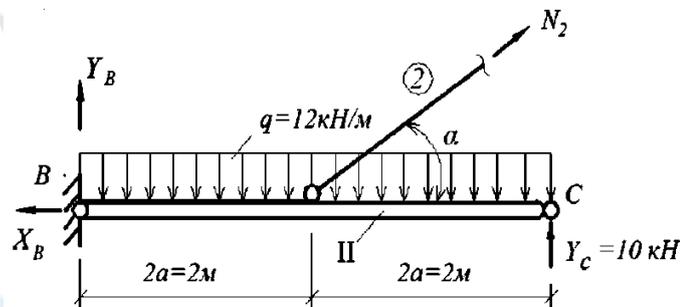


Рис 3. Схема жесткого элемента II

Рассекаем стержень 2 и прикладываем к нему растягивающее усилие  $N_2$ . Составим уравнение равновесия:

$$\sum M_B = 0; q \cdot 4a \cdot 2a - N_2 \cdot \sin \alpha \cdot 2a - Y_C \cdot 4a = 0;$$

$$N_2 \cdot \sin \alpha = \frac{q \cdot 2a \cdot 4a - Y_C \cdot 4a}{2a} = \frac{12 \cdot 4 \cdot 2 - 10 \cdot 4}{2} = 28 \text{ кН}$$

$$\sin \alpha = \frac{b}{l_2} = \frac{1,5}{2,5} = 0,6;$$

$$l_2 = \sqrt{b^2 + (2a)^2} = \sqrt{1,5^2 + 2^2} = 2,5 \text{ м}$$

Тогда 
$$N_2 = \frac{28}{0,6} = 46,67 \text{ кН}$$

Усилия  $N_1$  и  $N_2$  получились положительными, что говорит о том, что оба стержня растягиваются.

Подберем диаметр сечения для стержней по расчетному сопротивлению  $R$ :

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R \rightarrow A \geq \frac{N}{R}$$

Для первого стержня:

$$A_1 = \frac{N_1}{R} = \frac{10 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^6} = 0,476 \cdot 10^{-4} = 0,476 \text{ см}^2$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}};$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,476}{3,14}} = 0,78 \approx 1 \text{ см}$$

Тогда

$$A_1 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,79 \text{ см}^2$$

Для второго стержня:

$$A_2 = \frac{N_2}{R} = \frac{46,67 \cdot 10^3}{210 \cdot 10^6} = 2,22 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 2,22 \text{ см}^2$$

Определим опорные реакции  $X_B$  и  $Y_B$ , составив уравнения равновесия

$$\sum Y = 0; \quad Y_B - q \cdot 4a + N_2 \cdot \sin \alpha + Y_C = 0$$

$$Y_B = 12 \cdot 4 \cdot 1 - 46,67 \cdot 0,6 - 10 = 10 \text{ кН}$$

$$\sum X = 0; \quad -X_B + N_2 \cdot \cos \alpha = 0;$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8;$$

$$X_B = 46,67 \cdot 0,8 = 37,34 \text{ кН}$$

Для выполнения расчета на жесткость рассмотрим схему перемещений системы (рис.4).

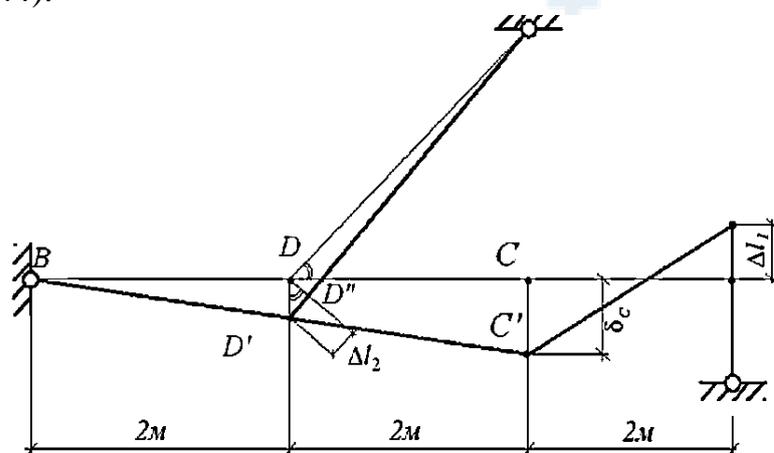


Рис 4. Схема перемещений стержневой системы

Определим удлинение стержня 2, так как перемещение точки С определяется только удлинением этого стержня:

$$\Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{A_2 \cdot E} = \frac{46,67 \cdot 10^3 \cdot 2,5}{210 \cdot 10^9 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}} = 1,77 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,77 \text{ мм}$$

Из схемы перемещений системы запишем

$$D'D'' = \Delta l_2$$

$$DD' = \frac{\Delta l_2}{\sin \alpha} = \frac{1,77}{0,6} = 2,95 \text{ мм}$$

Из подобия треугольников BCC' и BDD'

$$\frac{CC'}{BC} = \frac{DD'}{BD};$$

$$CC' = \frac{BC \cdot DD'}{BD} = \frac{4 \cdot 2,95 \cdot 10^{-3}}{2} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,9 \text{ мм}$$

Перемещение точки С:

$$\delta_C = CC' = 5,9 \text{ мм} < [\delta] = 20 \text{ мм}$$

Жесткость конструкции обеспечена.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Белявский С.М. (1967) Руководство к решению задач по сопротивлению материалов
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. (1986) Сопротивление материалов
3. Вольмир А.С. (1984) Сборник задач по сопротивлению материалов
4. Erkin Nematov, Mukhiddin Khudjaev, Botir Khasanov. Development of a mathematical model of dynamic characteristics of a drive with a planetary mechanism. E3S Web of Conferences 258, 08022 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125808022>
5. Mukhiddin Khudjaev, Erkin Nematov, Anorgul Karimova, Doston Khurramov, Botir Khasanov. Modeling the process of force load generation at the initial periodic change in pressure (a plane problem). E3S Web of Conferences 258, 08020 (2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125808020>.