

Постановка задачи № 2 (тема 1.1 – РПР № 1)

Абсолютно жесткий брус опирается на шарнирно-неподвижную опору и поддерживается стержнями 1 и 2, изготовленными из стального проката (см. схемы на рисунках 3.2). Требуется:

1 - найти грузоподъемность $[Q]$ заданной статически неопределимой системы (СНС) из расчета на прочность по допускаемым нормальным напряжениям $[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 16 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$;

2 - определить допускаемую нагрузку $[Q_0]$ после преобразования СНС (рисунок 3.2) в статически определимую конструкцию путем исключения из расчетной схемы СНС одного (любого) из стержней;

3 - оценить в процентах разницу между величинами $[Q]$ и $[Q_0]$ по отношению к $[Q_0]$ и сделать общий вывод об эффективности СНС в сравнении со статически определимой системой.

3.2.1 Варианты расчетных схем

Схематизированную модель шарнирно-стержневой конструкции выбрать на рисунках 3.2 по номеру индивидуального варианта задания, а исходные данные выписать из соответствующей строки таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные для решения задачи № 2

| № строки | Схема по рисунку 3.2 | а, м | S, м | α , (град) | β , (град) | Номер и форма сечения стержня | |
|----------|----------------------|----------|----------|-------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| | | | | | | 1 | 2 |
| | | | | | | два уголка | два уголка |
| 1 | 1 | 1,3 | 2,9 | 55° | 70° | 50×50×4 | 70×70×5 |
| 2 | 2 | 1,6 | 3,1 | 70° | 65° | 56×56×5 | 63×63×6 |
| 3 | 3 | 1,8 | 3,2 | 75° | 60° | 63×63×6 | 70×70×8 |
| 4 | 4 | 1,2 | 2,75 | 65° | 75° | 45×45×4 | 63×63×4 |
| 5 | 5 | 2,1 | 2,85 | 50° | 60° | 63×63×5 | 50×50×3 |
| 6 | 6 | 1,5 | 3,0 | 75° | 65° | 56×56×4 | 50×50×5 |
| 7 | 7 | 1,9 | 3,15 | 50° | 70° | 50×50×5 | 70×70×6 |
| 8 | 8 | 2,0 | 2,8 | 60° | 70° | 70×70×5 | 56×56×4 |
| 9 | 9 | 1,7 | 2,95 | 70° | 60° | 63×63×4 | 50×50×4 |
| 0 | 0 | 1,4 | 2,7 | 65° | 70° | 50×50×5 | 63×63×4 |
| | а | а | б | а | а | а | б |

2.2 Алгоритм и методика расчета

1) Вычисление площадей F_1 и F_2 поперечных сечений 1-го и 2-го стержней по таблице сортамента стального равнобокого уголка с указанием номера ГОСТа.

2) Определение длин ℓ_1 и ℓ_2 каждого стержневого элемента расчетной модели рисунков 2.

3) Схематическое изображение совмещенного плана сил и перемещений (пример на рисунке 3) и определение степени n_c статической неопределимости рассматриваемой конструкции:

$$n_c = c_\sigma - y_{cm}, \quad (3.4)$$

где c_σ – число связей (стержней);

y_{cm} – количество уравнений статики.

4) Формулировка основного уравнения равновесия в виде суммы моментов $\sum M_A$ всех сил относительно точки A , совпадающей с шарнирно-неподвижной опорой (рисунок 3):

$$\sum M_A = 0. \quad (3.5)$$

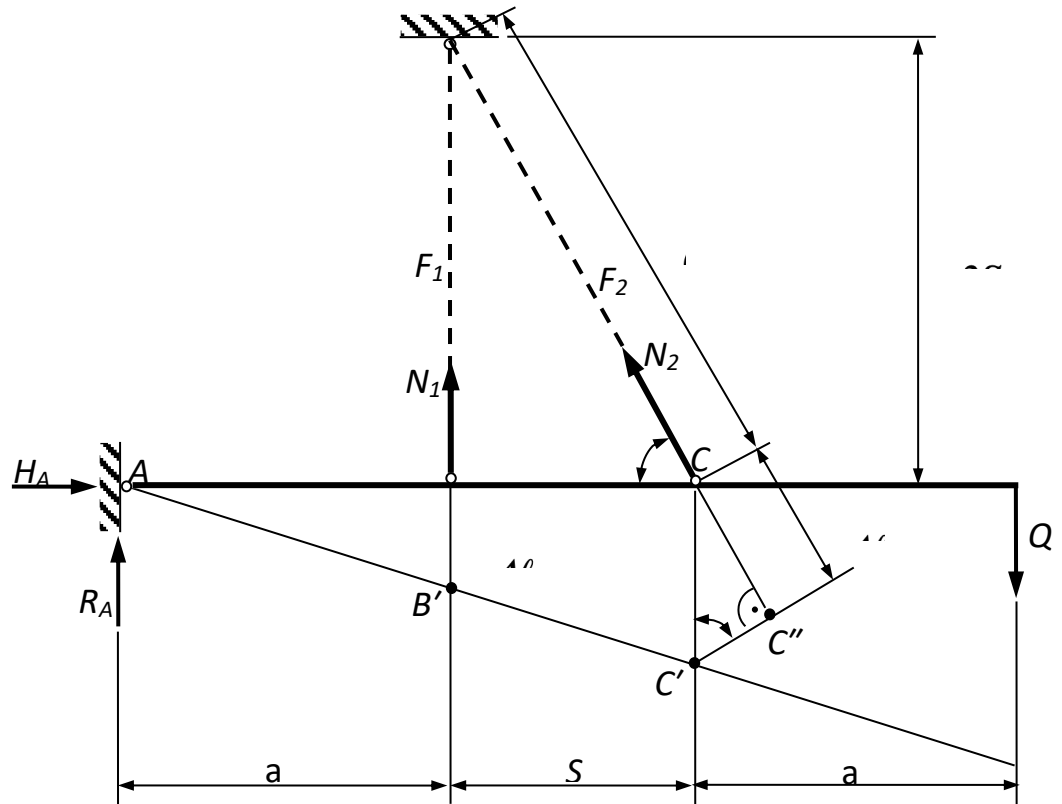


Рисунок 3

5) Составление на основе предполагаемого плана перемещений дополнительного уравнения совместности абсолютных линейных деформаций (удлинений) Δl_1 , Δl_2 1-го и 2-го стержней, которое следует из формулы закона Гука (1.5) и зависимости (1.3):

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 l_1}{EF_1}, \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 l_2}{EF_2}; \quad (3.6)$$

где N_1 , N_2 , E - соответственно, искомые внутренние усилия в стержнях (N_1 , N_2) и модуль упругости стали (E), численным значением которого можно не задаваться при решении поставленной задачи.

6) Расчет N_1 и N_2 из системы уравнения равновесия (3.5) и условия совместности деформаций (поз. 5) с представлением N_1 , N_2 в общем виде через внешнюю силу Q (пока еще неизвестную).

7) Вычисление нормальных напряжений σ_1 и σ_2 , возникающих в поперечных сечениях 1-го и 2-го стержней:

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{F_1}, \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{F_2}. \quad (3.7)$$

8) Определение расчетных деформаций Δl_{1P} , Δl_{2P} по формулам (3.6).

9) Построение в масштабе, с использованием найденных значений Δl_{1P} , Δl_{2P} , фактического плана перемещений, который одновременно является деформационной проверкой решения данной задачи. При этом параметры Q и E остаются в буквенном виде.

10) Определение грузоподъемности $[Q]$ из равенства абсолютной величины расчетного σ_{\max} и допускаемого $[\sigma]$ напряжений, то есть

$$\sigma_{\max} = [\sigma]. \quad (3.8)$$

11) Вычисление внутреннего продольного усилия N_0 (в одном несущем стержне) из моментного уравнения (3.5) при $N_1=0$ (или $N_2=0$), что соответствует преобразованию проектируемой СНС в статически определимую конструкцию.

12) Расчет нормального напряжения σ_0 статически определимой системы, имеющей один несущий стержень, от усилия N_0 .

13) Определение допускаемой нагрузки $[Q_0]$ из условия прочности

$$\sigma_{\max} = \sigma_0 = [\sigma]. \quad (3.9)$$

14) Оценка в процентах разности $[Q] - [Q_0]$:

$$\frac{[Q] - [Q_0]}{[Q_0]} \cdot 100\% > 0. \quad (3.10)$$

15) Техническое заключение об эффективности статически неопределимой конструкции по сравнению с определимой, имеющей меньшую грузоподъемность и несущую способность (прочность).