

ЛЕКЦИЯ 19

**Тема 2.1. Основные положения.
Нагрузки внешние и внутренние,
метод сечений**

Знать метод сечений, внутренние силовые факторы, составляющие напряжений.

Уметь определять виды нагружений и внутренние силовые факторы в поперечных сечениях.

Элементы конструкции при работе испытывают внешнее воздействие, которое оценивается величиной внешней силы. К внешним силам относят активные силы и реакции опор.

Под действием внешних сил в детали возникают внутренние силы упругости, стремящиеся вернуть телу первоначальную форму и размеры.

Внешние силы должны быть определены методами теоретической механики, а внутренние определяются основным методом сопротивления материалов — методом сечений.

В сопротивлении материалов тела рассматриваются в равновесии. Для решения задач используют уравнения равновесия, полученные в теоретической механике для тела в пространстве.

Используется система координат, связанная с телом. Чаще продольную ось детали обозначают z , начало координат совмещают с левым краем и размещают в центре тяжести сечения.

Метод сечений

Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, составленных для рассматриваемой части тела.

Рассекаем тело поперек плоскостью (рис. 19.1). Рассматриваем правую часть. На нее действуют внешние силы F_4 ; F_5 ; F_6 и вну-

трение силы упругости q_k , распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором R_0 , помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил M_0 :

$$R_0 = \sum_0^n q_k; M_0 = \sum_0^n m_k.$$

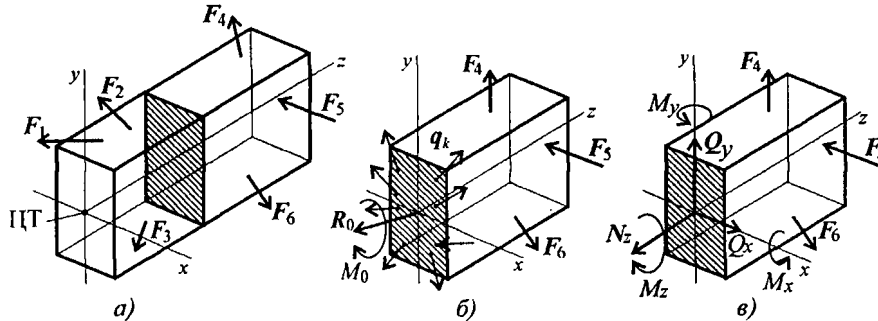


Рис. 19.1

Разложив главный вектор R_0 по осям, получим три составляющие:

$$R_0 = N_z + Q_y + Q_x;$$

где N_z — продольная сила;

Q_x — поперечная сила по оси x ;

Q_y — поперечная сила по оси y .

Главный момент тоже принято представлять в виде моментов пар сил в трех плоскостях проекции:

$$M_0 = M_x + M_y + M_z,$$

M_x — момент сил относительно Ox ; M_y — момент сил относительно Oy ; M_z — момент сил относительно Oz .

Полученные составляющие сил упругости носят название *внутренних силовых факторов*. Каждый из внутренних силовых факторов вызывает определенную деформацию детали. Внутренние силовые факторы уравнивают приложенные к этому элементу детали внешние силы. Используя шесть уравнений равновесия, можно

получить величину внутренних силовых факторов:

$$\begin{aligned} N_z &= \sum_0^n F_{kz}; & M_z &= \sum_0^n m_z(F_k); \\ Q_x &= \sum_0^n F_{kx}; & M_x &= \sum_0^n m_x(F_k); \\ Q_y &= \sum_0^n F_{ky}; & M_y &= \sum_0^n m_y(F_k). \end{aligned}$$

Из приведенных уравнений следует, что:

N_z — *продольная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось Oz внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса; вызывает растяжение или сжатие;

Q_x — *поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось Ox внешних сил, действующих на отсеченную часть;

Q_y — *поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось Oy внешних сил, действующих на отсеченную часть;

силы Q_x и Q_y вызывают сдвиг сечения;

M_z — *крутящийся момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно продольной оси Oz ; вызывает скручивание бруса;

M_x — *изгибающий момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Ox ;

M_y — *изгибающий момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Oy ;

моменты M_x и M_y вызывают изгиб бруса в соответствующей плоскости.

Напряжения

Метод сечений позволяет определить величину внутреннего силового фактора в сечении, но не дает возможности установить закон распределения внутренних сил по сечению. Для оценки прочности необходимо определить величину силы, приходящуюся на любую точку поперечного сечения.

Величину интенсивности внутренних сил в точке поперечного сечения называют *механическим напряжением*. Напряжение характеризует величину внутренней силы, приходящейся на единицу площади поперечного сечения.

Рассмотрим брус, к которому приложена внешняя нагрузка (рис. 19.2). С помощью *метода сечений* рассечем брус поперечной плоскостью, отбросим левую часть и рассмотрим равновесие оставшейся правой части. Выделим на секущей плоскости малую площадку ΔA . На этой площадке действует равнодействующая внутренних сил упругости.

Направление напряжения $p_{\text{ср}}$ совпадает с направлением внутренней силы в этом сечении.

Вектор $p_{\text{ср}}$ называют *полным напряжением*. Его принято раскладывать на два вектора (рис. 19.3): τ — лежащий в площадке сечения и σ — направленный перпендикулярно площадке.

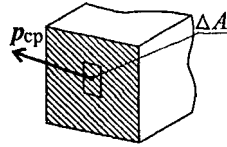


Рис. 19.2

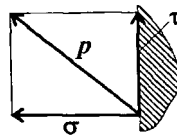


Рис. 19.3

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}.$$

Если вектор p — пространственный, то его раскладывают на три составляющие:

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau_x^2 + \tau_y^2}.$$

Нормальное напряжение характеризует сопротивление сечения растяжению или сжатию.

Касательное напряжение характеризует сопротивление сечения сдвигу.

Сила N (продольная) вызывает появление нормального напряжения σ . Силы Q_x и Q_y вызывают появление касательных напряжений τ . Моменты изгибающие M_x и M_y вызывают появление нормальных напряжений σ , переменных по сечению.

Крутящий момент M_z вызывает сдвиг сечения вокруг продольной оси, поэтому появляются касательные напряжения τ .

Примеры решения задач

Пример 1. Определить величину продольной силы в сечении 1-1 (рис. 19.4).

Решение

Используем уравнение равновесия $\sum_0^n F_{kz} = 0$.

Рассматривая левую часть бруса, определяем $N_{z1} = -12 + 8 - 5 = 9 \text{ кН}$
 Рассматривая правую часть бруса, определяем $N_{z1} = 23 - 14 = 9 \text{ кН}$

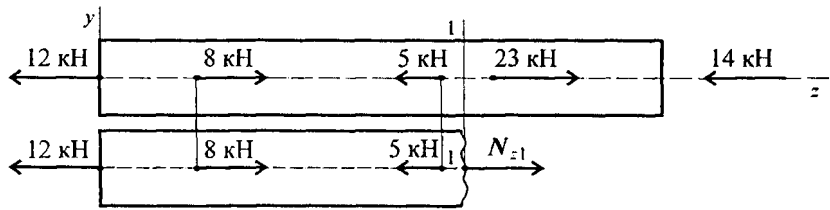


Рис. 19.4

Величина продольной силы в сечении не зависит от того, какая часть бруса рассматривается.

Пример 2. Определить внутренний силовой фактор в сечении 1-1 (рис. 19.5а).

Решение

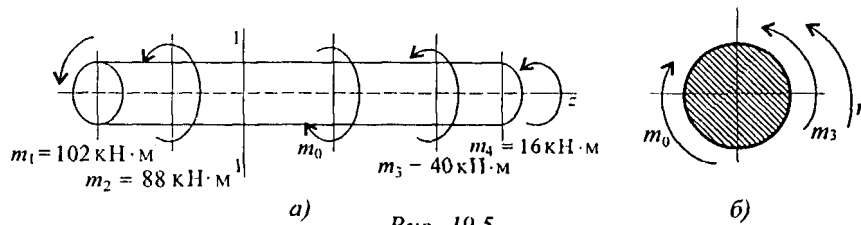


Рис. 19.5

Используем уравнение равновесия $\sum m_z = 0$.

$$m_0 = m_1 + m_2 + m_3 + m_4; \quad m_0 = 246 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Рассматриваем правую часть бруса. На отсеченную часть бруса принято смотреть со стороны отброшенной части (рис. 19.5б). Получаем $M_z = 246 - 40 - 16 = 190 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие силы в сопротивлении материалов считают внешними? Какие силы являются внутренними?
2. Какими методами определяют внешние силы? Как называют метод для определения внутренних сил?
3. Сформулируйте метод сечений.

4. Как в сопротивлении материалов располагают систему координат?

5. Что в сопротивлении материалов называют внутренними силовыми факторами? Сколько в общем случае может возникнуть внутренних силовых факторов?

6. Запишите систему уравнений, используемую при определении внутренних силовых факторов в сечении?

7. Как обозначается и как определяется продольная сила в сечении?

8. Как обозначаются и как определяются поперечные силы?

9. Как обозначаются и определяются изгибающие и крутящий моменты?

10. Какие деформации вызываются каждым из внутренних силовых факторов?

11. Что называют механическим напряжением?

12. Как по отношению к площадке направлены нормальное и касательные напряжения? Как они обозначаются?

13. Какие напряжения возникают в поперечном сечении при действии продольных сил?

14. Какие напряжения возникают при действии поперечных сил?

15. С помощью метода сечений определите величину внутреннего силового фактора в сечении 1-1 и вид нагружения (рис. 19.6).

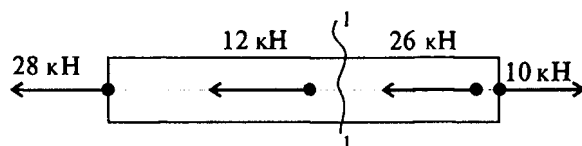


Рис. 19.6

16. С помощью метода сечений определите величину момента m_4 , величину внутреннего силового фактора в сечении 2-2 и вид нагружения (рис. 19.7).

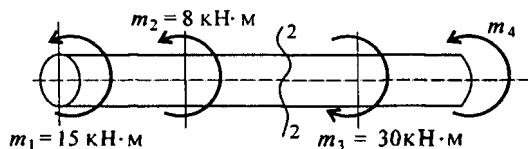


Рис. 19.7