Калужский филиал ПГУПС

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических занятий
по учебной дисциплине

Техническая механика

программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности СПО

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования
(по отраслям)

Базовая подготовка

ТЕМА: "Выполнение расчетов на прочность при изгибе."

Составил: преподаватель Степанян М.Г.

2016

одобрено

цикловой комиссией общепрофессиональных дисциплин

____

Председатель___________ В.В. Куприянова

Пр. № _____ от __________2015г.

Разработчик:

Калужский филиал МИИТ преподаватель М. Г. Степанян

Содержание

1.Введение 2

2.Краткие теоретические сведения. 2

3.Последовательность решения задачи 6

4.Литература. 9

1.Введение

Методическое пособие предназначено для проведения практического занятия: решение задач на определение главного вектора и главного момента. Для проведения практического занятия студенты должны предварительно подготовиться к проведению занятия: повторить теоретический материал, изучить содержание работы и порядок ее выполнения. После окончания практического занятия необходимо составить отчёт , защитить его и получит оценку преподавателя.

Теоретический материал.

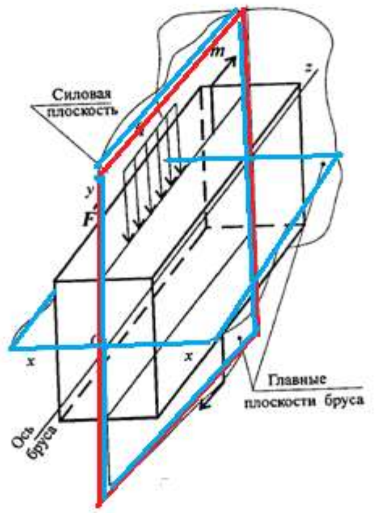
Чистым изгибом называется деформация, при которой в поперечном сечении бруса возникает только изгибающий момент.

Деформация чистый изгиб возникает в том случае, если к прямому брусу в плоскости, проходящей через ось бруса, приложить две равные по величине и противоположные по знаку пары сил.

Поперечным изгибом называется деформация, при которой в поперечном сечении бруса возникает изгибающий момент поперечная сила.

Деформация поперечный изгиб возникает в том случае, если к прямому брусу приложены активные и реактивные силы, перпендикулярные оси бруса.

Пусть брус, закрепленный справа, нагружен внешними силами и



моментом.

Плоскость, в которой расположены внешние силы и моменты ***называется силовой плоскостью.***

Если все силы лежат в одной плоскости. То изгиб называется прямым.

Плоскость, проходящая через продольную ось бруса и одну из главных центральный осей его поперечного сечения бруса, ***называется главной плоскостью бруса.***

Если силовая плоскость совпадает с главной плоскостью бруса, ***изгиб называется прямым.***

2

Для определения внутренний силовых факторов используют метод сечения.

При прямом поперечном изгибе в поперечных сечениях балки возникает два внутренних силовых фактора – поперечная сила Q_y и изгибающий момент M_x.

Поперечная сила, возникающая в произвольном поперечном сечении, численно равна алгебраической сумме всех внешних сил, действующих справа или слева от сечения. $Q_y=\sum F_i$.

Изгибающий момент в произвольном поперечном сечении численно равен алгебраической сумме моментов относительно центра тяжести сечения всех внешних сил, действующих справа или слева от сечение. $M_x=\sum M_i$

Правило знаков для силы:

- ***Если внешняя сила F***, стремится повернуть рассматриваемую часть балки по часовой стрелки, то поперечная сила будет положительной;
- ***Если внешняя сила F***, стремится повернуть рассматриваемую часть балки против часовой стрелки, то поперечная сила будет отрицательной (рисунок *а*).

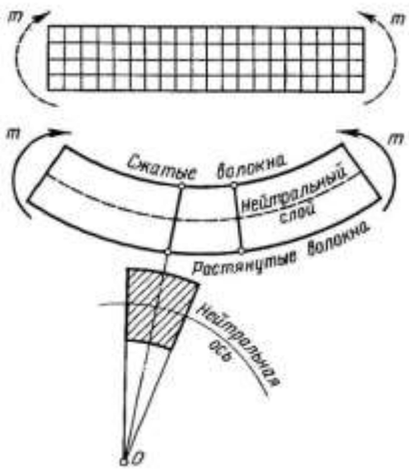
Правило знаков для момента:

- ***Если внешняя нагрузка*** стремится изогнуть балку выпуклостью вниз, то изгибающий момент будет положительный;

- ***Если внешняя нагрузка*** стремится изогнуть балку выпуклостью вверх, то изгибающий момент будет отрицательным.

3

Нормальные напряжения при чистом изгибе.



При деформации изгиба:

- Поперечные прямые линии остаются прямыми, но повернуться навстречу друг другу;
- Продольные прямые линии и ось бруса искривятся;
- Сечения бруса расширятся в поперечном направлении на вогнутой стороне и сузятся на выпуклой стороне.

Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения ***называется нейтральной осью***.

При чистом изгибе волокна, лежащие на выпуклой стороне, растягиваются, а лежащие на вогнутой стороне – сжимаются, а на границе лежит нейтральный слой, волокна которого только искривляются, не изменяя своей длины. Поэтому при чистом изгибе в поперечном сечении бруса возникают только нормальные напряжения, неравномерно распределенные по сечению, из-за искривления волокон и оси бруса.

Относительное удлинение при изгибе прямо пропорционально расстоянию до нейтральной оси $\varepsilon = \frac{y}{\rho}$.

Для вычисления нормальных напряжений при изгибе используем закон Гука: $\sigma = E \cdot \varepsilon = E\frac{y}{\rho}$. Эта зависимость определяет линейный закон распределения нормальных напряжений по сечению балки. По ширине балки напряжения постоянны. Наибольшего значения они достигают в точках сечения, наиболее удаленных от нейтральной оси. В точках нейтральной оси напряжения равны нулю.

Нормальные напряжения вычисляются по формуле: $\sigma = \frac{M_и \cdot y}{I}$, где I-осевой момент инерции. Для сечения разных форм есть формула.

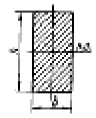
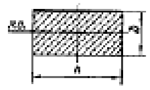
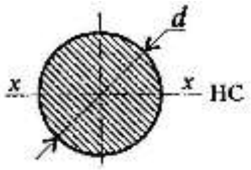
Максимальное значение нормальные напряжения возникают с волокнах, наиболее удаленных от нейтральной оси:

$$\sigma_{max} = \frac{M_и \cdot y_{max}}{I} = \frac{M_и}{\frac{I}{y_{max}}} = \frac{M_и}{W}$$

, где W- момент сопротивления изгибу.

Единица измерения $[W] = м^3$.

Определим моменты сопротивления изгибу наиболее распространенных сечений:

сечение	*рисунок*	*формула*
Прямоугольник $b \times h$		$W = \frac{b h^2}{6}$
Прямоугольник $h \times b$		$W = \frac{h b^2}{6}$
Круг диаметром d		$W = \frac{\pi d^3}{32}$

Расчеты на прочность при изгибе.

Проверку прочности и подбор сечений балок обычно проводят исходя из следующего условия: наибольшие нормальные напряжения в поперечных сечениях не должны превышать допускаемые напряжения на растяжение и сжатие.

Для балок из материалов, одинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию (сталь и дерево), следует выбирать сечение, симметричное относительно нейтральной оси. В этом случае условие прочности по нормальным напряжениям имеет вид: $\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [\sigma]$.

С помощью условия прочности при изгибе можно решить три задачи:

- ***Проверочный расчет на прочность*** производится в том случае, если известны размеры поперечного сечения, наибольший изгибающий момент и допускаемое напряжение;
- ***Проектный расчет на прочность*** производится в том случае, когда заданы действующие на балку нагрузки и необходимо определить размеры поперечного сечения для определенной формы сечения.
- ***Определение наибольшей допускаемой нагрузки.***

Наиболее выгодные такие сечения, которые дают наибольший момент сопротивления при наименьшей площади.

Последовательность решения задач при расчетах на прочность:

- Освобождаем балку от опор, а действие опор заменяем реакциями опор.
- Определяем реакции опор балки (по двум уравнениям моментов: одно – относительно левой опоры, второе – относительно правой), а затем обязательно проверить правильность решения по уравнению проекций на ось, перпендикулярную балке;
- Определяем характерные сечения балки (сечения балки, где приложены сосредоточенные силы и моменты, включая опорные сечения).
- Строим эпюру поперечных сил, для чего вычисляем значения поперечных сил в характерных сечениях.
- Строим эпюру изгибающих моментов, для чего определяем значение изгибающих моментов в характерных сечениях.
- По эпюре изгибающих моментов определить расчетный (наибольший по абсолютному значению) изгибающий момент, выразив его в Нмм.
- В выражении условия прочности $\sigma = \frac{M_x}{W_x} \le [\sigma]$ принять = [] и определить требуемый осевой момент сопротивления поперечного сечения балки;
- Выразить значение W_x в мм^3 (при подстановке в расчетную формулу $W_x = \frac{M_x}{[\sigma]}$ значения M_x выражаются в Нмм, а значения [] – в Н/мм^2, результат получим в мм^3) и с помощью таблиц

соответствующих ГОСТов по найденному значению W_x подобрать необходимый номер профиля швеллера (ГОСТ 8240-72) или двутавра (ГОСТ 8239-72 «Швеллеры»), или по формулам для определенного сечения вычисляем размеры поперечного сечения балки.

Примеры решения задач.

Задача 1. Для балки построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если сосредоточенные силы F_1 = 4 кН и F = 8 кН, момент M = 11 кНм, расстояние a = 2 м, b = 4 м, c = 3 м.

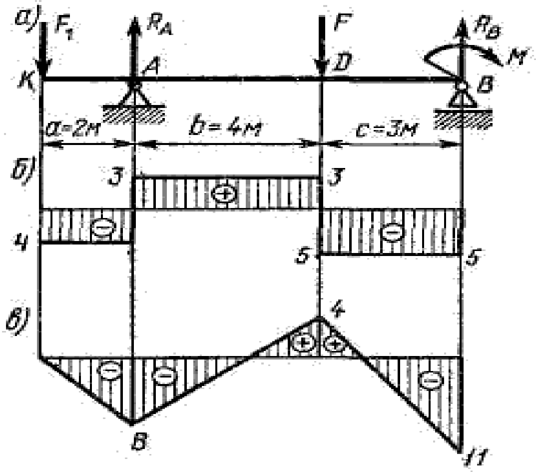
***Решение*.**

- Определим опорные реакции:

$\sum M_A = 0; -F_1 a + Fb + M - R_B(b+c) = 0,$ (1)

$\sum M_B = 0; -F_1(a+b+c) + R_A(b+c) - Fc + M = 0,$ (2)

Из уравнения (1) $R_B = \frac{-F_1 a + Fb + M}{b+c} = \frac{-8+32+11}{7} = 5$ кН;



Из уравнения (2) $R_A = \frac{F_1(a+b+c) + Fc - M}{b+c} = \frac{36+24-11}{7} = 7$ кН.

Проверка: $\sum Y = 0, -F_1 - F + R_A + R_B = -4 - 8 + 7 + 5 = 0.$

- Строим эпюру поперечных сил

В сечении K: $Q_{yK} = -F_1 = -4$ кН.

В сечении A: $Q_{yA\,лев} = -F_1 = -4$ кН;

$Q_{yA\,прав} = -F_1 + R_A = -4 + 7 = 3$ кН.

В сечении D: $Q_{yD\,лев} = -F_1 + R_A = -4 + 7 = 3$ кН;

$Q_{yD\,прав} = -F_1 + R_A - F = -4 + 7 - 8 = -5$ кН.

В сечении B: $Q_{yB} = -R_B = -5$ кН.

- Строим эпюру изгибающих моментов по характерным сечениям *K, A, D, B* В сечении *K:* $M_{xK} = 0$, так как в этом сечении нет сосредоточенного момента.

В сечении *A*: $M_{xA} = -F_1 \cdot a = -4 \cdot 2 = -8$ кНм.

В сечении *B* : $M_{xB} = -M = -11$ кНм.

В сечении *D:* $M_{xD} = R_{BC} - M = 5 \cdot 3 - 11 = 4$ кНм.

Задача 2. По условию задачи 1 из условия прочности подобрать размеры сечения балки в виде прямоугольника с размерами , где $h = 2b$, круга с диаметром d и двутавра, если $[\sigma] = 160\ Mпа$.

Решение:

- Определяем опасное сечение: это сечение, где возникаем максимальный момент – это сечение B и $M_{max} = 11\ кН \cdot м$.
- Из условия прочности определяем $\boldsymbol{W_x}$ (момент сопротивления изгибу).

$$\frac{M_u max}{W_x} \le [\sigma] \Rightarrow W_x \ge \frac{M_u max}{[\sigma]} = \frac{11 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{160} = 68750\ мм^3$$

- Вычисляем размеры сечений балки:

двутавр - в соответствии с ГОСТ 8239 выбираем двутавр № (ближайшее большее значение) $W_x = 68{,}75\ см^3$. $W_x = 118 см^3$ - двутавр № 16 $A_1 = 21{,}5 см^2$

- круг - $W_x = \frac{\pi d^3}{32} \Rightarrow d \ge \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} \ge \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 68750}{3{,}14}} = \sqrt{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 68750}{3{,}14}} = 88{,}82 мм.$

Принимаем d=90 мм.

$A_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 90^2}{4} = 6358{,}5 мм^2$

прямоугольник - $h = 2b$ $W_x = \frac{bh^2}{6}$ $W_x = \frac{4b^3}{6} \Rightarrow b \ge \sqrt[3]{\frac{6W_x}{4}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 68750}{4}} = 46{,}9 мм$

Принимаем b=47 мм, h=2·47=94 мм.

$A_3 = b \cdot h = 47 \cdot 94 = 4418 мм^2$

- **Литература:**

1.Архуша А.И. Техническая механика. Высшая школа 1983

2.Архуша А.И. Руководство к решению задач по технической механике.

Высшая школа 1971

3.Сборник задач по технической механике под ред. Г.М. Ицковича.

Судостроение 1973