Ув. студенты! Ознакомиться с лекционным материалом и ответить на контрольные вопросы письменно. Ответы на контрольные вопросы предоставить до **01.03** на электронный адрес преподавателя vika-lnr@mail.ru

Если возникнут вопросы обращаться по телефону 072-106-54-33

ЛЕКЦИЯ

Тема : Изгиб. Основные понятия и определения

План

1 Изгиб. Основные понятия и определения.

2 Нормальные и касательные напряжения при изгибе.

7 Жесткость при изгибе

Список использованных источников:

1 Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1989

2 Ицкович Г.М. Сопротивление материалов. - М: Высшая школа, 1986

3 Эрдеди А.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования/ А.А. Эрдеди, Н.А.Эрдеди - 9-е изд., стер.- М.- : Издательский центр «Академия», 2008.-320с.

1 Изгиб. Основные понятия и определения.

При плоском поперечном изгибе в балке возникают два вида внутренних усилий: поперечная сила Q_y, где y – ось симметрии (главная центральная ось) и изгибающий момент M_x. , где x – другая главная центральная ось сечения, нормальная к оси симметрии. В раме при плоском поперечном изгибе возникают три усилия: продольная N, поперечная Q силы и изгибающий момент M.

Если изгибающий момент M_x является единственным внутренним силовым фактором, то такой изгиб называется *чистым* . При наличии поперечной силы Q_y изгиб называется *поперечным*. Строго говоря, к простым видам сопротивления относится лишь чистый изгиб; поперечный изгиб относят к простым видам сопротивления условно, так как в большинстве случаев (для достаточно длинных балок) действием поперечной силы при

расчетах на прочность можно пренебречь.

Косой изгиб - изгиб, при котором нагрузки действуют в одной плоскости, не совпадающей с главными плоскостями инерции.

Сложный изгиб - изгиб, при котором нагрузки действуют в различных (произвольных) плоскостях.

Изгиб называют чистым, если в поперечном сечении возникает только изгибающий момент. Стержень, работающий на изгиб, называют *балкой.*

2 Нормальные и касательные напряжения при изгибе

Нормальные напряжения

Образование деформаций при чистом изгибе можно рассматривать как результат поворота плоских поперечных сечений относительно друг друга.

В качестве примера рассмотрим равновесие части балки (рисунок 17.5 а), находящейся под действием внешнего момента *m* и внутренних сил, возникающих в произвольном поперечном сечении.

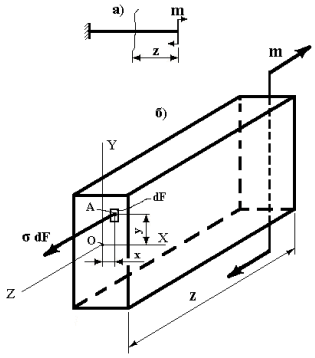

Рисунок 17.5 - Равновесие части балки при плоском чистом изгибе

При поперечном изгибе балки ее материал находится в неоднородном плоском напряженном состоянии. Условие прочности должно записываться для так называемой опасной точки, где материал находится в наиболее напряженном состоянии. Такой опасной точкой может быть одна из трех точек (рисунок 17.6 *а, б, в)*.

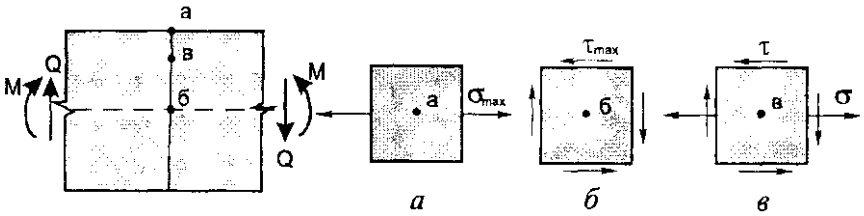

Рисунок 17.6 - Напряженное состояние при изгибе

В точке ***а*** нормальное напряжение $\sigma = \sigma_{max}$, а касательное τ равняется нулю. В этой точке имеет место одноосное напряженное состояние (рисунок 17.6, *а).*

В точке ***б***, посреди высоты сечения, $\tau = \tau_{пшх}$, а $\sigma = 0$. В этой точке имеет место плоское напряженное состояние чистого сдвига (рисунок 17.6, *б).*

В точке ***в,*** которая лежит между точками ***а*** и ***б***, ***σ*** и τ не достигают каждое отдельно наибольших значений, но в своей комбинации дают наибольшее эквивалентное напряжение по выбранной для расчета теории прочности (рисунок 17.6, *в).* Такая точка может быть одна или их может быть несколько. Для расчета балок из пластических материалов чаще всего используют условия прочности по III или IV теории.

Условия прочности для точек ***а, б, в*** сечения имеют вид

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_z} \le [\sigma];$$

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} S_{max}}{b I_z} \le [\tau]; \qquad (19)$$

$$\sigma_{екв}^{III} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \le [\sigma] \quad \text{або} \quad \sigma_{екв}^{IV} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le [\sigma]. \qquad (20)$$

Практика расчета балок показывает, что в подавляющем большинстве опасной есть крайняя точка (точка *а)* того сечения, где *M(x)=* M и выполнение условия прочности (1) гарантирует прочность балки. Тем не менее, если балка имеет тонкостенное сечение и к ней приложена значительная поперечная нагрузка, то нужно проверить все три условия прочности (1) - (3). При этом условие (1) проверяется в сечении, где *Q(x)=* Q_{max}, а условие (3) в так называемом опасном сечении, где одновременно и *M(x),* и *Q(x)* достигают больших значений.

3.Жесткость при изгибе

Чтобы делать вывод о работе балок, недостаточно уметь проводить расчеты только на прочность. Может произойти такое, что довольно прочная балка не будет пригодна к эксплуатации вследствие недостаточной жесткости. Для расчетов на жесткость определяют перемещение при изгибе.

Под действием нагрузки балка искривляется, сечения балки смещаются перпендикулярно прямой оси и вместе с тем возвращаются вокруг своих нейтральных осей.

Смещение центра тяжести сечения по направлению, перпендикулярному к оси балки, называется ***прогибом***.

Геометрическое место центров тяжести поперечных сечений деформированной балки представляет собой изогнутую ось, которая

называется ***упругой линией***. Упругую линию можно рассматривать как график некоторой функции, которая определяется характеристикой нагрузки на балку, ее размерами и материалом.

Угол, на который поворачивается сечение по отношению к ее первоначальному состоянию, называется ***углом поворота сечения***. Угол поворота считают равным углу между касательной к упругой линии в данной точке и осью недеформированной балки.

Для определения углов поворота и прогибов у необходимо провести интегрирование дифференциального уравнения упругой линии. Это возможно тремя способами:

- аналитическим,
- графическим,
- графоаналитическим.

Положительное значение угла поворота указывает на то, что сечение поворачивается против часовой стрелки.

Положительное значение прогиба у указывает, что центр тяжести сечения перемещается вверх, т.е. в сторону положительных значений ординат

Во многих случаях по эксплуатационным соображением максимальные прогибы ограничиваются допустимым прогибом

Можно используя искусственные приемы вывести ***универсальные формулы***. Недостаток этого метода в том, что нельзя определять перемещение в балках переменной жесткости (надо условно превращать в балки постоянной жесткости).

Перемещение для любой линейно деформированной системы при любой нагрузке можно определить ***методом О. Мора***. Этот метод заключается в том, что кроме заданного (нагруженного) состояния k, выбирается дополнительное (фиктивное) состояние балки i нагруженной единичной силой, действующей в точке, где определяется перемещение, и направленной в направлении перемещения. Рассчитывается виртуальная работа внешних и внутренних сил фиктивного состояния на перемещениях, которые вызваны действием сил нагруженного состояния.

Вместо непосредственного вычисления интеграла Мор можно пользоваться графоаналитическим методом (способом перемножения эпюр) - ***правилом Верещагина***. Интеграл равен произведению площади эпюры на расположенную под ее центром веса ординату прямолинейной эпюры Знак считается положительным, если обе эпюры расположены с одной стороны. Результаты перемножения ряда эпюр приводятся в справочника.

Контрольные вопросы:

1 Что такое поперечный изгиб? Какой изгиб называется прямым?
2 Как определяют поперечную силу и изгибающий момент в заданном сечении?
3 Понятие нормальные напряжения
4 Касательные напряжения
5 Напряженное состояние при изгибе
6 Что определяют для расчетов на жесткость
7 Что называется прогибом и упругой линией
8 Способы определения углов поворота и прогибов