

Дата **15.03.2023г.** Группа ХКМ 2/1. Курс второй. Семестр IV

Дисциплина: Техническая механика

Специальность: 15.02.06 «Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)»

Тема занятия: Рациональные формы поперечных сечений балок

Цель занятия:

–*методическая*– совершенствование методики проведения лекционного занятия; сочетание инновационных методов обучения с традиционной методикой преподавания;

–*учебная*– дать представление студентам о рациональных формах поперечных сечений балок;

–*воспитательная*– воспитывать культуру общения с использованием специальной терминологии, усидчивость, внимательность, графические и аналитические способности, чувство гордости за выбранную профессию.

Вид занятия: лекция

Вид лекции: лекция-визуализация

Форма проведения занятия: объяснительно - иллюстративная

Междисциплинарные связи:

Обеспечивающие: Инженерная графика, Физика, Математика

Обеспечиваемые: Техническая механика, Детали машин, Курсовое и дипломное проектирование,

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Никитин Е.М. Теоретическая механика для техникумов. М.: Высшая школа, 2014
2. Олофинская В.П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий. – Москва, Форум, Инфра М, 2014.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. – Москва, Высшая школа, 2013.

Дополнительная литература:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. - М.: Высшая школа, 2012.
2. <https://youtu.be/t03eyre6LgU> Нормальные напряжения в произвольной точке и рациональные формы поперечных сечений балок (видео)

Тема: Рациональные формы поперечных сечений балок (4 часа)

1. Используемые профили сечений: двутавр, швеллер, круг.
2. Примеры решения задач

1. Используемые профили сечений: двутавр, швеллер, круг

Детали, работающие на изгиб (в основном, балки), весьма распространены в любых конструкциях, в том числе и в машинах. Особенно сильно изгибу подвергаются детали, у которых поперечные размеры значительно меньше продольных.

Изгибом называют вид деформации, характеризующийся искривлением оси деформируемого объекта (балки, плиты, оболочки и т. д.) под действием изгибающих моментов.

Снижение напряжений в деталях, подверженных деформации изгиба, может быть достигнуто за счет уменьшения величины расчетного изгибающего момента и увеличения момента сопротивления внутренних сил. Рациональным размещением опор можно добиться уменьшения расчетного изгибающего момента, а выбором рациональной формы сечения детали — увеличения момента сопротивления.

Предположим, вы захотели сломать палку. Ухватившись руками за ее края, вы прикладываете палку серединой к колену и, сгибая, ломаете ее. Причем чем длиннее палка, тем легче ее сломать, чем короче — тем труднее. Последовательно уменьшая длину палки, вы заметите, что на каком-то этапе оставшийся кусок палки не будет поддаваться изгибающему моменту. Это объясняется тем, что при последовательном сближении рук (точек приложения сил) длина плеч уменьшается, и изгибающий момент, равный произведению силы на плечо, также уменьшается. Когда его величина станет меньше момента сил сопротивления, палку этим способом сломать невозможно.

Отсюда можно сделать вывод, что для деталей, работающих на изгиб, следует подобрать такое соотношение величины поперечного сечения детали к расстоянию между точками опоры, при котором детали наименее поддавались бы деформации изгиба.

На рисунке 3 показан пример двухопорной установки зубчатого колеса. Если расстояние между опорами сократить в 3 раза, то максимальный изгибающий момент и напряжения в вале уменьшатся также почти в 3 раза, а максимальный прогиб — в 27 раз.

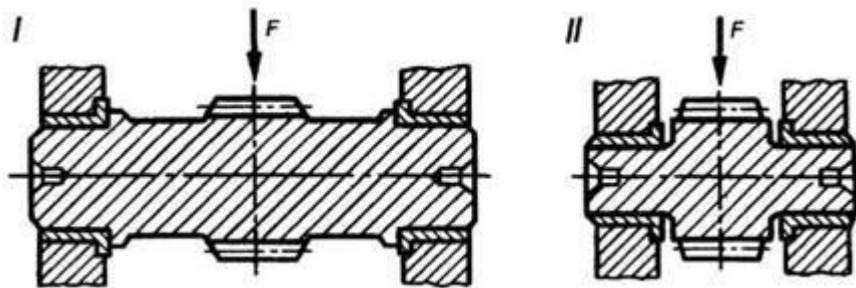


Рисунок 3 – Двухопорная установка зубчатого колеса

Рассмотрим теперь консольную балку. Возьмем доску, закрепленную одним концом в неподвижной опоре, и приложим к ее свободному концу силу F (рис.4). Будут ли все сечения равно - опасны? Опыт говорит, что нет. Возможные разрушения могут произойти, прежде всего, в сечениях, совпадающих с заделкой. Дело в том, что момент, создаваемый силой F (изгибающий момент), в этом сечении будет наибольшим. Ведь величина момента зависит не только от величины силы, но и от ее плеча, и именно для сечений, совпадающих с заделкой, плечо наибольшее

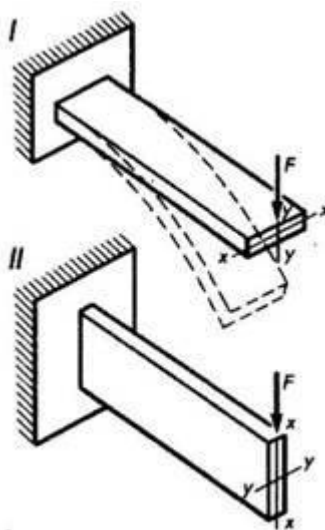


Рисунок 4 – Консольная балка

Нетрудно предвидеть, что в первом варианте (рис.4, I) доска изогнется при сравнительно небольшой величине силы F . Во втором варианте (рис.4, II) для достижения того же результата понадобится значительно большая сила. Чем отличается положение балок? В первом случае деформируемые слои материала доски в сечении ближе расположены к нейтральной оси ($x - x$), а во втором (ось $y - y$) — дальше. Из предыдущего материала уже известно,

что нейтральная ось (нулевая линия) — это геометрическое место точек поперечного сечения, в которых нормальные напряжения равны нулю.

Отсюда можно сделать вывод: поскольку основное сопротивление изгибу оказывают периферийные слои материала, целесообразно при изгибе применять брусья с сечениями, в которых материал расположен дальше от нейтральной оси.

Этот пример помогает понять, почему рычаги машин, шатуны и другие детали, а также рельсы, балки, корпуса и рамы машин в плоскости действия изгибающего момента имеют особую форму сечения, при которой усилены части, наиболее удаленные от нейтральной оси. В целом эти сечения напоминают доску, поставленную на ребро (рис.5).

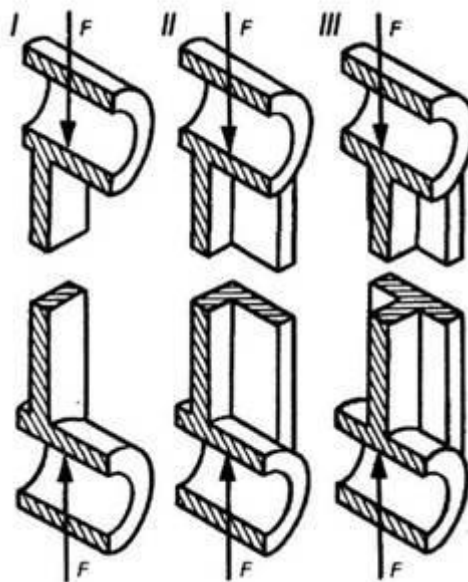


Рисунок 5 - Плоскости действия изгибающего момента

Многие детали машин, подвергающиеся нагружению изгиба, имеют непостоянное по длине поперечное сечение (кривошип, рычаги, шатуны, валы и др.). Это объясняется различием моментов, действующих в разных участках детали. Рассмотрим это более подробно.

Предположим, что на стойку, ввернутую в плиту (рис.6, I), действует сила F , которая стремится изогнуть стойку. Наибольший изгибающий момент при этом равен произведению $F \cdot L$: где L — высота стойки. Определим теперь изгибающий момент в некоторых сечениях стойки по высоте. На расстоянии

$L/4$ от верхнего конца изгибающий момент равен $(F \cdot L)/4$, посередине стойки — $(F \cdot L)/2$, у основания — $F \cdot L$.

Но если в разных сечениях стойки действуют неодинаковые моменты, то размеры сечений стойки по высоте также следует выполнить неодинаковыми: в верхней части стойки поперечные сечения должны быть меньше, чем в нижней части (рис.6, II). Если сравнить две конструкции стоек, то нетрудно заметить, что на вторую потребуется меньше материала, чем на первую.

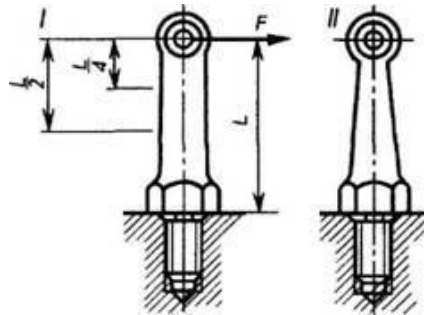


Рисунок 6 - Изгибающий момент в некоторых сечениях стойки по высоте

Рациональными формами сечений деталей, работающих на изгиб, являются двутавровые (рис.7, I), швеллерные (рис.7, II), коробчатые (рис.7, III) и трубчатые (рис.7, IV) полые сечения. Круглые полые сечения также эффективны при работе деталей на изгиб. Этим объясняется все более широкое применение этих сечений для вращающихся деталей, подвергающихся также изгибающим усилиям (например, для осей железнодорожных вагонов).

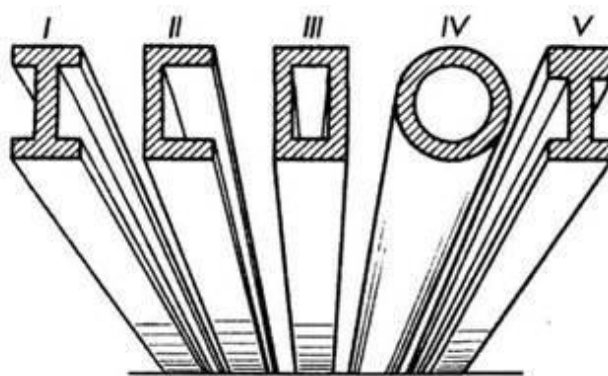


Рисунок 7 - Рациональные формы сечений

Если материал балки имеет различную прочность на растяжение и сжатие, то наиболее рациональным будет сечение в виде несимметричного двутавра (рис.7, V).

Способность поперечного сечения сопротивляться деформации изгиба характеризуется осевым моментом сопротивления изгибу W . Величина W зависит от формы и размеров поперечного сечения и от его ориентации по отношению к изгибающей силе. К обозначению W добавляют индекс, соответствующий обозначению нейтральной оси (например, W_x или W_y), относительно которой вычисляют момент сопротивления изгибу.

На рисунке 8 приведена диаграмма соотношения моментов сопротивления W_x и W_y для некоторых профилей проката, широко применяющихся в машиностроении.

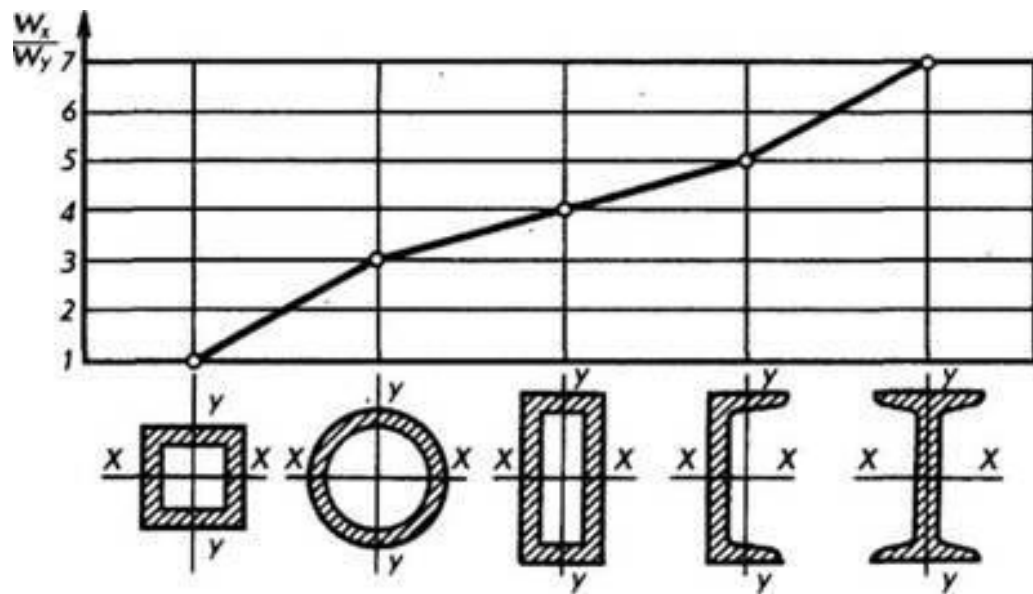


Рисунок 8 - Диаграмма соотношения моментов сопротивления W_x и W_y для некоторых профилей проката

Из диаграммы видно, что отношение W_x/W_y колеблется в больших пределах от 1 до 7. В связи с этим для лучшего использования материала в деталях с нагрузками в плоскостях «х—х» и «у—у» профиль проката следует выбирать в соответствии с величиной изгибающих моментов. Для стандартных профилей типа двутавров и швеллеров величины осевых моментов сопротивления изгибу приведены в справочниках.

Жесткость горизонтального стержня, нагруженного вертикальными силами, пропорциональна первой степени ширины его сечения и третьей степени высоты этого сечения. Например, увеличение ширины прямоугольного бруса в два раза увеличит его жесткость тоже в два раза.

Увеличение же высоты бруса в два раза увеличит его жесткость в 8 раз (рис. 9, а).

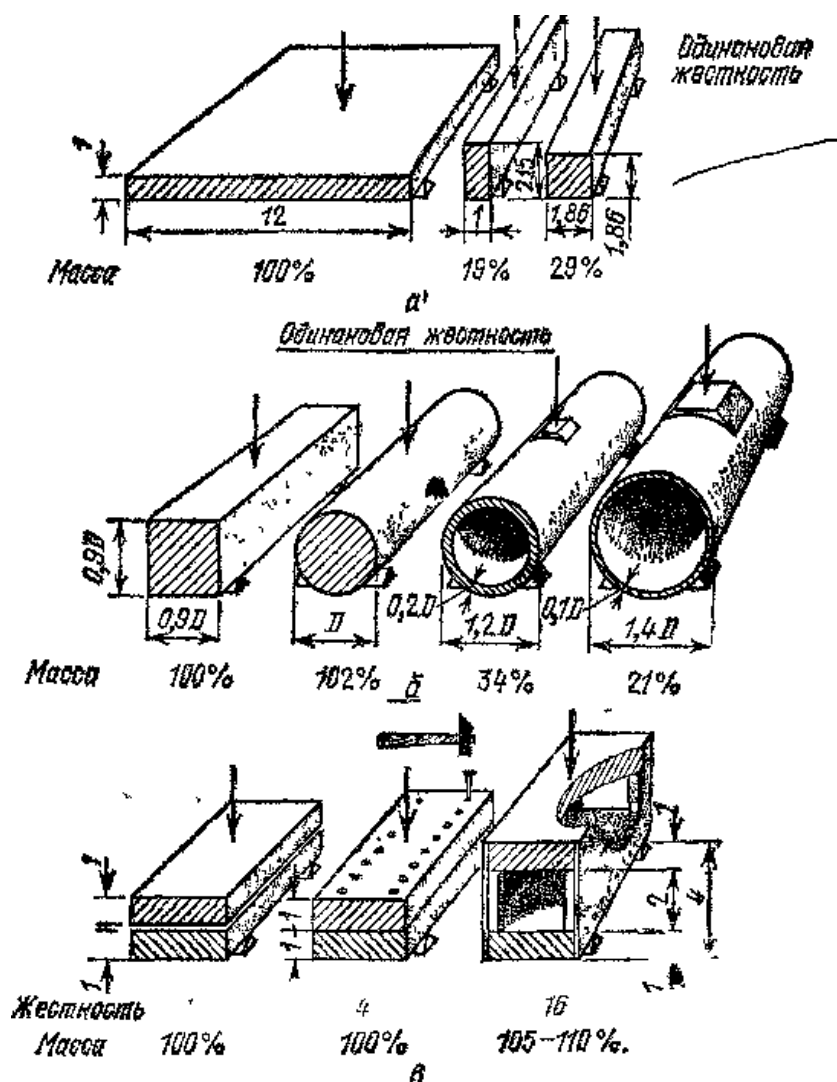


Рисунок 9 - Жесткость стержней различного сечения:

а, б - изменение массы при одинаковой жесткости, в - изменение жесткости при одинаковой массе

Контрольные вопросы

1. Что называется жесткостью поперечного сечения при изгибе?
2. Что называется моментом сопротивления при изгибе и какова его размерность?
3. Что называется изгибом?
4. Какие формы поперечных сечений являются рациональными для балок из пластичных материалов?

Задание для самостоятельной работы:

1. Просмотреть видео (ссылка в дополнительной литературе)
2. Краткий конспект. Вычертить формы поперечных сечений
3. Ответить письменно на контрольные вопросы
6. Фотографию конспекта прислать в личном сообщении ВК

<https://vk.com/id139705283>

На фотографии вверху должна быть фамилия, дата выдачи задания, группа, дисциплина. Например: «Иванов И.И, 15.03.2023, группа ХКМ 2/1, Техническая механика»