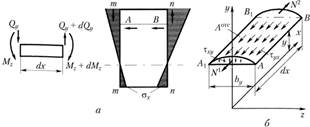
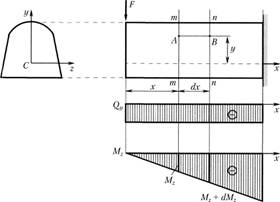
**Касательные напряжения при изгибе**

**Касательные напряжения в сплошных сечениях.** Будем считать, что при поперечном изгибе сохраняется гипотеза плоских сечений. Пусть консольная балка нагружена силой *F* (рис. 2.31). Определим касательные напряжения, действующие в горизонтальном сечении *АВ,* расположенном на расстоянии *у* от нейтральной оси. Для решения задачи используем закон парности касательных напряжений, позволяющий для определения касательных напряжений в поперечном сечении балки https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image996.jpg рассматривать равные им по величине https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image997.jpg, действующие в горизонтальной плоскости. Выделим элемент бруса длиной *dx,* ограниченный плоскостями *т–т* и *п–п*



(см. рис. 2.31 и 2.32, *а).* В нормальном сеченииhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1001.jpgбудут действовать напряженияhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1002.jpg, соответствующие осевой силеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1003.jpg, а в нормальном сеченииhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1004.jpg– напряжения ihttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1005.jpg, соответствующие осевой силе

https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1006.jpg. Равнодействующая двух осевых сил

https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1007.jpgравнаhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1008.jpgи направлена в сторонуhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1009.jpg

Для выполнения условий равновесия эта равнодействующая должна уравновешиваться касательными силами, действующими на площадкеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1010.jpg(рис. 2.32, *б).* Если принять допущение о равномерном распределении касательных напряжений по ширине сечения, полагая длину элемента небольшой, можно считать, что касательные напряжения на указанной горизонтальной площадке распределены равномерно и направлены в сторонуhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1011.jpg

В этом случае уравнение равновесия отсеченного элемента имеет вид

https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1012.jpg

Отсюдаhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1013.jpg. Посколькуhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1014.jpghttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1015.jpg и https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1016.jpg, получим

https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1017.jpg (2.76)

где https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1018.jpg – статический момент площади отсеченной части сечения относительно осиhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1019.jpg; https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1020.jpg– момент инерции сечения; https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1021.jpg – поперечная сила, действующая в данном сечении.

Выражение (2.76), называемое формулой Журавского, устанавливает закон изменения касательных напряжений по высоте поперечного сечения балки.

Для сплошного круглого сечения (рис. 2.33) ввиду симметрии в точках *А В* касательные напряжения равны. Касательное напряжение τ в точке *А* должно быть направлено по касательной к контуру.

В теории упругости доказано, что касательные напряжения по ширине сечения *АВ* направлены так, что линии их действия пересекаются в одной точке *С.* Разложимhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1022.jpgна составляющие https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1023.jpg и https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1024.jpg. Поскольку https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1025.jpg, то https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1026.jpg не учитывают; https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1027.jpg и https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1028.jpg считают равными и определяют их по формуле Журавского (2.76).

Для длинных балок из конструкционных металлических материалов подбор сечений по условию прочности на изгиб осуществляется поhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1029.jpg, поскольку роль касательных напряжений незначительна.

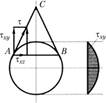
Для композитных материалов необходимо после выбора сечения провести проверку прочности поhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1030.jpg, поскольку допускаемое напряжение на сдвиг невелико. В этом случае используются два условия прочности:

* + - • для выбора размеров сечения:https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1031.jpg;
    - • для проверки прочностиhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1032.jpg:

Касательные напряжения в тонкостенных сечениях.

Толщина любого из элементов в тонкостенных сечениях существенно меньше остальных линейных размеров. Тонкостенные сечения бывают двух видов: незамкнутого (открытого) профиля и замкнутого. Линия, делящая толщину сечения пополам, называется средней линией. По этой линии строится эпюра касательных напряжений т.

При расчете балок с тонкостенным сечением на прочность определяющую роль играют нормальные напряжения, вычисляемые по формулам (2.73) и (2.74). Однако в отличие от балок со сплошным сечением в данном случае необходимо учитывать величину и закон распределения касательных напряжений.



Принимаются следующие допущения:

* + - • по толщинеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1034.jpgнапряженияhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1035.jpgраспределены равномерно, т.е. одинаковы по величине и направлению;
    - • направлениеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1036.jpgсовпадает с направлением касательной к средней линии.

Для тонкостенных сечений, как и для сплошных, формула для τ получается в результате учета равновесия части сечения, но разрез делается плоскостью, нормальной к средней линии, а не параллельной нейтральному слою, как при выводе формулы Журавского.

Внешне формула Журавского (2.76) не изменяет своего вида и для тонкостенных сечений, лишь обозначениеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1037.jpgзаменяется на 5, однако есть принципиальное отличие: здесь определяются полные напряжения τ, а неhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1038.jpg:

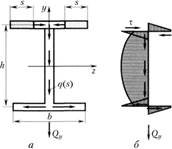
https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1039.jpg (2.77)

где https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1040.jpg – толщина /-го участка сечения;https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1041.jpg– координата, отсчитываемая вдоль средней линии от начала каждого /-го участка.

Поскольку τ не изменяются по толщинеhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1042.jpg, часто вместоhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1043.jpg используют характеристикуhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1044.jpg, которая называется потоком касательных напряжений (рис. 2.34, *а):*

https://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1045.jpg

В каждом сеченииhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1047.jpgиhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1048.jpg, если же иhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1049.jpg,



тоhttps://studme.org/imag/agro/dzh_prmeh/image1051.jpg. На рис. 2.34, *а* показан поток касательных напряжений в двутавровом поперечном сечении. Общий вид эпюры касательных напряжений приведен на рис. 2.34, *б.*