ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

ЛЕКЦИЯ 8

Сдвиг, кручение и изгиб

8.1. Сдвиг и срез

Сдвиг — это деформация, при которой грани детали смещаются параллельно друг другу. Касательное напряжение при сдвиге равно отношению силы к площади сечения, вдоль которого происходит сдвиг.

Срез — разрушение от сдвига. Заклёпки, болты, шпонки и штифты рассчитывают на срез. Если сила, действующая на соединение, превышает прочность на срез, элемент разрушается — соединение выходит из строя.

Смятие — местная деформация поверхности в зоне контакта. Болт, сжимаемый в отверстии, может смять стенки отверстия, если давление слишком велико. Поэтому диаметр болта и толщину соединяемых деталей подбирают так, чтобы напряжения смятия не превышали допускаемых.

8.2. Кручение

Кручение возникает, когда к валу приложены моменты, стремящиеся повернуть одно сечение относительно другого. При кручении вала его сечения поворачиваются друг относительно друга — вал закручивается.

Касательные напряжения при кручении распределяются по сечению неравномерно: они равны нулю в центре и максимальны на поверхности вала. Поэтому материал в центре вала недогружен, а материал на поверхности — нагружен максимально. Именно по этой причине для валов часто применяют полые сечения — это экономит материал без потери прочности.

Угол закручивания вала зависит от момента, длины вала, материала и полярного момента инерции сечения. Чем длиннее вал, тем больше угол закручивания при том же моменте. Чем больше диаметр вала, тем меньше угол закручивания — вал жёстче.

Условие прочности при кручении: максимальное касательное напряжение не должно превышать допускаемое. Условие жёсткости: угол закручивания на единицу длины не должен превышать допускаемое значение.

8.3. Изгиб

Изгиб — это деформация, при которой ось стержня искривляется. Различают чистый изгиб (только моменты) и поперечный изгиб (моменты и поперечные силы). При изгибе одна сторона стержня растягивается, а другая — сжимается. Нейтральный слой (слой, не испытывающий ни растяжения, ни сжатия) проходит через центр тяжести сечения.

Нормальные напряжения при изгибе распределяются по высоте сечения: максимальны на крайних волокнах (верхних и нижних) и равны нулю на нейтральной оси. Поэтому для балок, работающих на изгиб, применяют профили с большим моментом сопротивления сечения — двутавры, швеллеры, уголки. Они имеют больше материала там, где напряжения высоки (на краях), и меньше — там, где напряжения малы (в центре).

Условие прочности при изгибе: максимальное напряжение не должно превышать допускаемое. Для подбора сечения балки используют момент сопротивления — геометрическую характеристику, зависящую от формы и размеров сечения.

8.4. Профессиональные примеры

Вал электродвигателя. Вал передаёт крутящий момент от ротора к нагрузке (муфте, шкиву, шестерне). Он работает на кручение. Диаметр вала подбирают так, чтобы касательные напряжения не превышали допускаемые, а угол закручивания был в пределах нормы. При перегрузке (например, при заклинивании нагрузки) крутящий момент резко возрастает, и если напряжения превысят предел прочности — вал может сломаться (произойти скручивание).

Шпонка в соединении вала со шкивом. Шпонка передаёт вращающий момент от вала к шкиву (или наоборот). Она работает одновременно на срез (касательные напряжения по сечению шпонки) и на смятие (давление на боковые поверхности). Размеры шпонки (ширина, высота, длина) выбирают так, чтобы напряжения среза и смятия были в пределах допускаемых значений. Если шпонка слишком мала — она срежется или сомнёт стенки паза, и соединение проворачивается.

Кронштейн под трансформатор. Горизонтальная балка кронштейна, на которой установлен трансформатор, работает на изгиб. Чем дальше трансформатор от стены, тем больше изгибающий момент и тем больше напряжения. Для прочности балку делают из профильного проката (швеллера или уголка) — эти профили имеют высокий момент сопротивления и хорошо сопротивляются изгибу.

Болт, крепящий оборудование к фундаменту. Болт, затянутый с определённым моментом, одновременно растягивается (от сил затяжки) и может работать на срез (если оборудование пытается сдвинуться). Поэтому болты рассчитывают на совместное действие растяжения и среза.

Контрольные вопросы

1. Чем сдвиг отличается от растяжения? Что такое срез?
2. Как распределяются касательные напряжения по сечению вала при кручении и почему для валов иногда применяют полые сечения?
3. Что происходит со стержнем при изгибе — какие слои растягиваются, какие сжимаются?
4. Почему для балок используют двутавры и швеллеры, а не сплошные прямоугольные брусья?

На какие виды деформаций работает шпонка в соединении вала со шкивом? Объясните