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

ЛЕКЦИЯ 7

Растяжение и сжатие

7.1. Задачи сопротивления материалов

Сопротивление материалов изучает, как тела деформируются и разрушаются под действием нагрузок. Основная задача — обеспечить надёжность и долговечность деталей при минимальном расходе материала. Для этого нужно знать, какие напряжения возникают в детали, как она деформируется и не превзойдёт ли нагрузка допустимый предел.

Основные понятия: напряжение — внутренняя сила, приходящаяся на единицу площади сечения детали; деформация — изменение формы и размеров тела под нагрузкой; прочность — способность тела выдерживать нагрузку без разрушения; жёсткость — способность тела сопротивляться деформации; устойчивость — способность сохранять первоначальную форму равновесия.

7.2. Метод сечений

Для определения внутренних сил в детали применяют метод сечений. Мысленно разрезают деталь плоскостью на две части, отбрасывают одну часть и заменяют её действие внутренними силами, которые уравновешивают внешние силы, приложенные к оставшейся части. Этот метод — основной инструмент сопротивления материалов.

Внутренние силы приводятся к главному вектору и главному моменту. В зависимости от их направления различают виды деформации: растяжение-сжатие (сила вдоль оси детали), сдвиг (сила поперёк оси), кручение (момент вокруг оси), изгиб (момент поперёк оси).

7.3. Растяжение и сжатие

Растяжение возникает, когда силы, действующие на стержень, направлены вдоль его оси в разные стороны (растягивают). Сжатие — когда силы направлены навстречу друг другу (сжимают). При растяжении стержень удлиняется, при сжатии — укорачивается.

Нормальное напряжение при растяжении-сжатии равно отношению силы к площади поперечного сечения стержня. Чем больше площадь сечения, тем меньше напряжение при той же силе. Поэтому для больших нагрузок применяют стержни большего сечения.

Продольная деформация — относительное удлинение стержня. Она равна отношению изменения длины к первоначальной длине. По закону Гука, напряжение прямо пропорционально деформации: чем больше нагрузка, тем больше удлинение. Коэффициент пропорциональности называется модулем упругости (модулем Юнга) и характеризует жёсткость материала. У стали модуль упругости значительно выше, чем у меди или алюминия — сталь жёстче.

Поперечная деформация: при растяжении стержень становится тоньше, при сжатии — толще. Это свойство характеризуется коэффициентом Пуассона.

7.4. Диаграмма растяжения

При испытании образца на растяжение строят диаграмму — график зависимости удлинения от силы. На диаграмме видны несколько характерных участков:

- Участок упругости — удлинение пропорционально силе. Если снять нагрузку, образец возвращается к исходной длине. Это зона работы по закону Гука.
- Предел текучести — напряжение, при котором материал начинает «течь»: образец удлиняется без увеличения нагрузки. Появляются остаточные (пластические) деформации — после снятия нагрузки деталь не возвращается к исходным размерам.
- Участок упрочнения — материал снова сопротивляется растяжению, но не по закону Гука.
- Предел прочности (временное сопротивление) — максимальное напряжение, которое выдерживает материал перед разрушением.
- Разрушение — образование шейки (местного сужения) и разрыв образца.

Материалы, у которых есть площадка текучести (например, малоуглеродистая сталь), называются пластичными. Материалы, разрушающиеся без заметных деформаций (чугун, стекло), — хрупкими. Пластичные материалы более безопасны — они деформируются до разрушения, что заметно визуально. Хрупкие разрушаются внезапно.

7.5. Допускаемые напряжения и расчёт на прочность

Для безопасной работы напряжения в детали не должны превышать допускаемых значений. Допускаемое напряжение получают делением предельного напряжения (предела текучести или прочности) на коэффициент запаса прочности. Коэффициент запаса учитывает возможные перегрузки, неточности расчёта, разброс свойств материала и другие факторы. Обычно коэффициент запаса составляет от 1,5 до 3 и более.

Условие прочности при растяжении-сжатии: действующее напряжение не должно превышать допускаемое. Если условие выполняется — деталь прочная. Если нет — нужно увеличить сечение или выбрать более прочный материал.

7.6. Профессиональные примеры

Тросовая подвеска кабеля. Трос, на котором подвешен кабель, работает на растяжение. Сила натяжения троса зависит от веса кабеля, длины пролёта и провеса троса. Если сечение троса выбрано правильно — напряжение в нём не превышает допускаемое. Если трос слишком тонкий, при большом пролёте и тяжёлом кабеле напряжение может превысить предел прочности и трос оборвётся.

Болтовое соединение. При затяжке болт работает на растяжение. Сила затяжки не должна быть слишком большой — иначе напряжения превзойдут предел текучести, и болт «потечёт» (получит остаточную деформацию), а затем может разрушиться. Слишком слабая затяжка — соединение ослабнет. Поэтому момент затяжки регламентируется и контролируется динамометрическим ключом.

Опора ЛЭП. Стойка опоры работает на сжатие от веса проводов и собственного веса. Деревянные и железобетонные стойки рассчитывают так, чтобы напряжения сжатия не превышали допускаемые. При этом бетон хорошо работает на сжатие, но плохо на растяжение — поэтому железобетонные стойки армируют сталью, которая воспринимает растягивающие напряжения.

Контрольные вопросы

1. Что такое напряжение и в каких единицах оно измеряется?
2. Сформулируйте закон Гука. Что такое модуль упругости (Юнга)?
3. Чем отличается пластичный материал от хрупкого? Приведите примеры.
4. Что такое коэффициент запаса прочности и зачем он нужен?
5. Объясните, почему трос для подвески кабеля нужно подбирать по сечению и прочности. Что произойдёт при недостаточном сечении?