

Основы функционирования элементов конструкций

1. Критерии работоспособности конструкций

Элементы конструкций предназначены для передачи нагрузки без разрушения и без существенного изменения своих размеров.

Наука, обобщающая инженерный опыт и разрабатывающая научные основы проектирования и конструирования надежных конструкций называется *сопротивление материалов*. Основным содержанием науки о сопротивлении материалов является построение моделей и методов оценки прочностной надежности, позволяющих инженеру выбрать материал, определить необходимые размеры элементов конструкций и оценить способность этих элементов сопротивляться внешним воздействиям.

Сопротивление материалов - инженерная наука, для нее характерны упрощающие гипотезы и приближения, а потому простые приемы расчета, широкое привлечение экспериментальных методов оценки обоснованности расчетных данных.

Сопротивление материалов, с одной стороны, связано с материаловедением, а с другой - опирается на законы и теоремы общей механики и в первую очередь на законы статики. Методы сопротивления материалов широко используются в расчетах деталей машин общемашиностроительного применения и строительных конструкций зданий и сооружений.

Расчеты конструкций при проектировании связаны с определением *критериев работоспособности* изделий – признаков, на основании которых можно оценивать работоспособность отдельных деталей. Названия критериев работоспособности определяются в зависимости от возможных видов разрушения деталей или создания недопустимых условий для работы сопряженных деталей.

В рамках сопротивления материалов рассматриваются важнейшие критерии работоспособности – *прочность* и *жесткость*.

Под *прочностью* понимают способность конструкции, ее частей и деталей сопротивляться нагрузке или другим внешним воздействиям без разрушения. Для этого элементы (детали) сооружений и машин должны быть изготовлены из соответствующего материала и иметь необходимые размеры. *Прочность является главным критерием работоспособности большинства деталей*. Непрочные детали не могут работать. Следует помнить, что разрушения частей машины или сооружения приводят не только к простоям, но и к несчастным случаям.

Способность детали сопротивляться изменению формы под действием сил называется *жесткостью*. Жесткость оценивают через упругие свойства материала и геометрию сечения деформируемого тела.

Жесткость деталей машин выбирают из условий недопустимости следующих явлений:

- 1) потери *устойчивости* сжимаемых тонких стержней пластин, оболочек;
- 2) *резонансных колебаний* или *автоколебаний*;
- 3) нарушения правильного взаимодействия сопряженных звеньев;
- 4) уменьшения точности изготовления деталей на технологическом оборудовании.

Значение расчетов на жесткость возрастает в связи с широким внедрением высокопрочных сталей, у которых все увеличиваются характеристики прочности, а характеристика жесткости остается почти неизменной. При этом чаще встречаются случаи, когда размеры, полученные из расчета на прочность, оказываются недостаточными по жесткости.

2 Построение расчетных моделей

Оценка прочностной надежности элемента конструкции начинается с выбора расчетной модели (схемы). Для одной и той же детали может быть предложено несколько расчетных моделей, которые будут отличаться различной глубиной

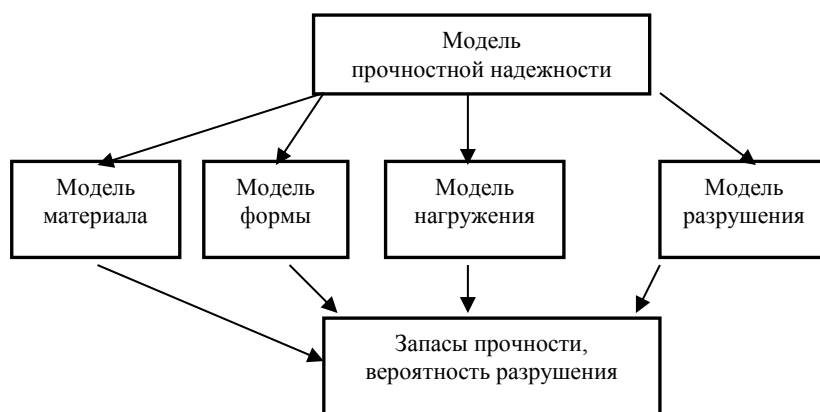


Рисунок 1 - Составляющие модели прочностной надежности элементов конструкции

(точностью) описания реального объекта и условий его работы.

В то же время одной расчетной схеме можно поставить в соответствие целый ряд деталей различных конструкций. Для определения прочностной надежности детали используют вспомогательные модели материала, формы, нагружения (сил) и разрушения (рис. 1).

Модели материала. В расчетах прочностной надежности материал детали представляют *однородной сплошной средой*, что позволяет рассматривать тело как непрерывную среду и применять методы математического анализа.

Под однородностью материала понимают независимость его свойств от размеров выделенного объема. Такая схематизация основана на осреднении свойств материала в объемах и обоснована многочисленными экспериментальными

исследованиями.

В качестве конструктивных используют *анизотропные материалы*, обладающие различными свойствами по различным направлениям (например, стеклопластики, фанера, ткани и др.). Однако в сопротивлении материалов в основном рассматриваются изотропные материалы.

Расчетная модель материала наделяется такими физическими свойствами, как упругость, пластичность и ползучесть, присущими в той или иной мере конструкционным материалам.

Упругостью называют свойство тела (детали) восстанавливать свою форму после снятия внешней нагрузки. Это свойство знакомо каждому. Например, возвращение в исходное положение изогнутой ветки дерева, сжатой или растянутой пружины и т. п.

Пластичностью называют свойство тела сохранять после разгрузки полностью или частично деформацию, полученную при нагружении (например, большой изгиб мягкой проволоки или свинцов с пластинки и др.).

Ползучестью называют свойство тел увеличивать со временем деформацию при действии внешних сил (например, вытяжка канатов и т. п.).

Модели формы. Геометрическая форма элементов конструкций обычно весьма сложна. На рис. 2 показаны три распространенные в конструкциях детали: вал редуктора (*а*), храповое колесо (*б*) и тройник (*в*).

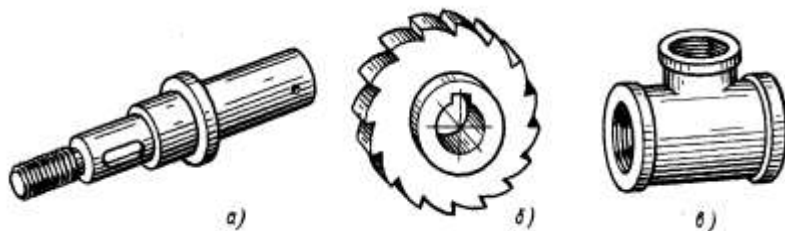


Рисунок 2 - Элементы конструкции: *а* - вал; *б* - храповое колесо; *в* - тройник

Точный учет всех геометрических особенностей детали невозможен, а часто и нецелесообразен, так как приводит к сложным расчетам.

На практике для оценки прочностной надежности вводят упрощение в геометрию детали, приводя ее к схеме *стержня* (бруса), *пластинки*, *оболочки*, *массива* (пространственного тела).

Стержнем, или брусом, называют тело, поперечные размеры которого малы в сравнении с его длиной (рис. 3, *а*). Стержень может иметь постоянное или переменное по длине сечение. *Кольцо* (рис. 3, *б*) рассматривают как стержень с криволинейной осью, а *пружину* - как пространственно изогнутый стержень.

Пластинкой (рис. 3, *в*) называют тело, ограниченное двумя плоскими или слабоизогнутыми поверхностями и имеющее малую толщину. Модель пластинки можно использовать для схематизации, например, тела колеса (см. рис. 2, *б*).

Оболочка (рис. 3, *г*) - тело, ограниченное двумя поверхностями и имеющее малую толщину по сравнению с радиусом кривизны и длиной. Тройник, показанный на рис. 2, *в*, можно схематизировать в виде двух составных цилиндрических оболочек.

Многие детали могут быть также представлены в виде составных моделей.

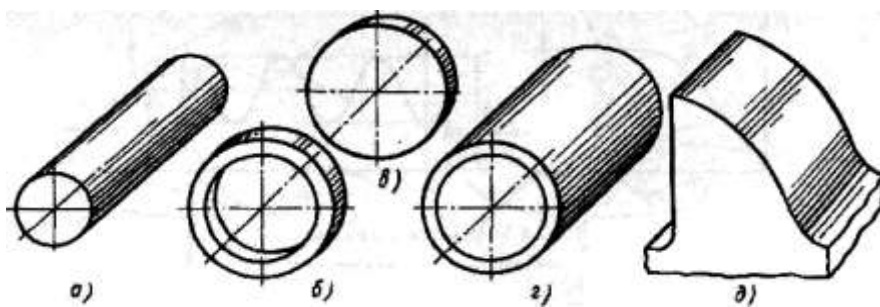


Рисунок 3 - Модели формы элементов конструкции: *а* - стержень; *б* - кольцо; *в* - круглая пластинка; *г* - оболочка; *д* - массив

Пространственным телом (массивом) называют модель, размеры которой соизмеримы (например, зуб храпового колеса, рис. 3, *д*).