

## Основные методы расчетов на прочность

Впервые поиск прочности форму сознательного, специально заданного исследования приобрел в экспериментах *Леонардо да Винчи*. Он испытывал на изгиб балки, металлическую проволоку на растяжение, проводил опыты по влиянию на прочность устойчивости.

Новый значительный шаг в развитии представлений о прочности через 120 лет после Леонардо да Винчи суждено было сделать еще одному титану эпохи Возрождения— *Галилео Галилею*.

Величайшая заслуга Галилея заключается в том, что он положил изданием своего труда *“Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению”* начало развития двух разделов механики— динамики и сопротивления материалов как самостоятельных наук. Галилей изучал только два вида деформации— растяжение и изгиб на всевозможных элементах из различных материалов, объясняя причины их прочности и разрушения.

Галилей во всех случаях изучал состояние материалов в момент разрушения. Прочность по Галилею, была связана с критическим, предельным состоянием элемента. Он старался понять, почему колонна или балка разрушается, какая сила вызывает это разрушение? Каковы должны быть форма, геометрические размеры и условия работы элемента, чтобы он не разрушался?

Галилей пытался выйти за рамки умозрительных рассуждений и при помощи математических доказательств прийти к теоретическому обобщению. Для этого ему не хватало

математического аппарата, поэтому нельзя сказать, что он построил теорию. Но он подготовил почву, на которой выросли современные расчеты на прочность.

Различают три метода расчетов на прочность:

- по допускаемым напряжениям;
- по допускаемым нагрузкам;
- по предельным состояниям.

При расчете на прочность по *допускаемым напряжениям* условие прочности, например, при растяжении или сжатии имеет вид:

$$\sigma_{\max} = N/F \leq [\sigma],$$

где  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение.

Допускаемое напряжение для хрупких материалов находят по формуле:

$$[\sigma] = \sigma_B / n,$$

а для пластичных по формуле:

$$[\sigma] = \sigma_T / n,$$

где  $n$  – коэффициент запаса прочности – число, показывающее во сколько раз допущенные нами в элементе напряжения меньше предела прочности или предела текучести материала. Величина этого коэффициента колеблется на практике в пределах от 1,7...1,8 до 8...10.

При выборе допускаемых напряжений приходится учитывать много факторов, главные из которых:

1. Коэффициент запаса прочности должен покрыть неточности, неизбежные в расчетах;

2. На выбор коэффициента запаса прочности влияет степень однородности материала, так как чем более неоднородным является материал, тем большим и коэффициент приходится брать;

3. Коэффициент запаса прочности зависит от технологических процессов производства материалов: например, сталь была произведена мартеновским или бессемеровским способом;

4. Выбор коэффициента запаса прочности зависит от продолжительности использования сооружения и т. д.

Для многих конструкций нормы допускаемых напряжений устанавливаются стандартами и инженер должен лишь уметь правильно применять их. Но в любом случае коэффициент запаса прочности надо выбирать с тем расчетом, чтобы был обеспечен известный запас против появления так называемого опасного состояния материала, которое будет угрожающим для работы конструкции.

*Расчет на прочность по допускаемым напряжениям является основным при расчетах деталей машин и механизмов.*

При расчете на прочность по допускаемым нагрузкам условие прочности имеет вид:

$$P_{\max} \leq [P],$$

где  $[P]$ — *допускаемая нагрузка*, равная некоторой  $1/n$  части той нагрузки, при которой конструкция перестанет функционировать правильно, перестанет выполнять свое назначение. Такую нагрузку называют предельной, иногда разрушающей в широком смысле слова, так как под разрушением конструкции понимают прекращение ее нормальной работы. Предельную нагрузку соответственно для хрупких и пластичных материалов находят по формулам:

$$P_{\text{пр}} = \sigma_{\text{в}} F; P_{\text{пр}} = \sigma_{\text{т}} F.$$

Этот способ расчетов на прочность чаще применяется при расчетах статически неопределимых конструкций.

*Расчет по предельным состояниям является обязательным для строительных конструкций.*

Рассматриваются две группы предельных состояний.

Первая группа— *из-за потери несущей способности или непригодности эксплуатации.*

Вторая группа— *из-за непригодности к нормальной эксплуатации.*

Основными предельными состояниями первой группы являются разрушение, потеря устойчивости, чрезмерное раскрытие трещин и ряд других опасных состояний.

К предельным состояниям второй группы относятся состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций или снижающие их долговечность, основном из-за недопустимых перемещений (прогибов, углов поворота и т.п.).

Условие прочности по предельным состояниям имеет вид:

$$\sigma_{\max} = N/F \leq R.$$

Расчетное сопротивление материалов  $R$  определяют по формуле

$$R = R_H / k,$$

где  $R_H$ — *нормативное сопротивление*, устанавливаемое нормами проектирования (СНиП) с учетом условий контроля и статической изменчивости сооружений. В качестве нормативного сопротивления могут быть приняты пределы текучести, прочности, выносливости, критическое напряжение и некоторые другие подобные характеристики материалов, которые в курсе сопротивления материалов называются опасными;  $k$ — *коэффициент безопасности по материалу*, который учитывает возможность отклонения прочностных характеристик в неблагоприятную сторону от нормативных значений. Значение коэффициента  $k$  зависит от свойств материалов и их статической изменчивости. В расчетах несущей способности значения  $k$  принимаются *не менее 1,1*.

В формуле величину  $N$  называют *расчетной нагрузкой*. Нормативные величины нагрузок устанавливаются СНиПами (строительными нормами и правилами) для соответствующих сооружений. Возможное отклонение нагрузок в неблагоприятную сторону от их нормативных значений вследствие изменчивости

нагрузок или отступлений от условий нормальной эксплуатации учитывается *коэффициентом перегрузки*  $n$ . Он является коэффициентом запаса по отношению к нагрузке. Тогда величину расчетной нагрузки получают по формуле:

$$N = n_1 N_{\text{ПОСТ}} + n_2 N_{\text{ВРЕМ}},$$

где  $N_{\text{ПОСТ}}$ — *постоянные нагрузки*;  $N_{\text{ВРЕМ}}$ — *временные нагрузки* (снег, ветер, дождь и т.д.).

Конструкции также следует рассчитывать с учетом возможных неблагоприятных сочетаний нагрузок например, одновременное загрузке моста поездом, тормозными силами и ветром, или одновременное нагружение опоры линии электропередачи односторонним натяжением провода и ветром. Вероятность таких сочетаний учитывается *коэффициентом сочетаний*  $n_c$ . Тогда формула (1.27) приобретает вид:

$$N = n_1 N_{\text{ПОСТ}} + n_c n_2 N_{\text{ВРЕМ}}.$$

При решении задач по сопротивлению материалов *все* нагрузки принимают расчетными.