

## Гендерный подход в сопротивлении материалов

Одним из первых в сопротивлении материалов вводится понятие напряжения. Именно величина напряжения позволяет судить о степени нагруженности материала детали и, в конечном счёте, об опасности данного напряженного состояния. Причём с первых же шагов полное напряжение в данной точке сечения стержня  $p$  раскладывается на две составляющие: нормальное напряжение  $\sigma$  и касательное напряжение  $\tau$  (Рис. 1).

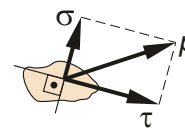


Рис. 1

Измеряются напряжения, как известно, в мегапаскалях (МПа).

В дальнейшем, по давней традиции, в курсе сопротивления материалов рассматриваются по отдельности простейшие виды нагружения, такие, как растяжение, сжатие, кручение и изгиб. При этом при растяжении, сжатии и изгибе вычисляется максимальное нормальное напряжение  $\sigma_{\max}$  и коэффициент запаса по текучести.

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\max}},$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести, определяемый в ходе механических испытаний на растяжение (или сжатие) специальных образцов материала.

При свободном кручении в поперечных сечениях отыскиваем максимальное касательное напряжение  $\tau_{\max}$  и коэффициент запаса по текучести равен:

$$n_T = \frac{\tau_T}{\tau_{\max}},$$

где  $\tau_T$  – предел текучести при сдвиге, определяемый на этот раз в ходе механических испытаний на кручение стандартных образцов материала.

И до поры – до времени никакой путаницы между  $\sigma$  и  $\tau$  не происходит. Но как только мы переходим к сложному напряжённому состоянию, когда  $\sigma$  и  $\tau$  действуют в площадке одновременно, в голове у студента зачастую возникает неразбериха.

Если такому студенту задать вопрос: “Могут ли 100 МПа быть опаснее, чем 100 МПа?”, он подумает, что преподаватель над ним неудачно подшутил. Но, говоря серьёзно, инженеру важно понимать, что  $\sigma = 100$  МПа и  $\tau = 100$  МПа наносят совершенно разный ущерб материалу детали. Именно эта мысль и послужила толчком к поиску неназойливого способа, нацеленного на выработку у студентов абсолютно разного отношения к  $\sigma$  и  $\tau$ . Хотелось придумать подход, исполненный юмора, забавных совпадений и аналогий между соотношениями теории напряжений и отношениями между людьми. Так родился (и продолжает развиваться) гендерный подход в сопротивлении материалов.

### Он и она

С самого начала предлагается считать нормальное напряжение  $\sigma$  субъектом мужского рода, а касательное напряжение  $\tau$  – соответственно субъектом женского рода.

Первым поводом к такому распределению служит тот факт, что в сопротивлении материалов  $\sigma$  могут быть как положительными (растяжение), так и отрицательными (сжатие), что за нами, мужчинами, частенько водится. Со своей стороны,  $\tau$  в курсе сопротивления материалов знаком не наделено, т.е. всегда считается положительным. Это вполне соответствует нашему рыцарскому отношению ко всем представительницам прекрасного пола.

### Закон парности касательных напряжений

Ярким подтверждением женской природы  $\tau$  является закон парности касательных напряжений. Вдумайтесь, какому нормальному мужику придёт в голову всё время смотреться в зеркало? Разве что утром, чтобы побриться или правильно завязать галстук. А вот дамы всех возрастов делают это при каждом удобном случае. (Такое впечатление, что, даже пользуясь мобильником, они больше смотрятся в своё отражение...).

А теперь обратимся к Рис. 2, а. На нём показана классическая иллюстрация закона парности касательных напряжений. Теперь представим, что в площадке  $z$  мы видим саму  $\tau$ , а площадка  $x$  – это просто зеркало. И там  $\tau$  всё время видит своё отражение.

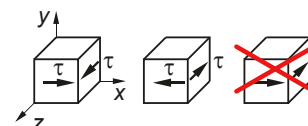


Рис. 2

На Рис. 2, б показана  $\tau$ , которая отвернулась от зеркала, но нам-то с вами отлично видно её отражение. А вот ситуацию, показанную на Рис. 2, в, и противоречащую закону парности  $\tau$ , представить себе невозможно (хотя студенты иногда такое рисуют). Невозможно, глядя в зеркало, увидеть свой затылок.

### Кто в доме главный?

Очень интересно поразмышлять над темой “Главные напряжения”. Классический диалог между преподавателем и студентом на экзамене звучит примерно так:

- Что называется главным напряжением?
- Это напряжение в главной площадке.
- А что такое главная площадка?
- Это площадка, в которой  $\tau = 0$ .

Всё правильно. Ответы на “пятерку”.

А теперь задумаемся в сказанное. Из определения следует, что главным может быть только  $\sigma$ ! Конечно, а кто же ещё? Главный в доме, конечно, мужчина. Но не всё так просто. Читаем внимательно до конца. Он главный, пока в площадке не появится  $\tau$ . При появлении прекрасной  $\tau$  в площадке само понятие “главное напряжение” сразу теряет смысл, независимо от величины  $\sigma$ . У людей такое происходит сплошь и рядом. Например, историки отмечают, что император Александр III, отличавшийся мощной комплекцией и управлявший целой Россией, очень любил свою миниатюрную супругу и даже слегка побаивался ее. И дело, конечно, не в страхе, а в давних рыцарских традициях просвещённого общества.

### Cherchez la femme

И, наконец, переходим от забавных качественных аналогий к численным “оценкам”. Такую возможность представляют формулы для вычисления эквивалентного напряжения при упрощённом плоском напряжённом состоянии.

Начнём с теории наибольших касательных напряжений. Авторами её являются французы Треска и Сен-Венан (некоторые авторы добавляют к ним Кулона). Формула для  $\sigma_{\text{экв}}$ , как известно, имеет вид:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

Из неё следует, что  $\tau = 100$  МПа (при  $\sigma = 0$ ) вызывает в 2 раза большее  $\sigma_{\text{экв}}$ , чем  $\sigma = 100$  МПа (при  $\tau = 0$ ). Иначе говоря, по мнению французов, женские мегапаскалы вдвое опаснее мужских.

Несколько иной вывод сделали поляк Хубер и австриец Мизес. Их теория удельной энергии изменения формы приводит к формуле:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

По их мнению, Сен-Венан со товарищи немного переоценили способности прекрасных  $\tau$ , как это и свойственно французам. Трезвая оценка австро-венгерских специалистов такова: женские мегапаскалы лишь в  $\sqrt{3}$  раз опаснее мужских. Что тоже, согласитесь, не так уж мало...