

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ГЕЛЕНКА НА ПРОЧНОСТЬ

К.т.н., доц. Горбачик В. Е.

(ВГТУ)

В сообщении [1] было показано, что расчётная схема нагружения геленка в обуви представляет собой прямую балку, лежащую на шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижной опорах и нагруженную распределённой нагрузкой, интенсивность которой меняется по длине балки по закону треугольника.

Известно [2], что величина нагрузки, действующей на переишу обуви со стороны стопы при стоянии составляет примерно 12% массы тела человека, приходящейся на одну ногу.

Так как расчёты на прочность ведутся по максимальным нагрузкам, действующим на деталь, необходимо установить наибольшую массу людей, которые будут носить данную обувь. Ориентировочно эту задачу можно решить, используя связь между ростом и массой тела человека, ростом и длиной стопы.

Как известно, один размер геленка предназначен для 3-4 номеров обуви [3]. Определив самый большой номер обуви, в которой будет использоваться данный геленок, и, зная род обуви, легко определить средний рост людей, которые будут носить данную обувь, используя для этого установленные зависимости между ростом  $R$  и длиной стопы  $D_{ст}$ . Для мужчин  $D_{ст} = 0,14R + 29$ , для женщин  $D_{ст} = 0,14R + 22$ , у детей отношение длины стопы к росту составляет приблизительно 16-17% [4].

Известно также [5], что масса человека находится в достаточно хорошей корреляционной связи с его ростом. Существуют специальные таблицы, по которым можно определить среднюю массу человека, зная его рост. Для ориентировочной оценки массы можно использовать и массово-ростовой индекс Кеттле, который показывает, сколько граммов массы должно приходиться на каждый сантиметр роста: у мужчин - 350-400 г, у женщин - 325-375 г.

Необходимо также учесть колебания массы тела от средней величины (среднеквадратичное отклонение  $S = \pm 6$  кг) [6]. При определении величины суммарной нагрузки, действующей на геленок со стороны стопы, берётся не подсчитанная средняя масса тела человека  $M$ , а  $M + 2S$ , что даёт возможность учесть 95,4% всех людей, носящих данный размер обуви. Брать размах колебаний массы  $+ 3S$  нет необходимости, так как ряд допущений, принятых в расчётной схеме, идёт в запас прочности.

При исследовании характера работы геленка в обуви было установлено, что во время ходьбы напряжения  $\sigma$  в сечениях геленка меняются как по величине, так и по знаку [7]. Учитывая это, необходимо обязательно производить расчёт геленков на усталостную прочность.

Известно [8], что величина предела выносливости в значительной мере зависит от степени симметрии цикла, т. е. соотношения между крайними значениями меняющегося напряжения. Анализ изменения напряжений в сечениях балки-геленка при ходьбе показал, что, как правило, по абсолютной величине  $\sigma_{max} > \sigma_{min}$ . Следовательно, цикл изменения напряжений в сечениях геленка несимметричен. В наиболее напряжённых местах, расположенных около линии фронта каблучка, характеристика цикла в среднем равна - 0,6. При этом не-

обходимо учитывать, что значения максимальных напряжений сильно варьируют у разных носчиков (характеристика цикла  $\gamma$  колеблется от  $-0,4$  до  $-0,8$ ).

В связи с этим вполне возможен случай, когда напряжения  $\sigma_{\max}$  и  $\sigma_{\min}$  будут равны по величине и обратны по знаку, т. е. будет иметь место симметричный цикл. При симметричном же цикле предел выносливости материала имеет наименьшее значение.

Однако анализ экспериментальных данных показывает, что при симметричном цикле величина амплитуды колебаний напряжения примерно на 20-25 % меньше, чем среднее значение  $\sigma_{\max}$  у носчиков при несимметричном цикле.

Учитывая это, расчёт геленок на усталостную прочность необходимо проводить как при несимметричном цикле по наибольшим напряжениям, полученным по расчёту, так и при симметричном цикле, уменьшая при этом величину амплитуды колебания напряжений на 20 %.

Исходя из принятых положений, методика расчёта геленок на прочность может быть представлена в следующем виде:

1. Геленок изображается в расчётной схеме в виде прямолинейной балки с шарнирно-подвижной опорой на пучковом конце и шарнирно-неподвижной на пяточном (рис.1). Размеры балки берутся из соответствующих чертежей конструкции геленок. Длина балки определяется по развёртке геленок на плоскость от места закрепления пучкового конца геленок до пяточного конца. При этом если пяточный конец геленок удлинен и имеет развалку, то она в расчёт не принимается.

2. Подсчитывается величина общей (суммарной) нагрузки, действующей на геленок со стороны наружного свода стопы. Для этого выбирается самый большой номер обуви, в котором будет использоваться данный геленок, определяется средний рост людей, которые будут носить этот размер обуви, и подсчитывается наибольшая масса этих людей. Величина суммарной нагрузки, действующей на геленок, будет составлять 12 % подсчитанной массы тела человека, приходящейся на одну ногу.

3. Суммарная нагрузка представляется в расчётной схеме в виде сплошной распределённой нагрузки, интенсивность которой изменяется по длине балки по закону треугольника (рис.1). Так как общая величина нагрузки в этом случае будет равна площади треугольника, то, зная длину балки между опорами 1, можно легко определить ординату  $q_0$  - наибольшую интенсивность нагрузки в точке опоры на пяточном конце геленок

$$q_0 = \frac{2\omega}{l}, \quad (1)$$

где  $\omega$  - грузовая площадь, равная 12% массы тела человека, приходящейся на одну ногу.

4. Определяются опорные реакции А и В из уравнений равновесия для всей балки

$$\begin{aligned} \sum X &= 0 & V_A &= 0 \\ \sum M_B &= 0; & A \cdot l - \omega \cdot \frac{2}{3}l &= 0; & A &= \frac{2}{3}\omega = \frac{q_0 \cdot l}{3}; \\ \sum M_A &= 0; & -B \cdot l + \omega \cdot \frac{1}{3} &= 0; & B &= \frac{1}{3}\omega = \frac{q_0 \cdot l}{6}. \end{aligned} \quad (2)$$

5. Производится построение эпюр поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ . Уравнения, выражающие законы изменения  $Q$  и  $M$  по всей длине балки, будут иметь следующий вид:

$$Q = -\frac{q_0}{6l} (l^2 - 3x^2) \quad (3)$$

$$M = \frac{q_0 \cdot x}{6l} (l^2 - x^2), \quad (4)$$

где  $x$  - абсцисса какого-либо сечения 1-1, считая от пучкового конца балки.

Как видно из приведенных формул эпюра поперечных сил изображается кривой второго порядка, а изгибающий момент изменяется по закону кубической параболы (рис.1).

6. Определяется расположение опасного сечения геленка и величина максимальных напряжений в этом сечении.

Учитывая, что большинство используемых в промышленности стержневых металлических геленков имеет переменное по длине поперечное сечение, для нахождения опасного сечения строится эпюра напряжений по длине балки.

7. Определяется величина максимальных напряжений, возникающих в опасном сечении геленка при ходьбе. Исходя из того, что в результате динамического действия нагрузок на переищу обуви при ходьбе напряжения в сечениях геленка возрастают примерно в 2 - 2,3 раза по сравнению со статикой и, учитывая, что ряд допущений, принятых в расчетной схеме, идёт в запас прочности, величина наибольшего значения действительных напряжений в опасном сечении при ходьбе  $\sigma_{\max}^n$  принимается в два раза больше по сравнению с расчётными значениями напряжений в этом сечении при стоянии  $\sigma_{\max}^c$ , т. е.  $\sigma_{\max}^n = 2\sigma_{\max}^c$ .

8. Определяется предел выносливости для симметричного цикла при изгибе  $\sigma_{-1}^n$ :

$$\sigma_{-1}^n = \beta_k \sigma_{\text{пр}}, \quad (5)$$

где  $\beta_k$  - числовой коэффициент, соответствующий тому или иному виду деформации

$\sigma_{\text{пр}}$  - предел прочности материала.

Для катаной и кованой стали величина коэффициента  $\beta$  в случае изгиба колеблется в пределах от 0,4 до 0,6 [8].

Так как геленки изготавливаются из стальной холоднокатаной ленты и к тому же подвергаются термообработке, что способствует увеличению предела выносливости, при расчётах их на прочность можно принять:

$$\sigma_{-1}^n = 0,5\sigma_{\text{пр}} \quad (6)$$

9. Вычисляется действительный коэффициент концентрации напряжений  $\alpha_{\text{кд}}$ . Его приближенно можно определять по следующим эмпирическим формулам:

- в месте расположения отверстия для крепления геленка в обуви он будет равен

$$\alpha_{\text{кд}} = 1,5 + 1,5 \frac{\sigma_{\text{пр}} - 40}{110}; \quad (7)$$

- в месте же окончания ребра жёсткости

$$\alpha_{\text{кд}} = 1,2 + 0,2 \frac{\sigma_{\text{пр}} - 40}{110}, \quad (8)$$

10. Находится допускаемое значение для симметричного цикла

$$[\sigma_{-1}^u] = \frac{\sigma_{-1}^u}{k \cdot \alpha_{\text{коб}}}, \quad (9)$$

где  $k$  - коэффициент запаса прочности.

Учитывая, что в расчётной схеме ряд принятых положений (схематизация опорных частей геленка, учёт напряжений, возникающих в сечении геленка при одевании обуви и др.) идет в запас прочности и, кроме того, срок службы обуви ограничен, величину коэффициента запаса прочности  $k$  при расчётах геленка на усталостную прочность можно принять равной 1,1.

11. Определяется допускаемое напряжение для случая несимметричного цикла с характеристикой  $r = -0,6$ :

$$[\sigma_{-0,6}^u] = \frac{2[\sigma_{+1}^u][\sigma_{-1}^u]}{(1+0,6)[\sigma_{+1}^u] + (1-0,6)[\sigma_{-1}^u]}, \quad (10)$$

где  $[\sigma_{\pm 1}^u]$  - допускаемое напряжение при статической нагрузке

$$[\sigma_{\pm 1}^u] = \frac{\sigma_T^u}{k}, \quad (11)$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести материала при изгибе:

$$\sigma_T^u = 0,8 \sigma_{\text{пр}} \quad (12)$$

12. Проверяется выполнение условия прочности для наиболее опасных сечений как при несимметричном, так и при симметричном циклах:

$$\sigma_{\text{мах}}^u \leq [\sigma_{-0,6}^u], \quad 0,8 \sigma_{\text{мах}}^u \leq [\sigma_{-1}^u] \quad (13)$$

### Литература:

1. Горбачик В. Е. О расчёте металлического геленка на прочность. - Вестник Витебского государственного технологического университета. Республика Беларусь, Витебск: ВГТУ, 1995. - с. 47-51.
2. Горбачик В. Е., Кузьмина К. И., Зыбин Ю. П. Исследование распределения давления по плантарной поверхности стопы в обуви. - Известия вузов. Технол. лёгкой пром-сти. 1970, N2, с. 86-91.
3. Рубашкина Т. С. Супинаторы для гибких комбинированных стелек. - «Обувная промышленность», серия X, инф. 5(31), ЦИТИЛегпром, 1966 г.
4. Зыбин Ю. П. и др. Конструирование изделий из кожи. - М.: из-во «Лёгкая и пищевая промышленность», 1982 г. - 264 с.
5. Аграновский З. М., Лебедева Е. А., Соколова Т. Ф., Харахоркина К. Д., Шiba В. В. Алгоритмы и расчётные таблицы для физиолого-гигиенической оценки показателей веса тела по антропометрическим данным с учётом возраста. - Сб. «Вопросы питания стареющего организма», труды ЛГСМИ, т. 96, 1971 г., с. 25-31.
6. Иванов С. М. Врачебный контроль и лечебная физкультура. - Из-во «Медгиз», 1959 г.
7. Горбачик В. Е., Зыбин Ю. П. Исследование напряжённого состояния металлического геленка в обуви. - Известия вузов. Технология лёгкой промышленности, 1977, N 1, с. 79-85.
8. Веляев Н. М. Сопrotивление материалов. - Из-во «Наука», М., 1976 г. - 608с.

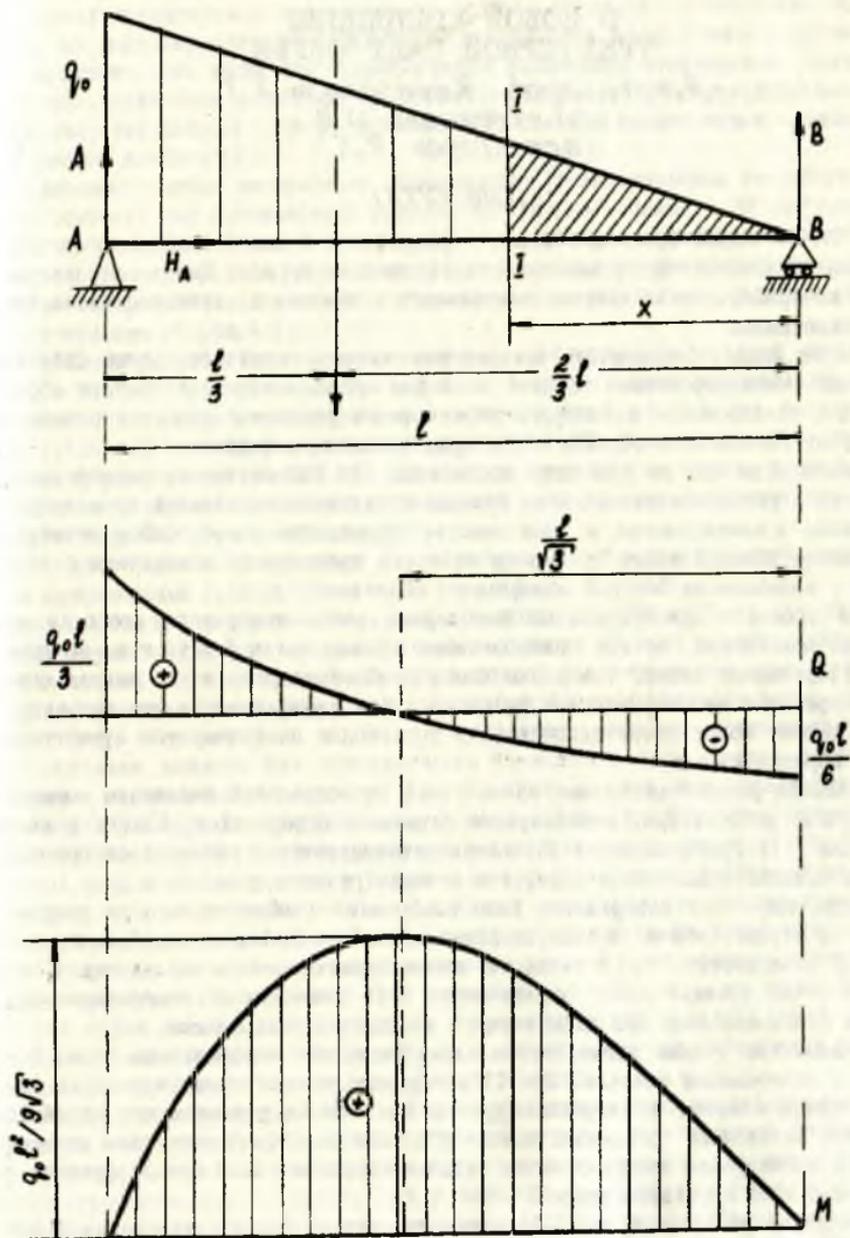


Рис 1. Схема нагружая гелемла при расчете его на прочность