

УДК 685.34.017.35

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ЖЁСТКОСТИ  
ГЕЛЕНОЧНОЙ ЧАСТИ ОБУВИ**

ассист. Т. М. Борисова, к.т.н., доц. Г. Н. Федосеев,  
д-р т.н., проф. В. Е. Горбачик  
(Учреждение образования «Витебский государственный  
технологический университет»)  
e-mail: kaversy@mail.ru

**Разработана расчётная схема жёсткости геленочной части женской обуви, адекватность которой подтверждена экспериментальными исследованиями.**

**Ключевые слова:** жёсткость, упругость, геленочная часть, геленок, высота каблука.

Такие эргономические свойства, как жёсткость и упругость – важные факторы укрепления геленочной части обуви для обеспечения поддержки и правильного положения стопы в процессе эксплуатации. В женской обуви с каблуком при отсутствии достаточной жёсткости в геленочной части наружный свод теряет опору, при этом стопа, опираясь только на пятку и пучки, прогибается в области межпредплюсневых и предплюсне-плюсневых суставов, что совершенно недопустимо с точки зрения строения стопы и ее работы. Это приводит к преждевременному утомлению мышц ног и может стать причиной развития плоскостопия.

Вопросам укрепления и проектирования геленочной части посвящен ряд работ [1–3], однако все они достаточно давние, когда обувь на особо высоком каблуке широко не использовалась, массово не выпускались и исследовались в основном на обуви среднем и высоком каблуке.

В настоящее время, следуя направлениям моды, многие женщины носят обувь не только на высоких каблуках, но и высотой более 70 мм. К тому же значительно изменились кон-

струкции стелечных узлов, появились новые материалы для производства стелечных узлов.

Исходя из сказанного, для обеспечения комфорта и безопасности стопы в обуви на высоких и особо высоких каблуках, актуальна разработка методики расчета жёсткости геленочной части низа обуви на стадии её проектирования.

При расчёте реальные детали обычно представляют в расчётной схеме в виде типовых элементов, а реальные внешние нагрузки схематизируют в виде сосредоточенных или распределенных сил. Таким образом, при разработке методики расчёта жёсткости геленочной части низа обуви в первую очередь необходимо составить и обосновать расчетную схему нагружения.

Геленочная часть обуви представляет собой балку с изогнутой осью, т.е. линия, проходящая через центр тяжести поперечных сечений, является кривой. Кривизна определяется продольным профилем колодок и зависит от высоты каблука.

Из теории сопротивления материалов известно, что напряжения в балках малой кривизны, у которых радиус оси  $R_0$  велик по сравнению с вы-

сотой поперечного сечения  $h_0$ , т.е.  $R_0/h_0 \geq 5$ , с достаточной для практики точностью можно определять по формулам для прямых балок. Для обуви высотой каблука от 20 до 110 мм радиусы кривизны осей  $R_0$  соответственно равны 190–90 мм, а высота сечения  $h_0$  колеблется до 7 мм, т.е. отношение  $R_0/h_0$  гораздо больше 5 [3]. Следовательно, в расчётной схеме изогнутую ось можно заменить прямой осью, т.е. рассматривать геленочную часть как прямую балку.

Жёсткость геленочной части обуви обеспечивается, в основном, жёсткостью геленочной части стелечного узла. Так как картонные детали в стелечном узле неподвижно соединены между собой тонким слоем клея и отформованы, принимаем поперечное сечение балки прямоугольным однородным с включённым в него геленком. Жёсткостью подошвы пренебрегаем, учитывая, что её модуль упругости (резина, полиуретан 10 МПа [4]) на несколько порядков меньше картона.

Реальные нагрузки, действующие на геленочную часть обуви, необходимо заменить более простой и удобной для расчёта схемой. При стоянии на геленочную часть действует нагрузка со стороны наружного свода стопы, при этом стопа опирается на след обуви не отдельными точками, а целыми поверхностями. Нагрузка от костного скелета передаётся к опоре через мягкие ткани, которые рассредоточивают её по поверхности опоры, что даёт основание считать, что на геленочную часть действует распределённая нагрузка.

Предварительно на аппаратном комплексе «ДиаСлед», предназначенном для динамоплантографических исследований [5], распределяли нагрузки по плантарной поверхности стопы в обуви с различной высотой каблука. При исследовании геленочную часть

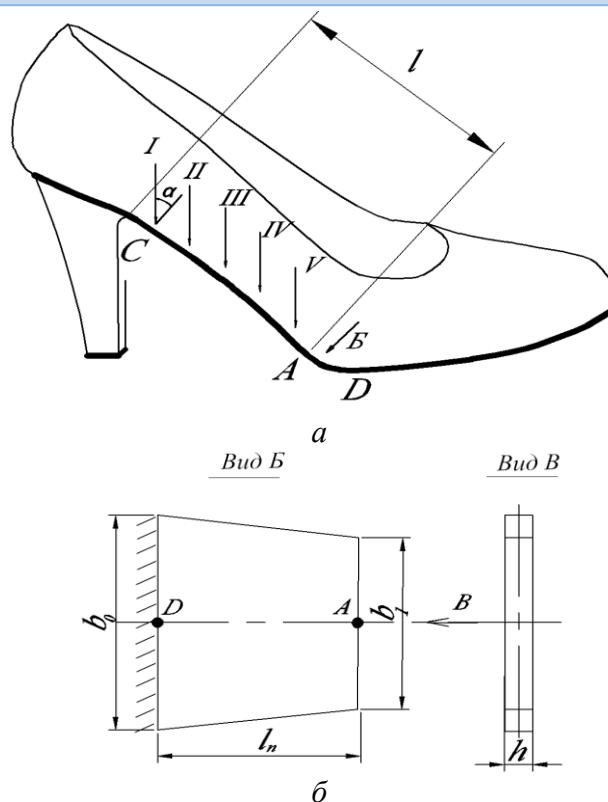
обуви разбивали на пять зон, соответствующих расположению датчиков. Поэтому для расчёта распределённую нагрузку заменяем более простой и удобной схемой из пяти сосредоточенных сил (рис. 1, *a*).

При разработке методики расчёта сначала рассматриваем каждую из этих сил, приложенных на некотором расстоянии от заделки пяточного конца балки в отдельности. Необходимо также учесть, что нагрузка со стороны стопы действует не перпендикулярно оси геленка, а под некоторым углом, величина которого зависит от высоты каблука в обуви.

Далее необходимо рассмотреть устройство опор этой балки и схематизировать опорные части. Учитывая, что защемление пяточного конца более жесткое, так как геленочная часть в этом месте практически неподвижно скреплена с каблуком, в расчётной схеме на этом конце балки можно принять жёсткую заделку.

По данным [2], 85% жёсткости стелечного узла в обуви обеспечивается металлическими геленками. Стелечные узлы проектируются так, чтобы задний конец геленка практически неподвижно соединён с каблуком, а передний конец не доходит на некоторое расстояние до опорной поверхности и опирается только на участок из деталей низа, расположенных под ним. Исходя из сказанного, можно принять его опирающимся на упругую пластинку  $AD$  (рис. 1, *a, б*). Как уже было сказано, модуль упругости картона несравнимо больше, чем материал подошвы, поэтому при определении жёсткости пластинки учитываем только картон.

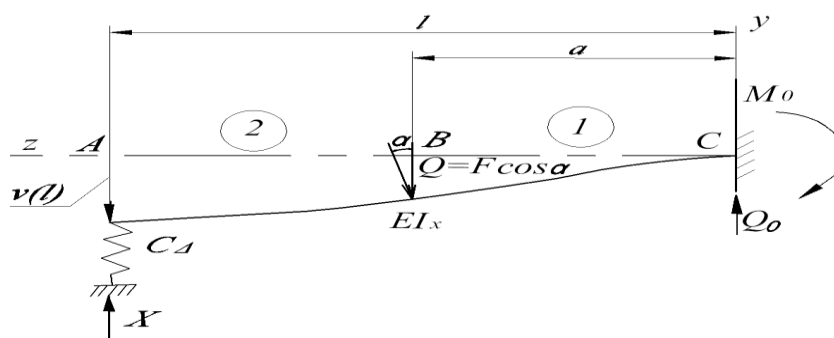
Длину балки считаем от заделки пяточного конца до места закрепления пучкового конца геленка.



**Рис. 1. Расчётная схема несущей конструкции женской обуви:**  
 $b$  – ширина упругой пластинки в области конца геленка;  $b_0$  – ширина пластинки в области опоры на плоскость;  $l_n$  – длина пластинки;  $h$  – толщина пластинки;  $l$  – длина балки

На рис. 2 расчётная схема геленочной части обуви представлена прямой балкой, имеющей жёсткую заделку, с одной стороны, и опирающейся на упругую пластинку с жёсткостью

$C_{\Delta}$ , с другой – нагруженную пятую сосредоточенными силами. Поперечное сечение балки с включённым в неё геленком представлено на рис. 3.



**Рис. 2. Расчётная схема низа обуви:**  
 $M_0$  – начальный изгибающий момент;  $Q_0$  – начальная поперечная сила;  
 $Q$  – действующая нагрузка;  $a$  – координата действующей нагрузки;  
 $\alpha$  – угол наклона геленочной части;  $X$  – реакция упругой связи;  
 $C_{\Delta}$  – жёсткость упругой связи;  $EI_x$  – жёсткость балки

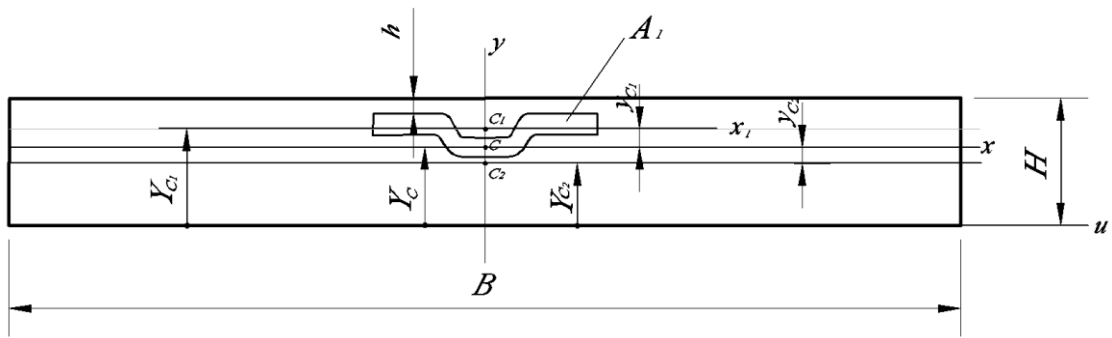


Рис. 3. Поперечное сечение геленочной части обуви:

$y_{c1}$  – расстояние центра тяжести площади сечения геленка от центральной оси  $x$ ;  $y_{c2}$  – расстояние центра тяжести площади сечения картона от центральной оси  $x$ ;  $Y_{c1}$  – ордината центра тяжести площади сечения геленка;  $Y_{c2}$  – ордината центра тяжести площади сечения картона;  $Y_c$  – ордината нейтральной линии сечения;  $H$  – толщина балки;  $B$  – ширина балки

На рис. 4 показана деформация бесконечно короткого элемента геленочной части. Симметричное поперечное сечение, ограничивающее элемент с одной левой стороны, поворачивается при прямом изгибе относительно другого, принятого за неподвижное (поворачивается вокруг нейтральной

линии  $x$ ). Удлинение произвольно продольного «волокна» элемента, отстоящего от координатной плоскости  $uw$  на расстояние  $Y$  (см. рис. 4):

$$\Delta(dz) = \Delta_0(dz) - Yd\varphi,$$

где  $\Delta_0(dz)$  – удлинение «волокна» в координатной плоскости  $uw$ ;  $d\varphi$  – угол поворота поперечного сечения.

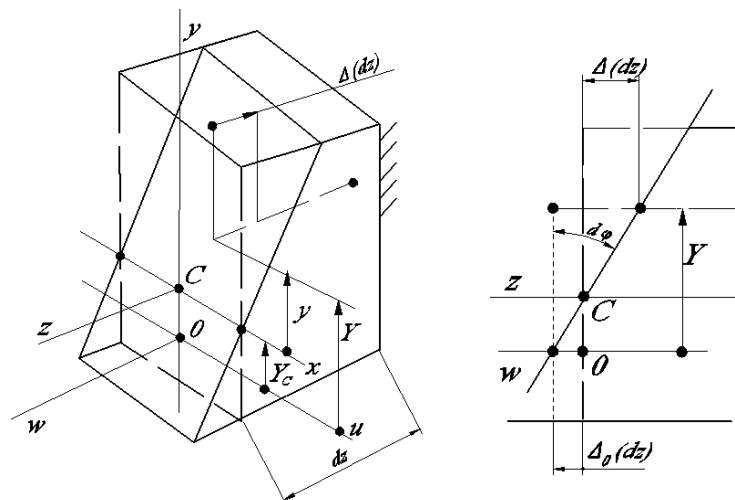


Рис. 4. Деформация элемента геленочной части

Относительная деформация

$$\varepsilon = \frac{\Delta dz}{dz} = \varepsilon_0 - \frac{d\varphi}{dz} Y. \quad (1)$$

Угол поворота поперечного сечения  $d\varphi$ , а с ним и угол поворота нормали к нему, угол наклона касательной к искривлённой продольной оси  $z$  равен

## КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ

углу смежности искривлённой оси. Отношение  $d\varphi/dz$  – кривизна нейтрального слоя. Вводя обозначение

$$k = \frac{1}{\rho} = \frac{d\varphi}{dz}, \quad (2)$$

где  $\rho$  – радиус кривизны.

Напишем вместо формулы (1)

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - kY. \quad (3)$$

Подставим выражение для относительного удлинения (3) в закон Гука  $\sigma = E\varepsilon$ : нормальные напряжения в пределах поперечного сечения  $i$ -го включения в геленочную часть рассчитываются, как

$$N = \sum_{A_i} \int \sigma_i dA_i, \quad M = - \sum_{A_i} \int \sigma_i Y dA_i, \quad (6)$$

где нормальные напряжения в пределах площади  $A_i$  задаются формулой (4).

Знаки в выражениях (6) определяются знаками напряжений  $\sigma_i$  (положительны растягивающие напряжения), знаком нормальной силы  $N$  (положи-

$$\sigma_i = E_i \varepsilon = E_i \varepsilon_0 - E_i k Y, \quad (4)$$

где  $E_i$  – модуль  $i$ -го упругости включения.

Нормальная сила, действующая на элемент  $dA_i$  площади поперечного сечения включения  $A_i$ , равна

$$dN_i = \sigma_i dA_i. \quad (5)$$

Приводя силы (5) к началу координат, найдём нормальную силу и момент. Первая равна сумме нормальных сил, действующих на элемент  $dA_i$ , вторая – сумме их моментов относительно оси  $u$ :

тельна растягивающая сила) и знаком момента  $M_u$  (положителен момент, отвечающий сжатию верхней части сечения на рис. 4).

Подставляя напряжения (4) в статические эквиваленты (6), получим уравнения относительно величин  $\varepsilon_0$  и  $k$ :

$$N = \varepsilon_0 \sum_{A_i} E_i \int dA_i - k \sum_{A_i} E_i \int Y dA_i; \quad -M_u = \varepsilon_0 \sum_{A_i} E_i \int Y dA_i - k \sum_{A_i} E_i \int Y^2 dA_i;$$

или

$$\begin{aligned} N &= \varepsilon_0 \sum E_i A_i - k \sum E_i S_{ui}, \\ -M_u &= \varepsilon_0 \sum E_i S_{ui} - k \sum E_i I_{ui}. \end{aligned} \quad (7)$$

В этих уравнениях статический момент определяется как

$$S_{ui} = \int_{A_i} Y dA_i = A_i Y_{c_i}, \quad (8)$$

где  $Y_{c_i}$  – ордината центра тяжести  $S_i$  площади  $A_i$  (см. рис. 4).

$$\text{Момент инерции } I_{ui} = \int_{A_i} Y^2 dA_i. \quad (9)$$

Нормальные силы (5) приводятся при изгибе к моменту (6, 7). Нормальная сила (6, 7) равна нулю:

$$\varepsilon_0 \sum E_i A_i - k \sum E_i S_{ui} = 0,$$

откуда относительное удлинение волокна в координатной плоскости  $uw$  (рис. 4)

$$\varepsilon_0 = k \frac{\sum E_i S_{ui}}{\sum E_i A_i},$$

что даёт формулу для относительного удлинения (3) волокна нейтрального слоя:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_0 - k Y_c = k \left( \frac{\sum E_i S_{ui}}{\sum E_i A_i} - Y_c \right) = 0,$$

откуда ордината нейтрального слоя (нейтральной линии)

$$Y_c = \frac{\sum E_i S_{ui}}{\sum E_i A_i},$$

или см. формулу (8):

$$Y_c = \frac{\sum E_i A_i Y_{c_i}}{\sum E_i A_i}. \quad (10)$$

Перейдём в уравнении (7) к нейтральной оси  $x$ :

$$-M_x = \varepsilon_c \sum E_i S_{x_i} - k \sum E_i I_{x_i} = -k \sum E_i I_{x_i}.$$

Кривизна (2)  $k = \frac{M_x}{\sum E_i I_{x_i}}, \quad (11)$

$$I_{x_i} = \int_{A_i} (y_{c_i} + y_i)^2 dA_i = y_{c_i}^2 A_i + 2y_{c_i} \int_{A_i} y_i dA_i + \int_{A_i} y_i^2 dA_i, \quad (13)$$

где статический момент (8) относительно центральной оси  $x_i$  равен

$$S_{x_i} = \int_{A_i} y_i dA_i = A_i y_{ic_i} = 0.$$

Момент инерции (12, 13)

$$I_{x_i} = I_{x_i} + A_i y_{c_i}^2 \text{ или}$$

$$I_{x_i} = I_{x_i} + A_i (Y_{c_i} - Y_c)^2, \quad (14)$$

где момент инерции (9) площади  $A_i$  относительно нейтральной линии  $x$  равен  $I_{x_i} = \int_{A_i} y^2 dA_i. \quad (12)$

Ордината  $y$  в формуле (12) –  $y = y_{c_i} + y_i$ ; где  $y_{c_i}$  – ордината произвольной точки взятой внутри включения;  $y_i$  – ордината центра тяжести включения.

Момент инерции (12)

где  $Y_{c_i}$  – ордината центра тяжести сечения геленка;  $Y_c$  – ордината нейтральной линии сечения балки, заданная формулой (10).

На рис. 5 изображено поперечное сечение геленка, ордината (10) которого

$$Y_{1C_1} = \frac{2A_{11}Y_{1C_{11}} + 2A_{12}Y_{1C_{12}} + A_{13}Y_{1C_{13}} - 2A_{14}Y_{1C_{14}} - 2A_{15}Y_{1C_{15}}}{2A_{11} + 2A_{12} + A_{13} - 2A_{14} - 2A_{15}}, \quad (15)$$

где площади частей сечения геленка  $A_{11}=b_1h_1$ ,  $A_{12}=b_2h_2$ ,  $A_{13}=b_3h_3$ ,

$A_{14}=0.5b_4h_4$ ,  $A_{15}=0.5b_5h_5$ ;  $Y_{1C_i}$  – ординаты их центров тяжести.

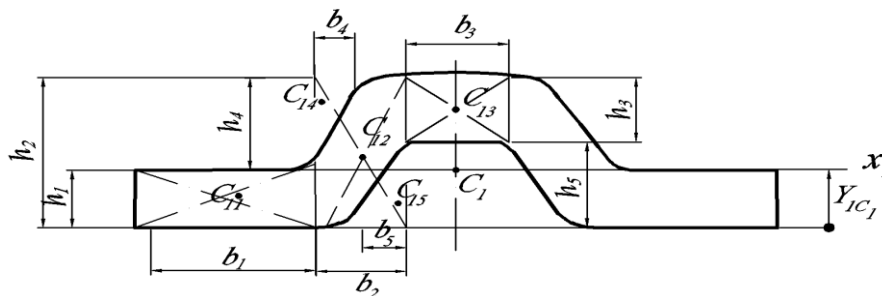


Рис. 5. Поперечное сечение геленка:

- $C_{11} - C_{15}$  – центры тяжести частей площади сечения геленка;
- $b_1 - b_5$  – ширина размеров геленка;  $h_1 - h_5$  – высота размеров геленка;
- $C_1$  – центр тяжести площади сечения геленка;  $x_1$  – центральная ось;
- $Y_{1C_1}$  – ордината центра тяжести

## КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ

Моменты инерции (14) частей сечения геленка (рис. 5) относительно центральной оси  $x_1$  ( $k = 1, 2, \dots, 5$ )

$$I_{x_1 k} = I_{x_{1k}} + (Y_{1C_{1k}} - Y_{1C_1})^2 A_{1k} \quad (16)$$

Центральные моменты инерции частей сечения геленка находим из выражений:

$$I_{x_1} = 2I_{x_{11}} + 2I_{x_{12}} + I_{x_{13}} - 2I_{x_{14}} - 2I_{x_{15}} \quad (17)$$

$$\text{Площадь сечения} \quad A_1 = 2A_{11} + 2A_{12} + A_{13} - 2A_{14} - 2A_{15} \quad (18)$$

Вернёмся к рис. 3: поперечное сечение геленочной части обуви состоит из двух частей: прямоугольной с площадью  $A_2 = B \cdot H$ , заполненной картоном с модулем Юнга  $E_k$ , и фигуры в грани-

$$I_{x_{11}} = \frac{b_1 h_1^3}{12}, \quad I_{x_{12}} = \frac{b_2 h_2^3}{12}, \quad I_{x_{13}} = \frac{b_3 h_3^3}{12},$$

$$I_{x_{14}} = \frac{b_4 h_4^3}{36}, \quad I_{x_{15}} = \frac{b_5 h_5^3}{36},$$

ординаты центров тяжести частей см. в формуле (15).

Суммируя моменты инерции (16), получим центральный момент инерции поперечного сечения геленка:

цах поперечного сечения геленка с площадью  $A_1$ , заполненной материалом с модулем Юнга  $E_r - E_k$ . Ордината нейтральной линии при изгибе (10)

$$Y_c = \frac{E_k (B \cdot H) H / 2 + (E_r - E_k) A_1 Y_{c_1}}{E_k (B \cdot H) + (E_r - E_k) A_1} \quad (19)$$

моменты инерции (14)

$$I_{x_2} = \frac{BH^3}{12} + (BH) \left( \frac{H}{2} - Y_c \right)^2; \quad I_{x_1} = I_{x_1} + A_1 (Y_{c_1} - Y_c)^2 \quad (20)$$

Жёсткость сечения при изгибе в формуле (11) для кривизны искривлён-

ной продольной оси  $z$  – упругой кривой равна

$$EI_x = \sum E_i I_{xi} = E_x I_{x2} + (E_r - E_k) I_{x1} \quad (21)$$

Ордината  $Y_{c_1} = H - h - Y_{1C_1}$  (см. рис. 3–5).

Кривизна упругой кривой (2), выраженная через прогибы:

$$k = \frac{1}{\rho} = \frac{v''}{[1 + (v')^2]^{3/2}}, \quad (22)$$

где штрихами обозначены здесь производные прогибов  $v$  по координате  $z$ . Прогибы  $v$  упругой балки – геленочной части обуви относительно малы.

Условие их малости  $(v')^2 \ll 1$ .

Выражение (22) даёт при учёте формулы (11) и обозначения (21) дифференциальное уравнение упругой кривой

$$v'' = \frac{M_x}{EI_x} \quad (23)$$

Интегрирование уравнения (23) приведёт к универсальному уравнению упругой кривой [6], которое в применении к схеме, представленной на рис. 2, имеет вид

$$EI_x v(z) = \frac{1}{2} M_0 z^2 + \frac{1}{6} Q_0 z^3 \Big|_1 - \frac{1}{6} Q(z-a)^3 \Big|_2, \quad (24)$$

где начальный изгибающий момент  $M_0 = -Qa + Xl$ ; начальная поперечная сила  $Q_0 = Q - X$  ( $Q$  – действующая нагрузка);  $X$  – реакция упругой связи на левом конце балки  $CA$ .

Используем в уравнении (24) краевое условие (см. рис. 2)

$$v(l) = -\frac{X}{C_\Delta}.$$

Изгибная жёсткость упругой связи на левом конце балки  $A$  [6] (см. рис. 2)

будет равна 
$$C_\Delta = -\frac{3E_n \frac{b_{cp} h^3}{12}}{l_n^3},$$

$$b_{cp} = \frac{b_1 + b_0}{2},$$

где  $E_n$  – модуль Юнга материала упругой связи – пластинки на рис. 1, б.

Находим реакцию упругой связи:

$$X = Q \frac{\frac{1}{6} a^2 (3l - a)}{EI_x \left( \frac{1}{C_\Delta} + \frac{1}{3} \frac{l^3}{EI_x} \right)}. \quad (25)$$

Значение реакции упругой связи используем для определения прогибов низа обуви

$$v(z) = \frac{1}{EI_x} \left( \frac{1}{2} -F \cos \alpha \cdot a + Xl \ z^2 + \frac{1}{6} F \cos \alpha - X \ z^3 \Big|_1 - \frac{1}{6} F \cos \alpha \ z - a \ ^3 \Big|_2 \right). \quad (26)$$

Нагрузка представляется пятью сосредоточенными силами, а прогибы от каждой из них находятся из уравнения (26). Прогиб некоторой точки низа обуви от всех указанных сил находится суммированием прогибов от каждой из них.

Для оценки адекватности разработанной модели реальным условиям нагружения было экспериментальное исследование прогибов геленочной части женской обуви на высоком каблуке.

Исследование производилось на разработанном устройстве для испытания геленок, стелечных узлов и готовой обуви на жёсткость и упругость [7], позволяющем максимально приближать условия нагружения при испытании к реальному нагружению геленочной части обуви при эксплуата-

ции и производить нагружение пятью сосредоточенными силами.

Анализ современной отечественной и импортной обуви показал, что наиболее часто применяются в обуви на высоком и особо высоком каблуке трёхслойные стелечные узлы, состоящие из основной стельки, верхней и нижней полустелек и геленка между ними. При исследовании использовали образец женских туфель на каблуке типа «столбик» высотой 60 мм со стелечным узлом «полустелька нижняя+стелька+геленок+полустелька верхняя» и подошвой из кожволокна.

Размеры сечения (см. рис. 3):  $B = 44$  мм,  $H = 5.4$  мм; модуль Юнга стального геленка  $E_s = 21 \cdot 10^4$  МПа, модуль Юнга картона  $E_k = 0.24 \cdot 10^4$  МПа (определён экспериментально при изгибе образцов картона). Для исполь-



## КОНСТРУИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ

зубомого в эксперименте образца моменты инерции (20)  $I_{x1} = 23,7 \text{ мм}^4$ ,  $I_{x2} = 600 \text{ мм}^4$ , жёсткость сечения при изгибе (21)  $EI_x = 636 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2$ .

На комплексе «ДиаСлед» исследовали нагрузку геленочной части стопы.

В расчётной схеме (рис. 1) нагрузка на геленочную часть представлена пятью сосредоточенными силами. Прогиб любой точки геленочной части обуви от воздействия всех этих сил находится из уравнения (26). Для проверки адекватности модели при исследовании на устройстве прогиба геле-

ночной части обуви измеряли под каждой из приложенных сил.

Замеры прогибов, полученные теоретически и экспериментально под каждой из приложенных сил I–V, представлены в табл. 1.

Анализ результатов показал, что теоретическая модель низа женской обуви позволяет с точностью до 15% оценивать прогибы геленочной части низа обуви. Погрешность увеличивается ближе к пучковому концу, что можно объяснить большим влиянием на величину прогибов в этом месте картонного слоя.

Таблица 1. Прогибы геленочной части обуви

	I	II	III	IV	V
Экспериментальное значение, мм	0.010	0.030	0.060	0.080	0.100
Расчётное значение, мм	0.011	0.031	0.052	0.070	0.085
Величина расхождения, %	10	3	13	13	15

Таким образом, разработанная методика расчёта жёсткости геленочной части обуви уже на этапе конструкторско-технологической подготовки производства можно с достаточной

точностью прогнозировать жёсткость геленочной части при использовании тех или иных комплектующих материалов.

### Список литературы

1. **Зыбин, Ю. П.** Технология обуви [Текст] / Ю. П. Зыбин – М.: Гизлегпром, 1953. – 198 с.
2. **Горбачик В. Е.** и др. Анализ конструкций и методов испытаний каблучно-геленочного узла обуви [Текст]: обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1990. – 59 с.
3. **Горбачик В. Е.** Проектирование и испытание геленок [Текст]: учеб.-метод. пособие для вузов / В. Е. Горбачик. – Витебск, ВГТУ, 2000. – 84 с.
4. **Бабичев А. П.** Физические величины [Текст]: справочник / А. П. Бабичев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
5. **Пат. 2116046 Российская Федерация, МПК А61В5/05.** Система диагностики опорно-двигательной функции человека [Текст]/ Смирнова Л. М.; Климов В. А. [и др.]; заявитель Товарищество с ограниченной ответственностью «Модем»; патентообладатель Л. М. Смирнова; В. А. Климов [и др.]. – № 96122725/14; заявл. 04.12.1996; опубл. 27.07.1998.

6. **Феодосьев В. И.** Сопротивление материалов [Текст]: учеб. для втузов / В. И. Феодосьев. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.–512 с.

7. **Борисова Т. М.** Устройство для испытания геленок, стелечных узлов и готовой обуви на жесткость и упругость [Текст]/ Т. М. Борисова, В. Е. Горбачик // Вестник УО «ВГТУ». – Витебск. – 2011. – Вып. 21. – С. 34–41.

DEVELOP METHODS FOR CALCULATING RIGIDITY  
THE SHANK PART OF FOOTWEAR

T. M. Borisova, G. N. Fedoseev, V. E. Gorbachik  
(Institution of the formation «Vitebskiy State Technological University»)  
e-mail: kavarsy@mail.ru

The calculation scheme of rigidity shank part of women's shoes, which adequacy is confirmed by experimental studies.

**Key words:** rigidity, elasticity, shank part, shank stiffener, the height of the heel.