

На втором этапе из исследуемых материалов изготавливали макеты женских жакетов для размеров 164-96-102, 164-120-126, 164-136-140. Величины конструктивных прибавок по линии груди и бедер оставляли неизменными для всех размеров $P_{гг} = 5,6\text{см}$; $P_{бб} = 2,5\text{см}$. Для получения полуприлегающего силуэта прибавку в разных размерах задавали различной величины в 96 размере $P_{ст} = 9\text{см}$, в 120 размере $P_{ст} = 7\text{см}$, в 136 размере $P_{ст} = 5$, согласно результатам исследований [2]. Выполнена инструментальная и визуальная оценка силуэта макетов из исследуемых тканей. Визуально оценивалось сохранение заданного силуэта в одежде разных размеров и из разных тканей (рис. 1). Инструментально силуэт одежды оценивали углами наклона фронтального контура одежды выше и ниже линии талии $\alpha 1$ и $\alpha 2$ (рис.2).



Рисунок 1 – Макеты 120 размера из тканей а – №3, б – №6, в – №5



Рисунок 2 – Схема измерения углов наклона фронтального контура одежды

Проведен совместный анализ показателей свойств материалов и углов наклона фронтального контура одежды. Методом корреляционного анализа проверено наличие устойчивых связей между показателями. Установлено, что наибольшие коэффициенты парной корреляции Пирсона, а следовательно, большее влияние на углы наклона фронтального контура оказывают показатели сдвиг по утку (G) и жесткость при изгибе по утку (B).

Предложено уравнение зависимости для расчета величины прибавки по линии талии с учетом свойств материалов

$$P_{т,кор.} = P_{т,жел.} - 12 * B_y + 0,074 * G_y,$$

где $P_{т,жел.}$ - прибавка по линии талии по рекомендациям для выбранного силуэта;

B_y – жесткость при изгибе по утку,

G_y – сдвиг по утку.

Использование предложенной зависимости позволит обеспечить заданный силуэт по линии талии в одежде из разных материалов.

Список использованных источников

1. Pestre R. Objective evaluation of apparel fabric. Proceedings of the Second Australia-Japan Bilateral Science and Technology Symposium on Objective Evaluation of Apparel Fabrics, Parkville, Victoria, 24 October – 4 November, 1983, p. 2-8.
2. О.В. Сурикова, Г.И. Сурикова, В.Е. Кузмичев. Принципы проектирования визуально-идентичных силуэтов одежды для женских фигур разных размеров// Специальный выпуск журнала «Дизайн и технологии», 2015.с.46.

УДК 685.34.017.344.3:685.34.073.23

ТЕОРИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ГВОЗДЕВОМ СОЕДИНЕНИИ КАБЛУКА С ОБУВЬЮ

Федосеев Г.Н., доц., Борисова Т.М., доц.

Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Ключевые слова: крепление каблука, усилие, гвоздь.

Реферат. Работа посвящена актуальной в настоящее время проблеме – прочности крепления каблуков в женской обуви, так как обувь на высоком и особо высоком каблуке приобретает всё большую популярность среди женщин. В настоящее время средние, высокие и особо высокие каблуки в женской обуви крепятся штифтовым методом – при помощи гвоздей, количество которых зависит от площади лапшой поверхности каблука и его формы [1]. На гвоздь в таком соединении действует множество сил, он подвергается как растяжению, так и сжатию. В данной работе на основе

принципа возможных перемещений получены теоретические зависимости для усилий, действующих на гвоздь в прикрепленном каблуке. Указанный принцип позволяет написать уравнения равновесия каблука с использованием матриц геометрических соотношений и жёсткости. Первые дают связь удлинений гвоздей с обобщёнными перемещениями каблука: углами поворота относительно осей, проведённых в лапшой поверхности и перемещением их начала. При этом рассматриваются произвольные оси, центральные оси (проходящие через центр тяжести распределения жёсткостей гвоздей) и главные центральные оси, относительно которых центральный момент указанного распределения равен нулю. Впрочем, может быть удобнее пользоваться произвольными центральными осями, хотя использование главных центральных осей даёт наиболее простую формулу для усилий в гвоздях.

1. Принцип возможных перемещений

Если каблук находится в равновесии и положение равновесия определяется набором s обобщённых координат $q_1, q_2, \dots, q_s$, работа всех внешних сил, действующих на каблук, и усилий в гвоздях соединения на любом возможном перемещении каблука из положения равновесия равна нулю.

Преобразуя внешние силы к обобщённым внешним силам $Q_1, Q_2, \dots, Q_s$, получим уравнение

$$\sum_{i=1}^s Q_i \delta q_i - \sum_{k=1}^n N_k \delta(\Delta l_k) = 0,$$

где N_k – растягивающая сила, действующая в каблучном гвозде, Δl_k – удлинение гвоздя.

Используя теперь матрицы-столбцы (векторы)

$$\vec{\delta q} = \begin{pmatrix} \delta q_1 \\ \delta q_2 \\ \dots \\ \delta q_s \end{pmatrix} \text{ и } \vec{\delta(\Delta l)} = \begin{pmatrix} \delta(\Delta l_1) \\ \delta(\Delta l_2) \\ \dots \\ \delta(\Delta l_n) \end{pmatrix}$$

и матрицы-строки (транспонированные матрицы-столбцы сил Q_i и N_k), напомним:

$$\vec{Q}^T \vec{\delta q} - \vec{N}^T \vec{\delta(\Delta l)} = 0. \quad (1)$$

Удлинения гвоздей Δl_k здесь выражаются (в геометрических соотношениях) через обобщённые перемещения (обобщённые координаты), которые получаются при переходе каблука (под действием нагрузки) в положение равновесия:

$$\Delta l_k = \sum_{i=1}^s a_{ki} q_i, \quad k=1,2,3,\dots,n, \quad \vec{\Delta l} = A \vec{q}. \quad (2)$$

Вариации удлинений (2):

$$\delta \vec{\Delta l} = A \vec{\delta q}. \quad (3)$$

2. Уравнения равновесия

Подставим соотношения (3) в уравнение (1):

$$(\vec{Q}^T - \vec{N}^T A) \vec{\delta q} = 0,$$

откуда получаются уравнения равновесия

$$\vec{Q}^T - \vec{N}^T A = 0, \quad \vec{Q} - A^T \vec{N} = 0, \quad A^T \vec{N} = \vec{Q}. \quad (4)$$

Заметим, что матрица A^T в уравнениях (4) – транспонированная матрица геометрических соотношений (2).

3. Матрица жёсткости

Удлинения гвоздей связаны с усилиями $\vec{N}$ законом Гука:

$$\Delta l_k = \frac{N_k}{C_k}, \quad N_k = C_k \Delta l_k, \quad k=1,2,3,\dots,n.$$

Используя здесь диагональную матрицу жёсткости

$$C = \begin{pmatrix} C_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & C_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & C_n \end{pmatrix},$$

напишем физические соотношения

$$\vec{N} = C \vec{\Delta l}. \quad (5)$$

4. Уравнения равновесия в перемещениях

Если использовать физические соотношения (5), где вектор $\vec{\Delta l}$ выражается согласно соотношениям (2), в уравнениях равновесия (4), получим уравнения равновесия в перемещениях $\vec{q}$:

$$(A^T C A) \vec{q} = \vec{Q}. \quad (6)$$

Произведение матриц в скобках даёт матрицу этих уравнений. Уравнения (6) позволяют найти все перемещения $\vec{q}$, затем удлинения $\vec{\Delta l}$ (2) и усилия N (5):

$$\vec{N} = (CA) \vec{q}. \quad (7)$$

5. Уравнения равновесия каблука

Пусть на каблук со стороны подошвы или стелечного узла действуют силы $\vec{N}$. Эти силы приложены к гвоздям и уравниваются внешними силами, действующими на каблук со стороны опорной поверхности. Эти внешние силы приводятся к силе и паре. Момент пары может быть разложен на два момента, поворачивающих каблук вокруг осей X и Y. Моменты будем считать положительными, если они отрывают каблук в первом квадранте показанного на рисунке 1 сечения. Начало координат O на рисунке - центр приведения внешних сил.

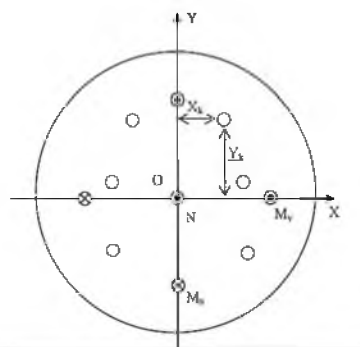


Рисунок 1 – Результат приведения внешних сил: сила N и моменты M_x , M_y

Сила N и пары сил с моментами M_x , M_y - обобщенные внешние силы.

Шляпка k -го гвоздя перемещается “к нам” на величину

$$\Delta l_k = \varphi_x y_k + \varphi_y x_k + W_o,$$

геометрические соотношения (2) получают вид $\vec{\Delta l} = A \vec{\varphi}$ с матрицей и обобщенными перемещениями

$$A = \begin{pmatrix} y_1 x_1 1 \\ y_2 x_2 1 \\ \dots \\ y_n x_n 1 \end{pmatrix}, \quad \vec{\varphi} = \begin{pmatrix} \varphi_x \\ \varphi_y \\ W_o \end{pmatrix} \quad (8)$$

- углами поворота каблука вокруг осей X и Y и перемещением начала O.

Матрица соотношений (7)

$$CA = \begin{pmatrix} C_1 0 \dots 0 \\ 0 C_2 \dots 0 \\ \dots \\ 0 0 \dots C_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 x_1 1 \\ y_2 x_2 1 \\ \dots \\ y_n x_n 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 y_1 & C_1 x_1 & C_1 \\ C_2 y_2 & C_2 x_2 & C_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ C_n y_n & C_n x_n & C_n \end{pmatrix} \quad (9)$$

матрица уравнений равновесия (6)

$$A^T CA = A^T (CA) = \begin{pmatrix} \sum_{k=1}^n C_k y_k^2 & \sum_{k=1}^n C_k x_k y_k & \sum_{k=1}^n C_k y_k \\ \sum_{k=1}^n C_k x_k y_k & \sum_{k=1}^n C_k x_k^2 & \sum_{k=1}^n C_k x_k \\ \sum_{k=1}^n C_k y_k & \sum_{k=1}^n C_k x_k & \sum_{k=1}^n C_k \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Введём обозначения $\sum_{k=1}^n C_k = \bar{C}$; $\sum_{k=1}^n C_k x_k = \bar{S}_x$; $\sum_{k=1}^n C_k y_k = \bar{S}_y$; $\sum_{k=1}^n C_k y_k^2 = \bar{I}_x$; $\sum_{k=1}^n C_k x_k^2 = \bar{I}_y$; $\sum_{k=1}^n C_k x_k y_k =$

$\bar{I}_{xy}$. Симметричная матрица уравнений равновесия (10) получит вид

$$A^T C A = \begin{pmatrix} \bar{I}_x \bar{I}_{xy} \bar{S}_x \\ \bar{I}_{xy} \bar{I}_y \bar{S}_y \\ \bar{S}_x \bar{S}_y \bar{C} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

6. Случай центральных осей

Нетрудно показать, что при параллельном переносе осей X и Y – при выборе начала координат в центре тяжести S распределения, жёсткости с координатами

$$a = \frac{\bar{S}_x}{\bar{C}}; \quad b = \frac{\bar{S}_y}{\bar{C}}$$

статические моменты $\bar{S}_x, \bar{S}_y$ относительно новых осей X_0 и Y_0 оказываются равными нулю. Матрица уравнений равновесия в перемещениях (11) получит вид

$$A^T C A = \begin{pmatrix} \bar{I}_{x_0} & \bar{I}_{x_0 y_0} & 0 \\ \bar{I}_{x_0 y_0} & \bar{I}_{y_0} & 0 \\ 0 & 0 & \bar{C} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Векторы – столбцы обобщённых перемещений (8) и сил

$$\bar{q} = \begin{pmatrix} \varphi_{x_0} \\ \varphi_{y_0} \\ W_c \end{pmatrix}; \quad \bar{Q} = \begin{pmatrix} M_{x_0} \\ M_{y_0} \\ N \end{pmatrix}.$$

Используя их в уравнениях равновесия (6), получим обобщённые перемещения – углы поворота и перемещение каб-лука:

$$\varphi_{x_0} = \frac{M_{x_0} \bar{I}_{y_0} - M_{y_0} \bar{I}_{x_0 y_0}}{\bar{I}_{x_0} \bar{I}_{y_0} - \bar{I}_{x_0 y_0}^2}, \quad \varphi_{y_0} = \frac{M_{y_0} \bar{I}_{x_0} - M_{x_0} \bar{I}_{x_0 y_0}}{\bar{I}_{x_0} \bar{I}_{y_0} - \bar{I}_{x_0 y_0}^2}, \quad W_c = \frac{N}{\bar{C}}, \quad (13)$$

После этого – усилия (7) с матрицей (9)

$$N_k = C_k (\varphi_{x_0} y_k + \varphi_{y_0} x_k + W_c). \quad (14)$$

7. Решение в главных центральных осях

Можно показать, что при повороте центральных осей X_0, Y_0 на угол α , определяемый из уравнения

$$\operatorname{tg} 2\alpha = -\frac{2\bar{I}_{x_0 y_0}}{\bar{I}_{x_0} - \bar{I}_{y_0}},$$

центробежный момент инерции $\bar{I}_{UV}$ относительно новых осей U, V окажется равным нулю. Решение (13) примет вид

$$\varphi_U = \frac{M_U}{\bar{I}_U}, \quad \varphi_V = \frac{M_V}{\bar{I}_V}, \quad W_c = \frac{N}{\bar{C}},$$

усилия (14) –

$$N_k = C_k \left(\frac{M_U}{\bar{I}_U} V_k + \frac{M_V}{\bar{I}_V} U_k + \frac{N}{n} \right), \quad k=1, 2, \dots, n.$$

В случае гвоздей равной жёсткости ($C_k = C$) усилие (7)

$$N_k = \frac{M_U}{\bar{I}_U} V_k + \frac{M_V}{\bar{I}_V} U_k + \frac{N}{n},$$

где главные центральные моменты инерции забитых гвоздей

$$I_U = \sum_{k=1}^n V_k^2, \quad I_V = \sum_{k=1}^n U_k^2.$$

Список использованных источников

1. Борисова, Т.М. Предпочтения в выборе женской обуви с различной высотой каблука / Т.М. Борисова [и др.] // Техническое регулирование: базовая основа качества товаров и услуг: Международный сборник научных трудов / ГОУ ВПО «ЮРГУЭС»; редкол. В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты, 2009. – С. 33-34.