

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСПОРНОЙ ЖЕСТКОСТИ ВЕРХА ОБУВИ

К. Т. Н., доц. Горбачик В. Е.; ст. преп. Линник А. И. (ВГТУ),  
д. т. н., проф. Фукин В. А. (МГАЛП)

Одним из важнейших эргономических показателей качества обуви, определяющих ее удобство, является распорная жесткость, которая характеризует сопротивление поперечных сечений верха обуви примерно в области плюснефалангового сочленения изменению ее формы.

Для оптимизации этого показателя на этапе конструкторско-технологической подготовки производства необходимо знать и учитывать влияние свойств материалов, входящих в пакет верха обуви, на распорную жесткость с целью подбора рационального пакета.

Жесткость обувных материалов определяется по различным методикам и характеризуется одновременно значениями нескольких количественных показателей, набор которых в математике называют многомерной случайной величиной или многомерными наблюдениями.

При этом исходное число рассматриваемых, т.е. замеряемых на исследуемых объектах, признаков довольно велико. В таких случаях, зачастую, возникает проблема выделения наиболее информативных признаков с точки зрения полноты и точности описания изучаемой характеристики. Это позволяет снизить размерность признакового пространства. Чем меньшим числом признаков мы обходимся, тем проще, нагляднее и содержательнее интерпретация окончательных результатов. Снижение размерности позволяет также существенно уменьшить трудности, которые возникают при обработке больших массивов информации.

Одним из методов "сжатия" имеющейся информации является понижение размерности исходного признакового пространства путем перехода к новым, обобщенным переменным, причем независимым между собой. Такими переменными и являются главные компоненты. Главные компоненты представляют собой новое множество исследуемых признаков, каждый из которых получен в результате некоторой линейной комбинации непосредственно измеренных на объектах исходных признаков.

В итоге применения метода главных компонент получается информация об исследуемом явлении в сжатом виде, так как число выбранных главных компонент значительно меньше, чем число исходных признаков. Главным компонентам дается название в зависимости от того, с какой группой признаков они наиболее тесно связаны и они упорядочены по степени рассеивания, т.е. первая главная компонента имеет большую дисперсию.

Так как главные компоненты ранжированы, то из них выбирается некоторое число вносящее наибольший вклад в суммарную дисперсию (рис. 1).

По коэффициентам корреляции первых четырех главных компонент с показателями, измеренными на объектах, выявлены наиболее информативные показатели, характеризующие жесткость материалов верха обуви и их систем.

Установлено, что для материалов наружных деталей верха обуви и систем наиболее информативными являются жесткость при двухосном растяжении сферическим пуансоном при  $\varepsilon = 10\%$  и жесткость при одноосном растяжении при  $\varepsilon = 10\%$ . Однако, для более полной характеристики жесткости материалов предложено:

— для наружных деталей верха обуви определять дополнительно жесткость, при двухосном симметричном растяжении при  $\varepsilon = 0,75\varepsilon_p$  и жесткость на приборе ПЖУ-12М;

- для текстильных межподкладочных и подкладочных материалов - жёсткость при двухосном симметричном растяжении при  $\epsilon = 10\%$  и модуль текущей конечной жёсткости при одноосном растяжении;
- для систем материалов - жёсткость при двухосном симметричном растяжении при  $\epsilon = 10\%$  и жёсткость при изгибе на ПЖУ-12М.

Для нахождения уравнения зависимости жёсткости системы материалов от жёсткости материалов верха, подкладки и межподкладки проводился многофакторный регрессионный анализ.

Как видим для характеристики жёсткости материалов и заготовки в целом необходимо использовать показатели, определяемые при различных видах деформации. Учитывая это, при проведении регрессионного анализа для оценки жёсткости материалов верха, подкладки и межподкладки использовались комплексные показатели.

Для расчета комплексных показателей были использованы выбранные наиболее информативные единичные показатели жёсткости. При этом важность того или иного единичного показателя, т.е. коэффициенты их весомости, определялись по относительной величине вклада соответствующей главной компоненты в дисперсию всех признаков (рис. 1).

Так как единичные показатели имеют различную размерность, то для расчета комплексных показателей необходимо перейти от единичных показателей к их оценкам - относительным показателям.

Относительные единичные показатели рассчитывались по формуле

$$K_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\max}}, i = 1, \dots, N,$$

где  $\Pi_i$  - значение показателя, характеризующего жёсткость  $i$ -го материала;

$\Pi_{\max}$  - максимальное значение этого же показателя жёсткости из  $N$  материалов

Для расчета комплексного показателя  $K_0$  применялась математическая модель:

$$K_0 = \sum_{k=1}^n m_k \cdot k_k,$$

где  $m_k$  - коэффициент весомости единичных показателей;

$n$  - число показателей выбранных методом главных компонент

Преимущество комплексной оценки заключается в наличии одной числовой итоговой оценки вместо нескольких по единичным показателям.

Многофакторный регрессионный анализ проводился с помощью статистического графического пакета STATGRAPHICS.

Так как используются нормированные значения переменных более адекватной является регрессионная модель без свободного члена. В результате регрессионного анализа получено следующее уравнение:

$$K_c = 0,59K_B + 0,27K_{Mn} + 0,38K_n$$

Все коэффициенты уравнения значимы, так как имеют уровень значимости  $P < 0,05$ . Модель информационно способна, так как коэффициент множественной корреляции равен 0,98.

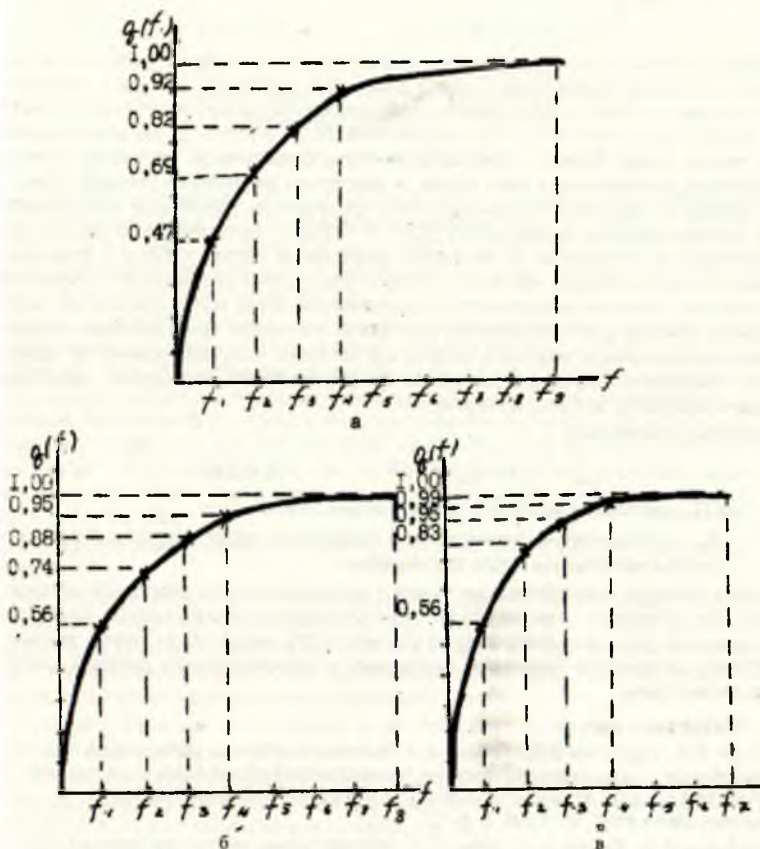


Рис.1. Изменение относительной доли суммарной дисперсии  $q(f)$  исследуемых признаков, обусловленной первыми  $f_i$  главными компонентами:

- а — для материалов наружных деталей верха,  
 б — для текстильных подкладочных и межподкладочных материалов,  
 в — для систем материалов.

Но так как в результате формирования заготовки верха обуви на колодке, а также предварительной и окончательной тепловой или влажно-тепловой обработки материалы заготовки изменяют свои физико-механические свойства, то в итоге это может существенно повлиять на распорную жёсткость верха обуви. Поэтому необходимо знать, как изменяется жёсткость материалов и заготовки в целом в процессе производства обуви, и учитывать это при прогнозировании её распорной жёсткости. С этой целью были проведены исследования влияния режимов формирования на жёсткость, как отдельных материалов верха обуви, так и их систем. Для систем с верхом из СК-В уравнение зависимости комплексного показателя жёсткости после формирования  $K_{с.ф}$  от комплексного показателя жёсткости необработанных образцов ( $K_c$ ) имеет вид:

$$K_{с.ф} = 0,90 K_c + 0,33, \quad \text{коэффициент корреляции } R = 0,84.$$

Для систем с верхом из натуральных кож уравнение имеет вид:

$$K_{с.ф} = 1,18 K_c - 0,13, \quad R = 0,89.$$

Таким образом, зная физико-механические свойства исходных материалов, входящих в заготовку верха обуви, можно рассчитать жёсткость системы, имитирующей заготовку, а также учесть влияние режимов формования на изменение жёсткости, так как между жёсткостью систем материалов до и после формования существует тесная связь. Теперь остается установить связь между жёсткостью систем материалов, имитирующих верх обуви, и распорной жёсткостью готовой обуви. С этой целью на экспериментально-опытном предприятии Витебского государственного технологического университета (ЗОП ВГТУ) было изготовлено 10 пар мужских полуботинок из различных по жёсткости материалов верха. Наряду с этим были проведены исследования жёсткости аналогичных систем материалов и определен комплексный показатель жёсткости. Изготовленная обувь испытывалась на разрабатанном приборе для определения распорной жёсткости. Был проведен корреляционно-регрессионный анализ, в результате которого получено уравнение зависимости показателя распорной жёсткости от комплексного показателя, характеризующего жёсткость системы материалов.

Уравнение имеет вид:

$$D_p = 17,84K_{с.ф} + 0,97, \quad R = 0,85,$$

где  $D_p$  - распорная жёсткость готовой обуви, Н/мм;

$K_{с.ф}$  - относительный комплексный показатель, характеризующий жёсткость систем материалов после формования.

Таким образом, разработана методика и алгоритм расчета распорной жёсткости обуви, что позволяет уже на стадии конструкторско-технологической подготовки производства прогнозировать распорную жёсткость верха обуви, имея данные о жёсткости материалов наружных, внутренних и промежуточных деталей, составляющих заготовку.

#### **Литература:**

1. Фукин В.А., Горбачик В.Е., Линник А.И. Жесткость обувных материалов при одноосном и двухосном растяжении. Межвузовский сборник научных трудов. "Формирование и формоустойчивость материалов и изделий легкой промышленности". М., 1996. с. 8-10.
2. Горбачик В.Е., Линник А.И., Фукин В.А. Исследование жесткости текстильных материалов. Межвузовский сборник научных трудов. "Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи". Витебск, 1996 г. с. 38-44.
3. Горбачик В.Е., Линник А.И., Фукин В.А. Исследование жесткости материалов верха обуви и систем. Кожевенно-обувная промышленность. М., 1998, № 3, с. 33-35.