

SUMMARY

The sewing enterprises of Republic Belarus, making the warmed clothes, use the wind-proof «Sympotex» gaskets on the knitting, fibred or fibred oriented basis. In article the results of researches, showing advantages of gasket on the knitting basis and the recommendations are given on its use at making of sewing wares, are presented.

УДК 685.34.03 : 685.34.072

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И СИСТЕМ ДЛЯ ВЕРХА ОБУВИ

Р.Н. Томашева

Приформовываемость верха обуви к стопе является одним из наиболее важных показателей качества обуви, определяющих её удобство в носке. Достаточную приформовываемость верха обуви к стопе в процессе эксплуатации можно обеспечить уже на стадии конструкторско-технологической подготовки производства путем рационального подбора комплекствующих с необходимым комплексом упруго-пластических свойств. Однако, как было показано в работах [1–5], упруго-пластические свойства материалов могут характеризоваться широким кругом показателей, определяемых по различным методикам и при различных видах деформации. В связи с этим возникла необходимость в снижении размерности исходного признакового пространства и выделении наиболее информативных признаков с точки зрения полноты и точности описания изучаемой характеристики.

Наиболее распространенным методом снижения размерности признакового пространства является метод главных компонент, представляющий собой метод преобразования исходной последовательности взаимосвязанных переменных x_{ij} в новое множество независимых переменных F_j , называемых главными компонентами, каждая из которых представляет собой ортогональную линейную комбинацию непосредственно измеренных на объектах исходных признаков:

$$\begin{cases} F_j = l_{1j}x_1 + l_{2j}x_2 + \dots + l_{mj}x_m = L_j'X; \\ \sum_{i=1}^m l_{ij}^2 = 1 & (j=1, \dots, m) \\ \sum_{i=1}^m l_{ij} \cdot l_{ik} = 0 & (j, k = 1, \dots, m, i \neq k), \end{cases} \quad (1)$$

где F_j – j -тая главная компонента;

$l_{j1}, l_{j2}, \dots, l_{jm}$ – факторные нагрузки, характеризующие существенность влияния каждого фактора в вариации данного признака.

Учитывая то, что главные компоненты упорядочены по степени рассеяния в изучаемой совокупности объектов, т.е. первая главная компонента определяет максимальную дисперсию исходного массива признаков X , а дисперсии последующих убывают с ростом номера компоненты, метод главных компонент позволяет осуществить переход к пространству меньшей размерности, используя минимальное число первых главных компонент, объясняющих наибольшую долю суммарной дисперсии исходных признаков.

Снижение размерности признакового пространства осуществлялось с использованием прикладного пакета программ «STATISTICA». Матрицы исходных данных X «объекты – признаки» формировались по данным работ [1–5] и включали: для материалов наружных деталей верха 18 показателей упруго-пластических свойств, для текстильных материалов – 16 показателей, для систем материалов – 14 показателей.

По массивам исходных данных X рассчитывались коэффициенты корреляции Пирсона между изучаемыми признаками и формировались корреляционные матрицы отдельно для материалов верха, текстильных материалов для межподкладки и подкладки и для систем материалов:

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} \end{pmatrix} . \quad (2)$$

Для нахождения параметров модели (1) определялись собственные значения и соответствующие им собственные векторы построенных корреляционных матриц. Собственными значениями квадратной матрицы R порядка m называются такие значения λ_j , при которых система следующих m уравнений имеет нетривиальное решение:

$$RL_j = \lambda_j L_j , \quad (3)$$

где L_j – собственные векторы матрицы R , соответствующие $\lambda_j; j=1, \dots, m$.

$$(R - \lambda_j I) L_j = 0 , \quad (4)$$

где I – единичная матрица.

Уравнение (4) имеет нетривиальные решения при условии, что определитель матрицы $(R - \lambda I)$ обращается в нуль, т.е.:

$$\left| R - \lambda I \right| = 0 \quad \text{или} \quad \Delta(\lambda) = \begin{vmatrix} r_{11} - \lambda & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} - \lambda & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mm} - \lambda \end{vmatrix} = 0. \quad (5)$$

Так как порядок матрицы R равен m , то $\Delta(\lambda)$ является многочленом m -ой степени относительно λ , т.е.

$$\Delta(\lambda) = \lambda^m + a_1 \lambda^{m-1} + \dots + a_{m-1} \lambda + a_m . \quad (6)$$

Корни уравнения $\Delta(\lambda) = 0$ дадут собственные значения $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$. Собственные векторы L_j , соответствующие этим собственным значениям, образуют факторы F_j . Элементы собственных векторов $l_{j1}, l_{j2}, \dots, l_{jm}$ представляют собой значения коэффициентов корреляции между соответствующими признаками и факторами. Чем теснее связь данного признака с рассматриваемым фактором, тем выше значение факторной нагрузки.

В соответствии с определением главные компоненты занумерованы в порядке убывания их дисперсий, т.е. $S(F_1) > S(F_2) > \dots > S(F_m)$, причем

$$S(F_j) = \sum (L_j X)^2 = L_j^T R L_j . \quad (7)$$

Умножив равенство (3) на L_j^T и сопоставив его с (7), получим, что

$$S(F_j) = \lambda_j . \quad (8)$$

Таким образом, величина λ_j представляет собой не что иное, как часть суммарной дисперсии совокупности преобразованных данных, объясненную главной компонентой F_j . Если переменные стандартизированы, то $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_m$, т.е. первые несколько членов разложения дают основной вклад в объяснение вариации величин исходных данных. В этом случае компоненты с малыми величинами собственных значений могут при анализе не учитываться и совокупность будет адекватно представлена с помощью первых k компонент.

Решение о том, сколько последних главных компонент можно без особого ущерба изъять из рассмотрения, сократив тем самым размерность исследуемого пространства, выносится на основании величины показателя полноты факторизации, характеризующего долю суммарной дисперсии, объясняемой первыми k компонентами:

$$\gamma = \frac{S_k}{S_m} \cdot 100 = \frac{S(F_1) + S(F_2) + \dots + S(F_k)}{S(F_1) + S(F_2) + \dots + S(F_m)} \cdot 100, \quad (9)$$

где $S_k = S(F_1) + S(F_2) + \dots + S(F_k)$ – полный вклад k компонент в суммарную дисперсию признаков;

S_m – суммарная дисперсия всех признаков.

Таким образом, в результате реализации метода главных компонент получается информация об исследуемом явлении в сжатом виде.

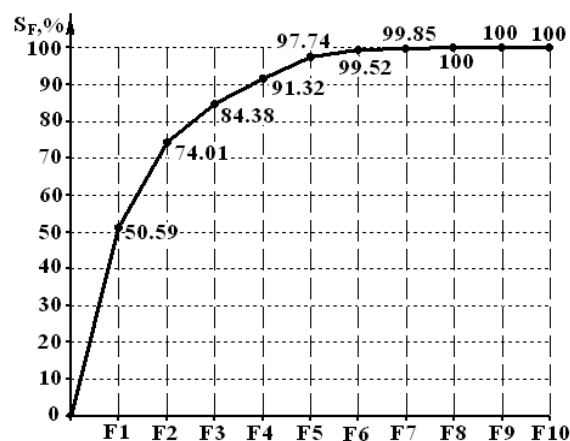
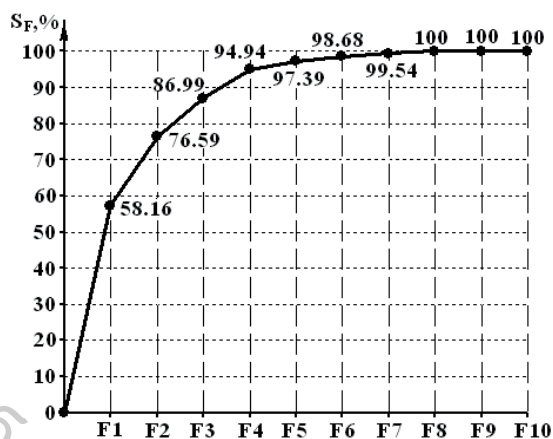
В ходе анализа внутренней структуры сформированных корреляционных матриц были получены собственные значения главных компонент, величины относительного и накопленного вклада главных компонент в дисперсии всех признаков. На рисунке 1 показано, что для наружных материалов верха и систем материалов в первых четырех главных компонентах аккумулируется около 95 % суммарной дисперсии исходных признаков. Для текстильных материалов 97,7% суммарной дисперсии приходится на первые пять главных компонент. Вклад последующих компонент в суммарную дисперсию признаков незначителен, а следовательно, их можно исключить из дальнейшего рассмотрения.

Анализ факторных нагрузок исходных признаков на выделенные главные компоненты показал, что для материалов наружных деталей верха обуви наиболее информативными показателями упруго-пластических свойств являются: пластичность на приборе ПОИК с относительной долей суммарной дисперсии 58,16 %; доля условно-эластической компоненты деформации при одноосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 18,43 %; доля условно-пластической компоненты деформации при одноосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 10,41 %; доля условно-эластической компоненты деформации при двухосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 7,94 %.

Наиболее информативными показателями для оценки упруго-пластических свойств текстильных материалов можно считать: пластичность при одноосном растяжении до нагрузки $0,5 P_{раз}$ с относительной долей суммарной дисперсии 50,59 %; долю условно-эластической компоненты деформации при одноосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 23,41 %; относительную затраченную энергию при одноосном растяжении до нагрузки $0,5 P_{раз}$ с долей суммарной дисперсии 10,37 %; долю условно-эластической компоненты деформации при двухосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 6,94 % и пластичность при двухосном растяжении на приборе В 3030 с относительной долей суммарной дисперсии 6,42 %.

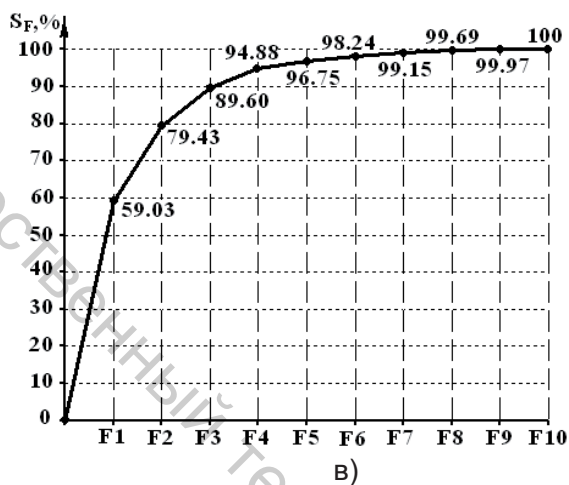
Для характеристики упруго-пластических свойств систем материалов наиболее информативными показателями являются: пластичность при двухосном растяжении на приборе В3030 с относительной долей суммарной дисперсии 59,03 %; относительная затраченная энергия при двухосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 20,4 %; доля условно-упругой составляющей деформации при двухосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 10,18 % и доля условно-эластической компоненты деформации при одноосном растяжении с относительной долей суммарной дисперсии 5,27 %.

Так как упруго-пластические свойства исследуемых материалов и систем характеризуются одновременно несколькими различными показателями, то для оценки их качества был использован комплексный метод, позволяющий получить итоговую оценку упруго-пластических свойств исследуемых объектов одним числом.



а)

б)



в)

Рисунок 1 – Накопленная дисперсия первых k главных компонент: а – для материалов наружных деталей верха обуви; б – текстильных материалов для подкладки и межподкладки обуви; в – для систем материалов

Для этого на основе выделенных наиболее информативных единичных показателей определялся комплексный безразмерный показатель упруго-пластических свойств материалов и систем по формуле

$$K_o = \sum_{i=1}^n K_i \cdot m_i \quad , \quad (10)$$

где K_i – относительный единичный показатель упруго-пластических свойств;

m_i – весомость i -го показателя свойств, определяемая по относительной величине вклада соответствующей главной компоненты в дисперсию всех признаков;

n – число учитываемых при комплексной оценке показателей.

Относительные единичные показатели определялись путем сравнения упруго-пластических свойств исследуемых материалов и систем с лучшим (максимальным или минимальным) значением показателя в данной группе объектов по формулам

$$K_i = \frac{X_i}{X_{\max}} \quad \text{или} \quad K_i = \frac{X_{\min}}{X_i} \quad , \quad (11)$$

где X_i – абсолютное значение единичного показателя упруго-пластических свойств.

Из приведенных формул выбиралась та, при которой увеличению K_0 соответствует улучшение приформовываемости верха обуви к стопе.

Значения комплексных показателей упруго-пластических свойств исследованных материалов и систем представлены на рисунках 2, 3.

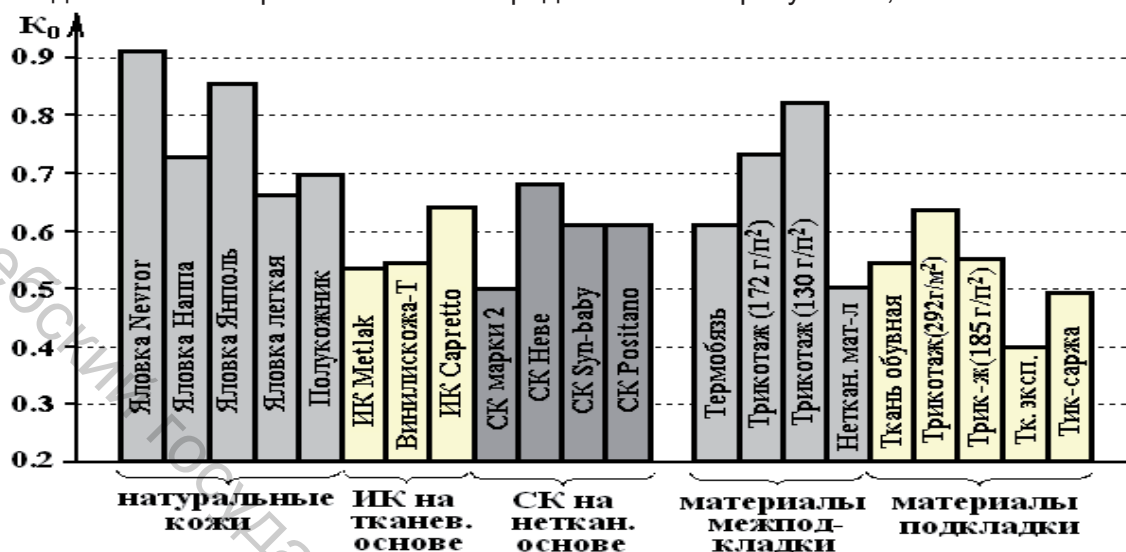


Рисунок 2 – Комплексный показатель упруго-пластических свойств материалов для верха обуви

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что среди исследованных материалов для наружных деталей верха обуви наилучшим комплексом упруго-пластических свойств обладают натуральные кожи, среди текстильных материалов – трикотажные полотна. В системах материалов наиболее высокие значения комплексного показателя упруго-пластических свойств обеспечивают верх из яловки эластичной, межподкладка из термобязи и подкладка из ткани обувной.

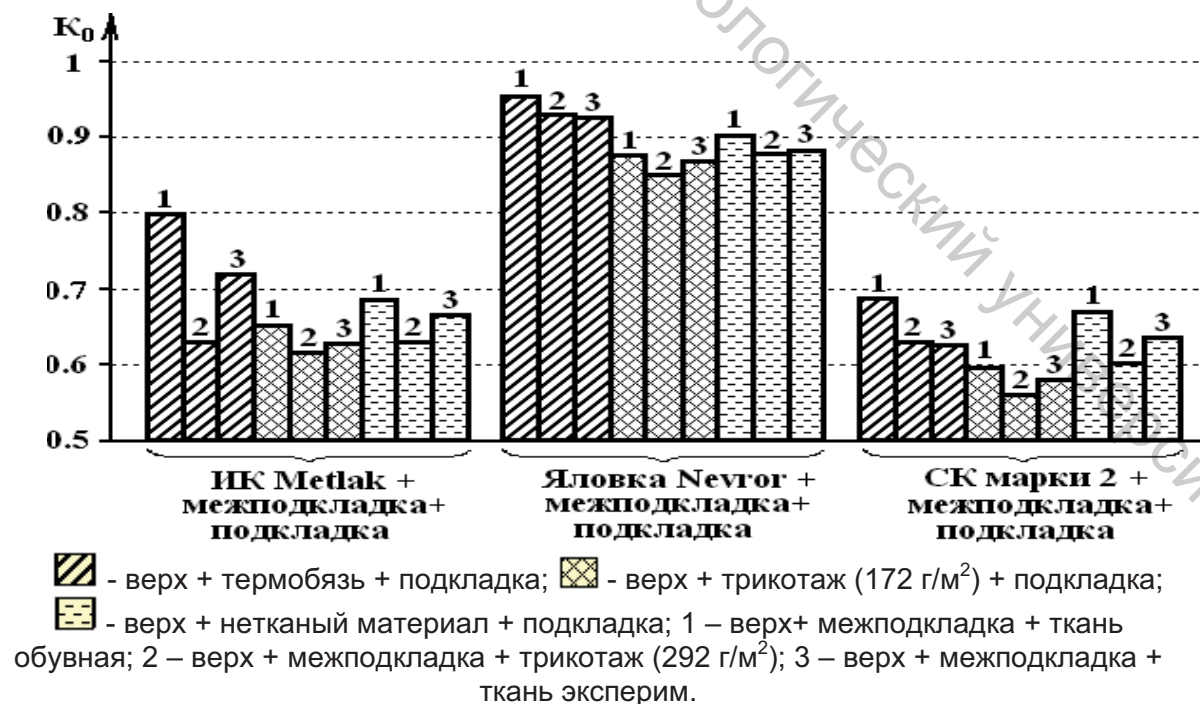


Рисунок 3 – Комплексный показатель упруго-пластических свойств систем материалов для верха обуви

В целях обеспечения рациональной комплектации пакетов верха обуви по показателю «приформовываемость верха обуви к стопе» с помощью множественного регрессионного анализа была установлена математическая зависимость между упруго-пластическими свойствами заготовки верха обуви и свойствами входящих в нее материалов следующего вида:

$$K_o^c = 0,74 K_o^e + 0,20 K_o^{m/n} + 0,23 K_o^n \quad (12)$$

где $K_o^c, K_o^e, K_o^{m/n}, K_o^n$ – комплексные показатели упруго-пластических свойств соответственно систем материалов для верха обуви, материалов верха, межподкладки и подкладки обуви.

Полученная математическая модель является адекватной, так как расчетный критерий Фишера превышает табличное значение, все коэффициенты уравнения значимы, так как имеют уровень значимости $p < 0,05$.

ВЫВОДЫ

С использованием метода главных компонент осуществлено сокращение размерности исходного признакового пространства и выявлены наиболее информативные показатели, характеризующие упруго-пластические свойства материалов и систем для верха обуви.

Рассчитаны комплексные показатели упруго-пластических свойств материалов и систем на основе наиболее информативных единичных показателей. Установлена математическая модель зависимости между комплексными показателями упруго-пластических свойств систем материалов и входящих в них комплектующих, позволяющая уже на стадии конструкторско-технологической подготовки прогнозировать свойства пакетов верха обуви.

Список использованных источников

1. Томашева, Р. Н. Оценка механических свойств искусственных материалов для верха обуви / Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Метрологическое обеспечение, стандартизация и сертификация в сфере услуг : Междунар. сб. науч. трудов / Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – Шахты : Изд-во ЮРГУЭС, 2006. – С. 27 – 30.
2. Томашева, Р. Н. О релаксации деформации обувных материалов в условиях двухосного растяжения / Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик, П. И. Скоков // Метрология, стандартизация и сертификация изделий сервиса : теория и практика : междунар. сб. науч. трудов / Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса; редкол.: В. Т. Прохоров [и др.]. – Шахты : Изд-во ЮРГУЭС, 2007. – С. 119 – 122.
3. Томашева, Р. Н. Влияние комплектующих на физиологические свойства верха обуви / Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Технические науки. – 2006. – 4 (136). – С. 78 – 81.
4. Костылева, В. К. Оценка упруго-пластических свойств материалов для верха обуви в условиях двухосного растяжения / В. К. Костылева, Р. Н. Томашева, В. Е. Горбачик // Кожевенно-обувная промышленность. – 2007. – 1. – С. 47 – 48.
5. Исследование релаксации деформации обувных материалов и систем при одноосном растяжении / В. Е. Горбачик, Р. Н. Томашева // Техническое регулирование – базовая составляющая управления качеством услуг и изделиями сервиса: Международный сборник научных трудов / Южно-Рос. гос. ун-т экономики и сервиса – Шахты : Изд-во ЮРГУЭС, 2005. – С. 52 – 54.

SUMMARY

The Article is dedicated to complex estimation springy-plastic characteristic material and systems material for top footwear. They Are Determined complex factors springy-plastic characteristic modern material and systems material for top footwear on base most информативных of the single factors springy-plastic characteristic, revealed at method main component.

Will Installed mathematical model to dependencies between complex factor springy-plastic characteristic of the systems material and falling into them completing, allowing already on stage design-technological preparation to forecast the characteristic a package top footwear.

УДК 677.025

НЕСТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ СОСТОЯНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.А. Науменко, И.С. Карпушенко

Для исследования сложных систем в течение последних десятилетий разработаны новые методы. Они обогатили современную нелинейную теорию динамических систем, крупным достижением которой является открытие превалирования неустойчивостей. Это означает, что возникшие малые изменения параметров системы имеют тенденцию самопроизвольно усиливаться [1], приводя систему к потере устойчивости, т.е. к внезапному переходу в другой режим. Потенциальные предпосылки такого эффекта связаны с существованием притягивающего множества установившихся режимов движения системы в фазовом пространстве. Такие режимы получили название аттракторов (от англ. attract - притягивать) [1,2]. Существование аттракторов систем и процессов было установлено в самом начале 60-годов XX-го века. Позднее были выявлены аттракторы трех типов: состояние равновесия, состояние периодического движения и так называемый странный аттрактор, который вскоре стали связывать с проблемой хаотического движения. При переходе системы в состояние, называемое странным аттрактором, параметры системы начинают претерпевать сложные непериодические изменения, в то время как их усредненные значения могут оказаться устойчивыми и практически не зависящими от начальных условий. Построенная в начале 70-х годов XX-го века теория катастроф [2], позволила понять, что корректный ответ на вопрос об устойчивости системы возможен лишь тогда, когда установлен факт существования и тип аттрактора. В связи с этим поиск методов его распознавания быстро стал задачей, имеющей первостепенное значение для оценки поведения сложных систем, к которым, естественно, относятся и технологические.

Исследованиями последних лет в области теории устойчивости установлено, что свойства аттракторов у реальных систем нередко отличаются от свойств любого из трех указанных выше «стандартных» типов. Это заметно усложняет задачу анализа устойчивости технологических систем. И все же взгляд на поведение систем с привлечением понятия «аттрактор» раздвигает грани представлений о возможных ее реакциях на изменения определяющих параметров.

Главной характеристикой аттрактора является размерность. Под размерностью аттрактора понимается размерность того фазового пространства, в котором он существует. Оценка размерности аттрактора имеет важное, а порой и принципиальное значение. Пусть, например, набор параметров X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 описывает некоторую технологическую систему. Предположим, что удалось установить размерность аттрактора, оказавшуюся равной 3. На основании этого можно заключить, что лишь 3 из 5 параметров определяют качества системы с