

**ВЛИЯНИЕ РИСУНКА ПРОТЕКТОРА ПОДОШВЫ
НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБУВИ**

**INFLUENCE OF SOLE TREAD PATTERN
ON THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF FOOTWEAR**

О.В. СИНЕВА, В.В. КОСТЫЛЕВА, Ю.С. КОНАРЕВА, Л.А. КИРЕЕВА

O.V. SINEVA, V.V. KOSTYLEVA, Y.S. KONAREVA, L.A. KIRIEVA

(Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: kostyleva.vv@mail.ru

В работе предложены научно-практические решения задачи разработки функционально и эргономически обоснованного рисунка протектора подошв. В качестве исходных данных для разработки рисунка ходовой поверхности плоской подошвы служит теоретический анализ кинематики движения нижних конечностей при ходьбе. Проанализированы особенности воздействия городской среды на работу ходовой поверхности подошвы. Показаны происхождение и области использования ламелей. Результаты исследования представлены в виде рисунка ходовой поверхности подошвы с водоотводящими каналами.

The work proposes scientific and practical solutions to the problem of developing a functionally and ergonomically sound tread pattern for soles. The initial data for developing the pattern of the running surface of a flat sole is a theoretical analysis of the kinematics of movement of the lower extremities when walking. The features of the impact of the urban environment on the operation of the running surface of the sole are analyzed. The origin and areas of use of the lamellas are shown. The results of the study are presented in the form of a drawing of the running surface of the sole with drainage channels.

Ключевые слова: стопа, фазы ходьбы, подошва, рисунок протектора, ламели, конструкторско-технологические решения.

Keywords: foot, walking phases, sole, tread pattern, lamellae, design and technological solutions.

Введение

Влияние кинематики и динамики движения нижних конечностей во время ходьбы на проектирование подошвы.

Динамика ходьбы дает представление о силах, действующих на человека во время ходьбы. Иннервационная структура ходьбы представляет собой внешние и внутренние вращающие моменты, которые определяются мышечным усилием в различные фазы

ходьбы, а также распределение усилий различных групп мышц и пространственно-временную характеристику работы мышц [1, 2]. При ходьбе стопа выполняет четыре основные функции: адаптация к неровностям поверхности, поглощение энергии удара при приземлении, функцию жесткого увеличения рычага для передачи вращательного момента вышележащим сегментам, перераспреде-

ние и смягчение ротационных усилий выше-лежащих сегментов. На рис. 1 представлены 4 основные фазы опорной реакции [2]. Можно заметить, что биомеханика стопы и функции стопы в различные фазы шага различны.

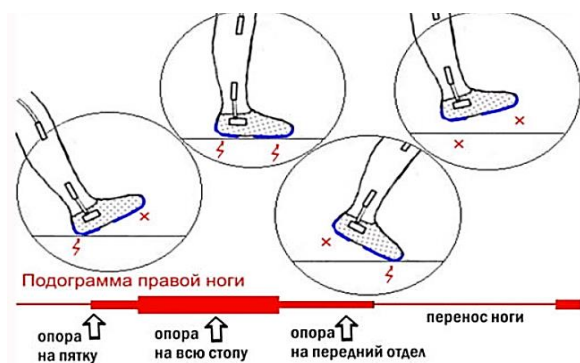


Рис. 1

В работе Петра Бриша проведен анализ функционального состояния стоп, который показал, что в точке опоры на пятку приходится $3/6$ веса всего тела, в точке опоры на первую и пятую плюсневую кости – $2/6$ и $1/6$ веса тела соответственно. Согласно этому в конструкции подошвы обуви целесообразно создавать ложе для пятки. Изобразим наглядно, как располагается такая кривая максимального давления стопы на опору во время ходьбы (рис. 2) [3].

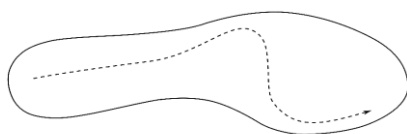


Рис. 2

Самые большие изменения давления происходят в области пятки ($20-60 \text{ Н/см}^2$), под головкой первой плюсневой кости ($20-65 \text{ Н/см}^2$) и зависят от физико-механических свойств подошвы.

Теоретические основы конструирования подошв

Формованные подошвы изготавливают из резиновых смесей (тунит), термоэластопластов (ТЭП), поливинилхлорида (ПВХ), полиуретана (ПУ), термополиуретана (ТПУ), облег-

ченного полиуретана (ПУ Light), этиленвинилацетата (EVA) с каблучком [4] и без каблучка, профилированные, имеющие разную толщину на различных участках, и плоские, одинаковой толщины по всей площади. Подошвы могут иметь рисунки на ходовой поверхности, урезе каблука, простилочный выступ, рант, полости для облегчения каблука и подошвы.

Рассмотрим подробнее проектирование ходовой поверхности подошвы. Внешний контур подошвы определяется горизонтальной проекцией неходовой поверхности подошвы [5]. С учетом наклона и формы уреза подошвы строится контур ее ходовой поверхности. Рисунок разрабатывается с учетом технологических, эксплуатационных и эстетических требований. Очевидным преимуществом формованных подошв является возможность воплощения значительного числа дизайнерских решений, фантазии модельеров обуви. Обычно функциональность подошвы с конкретным рисунком ходовой поверхности включает в себя три аспекта [6]:

- химическая формула материала подошвы (подметки);
- рисунок протектора;
- возможность комбинирования материалов различной плотности (вязкости) подметки.

Геометрия рисунка протектора в значительной мере влияет на оптимальное соотношение сцепление/износостойкость. Чем уже элемент протектора, тем лучше сцепление; чем шире, тем выше износостойкость [7]. Для лучшего сцепления необходимо большое количество элементов в носочно-пучковой части (подметка) в совокупности с достаточной глубиной протектора, а для износостойкости – минимальное количество элементов и максимальная площадь их контакта с поверхностью. Результаты испытаний одиннадцати типов рисунков рифлений показали, что ламели рисунков, выполненных асимметричным зигзагом и ромбами, почти не забиваются грязью, не скользят и износостойки. Неудовлетворительные результаты показали:

- симметричные рисунки рифлений, так как они сильно забивались грязью и камнями;
- продольно-поперечное рифление ввиду неудовлетворительной износостойкости;
- букле, которое практически не имеет сцепления с мягким грунтом.

В работе Глазуновой Н.А. [8] исследовались деформационные и прочностные характеристики низа обуви в зависимости от формы, размера и местоположения рифления подошвы. Установлено, что при прочих равных условиях:

- с увеличением толщины подошвы от 8 до 15 мм при постоянной форме рифлений напряжения в рифлении увеличиваются на 41%;
- при увеличении глубины рифления от 5 до 7,5 мм напряжения в подошве возрастают на 25%;
- при увеличении радиуса закругления в наивысшей точке рифления напряжения при изгибе подошвы уменьшаются. Для рифлений глубиной 6,5 мм при увеличении радиуса закругления от 1,5 до 5 мм напряжения снизились на 20%. Для рифлений глубиной 7,5 мм при увеличении радиуса закругления от 1,1 до 5 мм напряжения сократились на 24%;
- при одинаковой нагрузке в рифлении с прямоугольным сечением напряжения на 8% выше, чем в рифлении с круглым сечением.

Рекомендуемые размеры рифления: минимальная ширина между элементами протектора 2 мм, минимальная глубина рифления 2 мм, ширина элемента варьируется от 3 до 20 мм. В области пучков: канавки рифлений не должны располагаться параллельно линии перегиба стопы в фазе ходьбы «перекат с пятки на носок»; контуры рифлений не должны иметь прямых углов как в основании канавки, так и на ходовой поверхности; для рифлений, расположенных параллельно линии изгиба в носочно-пучковой части, отношение ширины канавки к высоте рифлений должно быть 1:1; чем больше разница между высотой приподнятости пяточной части и толщиной подошвы в пучковой части, тем меньше эффективный угол изгиба и напряжение при изгибе подошвы.

Происхождение и применение ламелей

Ламель – узкая канавка на протекторе шины. Первоначально слово обозначало участки протектора, разделенные канавками,

но постепенно слово «ламельирование» (нарезание бороздок, разделяющих протектор на пластинки) перешло на обозначение самих нарезанных канавок.

Протектор (от лат. protector – тот, кто прикрывает, защищает) [9] – элемент шины (покрышки) колеса, предназначенный для защиты внутренней части шины от проколов и повреждений, а также для формирования оптимального пятна контакта шины.

Термин «ламельи» появился в первой половине 60-х годов XX века, когда серийно производимые шины стали совершенствоваться и на рисунке их протектора появились небольшие разрезы в блоках профиля покрышки. Этот элемент дизайнера и технического решения позволил существенно улучшить сцепление шины с дорожным полотном. От формы и глубины ламелей зависят сцепные свойства различных покрытий. Ламели присутствуют как на летних моделях, так и на моделях шин для зимней эксплуатации. В последнем случае наличие ламелей играет определяющую роль в выборе авторезины для снега или льда. Наличие ламелей на блоках протектора существенно увеличивает эластичность шины. Причем это свойство проявляется только тогда, когда в нем есть потребность. При помощи технологии ламелирования удается увеличить тяговое усилие без изменения размера пятна контакта. Использование ламелей в протекторе имеет и обратную сторону: большое количество ламелей ухудшает сцепление с полотном в условиях дождя. Такие шины подвержены аквапланированию. Для решения этой проблемы инженеры предложили снабжать рисунок протектора глубокими канавками высокой жесткости. Они компенсируют эластичность ламелированной шины, позволяют эффективно отводить воду из-под пятна контакта. Применительно к обуви ламели выполняются в виде каналов, отводящих воду, а также надсечек, увеличивающих сцепление с поверхностью. В повседневной обуви подошва рассматривается в основном с

точки зрения дизайна, и поэтому на рисунке протектора не отображена четкая система водоотводящих ламелей. Ведущие производители спортивной обуви, напротив, уделяют больше внимания разработке подошвы более функциональной, чем эстетичной. На рисунке протектора спортивной обуви ламели обычно располагаются радиально либо перпендикулярно к оси следа подошвы.

Особенности среды, в которой применяются подошвы

Защита от воздействия факторов окружающей среды, таких как атмосферные осадки в виде дождя и снега, холод, является одной из важнейших функций одежды и обуви. Анализ результатов многочисленных экспертных исследований показывает, что одной из значимых характеристик, определяющих качество потребительских товаров, является водозащитная функция используемых материалов [10].

Главными особенностями для любой городской среды европейской части России, где климат в основном умеренно-континентальный, являются повышенное содержание пыли и грязи, твердый грунт (асфальт, брусчатка, плитка), наличие неровных участков, которые в сезон выпадения осадков наполнены водой, так как сток для дождевой воды не везде предусмотрен. К примеру, в Москве и области за год выпадает в среднем 550...650 мм осадков, две трети – в виде дождя, одна треть – в виде снега. Кроме того, территория Московской области расположена в большей степени в низменности, что объясняет такое частое явление, как лужи, из-за высокого уровня грунтовых вод. Поэтому в период сезонных осадков городские жители используют в огромных количествах водоотталкивающие средства для обуви, что отрицательно сказывается на потребительских свойствах обуви и затратах на их поддержание. Разрабатываемый рисунок протектора в теории должен снизить инерционные брызги, образующиеся во время переноса веса тела и становления на пятку. Очевидно, что разрабатываемые конструкторско-технологические решения в деталях низа обуви не обеспечат потребителям менее загрязненные детали верха в равной степени, так как у всех свой характер походки. В этом

случае будет целесообразно уделить большее внимание свойствам воды и характеру ее движения между подошвой и опорой во всех фазах шага. Во время первых трех фаз (опоры на пятку, полного становления на стопу и переката) вода будет двигаться в направлении движения человека и в стороны. Для наилучшего сцепления подметки с поверхностью необходимо обеспечить централизованный отвод воды по канальцам. В фазы отталкивания стопы от опоры некоторое количество воды с поверхности остается в углублениях рисунка рифления подошвы. Эта оставшаяся часть воды в фазу переноса стопы и становления на пятку движется по траектории стопы относительно коленного сустава с учетом сил межмолекулярного воздействия и поверхностного натяжения, а также веса и сил притяжения. В связи с вышеизложенным человек, перенося стопу во время ходьбы, увеличивает потенциальную энергию оставшейся в протекторе его обуви воды. При выбросе ноги для осуществления шага вода движется по ходовой стороне подошвы со скоростью идущего человека, и, отрываясь от поверхности носочной части, капли воды по инерции подлетают вверх и потом падают вниз на верх обуви, при этом траектория полета некоторых капель похожа на петлю (крюк).

Результаты и обсуждения

Выполнение рисунка на ходовой поверхности в основном процесс творческий, однако в данной работе при его разработке учтены все положения, определяющие построение конструктивно-декоративных элементов рисунка рифления подметки, описанные выше. Главной направляющей для оформления элементов рисунка протектора является кривая максимального давления на опору во время ходьбы [3]. Вдоль заданной линии строятся широкие элементы (от 20 до 30 мм) разной конфигурации по задумке разработчика, которые имеют сглаженные края и повторяют изгиб ходовой поверхности подошвы. По краям располагаются меньшие по размерам (от 10 до 20 мм) эле-

менты. Такая геометрия подошвы с рисунком рифлений, удерживающим воду на ходовой поверхности (рис. 3), обеспечит высокую износостойкость и необходимое сцепление с грунтом в условиях городской среды. Рекомендуется изготавливать элементы протектора и подошву из разных материалов для достижения необходимого соотношения «долговечность – комфорт».

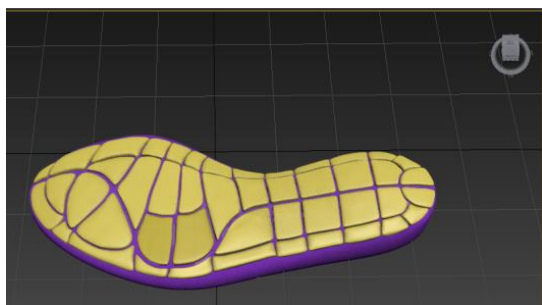


Рис. 3

Расстояние между элементами уменьшается с 5 до 1,5...2 мм в направлении от центра к краю подошвы, что обеспечивает задержку воды в ламелях при осуществлении локомоторного акта. Вода свободно движется по наиболее крупным водоотводящим канальцам. При их сужении скорость жидкости теряется благодаря силам поверхностного натяжения, которые уравновешиваются силами тяжести жидкости и силами инерции. На рис. 4 представлена схема движения воды по ламелям протектора подошвы. За отвод основного объема воды на рисунке протектора отвечает главная направляющая, так как она имеет наибольшую ширину, и в местах пяточного и носочного закруглений глубина ламели плавно переходит на толщину всей подошвы.

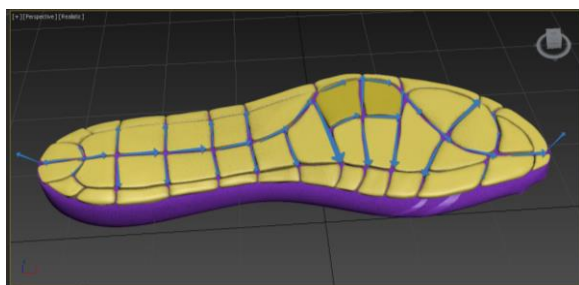


Рис. 4

Предлагаемое конструкторско-технологическое решение позволяет осуществлять отвод воды из области контакта с поверхностью опоры и в фазы переноса стопы изменять траекторию полета капель, направляя их вниз. Разработанный рисунок протектора решает проблему загрязнения одежды и верха обуви инерционными брызгами с учетом требований к износостойкости подошвы и ее сцеплению с поверхностью.

ВЫВОДЫ

Разработаны конструкторско-технологические решения рисунка протектора подошвы, направленные на снижение загрязнений одежды и обуви брызгами, образованными силами инерции, возникающими при совершении локомоторного акта:

- уменьшение от центра к краям подошвы размеров элементов протектора и расстояния между ними;
- расположение главной водоотводящей ламели по кривой наибольших напряжений стопы на опору во время ходьбы;
- плавный переход глубины главного водоотводящего канала на общую толщину подошвы, который обеспечивает изменение траектории полета капель во время переноса стопы для осуществления шага.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетков К.С. Исследование изгибной жесткости обуви и ее влияния на биомеханику нижних конечностей: дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 162 с.
2. Угнивенко В.И. Кинематика и динамика стопы при ходьбе. – <https://tri.by/articles/pitanie-i-medicina/kinematika-i-dinamika-stopy-pri-hodbe/> (дата обращения 17.04.2024).
3. Бриш П. Разработка и обоснование конструктивных параметров низа обуви для активного отдыха: дис. ... канд. техн. наук. М., 1989. 148 с.
4. Белицкая О.А., Костылева В.В., Фокина А.А. и др. Материалы шумопоглощающих устройств каблучков обуви // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). – С. 243...249. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_243.
5. Стронгин Б.М. Проектирование пресс-форм обувного производства. М.: Легпромбытиздат, 1988. 120 с.

6. *Костылева В.В., Синева О.В.* Поверхности и элементы формованной подошвы в дизайне обуви // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020. Ч. 1. С. 136...139.

7. *Коновалов К.Г.* Прогнозирование износостойкости подошв рабочей обуви // Потребительская кооперация. 2016. № 1(52). С. 53...58.

8. *Глазунова Н.А.* Разработка и применение метода определения деформационных и прочностных характеристик низа обуви с использованием метода конечных элементов: дис. ... канд. техн. наук. Самара, 2009. 145 с.

9. *Кондрашов В.О., Соколова М.Ю.* Определение напряженно-деформированного состояния протектора шины в местах крепления шипов // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2015. №4. С. 144...152.

10. *Зими́на М.В., Чагина Л.Л.* Комплексная оценка водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 4(406). С. 103...110. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_103.

REFERENCES

1. *Kochetkov K. S.* Study of the bending rigidity of shoes and its effect on the biomechanics of the lower extremities: diss... Ph.D. tech. Sci. – M., 2017. – 162 p.

2. *Ugnivenko V.I.* Kinematics and dynamics of the foot when walking / TRI.by: website. – URL: <https://tri.by/articles/pitanie-i-medicina/kinematika-i-dinamika-stopy-pri-hodbe/> (date accessed 04/17/2024).

3. *Brish P.* Development and justification of the design parameters of the bottom of shoes for active recreation: diss.... Ph.D. tech. Sci. M., 1989. 148 pp.

4. *Belitskaya O.A., Kostyleva V.V., Fokina A.A. et al.* Materials of soundabsorbing devices heel shoes // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya

Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 3(405). P. 243...249. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_243.

5. *Strongin B. M.* Design of molds for shoe production. – Moscow: Legprombytizdat, 1988. – 120 p.

6. *Kostyleva V.V., Sineva O.V.* Surfaces and elements of molded soles in shoe design // Design, technologies and innovations in textile and light industry (INNOVATIONS-2020). Moscow: RSU named after A.N. Kosygina, 2020. Part 1. P. 136...139.

7. *Konovalov K.G.* Forecasting the wear resistance of work shoe soles // Consumer cooperation. 2016. No. 1(52). pp. 53...58.

8. *Glazunova N. A.* Development and application of a method for determining the deformation and strength characteristics of the bottom of shoes using the finite element method: dis. Ph.D. tech. Sciences. Samara, 2009. 145 p.

9. *Kondrashov V.O., Sokolova M.Yu.* Determination of the stress-strain state of the tire tread at the points where the studs are attached // Izvestia of Tula State University. Natural Sciences. 2015. No. 4. – <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-napryazhenno-deformirovannogo-sostoyaniya-protectora-shiny-v-mestah-krepleniya-shipov> (date of access: 06/25/2024).

10. *Zimina M.V., Chagina L.L.* Comprehensive assessment of the waterproof properties of materials taking into account the action operational and technological factors // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 4(406). P. 103...110. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_103.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 23.05.24.