

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2022, №1, Том 7 / 2022, No 1, Vol 7 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL122.pdf>

DOI: 10.15862/25TLKL122 (<https://doi.org/10.15862/25TLKL122>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Александров, С. П. Разработка методики расчёта силового взаимодействия стопы и обуви для подиумных моделей / С. П. Александров, Т. В. Жуковская, Е. Г. Бердникова // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL122.pdf> DOI: 10.15862/25TLKL122

For citation:

Aleksandrov S.P., Zhukovskaya T.V., Berdnikova E.G. Development of a methodology for calculating the force interaction of the foot and shoes for podium models. *Journal of Clothing Science*, 1(7): 25TLKL122. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL122.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.15862/25TLKL122

Грант Фонда содействия инновациям, проект «HiHills»

Александров Сергей Петрович

Фонд содействия инновациям, проект «HiHills», Москва, Россия
Доктор технических наук
E-mail: mor-galina@yandex.ru

Жуковская Татьяна Владимировна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: zhukovskayatv@gmail.com

Бердникова Елизавета Георгиевна

Фонд содействия инновациям, проект «HiHills», Москва, Россия
E-mail: eligeoberova@mail.ru

Разработка методики расчёта силового взаимодействия стопы и обуви для подиумных моделей

Аннотация. Исследование влияния высококаблучной обуви на здоровье человека остается актуальным и в современных реалиях, когда мода на такие модели не так выражена. Известна особенная привлекательность высококаблучной обуви, что делает ее незаменимым атрибутом модельных проектов и мероприятий. В связи с данным фактом, для подиумных моделей данный вид можно отнести к рабочей обуви. Однако, несмотря на наличие выносливости и умения ходить на высоких каблуках длительное время, негативное воздействие этого может приводить к последствиям различной степени тяжести для здоровья подиумных моделей. Взаимодействие стопы с опорно-контактируемой стелькой и последующими деталями низа, в процессе ходьбы носит постоянно изменяющийся характер. Для проведения исследования целесообразно выделить фиксированные фазы, достаточно полно характеризующие силовые процессы, к которым можно отнести передний и задний толчки, фазу полной опоры на одну стопу. Последняя, с выключением бесконтактного переноса другой стопы, изучается в работе как основное исследование. В представленной работе ставится задача произвести оптимизацию параметров силового воздействия стопы обуви, привести их в допустимый диапазон, используя конструктивные решения и современные материалы. При этом создать условия для амортизации ходьбы, допустимого раздвижения продольного и поперечного сводов, исключить скольжения всей стопы по стельке. Задача ставится — при сохранении высоты каблука снизить образующиеся отрицательные последствия до возможного

минимального уровня. Предложена трехэлементная модель стопы и обуви, установлена математическая связь между элементами, указаны критерии оценки и способы их достижения. Используются современные средства измерения: программные, электронное сканирование и компьютерная диагностика.

Ключевые слова: высококаблучная обувь условия комфорта стопы; амортизация; равновесное состояние; метод расчета

Введение

Универсальные методы расчета обуви имеют решающее значение для ее массового производства [1], однако они, не учитывают групповые отклонения от средне-размерных данных, что приводит к нарушениям гигиенических характеристик обуви, болезненным ощущениям на различных участках стопы, преждевременной усталости и, как следствие, потребитель отдает предпочтение зарубежным изделиям, выпускаемым ограниченными партиями узкой направленности. Что особенно актуально для высококаблучной обуви, для повышения комфортности которой, производитель должен располагать научно-обоснованными данными, используемыми для создания условий, обеспечивающих заданную деформацию стопы, амортизацию тела человека, удержание стопы внутри обувного пространства, отсутствие ненормативных зазоров, вызывающих потертости кожи стопы.

Взаимодействие стопы с опорно-контактируемой стелькой и последующими деталями низа, в процессе ходьбы носит постоянно изменяющийся характер¹ [2]. Для проведения исследования целесообразно выделить фиксированные фазы, достаточно полно характеризующие силовые процессы, к которым можно отнести передний и задний толчки, фазу полной опоры на одну стопу. Последняя, с выключением бесконтактного переноса другой стопы, изучается в работе как основное исследование.

Исследование влияния высококаблучной обуви на здоровье человека остается актуальным [2–4] и в современных реалиях, когда мода на такие модели не так выражена. Авторы работы [5] отмечают особенную привлекательность высококаблучной обуви, что делает ее незаменимым атрибутом модельных проектов и мероприятий. В связи с данным фактом, для подиумных моделей этот вид можно отнести к рабочей обуви. Однако, несмотря на наличие выносливости и умения ходить на высоких каблуках длительное время, их негативное воздействие может приводить к последствиям различной степени тяжести для здоровья.

Цель представленной работы — произвести оптимизацию параметров силового воздействия стопы обуви, привести их в допустимый диапазон, используя конструктивные решения и современные материалы, что поможет создать условия для амортизации ходьбы, допустимого раздвижения продольного и поперечного сводов, исключить скольжения всей стопы по стельке, и снизить негативное воздействие высококаблучной обуви на стопу.

Методы

В работе проведен анализ более ранних моделей стопы, произведены измерения с использованием программно-аппаратных средств, а также расчетные методы преобразования цифровых данных.

¹ Патент RU 2 729 645 53 C1 МПК А43В13/00 Конструкция здоровьесберегающей обуви на высоком и сверхвысоком каблуке. № 2019129759: заявл. 23.09.2019; опубл. 11.08.2020 Александров С.П., Шестов А.В.

Более ранняя модель стопы [1], не содержит упругий элемент (плантарный апоневроз), связывающей шарниры переднего и пяточного отделов, и приводит к невыполнению в расчёте функций естественной амортизации стопы и переноса смягчения усилия на тело носчика, что является уникальной особенностью строения стопы человека. В последующих разработках [7–8] модели стопы, продольная арка имеет упругий компонент, связывающий шарнирные опоры переднего и пяточного отделов. При приложении нагрузки к модели стопы пяточный шарнир остается поступательно неподвижным на стельке, а несущий шарнир упругого смещается вперед, что преобразуется в вертикальное перемещение вниз верхнего шарнира, моделирующего голеностопный сустав. После снятия нагрузки с модели стопы верхний шарнир смещается вверх в исходное положение, а нижний подвижный шарнир перемещается в сторону пяточного шарнира. Связь между перемещением переднего шарнира с верхним определяется геометрическим соотношением элементов модели стопы и жесткостью промежуточных стержней.

Результаты

Известно [9–10], что продольный свод имеет разветвления в пяточной и носочной опорах, а также с дополнительные ограничители с боковых сторон в области геленка, которые несколько уступают по величине первым двум, однако их местонахождение является значимым для голеностопного участка, вследствие непосредственного действия нагрузки.

Ввиду того, что 15 % населения имеет, так называемую, полую стопу, передача усилия на геленочный отдел от голеностопного сустава становится irrelevantной, что делает возможным проводить для них расчет по упрощенной модели.

Для нормальной стопы распределение давления на верхней поверхности стельки зависит от высоты подъема пяточной части. При низком подъеме пятки в геленочном отделе давление составляет ~15 % от общего¹, в пяточной и носочной — в близких соотношениях друг к другу. Дополнительными факторами, в меньшей степени, влияющими на дислокацию давления на плантарной части стопы являются: масса тела, особенности строения и осанки, а также походка.

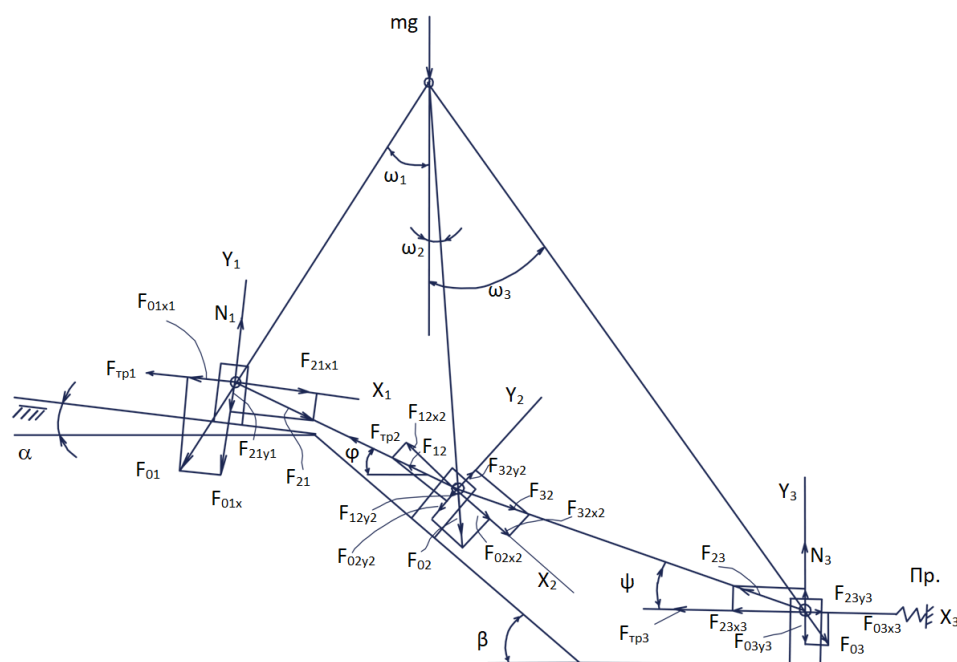


Рисунок 1. Расчет взаимодействия стопы и стельки высококаблуточной обуви (рисунок авторов)

Создание модели взаимодействия стопы и стельки (рис. 1) базируется на предпосылке их общей конфигурации контактирующей поверхности. Стопа представляется в виде многоугольника, трех стержней, передающих нагрузку от верхнего шарнира на плантарную поверхность, на которой установлены три шарнира, смонтированных на трех опорах, связанных со стелькой трением скольжения. Помещенная в конце переднего отдела пружина показывает возможное смещение носка, для которого предусмотрен конструктивный зазор. Геометрические параметры расчетной схемы приближены к фактическим размерам моделируемого узла стопа-стелька.

Определение усилий в стержнях шарнирно-стержневой конструкции, передающий нагрузку тела носчика mg на выделенные элементы стопы, представляет собой классическую статически неопределимую задачу, требующую экспериментального определения ряда параметров, учитывающих многослойность стельки, каблука, а также достаточно сложную их геометрию. Современные разработки измерительной аппаратуры для определения силовых параметров стопы облегчают решение поставленной задачи.

Точки приложения шарниров нагрузочных стержней, направленных от шарнира, заменяющего голеностопный сустав, располагаются на площадках выделенных элементов, в центральных точках, по местоположению и силах, рассчитанных по экспериментальным таблицам давления и координатам. Измерение проведено на аппаратно-программном комплексе «ДиаСлед-Скан», получены цифровые данные, подлежащие преобразованию в координаты и усилия. Далее произведено преобразование цифровых данных, отраженных на приборе в координаты и усилия.

Трансформация показателей давления и геометрических параметров, снятые с матрицы с набором упругих тензодатчиков, используя расчетные методы модуля равнодействующей, найдены силовые воздействия на точки их приложения к стелечному узлу.

Конфигурация модели стельки в основном повторяет геометрию плантарного участка стопы, состоящего из трёх частей с границами определенными выделенными углами перехода.

Первый узел взаимодействия стопы и стельки изображается фронтальной проекцией как наклонный отрезок, имитирующий пяточную часть стельки, нагруженной контактирующим шарниром и промежуточной опорой, на которую в свою очередь действует усилие от жёсткого стержня и шарнира, последний моделирует голеностоп. Опорный шарнир соединен также со звеном, связывающие его с опорой второго узла.

Наклонный отрезок располагается под углом к горизонтали, его величина зависит от высоты приподнятости пяточной части и стремится установить пяточную часть стопы перпендикулярно линии наклона отрезка.

Поступившая нагрузка на пяточной части стопы находится в процессе взаимодействия с измерительной стелькой, имеющей матрицу с набором упругих датчиков, которые равномерно располагаются с шагом 5 мм. Замер осуществляется в фазе становления исследуемой стопы на опорную поверхность. В этот же момент другая стопа находится рядом с первой, не касаясь опоры, рядом как при ходьбе.

На дисплее измерительного прибора высвечиваются нагрузки, испытываемые каждым датчиком на площади стельки, передающиеся на контактируемые участки стопы в виде равномерно расположенных дынных различных модулей.

Размерность давления переводится при известной площади единичного датчика в силу, затем выполняется операция геометрического суммирования, что позволяет определить местоположение, величину и направление равнодействующей внешней силы для пяточного участка стопы.

Боковые стороны пяточной части стопы охватываются затянутой заготовкой верха, включающей в качестве подкладки гладкую лицевую кожу и участок, контактируемый со стопой, с взъерошенной поверхностью, способствующие удержанию пятки стопы от скольжения по стельке, а также в фазе заднего толчка смещению пятки вверх относительно стельки.

Боковые стороны носка стопы и головок плюсневых костей контактируют с соответствующими участками затянутой заготовки верха. В случае скольжения всей стопы по стельке происходит усиление прижатия и соответственно увеличение сил трения. В отмеченных зонах, возникает избыточная, преимущественно остаточная деформация, что приводит к искажению эстетического внешнего вида обуви.

Положение стопы с приподнятой пяткой, определяется размером каблука, углом наклона его верхней поверхности и толщинами соответствующих слоев материалов стельки в этой зоне. В стопе пяточная и ладьевидная кости принимают наклон опорной поверхности стельки, а клиновидная кость смещается по контактирующим поверхностям, образующим шарнирное соединение. В реальной обуви соединения пяточного и геленочного участков представляются плавной кривой, в модели для упрощения расчётных результатов используется соединение прямых с допустимым уровнем погрешности, вызванных заменой шарнирного соединения.

Представление взаимодействия стопы и стельки в виде трехэлементной системы позволяет определить управляющие параметры для каждого элемента с последующей оптимизацией комплекса.

Для нахождения условия равновесия выделенных участков используется статический метод [10]: в векторной форме:

$$\sum X_1 = -F_{\text{тр}1} - F_{01x1} + F_{21x1} = 0$$

$$\sum Y_1 = -F_{01y1} - F_{21y1} + N_1 = 0.$$

Записываются суммы проекций всех сил на выбранные оси систем:

$$-F_{\text{тр}1} - F_{01} \sin(\omega_1 - \alpha) + F_{21} \cos(\varphi - \alpha) = 0$$

$$-F_{01} \cos(\omega_1 - \alpha) - F_{21} \sin(\varphi - \alpha) + N_1 = 0.$$

Последнее уравнение умножается на коэффициент трения μ , приравнивается к предшествующему, сокращается сила трения и решается относительно силы действия второго элемента на первый:

$$F_{21} = \frac{\sin(\omega_1 - \alpha) + \mu \cos(\omega_1 - \alpha)}{\cos(\varphi - \alpha) + \mu \sin(\varphi - \alpha)} F_{01}.$$

Сомножитель перед силой F_{01} обозначается греческой заглавной буквой тета θ , тогда выражение силы F_{21} примет вид:

$$F_{21} = \theta F_{01}.$$

Неизвестная сила F_{01} определяется через нормаль N_1 , которая находится экспериментально на аппарате «ДиаСлед-Скан» или подобным ему, с привлечением выражений проекций на ординату:

$$F_{01} = \frac{N_1}{\cos(\omega_1 - \alpha)} - \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\omega_1 - \alpha)} F_{21}.$$

После подстановки выражения силы F_{01} и группировки сил F_{21} определяется:

$$F_{12} = \frac{N_1}{\sin(\varphi - \alpha) + \theta^{-1} \cos(\omega_1 - \alpha)}.$$

Сила F_{21} передает воздействие второго элемента на первый, отражает его пограничное, равновесное состояние. Приложение большей силы чем расчетная может вызвать скольжение пятки стопы по первому наклонному участку модели.

При взаимодействии стопы с верхней поверхностью стельки необходимо обеспечить неподвижность пятки стопы, что делает возможным выполнение природной функции — раздвижение продольного свода и, как следствие — амортизации тела носчика.

При скольжении стопы возникает пересечение носочной частью стопы дополнительного припуска в конце стельки и силового контакта пальцев стопы с внутренней полостью носка затянутой заготовки, что ведет к возникновению молоткообразных форм пальцев и натиранию подвижноконтактирующих участков стопы.

Выравнивание поверхности стельки в пяточной зоне по горизонтали, ликвидация ее наклона не приводит к положительному результату, так как в обуви с высоким каблуком при таком решении нарушается анатомическая геометрия стыковочного узла пятка-геленок, что вызывает болезненные ощущения у носчика.

Действие второго элемента силой F_{21} в направлении первого должно обеспечить его неподвижность и соответственно отсутствие способности перемещаться, находящейся там опоры продольного свода. Изменение силы F_{21} непосредственно связано с силой трения $F_{\text{тр}1}$ в первом элементе, вариацией коэффициента трения которой, можно достигать заданной степени неподвижности. Коэффициент трения пар материалов можно варьировать, используя модифицирующие воздействия различной природы.

Перемещение пяточной части стопы в сторону начала отсчета ограничено миллиметровым диапазоном. Значителен размах угла наклона геленка, который расширяется с приростом каблука вплоть до 90° . При увеличении высоты каблука нагрузка от голеностопного сустава в основном передается на носочно-пучковую часть стопы и в меньшей степени на пятку, что объясняется изменяющейся геометрией прикладываемых сил.

Нагрузка, поступающая с голеностопного сустава, большей частью передается на деформируемые носочно-пучковую и пяточную зоны, и затем воспринимается статическими опорами с жесткой связью:

$$\sum X_2 = -F_{\text{тр}2} + F_{02x2} - F_{12x2} + F_{32x2} = 0$$

$$\sum Y_2 = -F_{02y2} - F_{12y2} + N_2 + F_{32y2} = 0.$$

Второе уравнение умножается на коэффициент трения μ , полученный член μN суммируется с разнознаковой и равнозначимой силой трения $F_{\text{тр}}$ первого равенства, что приводит их к сокращению и уравнение приобретает вид:

$$F_{02} \sin(\beta + \omega) - F_{12} \cos(\beta - \varphi) + F_{32} \cos \psi - \mu F_{02} \cos(\beta + \omega_2) - \mu F_{12} \sin(\beta - \varphi) + \mu F_{32} \sin \psi = 0.$$

Откуда находится выражение для силы:

$$F_{12} = F_{02} \frac{\sin(\beta + \omega_2) - \mu \cos(\beta + \omega_2)}{\cos(\beta - \varphi) + \mu \sin(\beta - \varphi)} + F_{32} \frac{\cos \psi - \mu \sin \psi}{\cos(\beta - \varphi) + \mu \sin(\beta - \varphi)}.$$

В результате определяется сила действия первого элемента на второй, при этом нормальная сила N_2 — экспериментально, сила, направленная от третьего элемента ко второму F_{32} — расчетно-экспериментально.

Сила F_{21} , равная по величине силе F_{12} , передает воздействие второго элемента на первый, создавая его пограничное равновесное состояние. Применение силы меньше расчетной, допустимой величины, вызывает скольжение первого элемента по наклонному участку со всеми негативными последствиями.

Для взаимодействия стопы с верхней поверхностью стельки необходима неподвижность пятки стопы для выполнения природной функции — смягчение ходьбы носчика путем раздвижения продольного свода при одной неподвижной опоре.

Требуется также исключить скольжение стопы, ее плантарной поверхности относительно стельки, не допускать при раздвижении свода перекрытие дополнительного припуска в носочной части стельки и упора пальцами стопы во внутреннюю полость носка, что ведет к образованию молоткообразной формы пальцев, при этом исключить проскальзывание сверх установленного норматива по боковым сторонам подкладки затянутой заготовки верха.

Выравнивание контактируемой с пяткой поверхности стельки, ликвидация наклона не является решением проблемы, так как возникает в зоне перехода пяточной поверхности в геленок увеличение наружного угла, существенно превышающих размер соответствующего естественного размаха этих поверхностей.

Третий элемент, представленный на расчётной схеме, находится под воздействием внешних факторов:

- сила, поступающая от голеностопного сустава;
- воздействие от второго элемента;
- реакция опоры (нормальная сила);
- сила трения.

Кроме перечисленных, в модели также имеется устройство для оценки степени амортизации носчика, путем определения величины смещения подвижной опоры, умноженной на жесткость передаточных составляющих и применения расчетных методик.

Для решения поставленной задачи — определение системы управления силовыми параметрами, действующих на третий элемент стопы и нахождение оптимального распределения силовых воздействий на объект требуется установить критерии комплекса сил, функционирующих в носочно-пучковой части стопы и границы их рекомендованного диапазона.

Для корректной работы стопы ее носочно-пучковая часть должна сместиться вдоль нормированного раздвижения свода, при этом верхний шарнир опустится, упруго смещая голеностоп и связанное с ним тело носчика, создавая условия амортизации. Перемещение этих двух шарниров взаимосвязано граничными условиями как для фазы поступательного движения, так и возвратного в исходное положение.

Условие равновесия третьего элемента отражается системой уравнений, записанных в выбранных координатах:

$$\begin{aligned} -F_{T3} - F_{23}\cos\psi + F_{03}\sin\omega_3 &= 0 \\ -\mu F_{03}\cos\omega_3 + \mu F_{23}\sin\psi + \mu N_3 &= 0. \end{aligned}$$

Далее, используя ранее применяемую методику расчета, записываем выражение для нахождения силы действия второго элемента на третий:

$$F_{23} = F_{03} \frac{\sin \omega_3 - \mu \cos \omega_3}{\cos \psi - \mu \sin \psi}.$$

Нормальная сила N_3 определяется экспериментально, а буква Λ введена для сокращения записи:

$$\Lambda = \frac{\sin \omega_3 - \mu \cos \omega_3}{\cos \psi - \mu \sin \psi}.$$

Для каждого элемента модели конкретной стопы устанавливаются выходные показатели, удовлетворяющие заданным критериям. Предложенный метод расчета дает возможность определить параметры схем, позволяющие найти геометрические составляющие и необходимые материалы, обеспечивающие достижение эффективных показателей, улучшающих, в первую очередь амортизацию носчика при ходьбе, ликвидацию возможности потертости стопы, предотвращение молоткообразной формы у фалангов пальцев и искажения силуэта носочно-пучковой части верха обуви.

Обсуждение

Определение силовых параметров трех образующих элементов стопы, а также управляющих параметров дает возможность найти оптимальное решение, обеспечивающее наиболее комфортное состояние стопы в исследуемой зоне полной опоры шагового цикла.

Таким образом, для выявленных групп населения, какими являются подиумные модели, целесообразно определять средне-статистический образец стопы и физические параметры носчика: массу, рост, длину шага, что повысит адекватность проектируемой обуви и стопы, а также снизит затраты по сравнению с индивидуальным изготовлением.

При разработке силового расчета взаимодействия стопы и обуви в статье учитывается влияние взаимного контакта в геленочной части, что делает возможным повышение точности расчета.

Кроме того в исследовании: обоснованы рекомендации по силовому взаимодействию пятки стопы и контактируемого участка стельки, указаны методы достижения оптимального состояния; предложены варианты решения проблемы скольжения всей стопы по поверхности стельки, вызывающие негативные последствия — отсутствие амортизации тела носчика; предложены условия силового взаимодействия, обеспечивающие продольное смещение носочно-пучковой части стопы по поверхности стельки в нормированных пределах, что способствует амортизации тела носчика; предложена трехэлементная модель взаимодействия стопы и стельки, приведены методы силового расчета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зыбин Ю.П. Основы разработки формы и размеров обуви массового производства. — Ленинград: Изд-во и тип. Гизлегпрома в Л., 1949. — 121 с.
2. Broega, A.C. Female high heel shoes: a study of comfort / A.C. Broega, M. Righetto, R. Ribeiro // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 17th World Textile Conference AUTEX 2017 — Textiles — Shaping the Future. Greece, Corfu (Kerkyra) — 2017 pp. 254–260.
3. Waqas, N. Effects of Wearing High Heels on Ankle Plantarflexion / N. Waqas, F. Amjad, F. Zulfiqar, S. Ilyas // Pakistan Journal of Physical Therapy (PJPT). — 2021 — № 4. pp. 12–16.

4. Hong, W.H. Influence of Heel Height and Shoe Insert on Comfort Perception and Biomechanical Performance of Young Female Adults During Walking. / W.H. Hong, Y.H. Lee, H.C. Chen, Y.C. Pei, C.Y. Wu // *Foot & ankle international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society [and] Swiss Foot and Ankle Society*. — 2006 — № 26. pp. 1042–1048.
5. Wade, T.J. On a pedestal: High heels and the perceived attractiveness and evolutionary fitness of women. / Wade, T.J., Burch, R. & Fisher, M.L. & Casper, H. *Personality and Individual Differences*. — 2022 — № 188. pp. 111–116.
6. Александров, С.П., Методы выявления закономерности распределения давления по опорной поверхности стопы / С.П. Александров, О.В. Паршина // *Изв. Вузов. Технология легкой промышленности*. — 1989, — № 2. С. 87–92.
7. Александров, С.П., Проектирование низа обуви, обеспечивающего оптимальные условия функционирования свода стопы. / С.П. Александров, О.В. Паршина // *Кожевенно-обувная промышленность*. — 1995, — № 5–6. — С. 40–44.
8. Ridola, C. Functional anatomy and imaging of the foot / C. Ridola, A. Palma // *Ital J Anat Embryol*. — 2001. — № 2(106). — pp. 85–98.
9. McKeon, P.O. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function / P.O. McKeon, J. Hertel, D. Bramble, I. Davis // *British Journal of Sports Medicine*. — 2015. — № 49. — pp. 290–299.
10. Маркова, Е.Л. Статика твёрдого тела / Е.Л. Маркова. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, — 2015. — 101 с.

Aleksandrov Sergey Petrovich

Innovation Promotion Foundation, HiHills project, Moscow, Russia
E-mail: mor-galina@yandex.ru

Zhukovskaya Tatiana Vladimirovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia
E-mail: zhukovskayatv@gmail.com

Berdnikova Elizaveta Georgievna

Innovation Promotion Foundation, HiHills project, Moscow, Russia
E-mail: eligeoberova@mail.ru

Development of a methodology for calculating the force interaction of the foot and shoes for podium models

Abstract. The study of the influence of high-heeled shoes on human health remains relevant in modern realities, when the fashion for such models is not so pronounced. The special attractiveness of high-heeled shoes is known, which makes it an indispensable attribute of modeling projects and events. In connection with this fact, for catwalk models, this type can be attributed to work shoes. However, despite the presence of endurance and the ability to walk in high heels for a long time, the negative impact of this can lead to consequences of varying degrees of severity for the health of catwalk models. The interaction of the foot with the support-contact insole and the subsequent details of the bottom, in the process of walking, is constantly changing. To conduct the study, it is advisable to single out fixed phases that characterize the power processes quite fully, which include front and rear shocks, the phase of full support on one foot. The latter, with the non-contact transfer of the other foot turned off, is studied in the work as the main study. In the presented work, the task is to optimize the parameters of the force impact of the foot of the shoe, to bring them into an acceptable range, using constructive solutions and modern materials. At the same time, create conditions for shock absorption of walking, allowable extension of the longitudinal and transverse arches, and exclude sliding of the entire foot on the insole. The task is set — while maintaining the height of the heel, to reduce the resulting negative consequences to the minimum possible level. A three-element model of the foot and shoes is proposed, a mathematical relationship between the elements is established, evaluation criteria and ways to achieve them are indicated. Modern means of measurement are used: software, electronic scanning and computer diagnostics.

Keywords: high-heeled shoes; foot comfort conditions; depreciation; equilibrium state; calculation method