

УДК 685.34.013.2

Т. М. Борисова, В. Е. ГорбачикВитебский государственный технологический университет
210035 РБ, Витебск, пр. Московский, 72

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО ПЛАНТАРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ СТОПЫ В ОБУВИ С РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТОЙ КАБЛУКА

© 2011, Т. М. Борисова, В. Е. Горбачик

В статье приведены результаты исследования распределения нагрузки по плантарной поверхности стопы в области наружного продольного свода в обуви с различной высотой каблука ■

Ключевые слова ■ нагрузка, геленочная часть, высота каблука.

Research of Distribution of Loading on Bottom Foot Surfaces in Footwear with Various Heel Height

In article there are results of research of distribution of loading on the foot's bottom surface in the area of the external longitudinal arch in footwear with various heel height ■

Key words ■ loading, chank part, heel height.

Одним из основных требований, предъявляемых к рациональной обуви, исходя из анатомо-физиологических особенностей стопы человека, является правильное моделирование, и достаточное укрепление геленочной части обуви. Чтобы обеспечить своду стопы надлежащую опору в обуви с различной высотой каблука, геленочная часть должна обладать определенной жесткостью и оказывать сопротивление нагрузкам во время стояния и ходьбы. Особенно это актуально в настоящее время, когда большое распространение получает женская обувь на особо высоких (более 70 мм) каблуках.

Для обеспечения объективной оценки качества геленочной части обуви необходима разработка методики испытания геленок, стелечных узлов и геленочной части готовой обуви на жесткость и упругость, которая моделирует работу геленочной части обуви в процессе ее эксплуатации.

Проведенный анализ существующих устройств и методов испытания деталей низа и готовой обуви на жесткость и упругость геленочной части показал, что одним из недостатков этих устройств является несоответствие условий нагружения реальному воздействию стопы на геленочную часть обуви при эксплуатации [1].

Для разработки такой методики необходимо знать характер распределения нагрузки, оказываемой телом человека на геленочную часть обуви с различной высотой каблука.

Изучению распределения нагрузки на различные участки низа обуви посвящен ряд работ [2–4], однако характер распределения нагрузки на геленочную часть обуви с различной высотой каблука изучен недостаточно.

В связи с этим целью данной работы явилось исследование величины общей нагрузки на геленочную часть обуви с различной высотой каблука и характера ее распределения по геленочной части.

Исследование распределения нагрузки по плантарной поверхности стопы производилось на аппаратном комплексе «ДиаСлед», предназначенном для проведения динамоплантографических исследований (регистрации, отображения и обработки информации о динамике распределения нагрузки, оказываемой стопой на опорную поверхность, плантографии, подометрии).

Исследование распределения нагрузки проводилось в обуви с высотой каблука 20, 40, 60, 80 и 100 мм при стоянии (статика) и при ходьбе (динамика). Для исследования применялись измерительные стельки с датчиками давления резистивного типа, число датчиков в стельке 81, площадь одного датчика составляет 1 см².

Для проведения эксперимента был произведен обмер стоп 30 женщин в возрасте 20–30 лет. С каждой стопы снималась плантограмма и измерялись объемы по наружному и внутреннему пучкам. Каждую плантограмму оценивали визуально для выбора стоп без патологических отклонений и по ней определяли длину стопы.

Из обмеренного коллектива было отобрано 10 человек с нормальными стопами с массой тела $55 \pm 1,5$ кг, с длиной стопы $240 \pm 2,5$ мм.

Перед проведением исследования для предотвращения сжатия стопы из обуви перед вставкой тензометрических стелек вынимались вкладные стельки. Для лучшей работы датчиков и повышения точности

Таблица 1. Распределение нагрузки по отделам плантарной поверхности стопы в обуви с различной высотой каблука в статике

Высота каблука, мм	Нагрузка на отделы стопы					
	Пяточный		Геленочный		Носочно-пучковый	
	Р, Н	%	Р, Н	%	Р, Н	%
0	125,0	46,0	34,5	12,7	112,0	41,3
20	122,0	45,2	34,9	12,9	113,2	41,9
40	114,8	42,5	34,7	12,9	120,5	44,6
60	109,8	40,5	33,5	12,4	127,5	47,1
80	98,6	36,4	31,6	11,7	140,6	51,9
100	91,5	33,4	30,4	11,1	152,0	55,5

Таблица 2. Распределение нагрузки по отделам плантарной поверхности стопы при ходьбе в обуви с различной высотой каблука

Высота каблука, мм	Суммарная нагрузка на отделы стопы, Н		
	Пяточный	Геленочный	Носочно-пучковый
20	389,0	70,0	555,9
40	327,8	62,3	618,5
60	359,3	52,9	618,9
80	311,6	59,2	617,9
100	276,0	57,0	783,8

измерений испытуемый ходил в обуви 5–10 мин, чтобы привыкнуть к данной обуви с определенной высотой каблука и выработать определенный ритм ходьбы.

При измерении нагрузки в статике испытуемый с надетой обувью становился в удобную позу с симметрично расположенными стопами. При проведении исследования в программе устанавливалось время измерения 3 сек, в течение которого информация передавалась на персональный компьютер. Для более точного результата проводилось по 3–4 измерения нагрузки при опоре испытуемого на обе ноги. Повторение замеров вызвано колебанием центра тяжести при стоянии у одного и того же человека, которое может привести к изменению картины распределения нагрузки.

Измерение нагрузки, оказываемой стопой при ходьбе, проводилось в помещении, обеспечивающем движение испытуемого с равномерной скоростью. Продолжительность измерения при ходьбе охватывает не менее шести двойных шагов.

Для обработки результатов при помощи режима «2D цифры» на экран выводились данные с каждого датчика в г/см², поэтому для получения информации о величине нагрузки на каждый датчик полученные результаты умножались на площадь датчика и для дальнейшей работы использовались данные, выраженные в Н.

Для определения общей нагрузки на геленочную часть измерительные стельки были разделены на три части: пяточную (до сечения 0,25Дстопы), геленочную (до сечения 0,68Дстопы-10 мм) и носочно-пучковую [4]. Значения нагрузки у каждого носочка для каждой высоты каблука с датчиков, расположенных в соответствующей части, суммировались (при исследовании в динамике учитывались максимальные значения нагрузки на каждый датчик). Для получения более достоверных и объективных данных по результатам 3–4 измерений в статике или 6 шагов при исследовании

в динамике, вычислялось среднее значение нагрузки. Результаты, полученные у всех носочков, обрабатывались с использованием методов математической статистики. Средние значения по 10 носочкам представлены в *табл. 1*.

В таблице также представлено распределение нагрузки по участкам плантарной поверхности стопы в обуви с различной высотой каблука в процентах от веса тела, приходящегося на одну стопу (вес тела человека, приходящийся на одну стопу, принят за 100%).

Анализ полученных результатов показал, что у всех носочков при стоянии как на плоскости, так и в обуви с различной высотой каблука основная нагрузка приходится на пяточную часть (33–45%) и носочно-пучковую часть (42–55%). Геленочной частью обуви воспринимается значительная часть нагрузки — 11–13%, таким образом стопа в этой области оказывает существенное давление на обувь, и ей необходимо обеспечить надежную опору.

С увеличением высоты каблука с 20 до 100 мм нагрузка на пяточную часть несколько уменьшается — примерно на 12%, наблюдается незначительное уменьшение нагрузки на геленочную часть — приблизительно на 2%, нагрузка на носочно-пучковую часть увеличивается приблизительно на 14%. При этом более значительное перераспределение нагрузки по плантарной поверхности стопы наблюдается в обуви с высотой каблука 60 мм и выше.

Полученные результаты хорошо согласовываются с данными предыдущих исследователей [2, 3, 4].

Данные о распределении нагрузки по отделам плантарной поверхности стопы на низ обуви в динамике, представлены в *табл. 2*.

Анализ данных *табл. 2* показывает, что нагрузка на все отделы стопы при ходьбе значительно возрас-

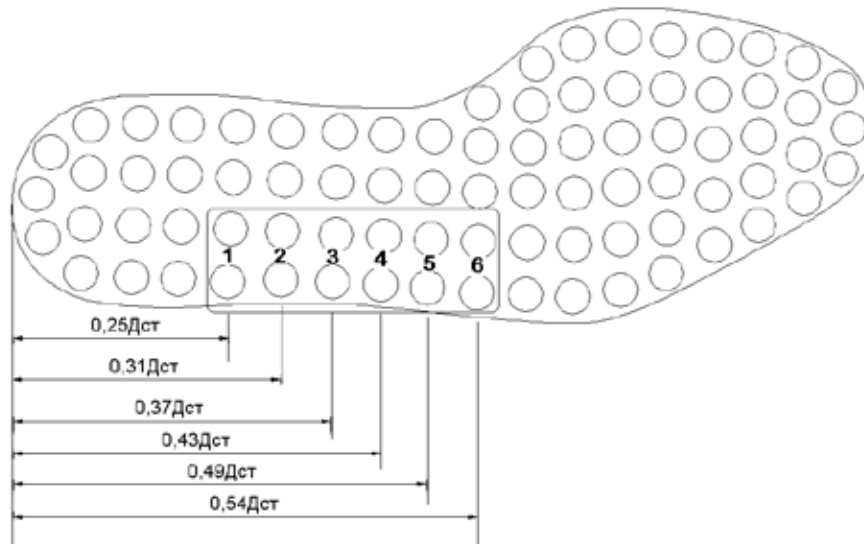


Рис. 1. Расположение датчиков в геленочной части измерительных стелек

Таблица 3. Распределение нагрузки по геленочной части обуви

Место приложения нагрузки		Статика					Динамика				
		Нагрузка, Н					Нагрузка, Н				
		Высота каблука, мм					Высота каблука, мм				
№ участка	расположение участка в долях от длины стельки, $D_{\text{стельки}}$	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100
1	0,25	8,6	8,5	8,1	7,5	7,4	16,0	15,0	11,8	14,0	13,8
2	0,31	6,2	6,1	6,1	5,8	5,6	12,7	11,0	9,3	11,0	10,7
3	0,37	5,5	5,5	5,3	5,0	4,8	11,0	10,0	9,0	8,8	8,8
4	0,43	5,2	5,1	4,9	4,6	4,5	10,4	8,9	8,0	8,7	8,5
5	0,49	4,6	4,7	4,5	4,3	4,1	10,0	8,7	7,5	8,5	7,7
6	0,54	4,8	4,8	4,6	4,4	4,0	9,9	8,7	7,3	8,2	7,5

тает. Так, нагрузка на пяточный отдел увеличивается в 3–3,5 раза по сравнению со статикой, на носочно-пучковую часть возрастает в 4,5–5 раз. Нагрузка на геленочную часть по сравнению со статикой возрастает не так значительно — в 1,5–2 раза. С увеличением высоты каблука происходит уменьшение нагрузки на пяточную и геленочную часть и соответственно увеличение на носочно-пучковую часть.

Учитывая, что стопа опирается на след обуви не отдельными точками, соответствующими нижним выступам костей, а целыми поверхностями, и нагрузка неравномерно распределяется по плантарной поверхности стопы, для разработки методики испытания стелечных узлов и геленочной части готовой обуви необходима информация о характере распределения нагрузки на геленочную часть.

Анализ распределения нагрузки на геленочную часть обуви показал, что основная нагрузка приходится на область наружного свода стопы, который и является опорным. Давление в области внутреннего свода практически отсутствует. Учитывая это, для выявления характера распределения нагрузки по геленочной части обуви соответствующая часть

измерительных стелек была разбита на 6 участков по 2 датчика в каждом (рис. 1). Расположение участков измерения давления дано в долях от длины стельки.

Для получения информации о нагружении геленочной части данные о величине нагрузки с двух соседних датчиков в указанных участках, расположенных в геленочной части стелек, суммировались. В табл. 3 представлены средние по 10 носочкам значения нагрузки в каждом участке геленочной части.

Анализ полученных данных показывает, что как в статике, так и в динамике, максимальные значения нагрузки приходятся на сечения, расположенные ближе к пяточной части. В сечениях, расположенных ближе к пучковой части стельки, происходит уменьшение нагрузки примерно на 40%. С увеличением высоты каблука обуви наблюдается незначительное уменьшение нагрузки по всем сечениям.

В динамике нагрузка на датчики по сравнению со статикой возрастает примерно в 1,5–2 раза. При этом тенденция ее распределения по участкам

в целом сохраняется. С увеличением высоты каблука также прослеживается некоторое уменьшение нагрузки по участкам. Разброс данных объясняется, по-видимому, различиями в профилях колодок, на которых были изготовлены используемые образцы.

Выводы

Проведенное исследование позволило установить величину общей нагрузки на геленочную часть обуви с различной высотой каблука и характер ее распределения по геленочной части. Полученные данные позволят научно обоснованно подойти к разработке методики испытания геленочной части стелечных узлов и обуви на жесткость и упругость, а также могут быть использованы при разработке механической модели нагружения низа обуви с различной высотой каблука.

Список литературы

1. *Горбачик В. Е.* [и др.] Анализ конструкций и методов испытаний каблучно-геленочного узла обуви. Обувная пром-ть: Обзорная информ. ЦНИИТЭИлегпром. — Вып. 2. — М., 1990. — 60 с.
2. *Ильченко В. З.* [и др.] Исследование давления на внутренней поверхности обуви во время ходьбы. Редкол.: П. И. Левенко [и др.]. // Совершенствование технологии обувного производства: сборник научных трудов. — № 6 / ЦНИИКП. — М.: 1976. — С. 69–77.
3. *Лыба В. П., Бегняк В. И., Фукин В. А.* Зависимость давления стопы на след обуви от высоты приподнятости пяточной части // Известия вузов. — 1986. — № 2. — С. 60–64.
4. *Горбачик В. Е., Кульпина К. И., Зыбин Ю. П.* Исследование распределения давления по плантарной поверхности стопы в обуви // Известия вузов. — 1970. — № 2. — С. 86–91.