

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ОБУВИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ****COMPARATIVE EVALUATION OF THE FLEXURAL RIGIDITY OF FOOTWEAR OF VARIOUS TYPES****Ю.В. Милушкова\*, В.Е. Горбачик***Витебский государственный технологический университет*

УДК 685.34.017.85

**Y. Miliushkova\*, V. Gorbachik***Vitebsk State Technological University***РЕФЕРАТ***ИЗГИБНАЯ ЖЕСТКОСТЬ, ГИБКОСТЬ, КАЧЕСТВО, ОБУВЬ, МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ, ПРИБОРЫ, ИЗМЕРЕНИЯ*

*В статье идет речь об изгибной жесткости обуви как наиболее важном показателе её качества. Проведен анализ методов и устройств для определения изгибной жесткости обуви, которые позволяют в максимальной степени моделировать при испытании реальный механизм изгиба обуви при ходьбе. С целью совершенствования методики и приборов для определения изгибной жесткости обуви предложено уравнение, использование которого дает возможность проводить сравнительную оценку показателя изгибной жесткости обуви, полученного при испытании на различных приборах. Использование рекомендаций, полученных в ходе работы, позволяет с достаточной точностью проводить оценку показателя изгибной жесткости обуви различных конструкций.*

**ABSTRACT***FLEXURAL RIGIDITY, ELASTICITY, QUALITY, FOOTWEAR, TEST METHODS, INSTRUMENTS, MEASUREMENTS*

*The article discusses flexural rigidity of footwear as the key factor of its quality. The analysis of methods and devices for determining flexural rigidity is done. These methods and devices enable to simulate the actual flexing mechanism of footwear under walking. In order to improve methodology and instruments for determining flexural rigidity the formula is developed which allows for comparative assessment of flexural rigidity index measured under testing with various instruments. Applying developed recommendations allows for adequate precise assessment of flexural rigidity index of footwear of various design.*

Приоритетной задачей любого современного обувного предприятия является обеспечение высокого качества и безопасности выпускаемой продукции.

К сожалению сегодня не все потребители удовлетворены качеством приобретаемой обуви. С точки зрения покупателя, основными параметрами качества обуви являются функциональность, надежность, дизайн, безопасность потребления. Кроме того, в последнее время особое внимание потребитель уделяет показателям качества, характеризующим удобство и комфорт

в эксплуатации. По многочисленным наблюдениям медиков и специалистов-обувщиков, одним из важнейших таких показателей качества обуви является изгибная жесткость (гибкость).

Жесткая обувь отрицательно влияет на организм человека. Передвижение в такой обуви требует дополнительных энергозатрат, приводит к затруднениям при ходьбе, вызывает усталость, а в детском возрасте еще и препятствует правильному развитию ноги [1, с. 93, 2, с.180–182, 3, 4]. Учитывая это, показатель изгибной жесткости входит в систему сертификации обуви и

\* E-mail: [julie-poste@yandex.ru](mailto:julie-poste@yandex.ru) (Y. Miliushkova)

нормируется. Поэтому исследования вопросов, связанных с изгибной жесткостью обуви, сегодня достаточно актуальны.

Учитывая важность показателя изгибной жесткости обуви, у нас и в других странах разработаны различные методы и приборы [1, 5, 6] для оценки данного показателя.

В работе [5] отмечается, что по характеру воздействия на обувь все методы измерения изгибной жесткости обуви подразделяются на две группы. Первую группу составляют методы и устройства, в которых при измерении изгибной жесткости обуви происходит подъем пяточной части обуви при неподвижном положении носочно-пучковой части. Ко второй группе относятся методы и приборы, в которых, наоборот, поднимается носочная часть обуви при неподвижном положении пяточно-геленочной части. При этом подход к измерению изгибной жесткости обуви во всех методах одинаков и основан на изгибании обуви в пучковой части на угол  $25^\circ$  и определении усилия, необходимого для этого изгибания. Кроме того, установлено, что при определении изгибной жесткости обуви на приборах второй группы в большинстве случаев плечо изгиба остается постоянным, а при испытании на приборах первой группы плечо изгиба меняется в зависимости от размера обуви. Проведенные исследования [7] показали, что значения изгибной жесткости одних и тех же образцов обуви, полученные при испытаниях на приборе с поднятием пяточной части обуви, значительно меньше значений, полученных на приборе с поднятием носочной части обуви. Это в свою очередь не дает возможность проводить сравнительную оценку показателя изгибной жесткости обуви, полученного при испытании на приборах разных групп.

Проведенный анализ наиболее известных приборов и устройств для оценки показателя изгибной жесткости обуви [5, 6, 7] показал, что в большинстве приборов для измерения изгибной жесткости характер нагружения не соответствует тому, что происходит в реальных условиях носки. Речь идет, прежде всего, об условиях приложения изгибающих усилий к образцу обуви. Кроме того, большинство приборов и приспособлений обладают рядом серьезных недостатков и приводят к значительным ошибкам при измерении

исследуемого показателя качества. Все это ставит вопрос о необходимости продолжения работ по совершенствованию методов и приборов для определения изгибной жесткости обуви.

Как отмечается в ряде работ [5, 6, 7, 8], приборы первой группы позволяют более полно моделировать условия эксплуатации обуви, так как при ходьбе в фазу «перекат через передний отдел» передний отдел стопы, на который переносится давление тела человека, прижимает переднюю часть низа обуви к опоре, а пятка отрывается от опоры и тянет за собой пяточную часть обуви.

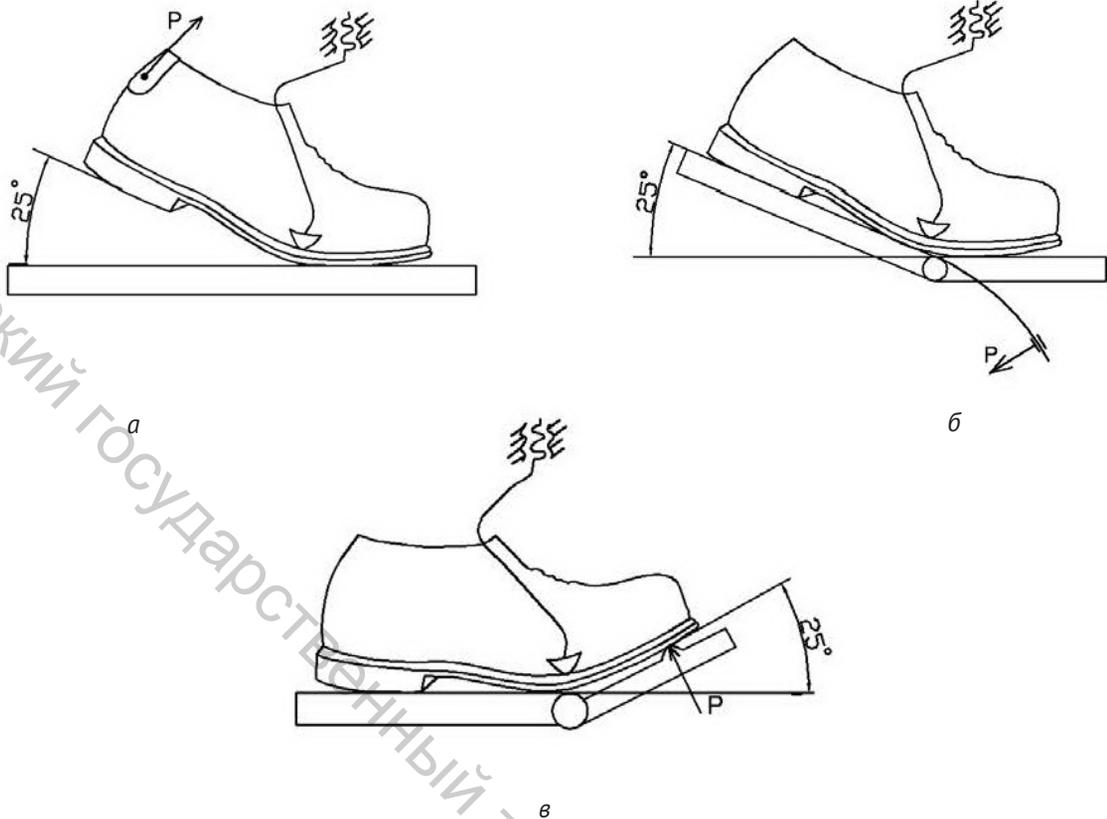
При этом пятка стопы движется по дуге определенного радиуса. Максимальное усилие изгиба в этом случае приложено в наиболее выступающей точке пяточного закругления стопы.

С учетом этого на кафедре конструирования и технологии изделий из кожи Витебского государственного технологического университета были разработаны способ и устройство для измерения изгибной жесткости обуви [7], позволяющие в максимальной степени моделировать при испытании реальный механизм изгиба обуви при ходьбе.

Принципиальная схема предложенного устройства изображена на рисунке 1 а. Обувь, в области пяточного закругления захватывается специальным зажимом, который соединен с цифровым динамометром, фиксирующим усилие изгиба. Разработанное устройство позволяет наиболее полно моделировать условие взаимодействия системы «стопа-обувь», так как усилие, изгибающее обувь, приложено к пяточному закруглению обуви.

Разработанное устройство достаточно простое, оно не требует предварительной разметки образцов обуви для базирования в устройстве и позволяет определить значение изгибной жесткости обуви непосредственно при испытании образца без использования дополнительной аппаратуры и вычислений.

Проведенные исследования [7] показали, что значения изгибной жесткости одних и тех же образцов обуви, полученные при испытаниях на разработанном приборе, хорошо согласуются с данными полученными на приборе [9], принципиальная схема которого изображена на рисунке 1 б. Изгиб обуви на угол  $25^\circ$  в этом



*а – схема нагружения на приборе ВГТУ; б – схема нагружения на приборе, определяющем изгибающий момент; в – схема нагружения на приборе марки ПГО*

*Рисунок 1 – Принципиальные схемы нагружения обуви в приборах для измерения изгибной жесткости обуви*

случае осуществляется при помощи подвижной плиты, на которой расположена пяточная часть обуви до линии пучков. Способ принципиально отличается от предыдущего тем, что измеряется не усилие, изгибающее обувь, а изгибающий момент, а уже затем вычисляется усилие изгиба путем деления величины изгибающего момента на заданное плечо изгиба (в нашем случае 0,68 *Д* стопы). Тем не менее предложенный прибор имеет достаточно сложную конструкцию, а вычисление усилия изгиба расчетным путем повышает трудоемкость процесса измерения.

Следует, однако, отметить, что на разработанном устройстве [7] измерение изгибной жесткости сапог и ботинок с высокими берцами вызывают значительные трудности с точки зрения как закрепления пучковой части обуви, так и

приложения усилия в пяточной части. Особенно это касается сапог с высокими голенищами без молнии.

С этой точки зрения представляет интерес прибор марки ПГО, разработанный УкрНИИКом [10], принципиальная схема работы которого изображена на рисунке 1 *в*. Поднятие носочной части обуви на угол 25° в этом случае осуществляется при помощи рамки, перемещающейся по дуге определенного радиуса, а механизм базирования обуви предусматривает возможность испытания, в том числе сапог без специального закрепления на стопе. Однако прибор относится к первой группе, что не позволяет в полной мере моделировать при испытании реальный механизм изгиба обуви при ходьбе, а полученные данные изгибной жесткости обуви, как было

сказано выше [7], будут значительно отличаться от данных, полученных на приборах второй группы.

В работе [11] было высказано предположение о возможности сравнения показателей изгибной жесткости обуви, полученных на приборах первой и второй групп при условии равенства изгибающих моментов.

Анализ способа определения изгибной жесткости обуви, предусматривающего поднятие пяточной части обуви и измерение усилия изгиба с помощью динамометра [7], показал, что при испытании обуви на устройстве (рисунок 2 а), справедливо следующее уравнение:

$$M_1 = P_1 \cdot l_1, \quad (1)$$

где  $M_1$  – изгибающий момент,  $H \cdot мм$ ;  $P_1$  – усилие, изгибающее обувь замеренное динамометром на устройстве ВГТУ первой группы с поднятием пяточной части обуви,  $H$ ;  $l_1$  – плечо изгиба обуви на устройстве ВГТУ первой группы с поднятием пяточной части обуви,  $мм$ .

С другой стороны, при испытании обуви на приборе марки ПГО, предусматривающем поднятие носочной части обуви (рисунок 2 б) так же можно рассчитать момент:

$$M_2 = P_2 \cdot l_2, \quad (2)$$

где  $M_2$  – изгибающий момент,  $H \cdot мм$ ;  $P_2$  – усилие, изгибающее обувь на приборе ПГО второй группы с поднятием носочной части обуви,  $H$ ;  $l_2$  – плечо изгиба обуви на приборе ПГО второй группы с поднятием носочной части обуви,  $мм$ .

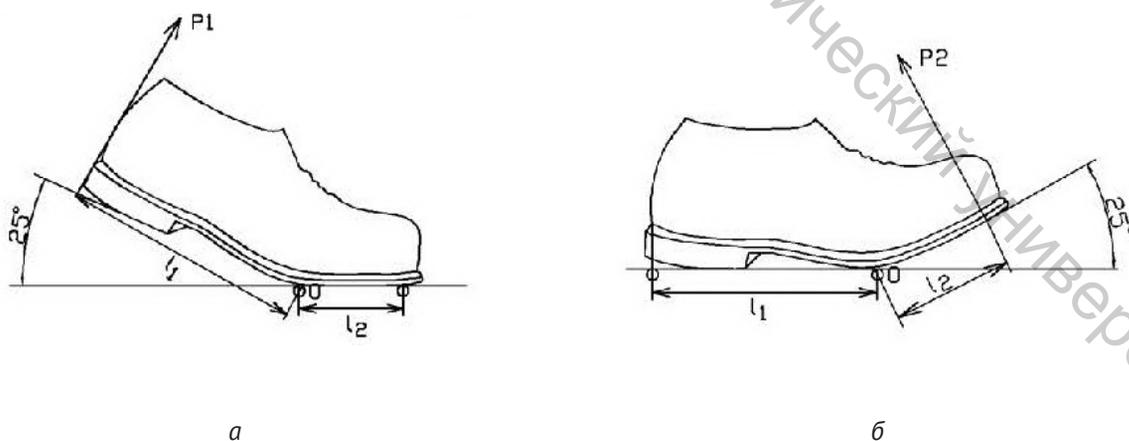
При равенстве моментов можно записать:

$$P_1 \cdot l_1 = P_2 \cdot l_2. \quad (3)$$

Из выражения 3 следует:

$$P_1 = P_2 \cdot \frac{l_2}{l_1}. \quad (4)$$

Таким образом, для определения показателя изгибной жесткости обуви характеризуемого усилием изгиба ( $P, H$ ) при изгибании обуви на угол  $25^\circ$ , измеренного на приборах первой и второй групп с учетом соотношения плеч изгиба на приборах двух групп можно воспользоваться соотношением:



а – прибор с поднятием пяточной части обуви; б – прибор с поднятием носочной части обуви

Рисунок 2 – Характер приложения сил в приборах для измерения изгибной жесткости обуви

$$P_1 = P_2 \cdot K, \quad (5)$$

где  $\dot{P}_1$  – усилие изгиба, характеризующее изгибную жесткость обуви с учетом соотношения плеч изгиба на приборах первой и второй групп;  $K = l_2 / l_1$ .

Рассмотрим, как работает данная формула на примере испытания изгибной жесткости образцов детской обуви. В качестве объектов исследования была выбрана обувь закрытого типа различных видов дошкольной половозрастной группы исходного 185-го среднего размера.

Линия приложения силы изгиба при испытании на приборе ПГО с поднятием носочной части обуви согласно ГОСТ 9718–88 «Обувь. Метод определения гибкости» [12] находится на расстоянии 60 мм от линии закрепления в сторону носка, то есть плечо изгиба обуви при измерении  $l_2 = 60$  мм.

Плечо изгиба обуви на устройстве ВГТУ с поднятием пяточной части обуви также легко определить  $l_1 = 0,68$  Дст (длины стопы). Так как метрический 185 размер обуви соответствует длине стопы 185 мм, то  $l_1 = 0,68 \cdot 185 = 126$  мм.

В таблице 1 приведены отклонения ( $P$ ) значений изгибной жесткости образцов, полученных на разработанном устройстве ВГТУ ( $P_1$ ) от рассчитанных по уравнению 5 ( $\dot{P}_1$ ) с учетом соотношения плеч изгиба на приборах двух групп и значений изгибной жесткости образцов, полученных при испытании на приборе ПГО.

Как видно из таблицы, величины отклонений значений изгибной жесткости образцов, полученных на разработанном устройстве ВГТУ, от

рассчитанных по уравнению, имеют небольшие значения. Следовательно, для перехода от величины изгибной жесткости образцов, полученной при испытаниях на приборе марки ПГО к значениям изгибной жесткости, полученных на разработанном устройстве ВГТУ с достаточной точностью можно использовать уравнение (5).

Поэтому для определения изгибной жесткости обуви с высокими берцами или голенищами можно рекомендовать прибор марки ПГО с последующим пересчетом полученного значения.

Таким образом, учитывая, что показатель изгибной жесткости входит в систему сертификации обуви и нормируется, а для его определения у нас и в других странах используются различные методы и приборы, то при оценке данного показателя очень важно иметь сопоставимые результаты. Использование предложенных в ходе работы рекомендаций дает возможность с достаточной точностью проводить сравнительную оценку показателя изгибной жесткости обуви различных видов, полученного при испытании на приборах первой и второй групп.

Таблица – Отклонения  $P$  значений изгибной жесткости  $P_1$  образцов, полученных на разработанном устройстве ВГТУ от расчетных  $\dot{P}_1$

№ образца	$P_1, Н$	$\dot{P}_1, Н$	$\Delta P, Н$
1	5,5	4,8	0,7
2	16,8	15,7	1,1
3	8,1	7,1	1,0
4	22,5	21,4	1,1
5	11,8	10,5	1,3
6	30,0	28,6	1,4

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Любич, М.Г. (1969), *Свойства обуви*, Легкая индустрия, Москва, 256 с.
2. Ченцова, К.И. (1974), *Стопа и рациональная обувь*, Лёгкая индустрия, Москва, 216 с.
3. Аркадьева, А. (2009), Правильная обувь – залог здоровья, *STEPnew*, 2009, № 1, С. 58–63.
4. Фортуна, В.П., Семенова, В.В. (2008), Безопасность кожгалантерейных изделий и обуви для детей и подростков, *Кожа и обувь*, 2008, №4 (31), С. 18–20.
5. Горбачик, В.Е. (2003), Изгибная жесткость обуви, *Кожа и обувь*, 2003, № 1, С. 14–15.
6. Горбачик, В.Е., Милюшкова, Ю.В. (2016), Характеристика методов и приборов для оценки изгибной жесткости обуви, Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг, *Международный сборник научных трудов Южно-Рос. гос. ун-та экономики и сервиса*, Шахты, 2016, С. 366–374.
7. Милюшкова, Ю.В., Ковалев, А.Л., Горбачик, В.Е. (2013), Анализ методов измерения изгибной жесткости обуви, *Дизайн и технологии*, МГУДТ, 2013, № 36 (78), С. 21–27.
8. Комиссаров, А.Г., Шварц, А.С. (1989), Измерение жесткости малоразмерной и низкокаблучной обуви при изгибе, *Кожевенно-обувная промышленность*, 1989, № 8, С. 31–33.
9. Патент №3414 (ВУ). Cl G01N 3/20 1996. Способ определения изгибной жесткости обуви и устройство для измерения изгибающего момента при определении изгибной жесткости обуви. / В.Е. Горбачик, А.Ю. Зыбин. Опубликовано в Официальном бюллетене №2 (25) 2000. с. 139.
10. А.с. 1000841 СССР, МКИ G 01 N 3/20. При-

## REFERENCES

1. Lyubich, M.G. (1969), *Svoystva obuvi* [Properties of shoes], Light industry, Moscow, 256 p.
2. Chencova, K.I. (1974), *Stopa i racional'naya obuv'* [Foot and rational footwear], Light Industry, Moscow, 216 p.
3. Arkadieva, A. (2009), The right shoes - the guarantee of health [Pravil'naya obuv' – zalog zdorov'ya], *STEPnew*, 2009, № 1, pp. 58-63.
4. Fortuna, V.P., Semenov, V.V. (2008), Safety of leather goods and shoes for children and teenagers [Bezopasnost' kozhgalanterejnyh izdelij i obuvi dlya detej i podrostkov], *Kozha i obuv' – Leather and shoes*, 2008, № 4 (31), pp. 18-20.
5. Gorbachik, V.E. (2003), Flexural rigidity of the shoe, leather and footwear [Izhibnaya zhestkost' obuvi], *Kozha i obuv' – Leather and shoes*, 2003, № 1, pp. 14-15..
6. Gorbachik, V.E., Milyushkova, Y.V. (2016), Characteristics of methods and devices for evaluating the flexural rigidity of the shoe [Harakteristika metodov i priborov dlya ocenki izhibnoj zhestkosti obuvi], Technical regulation: a basic foundation of the quality of materials, goods and services, *International collection of scientific papers of the South-Ros. gos. Univ of Economics and Service, Shakhty*, 2016, pp. 97–100.
7. Milyushkova, Y.V., Kovalev, A.L., Gorbachik, V.E. (2013), Analysis of the methods for measuring the flexural rigidity of the shoe [Analiz metodov izmereniya izhibnoj zhestkosti obuvi], *Dizajn i tekhnologii – Design and technology*, MSUDT 2013, № 36 (78), pp. 21–27.
8. Komissarov, A.G., Schwarz, A.S. (1989), Measuring the hardness of small and nizkokabluchnoy shoe bending [Izmerenie zhestkosti malorazmernoj i nizkokabluchnoj obuvi pri izgibe], *Kozhevenno-*

бор для определения гибкости обуви / В. С. Островский и др. (СССР). - № 3354063/28 - 12 ; заявл. 04.11.81 ; опубл. 28.02.83, Бюллетень № 8. - 4 с. : ил.

11. Анохин, Д.И. (1979), Как определять и каким показателем характеризовать жесткость обуви, Конструирование и технология изделий из кожи, *Тематический сборник научных трудов*, Москва, МТИЛП, 1979, С. 62–64.

12. ГОСТ 9718–88 *Обувь. Метод определения гибкости*, Введ. 17.03.1988, Москва, Издательство стандартов, 1988, 6 с.

*obuvnaya promyshlennost' – Leather and footwear industry*, 1989, № 8, pp. 31–33.

9. Patent №3414 (VU). Cl G01N 3/20 1996. The method for determining the flexural rigidity of the shoe and a device for measuring the bending momenta in determining the bending stiffness of the shoe [Sposob opredeleniya izgibnoj zhestkosti obuvi i ustrojstvo dlya izmereniya izgibayushchego momenta pri opredelenii izgibnoj zhestkosti obuvi] / V.E. Gorbachik, A.Y. Zybin. Published in the Official Journal № 2 (25) 2000 p. 139.

10. A.S. 1000841 USSR MKI G 01 N 3/20. The device for determining the flexibility of the shoe [Pribor dlya opredeleniya gibkosti obuvi] / V.S. Ostrovsky et al. (USSR). - № 3354063/28 - 12; appl. 11/04/81; publ. 28.02.83, № 8. Bulletin - 4. : Il.

11. Anokhin, D.I. (1979), How to define and how to characterize the stiffness index Shine [Kak opredelyat' i kakim pokazatelem harakterizovat' zhestkost' obuvi], Designing and technology of leather goods, *Thematic collection of scientific works*, Moscow, MTILP, 1979, pp. 62-64.

12. GOST 9718-88 Footwear. Methods for determination of the flexibility [Obuv'. Metod opredeleniya gibkosti] Introduced 03.17.1988, Moscow, Publishing Standards, 1988, 6 p.

Статья поступила в редакцию 24. 03. 2017 г.