

УДК 677

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ  
ДЛЯ ОЦЕНКИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РУК  
ОТ УДАРОВ МАЛОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ\***

**DEVELOPMENT OF COMPREHENSIVE INDICATOR  
TO ASSESS THE HAND PROTECTION  
FROM IMPACTS OF LOW INTENSITY**

*П.Н. РУДОВСКИЙ, М.С. НЕХОРОШКИНА*  
*P.N. RUDOVSKY, M.S. NEKHOROSHKINA*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: pavel\_rudovsky@mail.ru

*В статье приводятся результаты разработки комплексного показателя, характеризующего способность средств защиты рук предохранять от*

---

\* Работа выполнена по государственному заданию на проведение научных исследований по проекту № 115.

*ударов малой интенсивности без создания препятствий при выполнении рабочих приемов.*

*The article presents the results of developing a comprehensive indicator characterizing the ability of hand protection to protect against shocks of low intensity without creating obstacles to the implementation of working methods.*

**Ключевые слова:** швейные изделия защиты рук, пакеты материалов, жесткость, поглощенная энергия удара.

**Keywords:** hand protection garments, bags of materials, hardness, impact energy absorption.

Наиболее распространенным видом производственных травм по данным Росстата являются поверхностные раны, получаемые вследствие удара при работе ручным инструментом. В [1], [2] проведена оценка энергии удара, наблюдаемого в этом случае, и классификация предметов, которыми может быть нанесен удар.

В [3...5] проведен теоретический анализ возможности тканей поглощать энергию удара. В [6], [7] разработана методика экспериментального определения предложенного показателя, характеризующего способность ткани защищать от удара, приведены результаты испытаний тканей и пакетов материалов. В качестве показателя используется доля энергии удара, поглощенная материалом.

В [8] показано, что при повышении способности ткани предохранять от удара, как правило, увеличивается жесткость средств защиты рук, изготовленных из этих тканей. Это создает дополнительные препятствия при выполнении рабочих приемов, что ведет к утомляемости работающего и снижению производительности труда. В [9] приведена методика определения сопротивления изгибу напалков рукавиц и перчаток, предложены показатели для количественной оценки этого свойства.

Единичные показатели, как правило, не позволяют в полной мере оценить качество изделия, так как их изменение носит противоречивый характер. В этом случае для оценки качества используется комплексный показатель, который позволит учесть влияние каждого из единичных показате-

лей на качество изделия. Он вычисляется по следующей формуле [10]:

$$K = \sum_{i=1}^2 K_i x_i, \quad (1)$$

где  $K_i$  – показатель  $i$ -свойства оцениваемого изделия;  $x_i$  – коэффициент весомости показателя  $K_i$ .

Коэффициенты весомости единичных показателей качества устанавливаются, как правило, экспертным методом. Для реализации экспертного оценивания была сформирована группа из 12 рабочих, которые в профессиональной деятельности используют средства индивидуальной защиты, в том числе в виде перчаток и рукавиц. При проведении опроса экспертам были предложены 8 пар пронумерованных рукавиц и анкета, приведенная в табл. 1. Описание рукавиц, выданных рабочим-экспертам, приведено в табл. 2 (ассортимент изделий, выданных рабочим).

После выставления экспертами оценок перейдем непосредственно к единичным показателям изделий: защитная способность изделия характеризуется поглощенной долей энергии удара, наносимой по телу через слой ткани или пакет материалов, жесткость изделия характеризуется коэффициентом относительной жесткости, а демпфирование, соответственно, коэффициентом относительного демпфирования. Значения единичных показателей были получены по методикам [7], [8]. Рассчитав средние баллы, выставленные экспертами по единичным показателям, получаем результаты, представленные в табл. 3.

Таблица 1

№	Оцените по 8-балльной шкале пронумерованные рукавицы между собой								Оцените значимость показателя (высокий балл у самого значимого)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	По способности предохранять от ударов (чем выше балл, тем изделие лучше по данному показателю)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2	По жесткости, которая препятствует выполнению рабочих приемов (чем ниже балл, тем изделие жестче)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
3	По демпфирующей способности. Насколько их толщина и "мягкость" препятствуют выполнению рабочих приемов (чем ниже балл, тем изделие хуже по данному показателю)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	

Таблица 2

№	Наименование	Предназначение	Состав
1	Рукавицы виброзащитные	Защита от низкочастотных и высокочастотных колебаний	Хлопчатобумажный двуниток аппретированный пл. 230 г/м <sup>2</sup> . Дополнительный наладонник брезент пл. 470 г/м <sup>2</sup> . Подналадонник – поролон 1 см
2	Суконные рукавицы	Защита от повышенной или пониженной температуры, термических ожогов и кислот	Плотное шинельное сукно с о/п пл. 754 г/м <sup>2</sup>
3	Рукавицы специальные	Защита от кислот и щелочей, жиров, масел, продуктов нефтепереработки	Хлопчатобумажная бумазая суровая с начесом 240 г/м <sup>2</sup> , покрытая поливинилхлоридом
4	Рукавицы хлопчатобумажные с двойным наладонником	Защита от механических воздействий, от общепроизводственных загрязнений	Хлопчатобумажная ткань с капроновым волокном с в/о, пл. 250 г/м <sup>2</sup>
5	Рукавицы хлопчатобумажные аппретированные, с двойным наладонником	Защита от повышенных температур, искр и окалины	Двуниток суровый, пл. 200-235 г/м <sup>2</sup>
6	Рукавицы трехпалые армейские	Защита от пониженных температур	Ткань палаточная с в/о, пл. 250 г/м <sup>2</sup> Утеплитель – сукнопл. 340 г/м <sup>2</sup>
7	Рукавицы утепленные	Защита от пониженных температур	Саржа, пл. 250 г/м <sup>2</sup> Утеплитель – ватин, пл. 300 г/м <sup>2</sup> Подналадонник – бязь суровая, пл. 120 г/м <sup>2</sup>
8	Рукавицы спилковые	Защита от механических воздействий, брызг металла, искр	Спилковый лоскут толщиной 2 мм

Таблица 3

Показатель									
1. Доля поглощенной энергии удара									Коэффициент весомости
№ образца	1	2	3	4	5	6	7	8	
Значение показателя	7,6	13,4	5,6	7,3	9,9	8,2	10,5	9,8	
Средний балл	3,25	7,58	1,33	1,67	5	4,33	6,83	6	0,44
2. Коэффициент относительной жесткости									0,375
Значение показателя	0,235	0,384	0,563	0,108	0,563	0,563	0,384	0,778	
Средний балл	6,58	5	2,33	8	3,67	3,33	5,83	1,25	
3. Коэффициент относительного демпфирования									0,185
Значение показателя	0,703	1,489	1,81	0,21	2,465	2,188	2,256	1,665	
Средний балл	2,58	3,5	4,5	1,08	6,25	6,17	7,42	4,5	

При помощи встроенных функций MSExcel были получены линейные уравнения зависимости балльной оценки от каждого единичного показателя. В табл. 4 приведены графики и уравнения зависи-

мости балльной оценки от показателей. По полученным графикам можно судить о влиянии отдельно взятого показателя на качество изделия.

Т а б л и ц а 4

Наименование показателя		
Защитная способность изделия поглощать энергию удара	Коэффициент относительной жесткости изделия	Коэффициент относительного демпфирования изделия
$Y_1 = 0,93 X_1 - 3,85$	$Y_2 = -10,4 X_2 + 9,15$	$Y_3 = 2,54 X_3 + 0,44$

При оценке объектов эксперты обычно расходятся во мнениях по решаемой проблеме. В связи с этим возникает необходимость количественной оценки степени согласия экспертов по коэффициенту конкордации, который в нашем случае составил  $W = 0,92$ .

Оценка значимости результатов проводилась в предположении, что анализируемые исходные данные распределены по закону, близкому к распределению Фишера, специально проработанному для случаев с малым объемом выборки, при которых может быть использован  $\chi^2$  – критерий Пирсона.

Расчетное значение  $\chi^2_{\text{расч}} = 253$  больше критического при числе степеней свободы  $\nu = 23$  и уровне значимости  $q = 95\%$  ( $\chi^2_{\text{табл}} = 35,17$ ). Это означает, что гипотеза о согласованности экспертов принимается.

Комплексная оценка качества продукции может быть получена методом среднего взвешенного показателя. Средний взвешенный показатель строится как зависимость, аргументами которой являются показатели качества и параметры их весомости:

$$Q = F(m_i, q_i), \quad (2)$$

где  $m_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го показателя;  $q_i$  – относительное значение, выбирается исходя из смысла показателя. Если показатель является позитивным, то есть с его ростом качество улучшается, то

$$q_i = X_i/X_6, \quad (3)$$

где  $X_i$  – значение  $i$ -го показателя качества оцениваемой продукции;  $X_6$  – значение  $i$ -го базового показателя.

Если же показатель является негативным, то показатель равняется обратному отношению.

В нашем случае позитивным является показатель защитной способности изделий поглощать энергию удара, два остальных – являются негативными, так как препятствуют удобству выполнения рабочих приемов в таких изделиях. Используя данные табл. 4, выразим комплексный показатель качества. Он будет равен сумме показателей, так как каждый из показателей влияет на качество продукта независимо от значения другого показателя. Значение базового показателя устанавливается как нижний предел шкалы, по которой производилось измерение параметров.

$$Q = 0,44 \frac{(0,93X_1 - 3,85)}{5,6} - 0,375 \frac{0,108}{9,15 - 10,4X_2} + 0,185 \frac{0,21}{2,54X_3 + 0,44}. \quad (4)$$

Формулу (4) можно преобразовать, за-

менив переменные  $X_1, X_2, X_3$ :

$$Q = 0,44 \frac{(0,93E_p - 3,85)}{5,6} - 0,375 \frac{0,108}{9,15 - 10,4c} + 0,185 \frac{0,21}{2,54\eta + 0,44}. \quad (5)$$

Чем большее значение принимает показатель  $Q$ , тем выше качество средства защиты рук. Следует отметить, что значения критериев всегда больше нуля. С помощью комплексного показателя оценим по трем

показателям изделия защиты рук, представленным в табл. 2. Результаты сведены в табл. 5 (комплексный показатель изделий защиты рук).

Т а б л и ц а 5

№ изделия	Доля поглощенной энергии удара, $E_n$	Коэффициент относительной жесткости образца, $c$	Коэффициент относительного демпфирования образца, $\eta$	Комплексный показатель
1	$7,6 \pm 0,67$	0,235	0,703	<b>0,264</b>
2	$13,4 \pm 0,86$	0,384	1,489	<b>0,678</b>
3	$5,6 \pm 0,53$	0,563	1,810	<b>0,102</b>
4	$7,3 \pm 1,023$	0,108	0,210	<b>0,266</b>
5	$9,9 \pm 0,99$	0,563	2,465	<b>0,414</b>
6	$8,2 \pm 0,59$	0,563	2,188	<b>0,291</b>
7	$10,5 \pm 0,98$	0,384	2,256	<b>0,463</b>
8	$9,8 \pm 0,76$	0,778	1,665	<b>0,384</b>

Анализ результатов показал, что лучшими средствами защиты рук для работы с ручными инструментами в производственных условиях стали рукавицы под номерами 2, 7, 5. Оказалось, что эти рукавицы предназначены для защиты не от механических воздействий, а от пониженных/повышенных температур.

На основании этого можно сделать вывод о том, что при выборе средств защиты рук следует обращать внимание на жесткость изделий, структурные параметры тканей и их волокнистый состав.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен метод оценки качества защитных изделий с помощью комплексного показателя, позволяющего учесть как способность изделий защищать от ударов, так и степень влияния изделия на способность выполнять рабочие приемы.

2. Метод может использоваться как при выборе рукавиц и перчаток, предназначенных для защиты рук, из имеющегося на рынке ассортимента, так и при создании новых типов изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нехорошкина М.С. Оценка интенсивности механических воздействий при работе ручным инструментом, приводящих к травматизму // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 146...149.
2. Нехорошкина М.С., Кривошеина Е.В., Букалов Г.К. Классификация предметов, травмирующих при ударе по форме внедряющейся поверхности, направлению относительного движения и характерным размерам элементов индентора // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014, №5. С.18...22.
3. Нехорошкина М.С., Дмитриев В.С. Расчет деформации ткани как сети Чебышева, находящейся в контакте двух тел // Вестник Костромского гос. технологич. ун-та. – 2012, №1(28). С.37...39.
4. Рудовский П.Н., Букалов Г.К. Расчет потерь энергии на изменение формы ткани, находящейся в контакте двух тел // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1. С.145...149.
5. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н. Поглощение энергии при изменении формы ткани в процессе внедрения инородного тела // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №1. С. 165...167.
6. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н. Методика определения доли энергии удара, поглощенной тканью или пакетом ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С.53...56.

7. Нехорошкина М.С., Михайлов А.С. Методика экспериментального определения потери энергии в ткани, расположенной между взаимно ударяющимися телами // Вестник Костромского гос. технологич. ун-та. – 2013, №2(31). С. 46...48.

8. Нехорошкина М.С. Анализ методов оценки демпфирования свойств ткани на основе моделирования ее структуры // Вестник Костромского гос. технологич. ун-та. – 2012, №2(29). С. 40...42.

9. Нехорошкина М.С., Рудовский П.Н. Разработка метода оценки сопротивления изгибу конструктивных элементов рабочих рукавиц и перчаток // Вестник Костромского гос. технологич. ун-та. – 2014, №2 (33). С. 52...54.

10. Евланов Л.Г., Кутузов В.А. Экспертные оценки в управлении. – М.: Экономика, 1978.

#### REFERENCES

1. Nehoroshkina M.S. Ocenka intensivnosti mehanicheskikh vozdeystvij pri rabote ruchnym instrumentom, privodjashhих k travmatizmu // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №3. S. 146...149.

2. Nehoroshkina M.S., Krivosheina E.V., Bukalov G.K. Klassifikacija predmetov, travmirujushhих pri udare po forme vnedrjajushhejsja poverhnosti, napravleniju odnositel'nogo dvizhenija i harakternym razmeram jelementov indentora // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2014, №5. S.18...22.

3. Nehoroshkina M.S., Dmitriev V.S. Raschet deformacii tkani kak seti Chebysheva, nahodjashhejsja v kontakte dvuh tel // Vestnik Kostromskogo gos. tehnologich. un-ta. – 2012, №1(28). S.37...39.

4. Rudovskij P.N., Bukalov G.K. Raschet poter' jenerгии na izmenenie formy tkani, nahodjashhejsja v kontakte dvuh tel // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2012, №1. S. 145...149.

5. Nehoroshkina M.S., Rudovskij P.N. Pogloshhenie jenerгии pri izmenenii formy tkani v processe vnedrenija inorodnogo tela // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №1. S. 165...167.

6. Nehoroshkina M.S., Rudovskij P.N. Metodika opredelenija doli jenerгии udara, pogloshhennoj tkan'ju ili paketom tkani // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №1. S. 53...56.

7. Nehoroshkina M.S., Mihajlov A.S. Metodika jeksperimental'nogo opredelenija poteri jenerгии v tkani, raspolozhennoj mezhdou vzaimno udarjajushhimisja telami // Vestnik Kostromskogo gos. tehnologich. un-ta. – 2013, №2(31). S. 46...48.

8. Nehoroshkina M.S. Analiz metodov ocenki dempfirovaniya svojstv tkani na osnove modelirovaniya ee struktury // Vestnik Kostromskogo gos. tehnologich. un-ta. – 2012, №2(29). S. 40...42.

9. Nehoroshkina M.S., Rudovskij P.N. Razrabotka metoda ocenki soprotivlenija izgibu konstruktivnyh jelementov rabochih rukavic i perchatok // Vestnik Kostromskogo gos. tehnologich. un-ta. – 2014, №2 (33). S. 52...54.

10. Evlanov L.G., Kutuzov V.A. Jekspertnye ocenki v upravlenii. – М.: Jekonomika, 1978.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, теоретической и прикладной механики. Поступила 30.09.15.