

УДК 687.13

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЯСНОГО КОРРИГИРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ ШКОЛЬНИКОВ

<sup>1</sup>Слесарчук И.А., <sup>2</sup>Помазкова Е.И., <sup>1</sup>Старкова Г.П.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,  
Владивосток, e-mail: slesarchuk65@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Амурский государственный университет», Благовещенск,  
e-mail: pomazkovaei@mail.ru

Ограниченность на современном рынке актуального ассортимента лечебно-профилактической одежды с эффектом коррекции осанки, обеспечиваемым посредством специальных встроенных элементов, связана, главным образом, с трудностями, обусловленными установлением их научно обоснованных параметров. На основе теоретических исследований получена аналитическая зависимость для определения геометрических параметров корригирующего поясного элемента, обеспечивающего оптимальные уровни наружного и внутрибрюшного давления в соответствии с медицинскими ограничениями и максимальным достижением эффекта коррекции. Разработан способ определения параметров корригирующего пояса профилактической детской одежды, позволяющий обоснованно, с точки зрения достижения эффекта целенаправленной коррекции и возрастных особенностей детского организма, осуществить выбор геометрических характеристик конструктивного элемента.

**Ключевые слова:** лечебно-профилактическая одежда, корригирующий пояс, эффект коррекции осанки, давление

## METHOD OF DESIGNING OF THE CORRECTIVE BELT IN MEDICAL-PREVENTIVE CLOTHES SCHOOLCHILDREN

<sup>1</sup>Slesarchuk I.A., <sup>2</sup>Pomazkova E.I., <sup>1</sup>Starkova G.P.

<sup>1</sup>Vladivostok State University of Economy and Service (VSUES), Vladivostok, e-mail: slesarchuk65@mail.ru;

<sup>2</sup>Amur State University (ASU), Blagoveschensk, e-mail: pomazkovaei@mail.ru

The range of preventive and curative garments clothing with the effect of posture correction is relevant and limited in today's market. This apparel includes built items. The establishment of the science-based parameters is the main problem. On the basis of theoretical researches analytical dependence is obtained for determining of geometrical parameters of lap corrective element, which provides optimal levels of external and intra-abdominal pressure in accordance with the medical limitations and achievement of maximum correction effect. Method of determining the parameters of corrective belt preventive children's clothing designed and allows reasonably make a selection of the geometric characteristics of the structural element with regard to the effect of targeted correction and age features of the child's body.

**Keywords:** medical-preventive clothes, corrective belt, the effect of posture correction, pressure

Нарушение осанки является одной из самых актуальных проблем детского и юношеского возраста. Процесс формирования осанки ребенка в основном происходит в условиях школьного урока. Ввиду неспособности к учебному процессу существующих специализированных изделий для профилактики нарушений осанки, предложен принципиально новый подход к проектированию лечебно-профилактической детской одежды на основе принципов теории управления, предусматривающих рассмотрение процесса коррекции осанки в виде биотехнической системы, а одежды – в виде технического устройства управления двигательными функциями ребенка для достижения требуемых результатов оздоровления [4].

В ходе реализации предложенного подхода разработана специализированная профилактическая школьная одежда с верти-

кальными элементами спинки в области лопаточной и паравертебральной линий, и корригирующим поясом в области живота, связанными в едином контуре управления. Основные трудности при создании такой одежды связаны с установлением параметров технических устройств, позволяющих осуществить адекватное их сопряжение с биологическими объектами в единые биотехнические системы.

Данная работа является продолжением исследований по установлению научно-обоснованных параметров конструктивных элементов специализированной профилактической школьной одежды, позволяющих целенаправленно осуществлять коррекцию осанки в учебном процессе [5, 6].

**Целью** настоящей статьи явилось изложение и обобщение некоторых основных результатов работы по определению параметров поясного корригирующего элемента

школьной профилактической одежды, обеспечивающего максимальное достижение эффекта коррекции осанки при оптимальных уровнях наружного и внутрибрюшного давления в соответствии с медицинскими ограничениями.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования является школьная профилактическая одежда в виде жилета со специальными встроенными корригирующими элементами. Для определения параметров поясного корригирующего элемента использован метод математического моделирования на основе теории сопротивления материалов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Задача исследования заключается в определении параметров корригирующего пояса в зависимости от величины корригирующего давления  $P$ . Пояс представляет собой деталь прямоугольной формы со сторонами:  $a$  – длина пояса и  $b$  – ширина пояса. Длина пояса  $a$  задается конструктивными параметрами (размерными признаками и прибавками на свободу облегания) и является известной величиной, следовательно, задача определения конструктивных параметров корригирующего пояса сводится к определению его ширины  $b$ .

Для определения ширины пояса рассмотрим его как прямоугольную пластинку, которая в положении ребенка сидя оказывает давление  $P$ , распределенное по поверхности живота:

$$P = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

где  $F$  – модуль силы, действующей перпендикулярно поверхности, Н;  
 $A$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>.

Площадь поперечного сечения  $A$ :

$$A = ab, \quad (2)$$

где  $a$  – длина пояса, см,  
 $b$  – ширина пояса, см.

Отсюда ширину пояса  $b$  находим, подставив (2) в формулу (1):

$$b = \frac{F}{Pa}. \quad (3)$$

В качестве модели поясного корригирующего элемента принята прямоугольная пластина, изгибающаяся по цилиндрической поверхности, которую условно представляет собой форма живота ребенка со стороны переда. Тогда для определения нормальной силы  $F$  воспользуемся известной задачей «Изгиб прямоугольной пластинки по цилиндрической поверхности», составленной С.П. Тимошенко (1918) для случая, если длина прямоугольной пластины велика по сравнению с её шириной и нагрузка постоянна по всей длине, а опоры закреплены (рисунок) (в нашем случае края пояса закреплены в боковых швах) [7].

Изгиб элементарной полосы связан с возникновением растягивающей силы  $S$ , определяемой из условия, что удлинение центральной полосы  $\lambda$  должно быть равно разности между длиной линии прогиба и длиной хорды  $l$ :

$$\lambda = a - l, \quad (4)$$

где  $a$  – длина пояса, м;

$l$  – длина хорды, м.

В нашем случае длина хорды  $l$  представляет собой диаметр условной окружности длиной, равной размерному признаку обхвата талии  $T18$ :

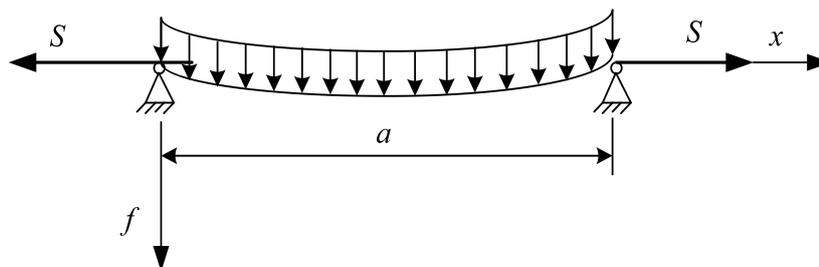
$$l = d = \frac{T18}{\pi}. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в (4), получим для  $\lambda$

$$\lambda = a - \frac{T18}{\pi}. \quad (6)$$

С другой стороны,  $\lambda$  можно определить, исходя из уравнения упругой линии:

$$w = f \sin \frac{\pi x}{l}. \quad (7)$$



*Изгиб прямоугольной пластины по цилиндрической поверхности*

Удлинение центральной оси полосы в этом случае составит

$$\lambda = \frac{1}{2} \int \left( \frac{dw}{dx} \right)^2 dx = \frac{\pi^2 f^2}{4l}. \quad (8)$$

Растягивающую силу  $S$  находим из выражения, полученного С.П. Тимошенко для определения величины  $\alpha$  – отношению продольной силы к эйлеровой нагрузке [7]:

$$\alpha = \frac{Sl^2}{D\pi^2}, \quad (9)$$

где  $S$  – растягивающая сила, Н;

$l$  – длина, см;

$D$  – цилиндрическая жесткость пластины на изгиб;

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}, \quad (10)$$

где  $E$  – модуль упругости, МПа;

$h$  – толщина пластины, м;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

Отсюда

$$S = \frac{\alpha D \pi^2}{l^2} = \frac{\alpha D \pi^4}{(T18)^2}. \quad (11)$$

С другой стороны,  $\alpha$  можно определить, исходя из приближенного уравнения для величины прогиба  $f$ :

$$f = \frac{f_0}{1+\alpha}, \quad (12)$$

где  $f_0$  – прогиб в середине пластины, произведенный поперечной нагрузкой, см.

Тогда

$$\alpha = \frac{f_0}{f} - 1. \quad (13)$$

$$f_0 = \frac{5}{384} \frac{pl^4}{D}, \quad (14)$$

где  $p$  – распределенная нагрузка, возникающая под действием внутрибрюшного давления  $P_{вн}$ .

Величину  $f$  найдем из выражения (12)

$$f = \frac{2}{\pi} \sqrt{\frac{\lambda T18}{\pi}}. \quad (15)$$

Подставив в эту формулу вместо  $\lambda$  выражение (6), получим

$$f = \frac{2}{\pi^2} \sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}. \quad (16)$$

Подставив в выражение (13) формулы (14) и (16) и выполнив соответствующие преобразования, получим выражение для  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{5p(T18)^4 \pi^2 - 768D\sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}{768D\pi^4 \sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}. \quad (17)$$

Тогда для растягивающей силы  $S$ , подставляя выражение (17) для  $\alpha$  в формулу (11), получим

$$S = \frac{5p(T18)^4 \pi^2 - 768D\sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}{768(T18)^2 \sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}. \quad (18)$$

Подставляя полученное выражение в формулу (3), можно определить ширину пояса  $b$ :

$$b = \frac{5p(T18)^4 \pi^2 - 768D\sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}{768Pa(T18)^2 \sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}}. \quad (19)$$

После соответствующих преобразований ширина пояса  $b$  окончательно определится как

$$b = \frac{1}{Pa} \left( \frac{5p(T18)^2 \pi^2}{768\sqrt{(\pi\alpha - T18)T18}} - \frac{D}{(T18)^2} \right). \quad (20)$$

Как видно из формулы (10), жесткость при изгибе  $D$  выражается произведением модуля продольной упругости  $E$  на момент инерции сечения тела относительно нейтральной оси. Однако, как отмечает Бузов Б.А., текстильные материалы, деформируясь, не подчиняются закону Гука, а упругие деформации их являются лишь частью полной деформации, соответствующей данному напряжению [1]. Формула (10) может быть справедлива лишь для очень малых, кратковременных нагружений текстильных материалов, при которых доля условно-упругой деформации составляет большую часть. Рассчитываемые значения жесткости для текстильных материалов, используемых для изготовления пояса жилета, имеют условный характер, что обусловило необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований для определения параметров материала при изгибе [2]. В данной работе значения жесткости материалов на изгиб получены с использованием прибора ПТ-2, предназначенного для определения жесткости тонких тканей при изгибе, трикотажных и нетканых полотен [1].

Как было отмечено выше, ширина пояса  $b$  должна быть определена с учетом обеспечения требуемого корригирующего усилия в области живота  $P$ . Рекомендуемые величины необходимого уровня компрессии выбраны в пределах 660–1330 Па (5–10 мм рт.ст.), характерных для бытовой компрессионной одежды [8].

Для расчета ширины пояса в зависимости от величины внутрибрюшного давления  $p$ , величины давления пояса на брюшную полость  $P$ , длины пояса  $a$  и обхвата талии  $T18$  для конкретного размеророста ребенка разработана специальная программа [3]. Таким образом, для любого типового размеророста ребенка можно определить ширину пояса в рекомендуемом интервале значений  $P$ .

Анализ расчетных данных показал, что ширина пояса находится в обратно пропорциональной зависимости от величины давления на брюшную полость  $P$  и уменьшается с увеличением обхвата талии  $T18$ . Кроме того, ширина пояса в большей степени зависит от сочетания обхвата талии  $T18$  и обхвата груди  $T16$ .

### Заключение

Таким образом, в результате теоретических исследований получена аналитическая зависимость для определения геометрических параметров корректирующего поясного элемента, обеспечивающего оптимальные уровни наружного и внутрибрюшного давления в соответствии с медицинскими ограничениями и максимальным достижением эффекта коррекции.

Достоверность полученной математической модели подтверждена проверкой на адекватность в реальных условиях эксплуатации поясного корректирующего элемента. Установлено, что при увеличении величины корректирующего давления и размера ребенка ширина пояса должна быть уменьшена.

Разработанный метод определения параметров корректирующего пояса позволяет обоснованно с точки зрения достижения эффекта целенаправленной коррекции и возрастных особенностей детского организма осуществить выбор геометрических характеристик конструктивных элементов лечебно-профилактической одежды школьников.

### Список литературы

1. Бузов Б.А. Материаловедение швейного производства: учебное пособие / Б.А. Бузов, Т.А. Модестова, Н.Д. Алыменкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 424 с.
2. Дремлюга О.А., Шеромова И.А., Железняков А.С. Механические колебания в задачах исследования жесткости композитных материалов / О.А. Дремлюга, И.А. Шеромова, А.С. Железняков. – Швейная промышленность, 2013. – № 2. – С. 43–44.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014617423, Российская Федерация. Автоматизированный расчет величины компрессионного давления, создаваемого корректирующими элементами плечевой одежды, предназначенный для профилактики нарушения осанки / авт. Е.И. Помазкова, И.А. Слесарчук, Ю.Н. Боровикова, заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Амурский

государственный университет» (ФГБОУ ВПО «АмГУ»). – № 2014615048, заявл. 28.05.2014; опубл. 20.08.2014.

4. Слесарчук И.А., Помазкова Е.И., Кривошеев В.П. Концепция проектирования детской профилактической одежды на основе теории управления / И.А. Слесарчук, Е.И. Помазкова, В.П. Кривошеев. – Швейная промышленность, 2013. – № 2. – С. 16–18.

5. Слесарчук И.А., Помазкова Е.И., Медведев А.М. Определение корректирующего давления в профилактической одежде школьников // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4; URL: www.science-education.ru/118-13841.

6. Слесарчук И.А., Помазкова Е.И., Медведев А.М. Способ определения параметров корректирующих элементов детской профилактической одежды / И.А. Слесарчук, Е.И. Помазкова, А.М. Медведев. – Фундаментальные исследования – 2014. – № 12 (часть 6).

7. Тимошенко С.П. Вопросы устойчивости упругих систем / С.П. Тимошенко. – ОГИЗ, М.-Л., 1946. – 532 с.

8. Филатов В.Н. Упругие текстильные оболочки: Монография / В.Н. Филатов – М. Легпромбытиздат, 1987. – 325 с.

### References

1. Buzov B.A. Materialovedenie shvejnogo proizvodstva: uchebnoe posobie / B.A. Buzov, T.A. Modestova, N.D. Alymenkova. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Legprombytizdat, 1986. 424 p.
2. Dremlyuga O.A., Sheromova I.A., Zheleznyakov A.S. Mehanicheskie kolebanija v zadachah issledovanija zhestkosti kompozitnyh materialov / O.A. Dremlyuga, I.A. Sheromova, A.S. Zheleznyakov. Shvejnjaja promyshlennost, 2013. no. 2. pp. 43–44.
3. Svidetelstvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM no. 2014617423 Rossijskaja Federacija. Avtomatizirovannyj raschet velichiny kompressionnogo davlenija, sozdavaemogo korririrujushhimi jelementami plechevoj odezhdy, prednaznachennyj dlja profilaktiki narushenija osanki / avt. E.I. Pomazkova, I.A. Slesarchuk, Ju.N. Borovikova, zajavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovanija «Amurskij gosudarstvennyj universitet» (FGBOU VPO «AmGU»). no. 2014615048, zajavl. 28.05.2014; opubl. 20.08.2014.
4. Slesarchuk I.A., Pomazkova E.I., Krivosheev V.P. Koncepcija proektirovanija detskoj profilakticheskoj odezhdy na osnove teorii upravlenija / I.A. Slesarchuk, E.I. Pomazkova, V.P. Krivosheev. Shvejnjaja promyshlennost, 2013. no. 2. pp. 16–18.
5. Slesarchuk I.A., Pomazkova E.I., Medvedev A.M. Opredelenie korririrujushhego davlenija v profilakticheskoj odezhde shkolnikov // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 4; URL: www.science-education.ru/118-13841.
6. Slesarchuk I.A., Pomazkova E.I., Medvedev A.M. Cposob opredelenija parametrov korririrujushhij jelementov detskoj profilakticheskoj odezhdy / I.A. Slesarchuk, E.I. Pomazkova, A.M. Medvedev. Fundamentalnye issledovanija 2014. no. 12 (chast 6).
7. Timoshenko S.P. Voprosy ustojchivosti uprugih sistem / S.P. Timoshenko. OGIZ, M.-L., 1946. 532 p.
8. Filatov V.N. Uprugie tekstilnye obolochki: Monografija / V.N. Filatov M. Legprombytizdat, 1987. 325 p.

### Рецензенты:

Шеромова И.А., д.т.н., профессор кафедры сервисных технологий ВГУЭС, г. Владивосток;

Бойцова Т.М., д.т.н., директор научно-образовательного центра экологии ВГУЭС, профессор кафедры туризма и гостинично-ресторанного бизнеса, г. Владивосток.