

УДК 677.075:61

**ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ТЕЛО  
КОМПРЕССИОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ***М.Л. КУКУШКИН, А.В. ЧАРКОВСКИЙ***(Витебский государственный технологический университет)**

Для производства компрессионных медицинских чулок, колготок и других изделий, применяющихся в целях профилактики и лечения заболеваний кровеносной и лимфатической систем, разработанных во ВГТУ, используется серийный чулочно-носочный автомат ОЗД, дополнительно оснащенный управляемым механизмом принудительной подачи эластичной нити, сконструированным на кафедре технологии трикотажного производства этого вуза [1].

Для определения действующих на тело давлений нами изготовлена и оттарирована опытная установка для измерения давления, по принципу действия аналогичная прибору ИД-5, используемому в Институте хирургии им. Вишневского (г.Москва). В состав установки входят блок питания Агат, многоканальный тензоусилитель Топаз-4-01 и тензометрический датчик, представляющий эллипсную рамку, состоящую из двух половин. Между ними закреплен чувствительный элемент (балочка из фосфористой бронзы). На конце балочки установлена кнопка для восприятия действующих усилий – диск диаметром 18 мм, расположенный на ножке высотой 4 мм. Рамка с чувствительным элементом находится на подложке, уменьшающей утапливание датчика в тело при проведении измерений. С двух сторон балочки наклеено

два тензорезистора 2 ПКБ-5-50ГВ сопротивлением  $49,75 \pm 0,05$  Ом, соединенных в схему полумоста.

Перед проведением измерений датчик предварительно тарировали. Затем его укладывали на цилиндр известного радиуса и накрывали полоской трикотажного полотна шириной 8 см. На нижних краях полотна для создания определенного давления прикреплялись разновесы. Массу разновесов рассчитывали по методике из [3]. После нагружения образца измеряли ширину полоски трикотажа в нагруженном состоянии и определяли теоретическое давление. Одновременно снимали показания регистрирующего прибора – тензоусилителя. Затем образец разгружали и ему давался отдых 2 мин. Нагружение образца трикотажа осуществляли с увеличением нагрузки для каждого замера до расчетного давления 4 кПа, а затем в обратном направлении – с постепенным разгрузением образца. По среднему из двух показаний прибора значению для данного давления на цилиндре известного радиуса строилась кривая. Семейство тарировочных кривых для хлопчатобумажного полотна изображено на рис.1.



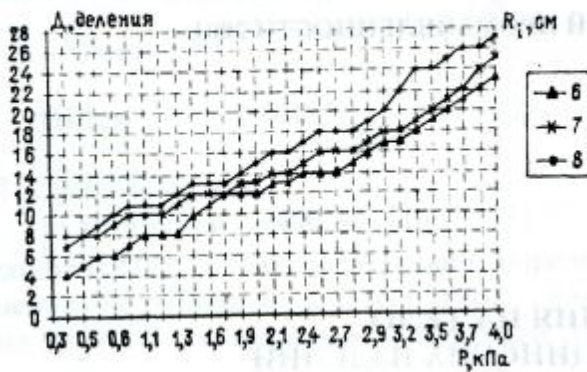


Рис. 1

При проведении тарировки не моделировали реальную поверхность тела, главные отличия которой от поверхности тарировочных цилиндров – упругость кожи и худшие фрикционные характеристики последней. Вследствие этого возможны отклонения результатов измерений от действительных при измерении на фигурах при больших значениях давления и продольных деформациях изделий.

В связи с тем, что датчик имеет определенную толщину, форма поверхности полотна в месте измерения отличается от цилиндрической. Толщина датчика выбрана минимально возможной с таким расчетом, чтобы она удовлетворяла условиям прочности и жесткости и при этом соизмерялась с рабочим ходом чувствительного элемента. По этой причине величина давления на чувствительный элемент датчика всегда несколько больше, чем на неискаженной поверхности. При замерах на цилиндрической поверхности в зависимости от радиуса кривизны центральный угол, в пределах которого отмечалось изменение состояния полотна, колебался от 50 до 65°.

При измерении давления принята нижеприведенная методика. Цикл измерений по изделию следует проводить 2 раза (сверху вниз и снизу вверх) на обеих ногах, снимая изделие и вновь надевая его. На нужном обхвате должно иметь место 8 замеров по периметру ноги (спереди, сзади, с внутренней и наружной сторон и между этими точками). Из 32 значений по обхвату, убрав наиболее выделяющиеся,

выводили среднее значение. Полученное число по кривым тарировки переводилось в единицы давления.

Давление оболочки на тело определенного периметра определяли с помощью соответствующей тарировочной кривой по формуле

$$P = \frac{(D - D_M)}{(D_6 - D_M)} + P_M \quad (1)$$

где  $P$  – искомое давление, кПа;  $P_M$  – давление, соответствующее ближайшей определенной точке кривой в меньшую сторону, кПа;  $D$  – показание прибора при измерении, деления;  $D_M$  ( $D_6$ ) – показания прибора, соответствующие ближайшей определенной точке кривой в меньшую (большую) сторону, деления.

Если периметр тела в месте измерения лежит между значениями, определенными для тарировочных кривых, давление определяется по двум соседним кривым, а результаты подставляются в формулу

$$P = P_i + (P_{i+1} - P_i)(R - R_i) \quad (2)$$

где  $P_i$  ( $P_{i+1}$ ) – давление, определенное по кривой для меньшего (большого) радиуса тела, кПа;  $R$  – текущий радиус тела, см;  $R_i$  – целая часть значения радиуса тела, см.



Рис. 2

На рис.2 представлено распределение давления по телу в изделиях (колготках) различных видов при измерении на фигуре. Для обычных и лечебных колготок давление вдоль фигуры изменяется только



за счет различий в обхватах и не соответствует необходимому закону распределения [2] (кривая А). Для компрессионных колготок величины давления более приближены к оптимальным (кривая Б) за исключением некоторых участков (это связано с резким изменением формы поверхности).

Измерение давления изделий на тело проводили двумя путями: на модельных фигурах и на цилиндрических формах. При измерениях на формах реальная фигура заменялась набором цилиндров с соответствующими обхватами (чтобы уйти от конкретной фигуры) и по имеющимся данным обмеров по ГОСТ 26456.1 – 89 находились остальные обмеры типовой фигуры и определялось давление через формы. Такая методика более удобна при большом количестве измерений (например, при составлении шкалы подбора изделий). Для измерения давления на определенном обхвате стандартной фигуры последней ставили в соответствие две цилиндрические формы с периметрами, наиболее приближенными к обхвату тела. Измерялось давление на поверхности двух форм 2 раза по 8 замеров на каждой форме, и далее по формулам (1) и (2) вычисляли давление, которое могло иметь место на стандартной фигуре с заданным обхватом и твердой цилиндрической поверхностью. В этом случае в формуле (2):  $P_i$  ( $P_{i+1}$ ) – давление, определенное на меньшей (большей) форме, кПА;  $R_i$  – радиус меньшей формы, см.

Параллельное использование двух методов выявило различия в результатах измерений. Это связано с тем, что между формой и телом существуют отличия, главные из которых состоят в разнице упругости поверхностей и их кривизне. Значения величин давлений на теле и на фор-

мах коррелированы между собой, расхождение между ними вызвано множеством факторов, имеющих в сумме случайный характер распределения.

Полученные результаты показывают, что значения давления на теле и формах имеют различия для каждого обхвата. Наибольшая относительная погрешность наблюдается на обхвате под коленом, что вызвано явным несоответствием геометрической формы цилиндру, а также на участке верха бедра из-за малой величины давления. На остальных обхватах расхождение не превышало 50%. Для более точного прогнозирования величины давления на различных фигурах необходимо вводить поправочные коэффициенты к давлению, измеренному на формах, основываясь на статистическом материале.

## ВЫВОДЫ

Разработана методика расчета действующего давления на типовой фигуре человека с твердой цилиндрической поверхностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В., Кукушкин Л.М. Разработка механизмов нитеподачи эластичных нитей // Тэзісы дакладау другой рэспубліканскай навуковай канферэнцыі студэнтау вышэйшых навучальных устаноу Рэспублікі Беларусь. Частка 1. – Мінск, ВГТУ, 1996. С.263.
2. Гензер М.С. Лечебный трикотаж. – М.: Легкая индустрия, 1975.
3. Филатов В.Н. Проектирование эластомерных изделий. – М.: Легкая индустрия, 1979.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 21.11.00.