

УДК 677.017

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ  
НА ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА**

**ANALYSIS OF METHODS OF MEASURING THE PRESSURE OF GARMENTS  
ON A HUMAN BODY**

*М.А. СОБОЛЕВА, Л.Л. ЧАГИНА*  
*M.A.SOBOLEVA, L.L.CHAGINA*

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*В статье приведен сравнительный анализ существующих методов определения давления одежды на тело человека, отмечены преимущества и недостатки методов.*

*The article presents the comparative analysis of existing methods of measuring the pressure of garments on the human body, and describes the advantages and disadvantages of these methods.*

**Ключевые слова:** давление одежды на тело, методы, классификация, устройства, принцип действия, преимущества, недостатки.

**Key words:** the pressure of garments on a body, methods, classification, devices, the principle of operation, advantages, disadvantages.

В последние годы наблюдается увеличение спроса на компрессионные изделия [1]. Эти изделия создают на поверхности тела человека дозированное давление, распространяющееся на глубже лежащие органы, и способствуют развитию лечебного и/или профилактического эффекта. Одним из основных критериев при определении размеров компрессионных изделий является давление, оказываемое изделиями на тело человека. Его значение определяет класс компрессии. Чрезмерное давление

изделия на тело может вызывать неприятные и болезненные ощущения, поэтому вопрос о допустимом давлении очень важен.

Существуют различные методы для измерения и контроля контактного давления, вызываемого компрессионной одеждой (рис. 1). Для сенсорной оценки давления, создаваемого компрессионной одеждой, используются датчики различных типов, устройства, основанные на механическом принципе работы.

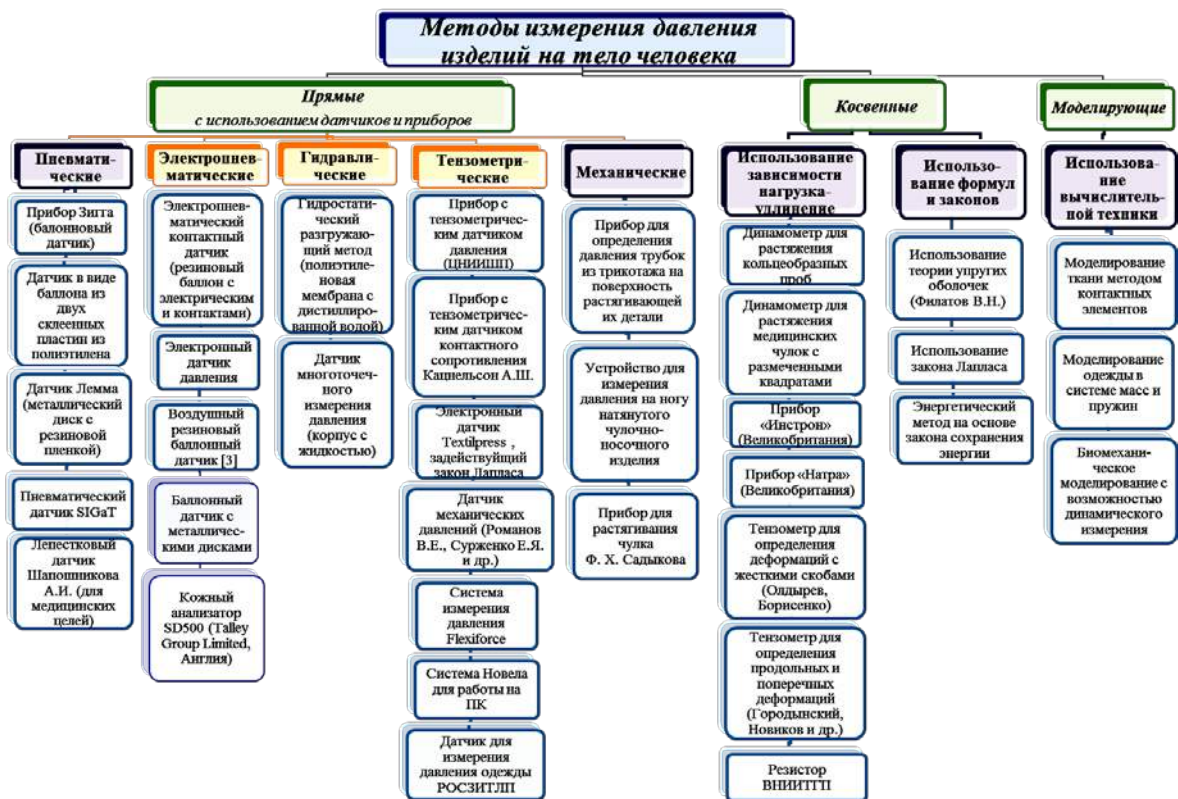


Рис. 1

Устройства с использованием резиновых или металлических баллонных датчиков [2] основаны на принципе нагнетания воздуха в баллон и помещении последнего между изделием и телом человека. Воздух нагнетается до определенного давления (прибор Зигга), до момента выравнивания давлений внутри датчика и наружного давления (лепестковый датчик Шапошникова А.И.), также давление может регулироваться вручную (датчик Лемма). Давление в данных конструкциях фиксируется с помощью манометра.

Разновидностями методов, основанных на пневматическом принципе измерения давления, являются приборы, в которых обычный баллон заменен электропневматическим контактным датчиком. Электрические контакты внутри баллона могут быть выполнены в виде металлических проволок, наклеенных на стенку или расположенных перпендикулярно друг к другу, в виде двух металлических дисков,

соединенных проводами с электронной записывающей системой.

В промышленном цифровом кожном анализаторе SD500 (Talley Group Limited, Англия) для измерения давления корсета используется аналогичный способ измерения давления [3], однако диаметр используемого датчика составляет 10 см, поэтому полученные показания не воспроизводят точное нагружение.

В гидравлических методах измерения давления [4] датчик, представляющий собой полиэтиленовую мембрану или жесткий корпус, наполняется дистиллированной водой или другой жидкостью. Давление может считываться с помощью преобразователя или посредством определения разницы гидростатического давления жидкости внутри корпуса и давления, измеренного манометром.

Пневматические и гидравлические методы требуют сложной структуры, полученной в результате относительно большой плотности измерений поверхностного давления.

Механические методы измерения давления на тело представлены несколькими конструкциями приборов, принцип действия которых основан на измерении усилий, необходимых для растяжения оболочки или для выравнивания вогнутой части упругой оболочки. В приборе, разработанном в ЛИТЛП им. С.М. Кирова, трикотажная трубка надевается на цилиндр нужного диаметра. Давление, оказываемое на площадку, перемещает ее внутрь цилиндра, и изделие при этом изгибается. Для определения давления площадку возвращают на уровень поверхности цилиндра. Принцип действия другого устройства для измерения давления натянутого на ногу чулочного изделия основан на оттягивании изделия от формы.

Недостаток механических методов состоит в том, что давление может быть измерено для одного радиуса, хотя тело является криволинейной поверхностью.

Описанные выше методы измерения известны в теории измерений под названием "измерения с ручной наводкой". При отсутствии квалификации у оператора точность измерений получается невысокой. Гораздо удобнее методы с непосредственным отсчетом – в этом случае устройство показывает на шкале измеряемую величину. К ним, в частности, относятся тензометрические методы измерения давления, основанные на использовании тензодатчиков в сочетании с измерительной и регулирующей аппаратурой [2]. Они представлены следующими конструкциями: диск с проточенным пазом, который частично разделяет его верхнее и нижнее основания (прибор ЦНИИШП); пакет пластин, установленный между двумя металлическими обкладками, связанными с выводными проводниками. В устройстве ЦНИИШП предложена конструкция датчика, снабженного демпферной прокладкой для выполнения измерения независимо от показателей упругих свойств различных участков тела. Датчик, разработанный в РОСЗИТЛП, выполнен в виде микробаллона с тонкими резиновыми стенками и наполнен газом. Датчик Flexiforce (США) состоит из основания из

одного проводящего слоя серебра и красящего вещества, чувствительного к давлению. Склеенные слои основания образуют датчик усилий. Существует датчик с пластинками из проводящего материала, соединенными с двумя сторонами широкого непроводящего ток эластомерного листового материала (емкостный метод [5]). Преимущество емкостного метода заключается в том, что результат в меньшей степени зависит от температуры и человеческого фактора.

Существуют системы датчиков, позволяющие выводить результаты на компьютер и измерять распределение давления в различных условиях испытания, например, при совершении человеком повторяющихся движений [6]. Среди них есть сверхтонкие, толщиной всего 0,2 мм, что позволяет избегать увеличения давления во время измерений. Системы могут иметь сотни мест измерения. Несмотря на то, что прямые методы более точные, датчики зачастую служат причиной излишнего беспокойства испытуемого, поэтому они не пользуются популярностью.

Известно несколько методов оценки давления эластомерных изделий, основанных на использовании устройств для измерения зависимости нагрузка – удлинение. Устройства представляют собой динамометры, тензометры, тензорезисторы (прибор ВНИИТГП). Испытания проводятся на прямоугольных образцах полотен или на размеченных определенным образом изделиях. Некоторые тензорезисторы выводят результаты измерения продольной и поперечной деформаций по отдельности, или условный коэффициент Пуассона. В большинстве случаев вышеперечисленные методы подходят лишь для проведения лабораторных исследований. Обработка полученных результатов выполняется с использованием различных формул. Формула, представленная в [2], затрагивает геометрический и механический аспекты, определяемые кривизной поверхности тела и распределенными силами натяжения в оболочке. Она включает такие неизвестные, как жесткость при растяжении, ус-

ловный коэффициент Пуассона, радиус кривизны поверхности тела. Менее громоздкое уравнение [7] основывается на преобразовании формулы давления сферы. В этом случае необходимо знать модуль Юнга, толщину оболочки, радиус кривизны поверхности. Закон Лапласа, адаптированный к текстильным изделиям, позволяет оценить давление одежды посредством деления натяжения ткани в соответствии с радиусом кривизны поверхности тела [8]. Закон Лапласа имеет ценность в тех случаях, когда применяется к телам цилиндрической формы или когда объемы не превышают 30 см. Энергетический метод, представленный в [9], основан на законе сохранения энергии и смещении блоков трикотажного полотна. Математические методы дают достаточно точные результаты, не доставляют беспокойства испытуемому, но требуют большого объема косвенных измерений. Они эффективны при автоматизации процесса.

С развитием имитирующих устройств и компьютеров давление одежды все чаще стало измеряться с помощью компьютерных моделирующих программ. Модели ткани и человека, а также контакт между ними являются главными компонентами при имитации давления, оказываемого изделием.

В методах, имитирующих структуру ткани, применяются такие подходы, как моделирование продольных и поперечных волокон посредством контактной механики [10], приравнивание структуры ткани к системе масс и пружин. Цилиндрические модели с нанесенными метками, определяющими степень удлинения, позволяют не только оценить, но и рассчитать давление заранее с использованием программного обеспечения FEAANSYS.

В биомеханических моделях, изучающих динамическое давление на тело человека, изделия смоделированы как тонкие эластичные оболочки со свойствами линейных материалов [11]. В некоторых случаях используется градуирование изделий. Внешняя сила, приложенная к биомеханической модели, относится к динамическим воздействиям. Однако первоначальное

воздействие на тело оказывает компрессионное изделие, что сложно отобразить в процессе моделирования.

Моделирующие системы еще одного типа направлены на определение распределения давления по областям тела [12]. В этом случае тело человека представлено в виде пространственной шестигранной решетки. Рост числа вершин повышает точность процесса моделирования, но требует большого количества времени.

Компьютерные модели измерения и прогнозирования давления одежды на тело просты и удобны в использовании, не требуют непосредственного присутствия человека, позволяют получать информацию, касающуюся величин показателей давления, проводить подробный анализ, сравнивать результаты, предварительно рассчитывать значения характеристик. Однако программное обеспечение такого типа является дорогим или труднодоступным, что ограничивает его использование.

## ВЫВОДЫ

1. На основе обзора и анализа отечественной и зарубежной литературы по вопросу оценки давления одежды на тело человека предложена классификация основных методов определения давления одежды на тело человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чагина Л.Л., Смирнова Н.А. Направления повышения конкурентоспособности льняных трикотажных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 6. С. 90...92.
2. Филатов В.Н. Упругие текстильные оболочки: Монография. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
3. Chan A.P. Effect of clothing pressure on the tightness sensation of girdles/ A.P. Chan, J. Fan // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2002. - 14(2). p. 100...110.
4. Mitsuno T. Studies on the clothing pressure (part 1) - measurements by a hydrostatic pressure-balanced method / T. Mitsuno, H. Makabe, H. Momota, K. Ueda // Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses. – 1991. - 32(8). - p. 362-367.
5. Lai C.H.Y. Validation of the Pliance X System in measuring interface pressure generated by pressure garment / C.H.Y. Lai, C.W.P. Li-Tsang // Burns. - 2009. -35(6). - p.845-851.

6. *Mann R.* A new tool to measure pressure under burn garments / R. Mann, E.K. Yeong, M.L. Moore, L.H. Engraph // The Journal of Burn Care & Rehabilitation. - 1997b. - 18(2). - p.160-163.

7. *Seo H.* Validating a cloth simulator for measuring tight-fit clothing pressure / H. Seo, S. Kim, F. Cordier, K. Hong // Proceedings of the 2007 ACM symposium on Solid and physical modeling. - 2007. - June 04 - 06. - p. 431-437.

8. *Maklewska E.* Modelling and Designing of Knitted Products Used in Compressive Therapy / E. Maklewska, A. Nawrocki, J. Ledwon, K. Kowalewski // Fibres and Textiles in Eastern Europe. - 2006. - 14(5). - p. 111-113.

9. *Dias T.* Modelling the interface pressure applied by knitted structures designed for medical-textile applications / T. Dias, D. Yahathugoda, A. Fernando, S.K. Mukhopadhyay // Journal of the Textile Institute Part 1: Fibre Science and Textile Technology. -2003. - 94(3). - p. 77-86.

10. *Provatidis C.G.* Contact mechanics in two-dimensional finite element modelling of fabrics / C.G. Provatidis, S.G. Vassiliadis, E.A. Anastasiadou // International Journal of Clothing Science and Technology. -2005. - 17(1). - p. 29-40.

11. *Liu R.* A three-dimensional biomechanical model for numerical simulation of dynamic pressure functional performances of graduated compression stocking (GCS) / R. Liu, Y.-L. Kwok, Y. Li, T.-T. Lao, X. Zhang, X.Q. Dai // Fibers and Polymers. - 2006. - 7(4). - p. 389-397.

12. *Wang J.M.* The application of the volumetric subdivision scheme in the simulation of elastic human body deformation and garment pressure / J.M. Wang, X.N. Luo, Y. Li, X.Q. Dai, F. You // Textile Research Journal. -2005. - 75(8). - p. 591-597.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 07.06.13.