

**О ВЛИЯНИИ КОМПРЕССИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ
СПОРТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА**

**ON THE INFLUENCE OF THE COMPRESSION ITEMS
SPORTING DESTINATION
ON THE HUMAN CONDITION**

И.Н. ТЮРИН, В.В. ГЕТМАНЦЕВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ
I.N. TYURIN, V.V. GETMANTSEVA, E.G. ANDREEVA, V.S. BELGORODSKIY

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))
E: mail: iniruyt@gmail.com

В статье систематизированы результаты влияния эффекта компрессии в одежде на организм спортсменов. Выявлены основные физические, физиологические и психологические факторы, обуславливающие улучшение результативности спортсменов и ускорение восстановления их мышечной работоспособности благодаря применению компрессионной одежды. Проведен анализ ассортимента датчиков давления, используемых для исследования компрессионного эффекта; обоснована необходимость разработки гибкого устройства малой толщины, обладающего способностью проводить измерения, носящие интегральный характер. Предложено новое устройство для измерения уровня компрессионного эффекта в одежде и описан принцип его действия.

The article systematizes the results of the effect of compression in clothing on the body of athletes. The main physical, physiological and psychological factors that determine the improvement of the performance of athletes and accelerate the recovery of their muscular performance through the use of compression clothing are identified. The analysis of the range of pressure sensors used to study the compression effect; the necessity of the development of a flexible device of small thickness, with the ability to carry out measurements that are integral in nature. A new device for measuring the level of compression effect in clothing has been proposed and the principle of its operation has been described.

Ключевые слова: одежда для спортивных тренировок, компрессионная одежда, конструирование, показатели качества, датчики давления.

Keywords: sports training clothes, compression clothing, design, quality indicators, pressure sensors.

Современные инновационные технологии успешно реализуются в области разработки компрессионной одежды [2]. Компрессионные изделия широко используются в медицинских целях в качестве способа стимулировать кровотоки, стабилизировать и поддерживать основные ткани тела человека [20]. Преимуществом компрессионной

одежды является существенное влияние на физическое, физиологическое и психологическое состояние человека [16], [29], что и предопределяет актуальность ее применения в спортивной деятельности. В основе разработки метода проектирования компрессионной одежды лежит анализ влияния определенных характеристик швейных изде-

лий и свойств материалов [11], [13] на преимущества, создаваемые ими в процессе физической активности и последующего восстановления организма человека [3], [15]. Известна эффективность применения компрессионной одежды в различных видах спорта, в том числе: в велоспорте [20], футболе [28], регби [22], в американском футболе [19], в тяжелой атлетике [27], во время спринтерского бега [16], [18] и прыжков в высоту [16], [29], бега на различные дистанции [22], [33] и плиометрических тренировок [21].

Рассмотрим влияние компрессионной одежды на организм человека.

Использование эффекта компрессии в одежде базируется на изучении проблемы зонирования эластичных материалов в конструкции одежды в зависимости от степени необходимого воздействия на поверхность тела человека (рис.1) [4], [6]. За счет использования эффекта компрессии (связь F, рис. 1 – фрагмент модели компиляции внешних факторов в области разработки одежды для спортивных тренировок) может быть реализована значительная часть требований (связи G и E, рис. 1), предъявляемых к эргономичной одежде спортивного назначения.

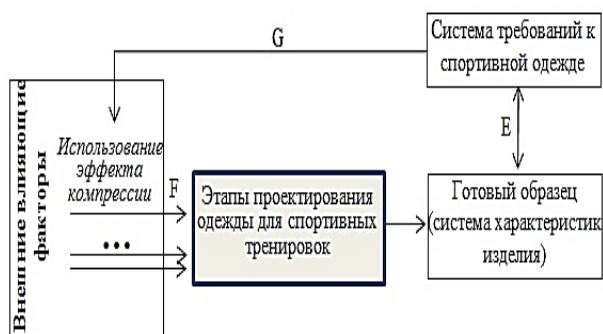


Рис. 1

Влияние компрессионной одежды на работоспособность спортсменов остается недостаточно изученным (связь F, рис. 1), что затрудняет подбор наиболее подходящего ассортимента изделий как для людей разного телосложения и спортивной квалификации, так и для различных видов, продолжительности и интенсивности физической нагрузки.

Можно отметить эргогенный эффект компрессионной одежды, ставшей инструмен-

том улучшения: 1) результативности спортсменов и 2) ускорения восстановления их мышечной работоспособности.

Благодаря этому спортсмены используют компрессионные изделия как во время, так и после интенсивных физических нагрузок.

Результаты зарубежных исследований свидетельствуют о незначительности влияния компрессионной одежды на сердечно-сосудистую систему человека независимо от уровня физической активности, в том числе при максимальной и субмаксимальной частоте сердечных сокращений [21]. Применение компрессионных изделий практически не влияет на изменение концентрации лактата в плазме крови и на изменение обхватных характеристик тела человека [21]. Положительный физиологический эффект компрессионной одежды связан с усилением кровотока в процессе физической активности, что стимулирует доставку кислорода к мышцам и соответственно повышает их производительность [20]. Предполагается, что использование компрессионной одежды обеспечивает дополнительную поддержку суставов и мышечных связок, не позволяя им выходить за рекомендованную схему движений, изменяет уровень механического напряжения в мышечной ткани и препятствует перемещению жидких сред организма [5], [25], [27], [36].

Способность компрессионной одежды *улучшать показатели спортивной результативности* связана с рядом факторов:

- увеличение силы и мощности за счет повышения интенсивности мышечной оксигенации [16], [19] [20], [29];
- увеличение перфузии крови и потребления кислорода при субмаксимальных нагрузках [29];
- улучшение проприоцепции (ощущения положения частей собственного тела относительно друг друга и в пространстве) [24], [28] и мышечной координации [19], влияющих соответственно на экономичность движений [19], [24], [33];
- улучшение постральной устойчивости и динамического равновесия, что важно для усиления двигательного контроля над своим телом [16], [30];

- повышение выносливости благодаря снижению воспринимаемой усталости [22];
- ослабление вибрации мышечных волокон (физиологического тремора), что снижает вероятность их повреждения и мышечную усталость [19], [29];
- предупреждение травм [14], [30] (например, благодаря снижению на 27% силы удара в контактных игровых видах спорта [19]).

При использовании компрессионной одежды квалифицированными спортсменами время бега на дистанциях до 3 км достоверно уменьшалось на $2,0\% \pm 1,9\%$, а их усталость снижалась на $15,8\% \pm 26,1\%$ [22]. По мнению отдельных зарубежных исследователей, положительное влияние использования компрессионной одежды во время тренировок оказалось заметным не для всех респондентов [14], [18], а благоприятное влияние на перцептивные реакции спортсменов во время соревнований может быть преувеличено [29]. Однако многими авторами указывается на отсутствие известного негативного влияния компрессионной одежды на результативность и физиологическое состояние спортсменов [22], [24], [33].

Способность компрессионной одежды влиять на восстановление организма после физических нагрузок проявляется в следующих факторах:

- уменьшение отека мышц после интенсивных тренировок или физических нагрузок [16], [24];
- замедление проявления симптома болезненности мышц и снижение интенсивности отсроченной мышечной боли (крепатуры) [14], [18], [21], [22], [24], [26], [27], [29];
- ускорение восстановления мышечной силы и мощности мышц после чрезмерных физических нагрузок [14], [16], [23], [26], [27];
- улучшение удаления продуктов метаболизма [18], [24];
- ускорение снижения уровня лактата в крови [16], [24];
- уменьшение концентрации креатинкиназы как маркера воспалительных процессов в мышечной ткани [24], [27], [28];
- ускорение регенерации поврежденной мышечной ткани [23], [28], [31];
- повышение локального кровотока и соответственно кислородного снабжения мышечной ткани [20], [24];

- понижение частоты произвольных колебаний (вибрации) мышечных волокон [23];
- увеличение температуры кожи [16], [19].

Для изучения влияния компрессионной одежды на эффективность восстановления организма спортсменов ее носили после интенсивных тренировок или соревнований в течение последующих 1...3 суток по 7...8 часов.

Применение компрессионной одежды после физических нагрузок является эффективным способом уменьшить мышечную боль, возникающую в течение первых двух суток после интенсивных тренировок, и ускорить восстановление мышечной работоспособности [26]. Компрессионная одежда помогает спортсменам выполнять больший объем работы на тренировках и быстрее адаптироваться к их интенсивности.

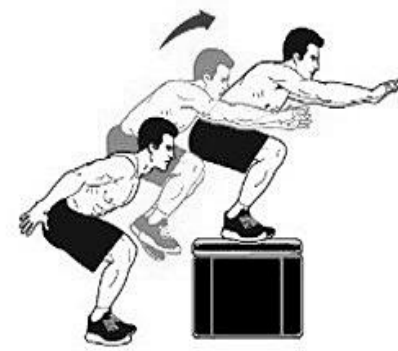


Рис. 2

Использование спортивной компрессионной одежды позволяет минимизировать негативные последствия от различных механических воздействий за счет внешнего градиента давления, неоднородно воздействующего на поверхность тела человека и снижающего опасность микроуровневых травм [24]. Наиболее травмоопасными являются кратковременные ударные динамические воздействия с высокой интенсивностью и малой длительностью [22], часто встречающиеся на тренировках с изменяющимися видами нагрузок. Во время плиометрических упражнений (рис. 2 – схема фаз плиометрического упражнения [32]) повышается нагрузка на суставы, мышцы и связки, поэтому компрессионная фиксация мышечной ткани делает тренировку более безопасной для спортсменов [17].

В качестве *психологических факторов влияния компрессионной одежды на спортсменов* можно отметить:

- увеличение психофизиологического комфорта при интенсивных тренировках и чрезмерных физических нагрузках [14];
- повышение проприоцептивных и координационных способностей, влияющих на контролируемость собственных движений [19];
- снижение уровня воспринимаемой усталости и болезненности мышц;
- повышение эстетической привлекательности тела человека.

В качестве ассортимента спортивной компрессионной одежды следует выделить колготки, чулки, гольфы, шорты, майки и комбинезоны, помогающие улучшить результативность и сократить время восстановления после интенсивной физической активности.

Давление компрессионной одежды на тело человека.

Физические свойства растяжимых полотен влияют на величину генерируемого давления на тело человека [32]. Отечественными исследователями разработаны математические методы прогнозирования компрессионного давления на мягкие ткани фигур, учитывающие устойчивые зависимости между усилиями растяжения, действующими в текстильных оболочках, и возникающими под оболочками при компрессионном давлении [7], [8]. Для более точной оценки давления компрессионных изделий на тело учитывают кривизну поверхности фигуры человека в продольных и поперечных сечениях [10]. Следует иметь в виду, что в процессе эксплуатации нагрузка компрессионных изделий на человека изменяется [9].

Благоприятное воздействие компрессионной одежды наблюдалось независимо от величины применяемого давления как при низких, так и при высоких значениях в рамках рекомендуемого интервала [14]. Степень давления, создаваемого компрессионной одеждой, определяется сложной взаимосвязью между следующими основными факторами: конструкцией и посадкой одежды [12], структурой и физико-механическими свойствами материалов, размерами и формой частей тела, к которой она применя-

ется, а также характером спортивной деятельности. Рекомендуемые диапазоны прикладываемого давления варьируются от 18,0 до 30,0 мм рт.ст. на лодыжке; 17,6...25,0 мм рт. ст. на голени; 9,5...20,0 мм рт. ст. в коленном суставе; 11,2...20,0 мм рт.ст. нижней части бедра и 9,1...18,0 мм рт. ст. на верхней части бедра [32].

Для исследования давления, оказываемого текстильной оболочкой компрессионного назначения на поверхность тела человека, рассмотрим расчет рекомендуемых величин давления с помощью безмоментной теории тонкостенных ($h/R \leq 1/20$, где h – толщина стенки, R – радиус кривизны оболочки) оболочек вращения и с применением закона Лапласа в качестве метода прогнозирования величины давления, применимого к цилиндрическому телу известного радиуса, и с учетом определенных величин натяжения эластичного полотна [25], [32].

Согласно закону Лапласа давление на поверхность произвольной формы зависит от поверхностного натяжения и кривизны поверхности:

$$p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (1)$$

где p – разность давления, действующего изнутри оболочки, и давления, действующего на оболочку снаружи; σ – поверхностное натяжение; R_1 – радиус кривизны в меридиональной плоскости; R_2 – радиус кривизны в плоскости, перпендикулярной меридиану (рис. 3 – тонкостенная осесимметричная оболочка вращения).

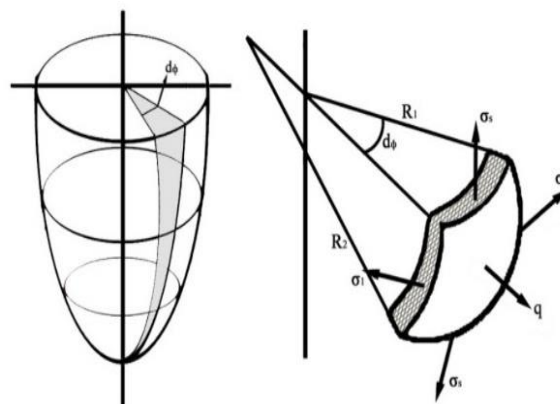


Рис. 3

Для цилиндрической поверхности $R_1 = +\infty$, поэтому:

$$p = \frac{\sigma}{R_2}. \quad (2)$$

Для расчета конструкции элементов тонкостенной оболочки в безмоментном напряженном состоянии принимают несколько условий.

1. Оболочка имеет форму плавно изменяющейся непрерывной поверхности с постоянной или плавно меняющейся толщиной h .

2. Силы, действующие на поверхности оболочки, считают перпендикулярными ей и симметричными относительно оси вращения оболочки.

3. Соппротивление изгибу (изгибающий момент) считают равным нулю вследствие малой толщины оболочки.

Для исследования давления, оказываемого компрессионными изделиями на тело человека, рассматриваем его поверхность как однородную, что в теории осуществляем путем аппроксимации изучаемого тела на бесконечно малые цилиндрические оболочки вращения [1], интеграл по которым будет равен давлению по всей поверхности вращения. На практике разбиваем исследуемую поверхность фигуры человека на более крупные сегменты. Таким образом, если принять эластичную швейную оболочку, надетую на фигуру человека, за тонкостенную оболочку вращения, то вели-

чина давления, создаваемого компрессионной одеждой, прямо пропорциональна растяжению полотна по ширине и обратно пропорциональна радиусу кривизны в исследуемой точке. Для прогнозирования давления компрессионной одежды на тело спортсмена необходимо учитывать как кривизну сложной пространственной формы его фигуры, так и свойства, и поведение эластичных материалов в одежде.

Способы изучения давления компрессионной одежды.

Для исследования компрессионного эффекта в спортивной одежде выбран метод анализа показателей давления (Па) с использованием датчиков давления, размещенных между двумя поверхностями, а именно компрессионной одеждой и поверхностью тела человека. Хотя поверхность тела человека отличается неоднородностью кривизны, можно разделить внешнюю форму фигуры человека на условные сегменты, выбранные по принципу однородности радиусов кривизны, и на топографические участки тела, требующие наибольшей защиты от механических воздействий и ускоренного восстановления после физических нагрузок.

По результатам анализа ассортимента датчиков давления (табл. 1 – характеристика устройств для измерения давления) выбраны устройства, в большей степени подходящие для проведения испытаний в системе "человек–швейное изделие".

Т а б л и ц а 1

Название датчика	Описание	Преимущества	Недостатки
Samba 3000	Оптоволоконная измерительная система Датчики давления располагаются на концах оптоволоконного кабеля	Большое количество точек сбора данных	Плохая способность к изгибу
FlexiForce	Гибкий датчик с диаметром чувствительной области 9,53 мм. В состав входит 2 слоя: проводящий слой серебра и пьезорезистивные чернила	Тонкий, гибкий	Высокая погрешность при малых величинах давления
Salzmann	Пневматический карманный датчик Устройство измеряет давление, производимое компрессионной оболочкой при равенстве с давлением воздуха	Высокая точность измерений, малая толщина, большое количество данных	Чувствителен к изгибу
Textilepress	Устройство измерения давления, основанное на законе Лапласа. Размеры 70x50 мм, датчик имеет два типа измерений: один, измеряющий радиус кривизны, второй – растяжение ткани	Измеряет радиус кривизны и растяжение ткани	Высокая погрешность измерений при больших площадях поверхностей

Исходя из результатов исследования, в качестве предпочтительного средства измерения давления компрессионной одежды на тело человека выбраны датчики давления FlexiForce модели A201 компании Tekscan, к отличительным характеристикам которых можно отнести ультратонкую толщину (0,203 мм), регулируемую длину (5,1/ 10,2/ 15,2/ 19,1 см) и малую ширину (14 мм). Рассматриваемая модель представляет собой гибкий пьезорезистивный датчик силы, доступный в трех различных диапазонах применяемой к нему силы: 4,4 Н (масса груза 0...0,5 кг), 111 Н (масса груза 0...12 кг), 445 Н (0...45 кг). Так как масса компрессионной одежды, изготовленной из эластичного полотна, может составлять 50...300 г, то для проведения экспериментальных исследований целесообразно использовать датчики с наименьшим силовым диапазоном (первый вариант). Сущность проводимого эксперимента по исследованию давления, оказываемого оболочкой компрессионной спортивной одежды на тело человека, заключается в следующем: гибкий датчик давления FlexiForce помещают между телом человека и швейным изделием так, чтобы чувствительный элемент, расположенный на одном конце датчика, в виде окружности радиуса 7 мм, фиксировал показатели давления. Для повышения точности измерений при небольшой величине компрессионной нагрузки можно повысить напряжение на входе или увеличить сопротивление резистора обратной связи в электрической схеме.

Проведенный анализ факторов, определяющих особенности воздействия спортивной компрессионной одежды на организм человека, позволил сделать вывод о целесообразности подбора индивидуальных элементов компрессионного костюма для каждого спортсмена с учетом его телосложения, топографии поверхности фигуры, уровня физической и функциональной подготовленности, вида нагрузок. Таким образом, выявлена потребность в разработке удобного инструмента, помогающего спортсмену сделать обоснованный выбор наиболее подходящего компрессионного изделия, а также позволяющего проектировать спортивную одеж-

ду с заданными функциональными и эргономическими свойствами [12].

С этой целью в качестве устройства для измерения давления в системе "человек-швейное изделие" предложен датчик, отличающийся гибкостью, малой толщиной и способностью получать результаты интегрального характера. Предлагаемый датчик давления изготавливают из композитного материала на текстильной основе, имеющей пьезорезистивный эффект благодаря наномасштабированному нанесению пористых проводящих полимеров на отдельные волокна внутри текстильного полотна. Полотно, отличающиеся пьезорезистивным эффектом, могут быть эластичными (72% нейлон, 28% спандекс), и выпускаются такими производителями, как Eeontex, Adafruit, Sparkfun и др.

Принцип действия датчика основан на изменении удельного объемного сопротивления проводника (проводящего полимера) и, как следствие, давления при воздействии внешней механической силы (рис. 4 – схема принципа действия пьезорезистивной ткани при воздействии на него внешней силы в поперечном направлении). Такое изменение сопротивления фиксируют с помощью цифрового мультиметра или лабораторного блока питания посредством присоединения измерительных щупов к кромке текстильного полотна. Выходными данными устройства являются значения изменения силы тока, которые преобразуют в величину изменения сопротивления, используя данные о приложенном напряжении согласно закону Ома. Градуировка устройства производится с учетом установленной зависимости изменения сопротивления от приложенного давления.

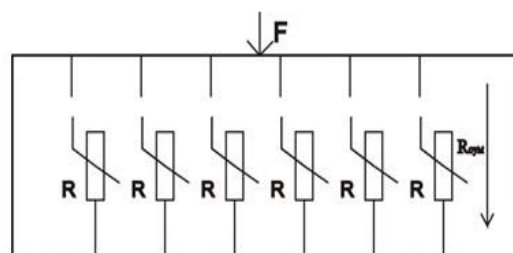


Рис. 4

Таким образом, на основе тканей с пьезорезистивным эффектом разработан гибкий и растяжимый сенсорный датчик, позволяющий плотно покрывать любые участки фигуры человека с естественной сложной пространственной формой. Преимуществом такого метода измерения давления является возможность исследования давления текстильных оболочек непосредственно на теле человека, интегральный характер полученных результатов измерений благодаря равномерному распределению проводящих элементов в структуре полотна, в отличие от других известных методов измерения давления [6], [8], предполагающих измерение давления в определенных информативных антропометрических точках с помощью преобразователя системы индикации давления или датчиков давления Flexi-Fogse, располагающихся между телом и компрессионным изделием.

Другим способом исследования компрессионного давления является проведение математического моделирования процессов воздействия компрессионного давления на организм спортсмена с помощью конечно-элементного анализа (КЭА). Метод конечных элементов основан на разделении (разбивке) исследуемого объекта на сетку, состоящую из малых участков – конечных элементов. Элементы могут иметь как плоскую геометрическую форму (треугольник, параллелограмм), так и объемную (тетраэдр, куб, параллелепипед). В узлах сформированной сетки задается весь спектр необходимых условий: свойства материала напряженно-деформируемого тела (чаще всего задается применительно ко всему объекту), воздействующие силы (ускорение свободного падения, давление, различные нагрузки и закрепления), а также граничные условия, после чего производится численное решение в вариационной постановке или в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Результатом моделирования физического процесса в среде "спортсмен-одежда-среда" является получение величины деформаций мягких тканей тела под воздействием компрессионной одежды, а также вызываемого изделием механического

напряжения (рис. 5 – представление результатов КЭА на примере 3D-модели человека).

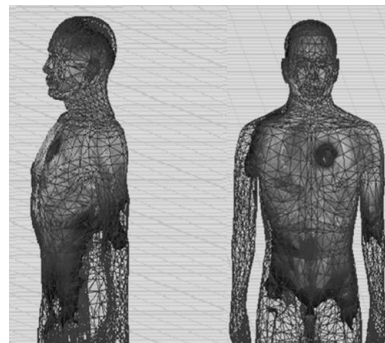


Рис. 5

Стоит отметить, что данный метод позволяет исследовать влияние давления на тело спортсмена не только в статическом положении, но также и в динамическом. Таким образом, результаты КЭА позволяют получить дополнительный набор данных о фактическом влиянии компрессионной одежды на организм спортсменов.

ВЫВОДЫ

1. Для эффективного применения спортивной компрессионной одежды необходимо разработать рекомендации спортсменам по индивидуальному подбору наиболее подходящих изделий, исходя из показателей давления одежды на тело человека и его изменчивости по всей поверхности его тела с учетом телосложения, физической подготовленности и характера физической активности.

2. Компрессионная одежда позволяет улучшить результативность спортсменов и ускорить восстановление их мышечной работоспособности после интенсивных физических нагрузок, что предполагает ее эксплуатацию как в тренировочной и соревновательной деятельности, так и в релаксационный период. Корректность использования эффекта компрессии в одежде базируется на определенном зонировании эластичных материалов в конструкции одежды, обеспечивающим требуемое воздействие на поверхность тела человека и эргономичность спортивного изделия.

3. Для обоснованной оценки влияния компрессионной одежды спортивного назначения на организм человека следует интегрировать показатели антропометрии, биомеханики, физиологии, спортивной медицины, биокинематические и эргономические характеристики, чтобы сопоставить их вариативность при использовании или отсутствии компрессионных изделий. Решение этой задачи требует комплексного подхода к процессу проектирования одежды спортивного назначения, обеспечивающего взаимосвязь не только конструктивных и технологических параметров изделия, свойств используемых материалов, но и функциональных характеристик организма спортсмена с учетом факторов внешней среды, и лежит в основе методики моделирования трехмерных компрессионных оболочек сложных пространственных форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Е.Г. Основы проектирования одежды из эластичных материалов. – М.: МГУДТ, 2004.
2. Андреева Е.Г., Гетманцева В.В., Лаврис Е.В., Петросова И.А. Инновационные подходы и пути совершенствования процессов проектирования швейных изделий // Сб. Междунар. научн.-техн. конф.: Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий для экономики региона. – Кострома: КГТУ, 2010. С.125...126.
3. Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Обобщенная модель процесса параметрического проектирования одежды // Сб. науч. тр. Междунар. научн.-техн. симпозиума: Современные задачи инженерных наук. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. С.86...90.
4. Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Саидова Ш.А., Тутова А.А. Исследование системы "человек-одежда" в динамике для проектирования эргономичной одежды // Естественные и технические науки. – 2015, № 11. С.513...516.
5. Дубровский В.И., Федорова В.Н. Биомеханика. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003.
6. Иванова З.Р. Разработка метода проектирования компрессионных изделий: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1998.
7. Корнилова Н.Л. Теоретические основы и методическое обеспечение процессов проектирования и изготовления функционально-эргономичных корсетных изделий: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 2011.
8. Кузьмичев В.Е., Чен Ч., Го М., Тисленко И.В. Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под трикотажной плотнотелющей одеждой // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №4. С.91...96.

9. Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Проталинский С.Е., Богатырева М.С. К вопросу учета стабильности нагрузки, оказываемой компрессионными изделиями в процессе эксплуатации // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №5. С.118...123.
10. Надежная Н.Л., Чарковский А.В. Метод расчета давления компрессионного трикотажного изделия // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2012, № 1 (22). С.72...82.
11. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В. Применение экологически чистых материалов в производстве одежды спортивного назначения // Синергия Наук. – 2017, Т.1., № 18. С. 624...629.
12. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В. Анализ особенностей конструктивного решения спортивной одежды // Сб. Междунар. научн.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2016). – М., МГУДТ, 2016. Часть 1. С.242...245.
13. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В. Анализ инноваций в области разработки текстильных волокон для производства спортивной одежды // Сб. ст. Междунар. научн. конф. Сб. докл. студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава по результатам научных конференций. – 2016. С.500...503.
14. Beliard S., Chauveau M., Moscatiello T., Cros F., Ecarnot F., Becker F. Compression garments and exercise: no influence of pressure applied // Journal of Sports Science & Medicine. – Vol.14, Is.1, 2015. P.75...83.
15. Bikbulatova A.A., Andreeva E.G. Dynamics of platelet activity in 5–6-year old children with scoliosis against the background of daily medicinal-prophylactic clothes wearing for half a year // Biomedical and Pharmacology Journal. – Vol.10, №3, 2017. P.1385...1393.
16. Born D.-P., Sperlich B., Holmberg H.-C. Bringing Light into the Dark: Effects of Compression Clothing on Performance and Recovery // International Journal of Sports Physiology and Performance. – Vol.8, Is.1, 2013. P.4...18.
17. Chu D.A. Jumping into Plyometrics. – Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1998.
18. Davies V., Thompson K.G., Cooper S.M. The effects of compression garments on recovery // Journal of Strength and Conditioning Research. – Vol.23, Is.6, 2009. P.1786...1794.
19. Doan B.K., Kwon Y., Newton R.U., Shim J., Popper E.M., Rogers R.A., Bolt L.R., Robertson M., Kraemer W.J. Evaluation of a lower-body compression garment // Journal of Sports Sciences. – Vol.21, №8, 2003. P.601...610.
20. Driller M.W., Halson S.L. The Effects of Wearing Lower Body Compression Garments During a Cycling Performance Test // International Journal of Sports Physiology and Performance. – Vol.8, Is.3, 2013. P.300...306.
21. Duffield R., Cannon J., King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise // Journal of Sports Science & Medicine. – Vol.13, Is.1, 2010. P.136...140.

22. Hamlin M.J., Mitchell C.J., Ward F.D., Draper N., Shearman J.P., Kimber N.E. Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players // Journal of Strength and Conditioning Research. – Vol.26, Is.11, 2012. P.2975...2982.

23. Hill J., Howatson G., Van Someren K., Gaze D., Legg H., Lineham J., Pedlar C. The Effects of Compression-Garment Pressure on Recovery After Strenuous Exercise // International Journal of Sports Physiology and Performance. – Vol.12, Is.8, 2017. P.1078...1084.

24. Hill J., Howatson G., Van Someren K., Leeder J., Pedlar C. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis // British Journal of Sports Medicine. – Vol.48, Is.18, 2014. P.1340...1346.

25. Jakeman J.R., Byrne C., Eston R.G. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females // European Journal of Applied Physiology. – Vol.109, Is.6, 2010. P.1137...1144.

26. Kim J., Kim J., Lee J. Effect of compression garments on delayed-onset muscle soreness and blood inflammatory markers after eccentric exercise: a randomized controlled trial // Journal of Exercise Rehabilitation. – Vol.13, Is.5, 2017. P.541...545.

27. Kraemer W.J., Flanagan S.D., Comstock B.A., et al. Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women // Journal of Strength and Conditioning Research. – Vol.24, №3, 2010. P.804...814.

28. Marqués-Jiménez D., Calleja-González J., Aratibel-Imaz I., Delextrat A., Uriarte F., Terrados N. Influence of different types of compression garments on exercise-induced muscle damage markers after a soccer match // Research in Sports Medicine. – Vol.26, Is.1, 2018. P.27...42.

29. McRae B.A., Cotter J.D., Laing R.M. Compression Garments and Exercise: Garment Considerations, Physiology and Performance // Sports Medicine. – Vol.41, №10, 2011. P.815...843.

30. Michael J.S., Dogramaci S.N., Steel K.A., Graham K.S. What is the effect of compression garments on a balance task in female athletes? // Gait Posture. – Vol.39, Is.2, 2014. P.804...809.

31. Tiidus P. Skeletal Muscle Damage and Repair // Mechanisms & Interventions. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.

32. Troynikov O., Ashayeria E., Burton M., Subic A., F.Alamb F., Marteauc S. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // Procedia Engineering. – Vol.2, Is.2, 2010. P.2823...2829.

33. Vercruyssen F., Gruet M., Colson S.S., Ehrstrom S., Brisswalter J. Compression Garments, Muscle Contractile Function, and Economy in Trail Runners // International Journal of Sports Physiology and Performance. – Vol.12, Is.1, 2017. P.62...68.

34. Оболочки. URL: <http://www.soprotmat.ru/obol.htm> (дата обращения: 22.01.2018)

35. "Squat to box jump", available at: <http://www.tu-vayanon.net/Quadexercise6-03-index.html> (accessed 22 January 2018).

36. Urso M. Is Compression Gear Really Effective?, available at: <https://www.active.com/running/articles/is-compression-gear-really-effective> (accessed 22 January 2018).

REFERENCES

1. Andreeva E.G. Osnovy proektirovaniya odezhdy iz elastichnykh materialov. – M.: MGUDT, 2004.

2. Andreeva E.G., Getmantseva V.V., Lavris E.V., Petrosova I.A. Innovatsionnye podkhody i puti sovershenstvovaniya protsessov proektirovaniya shveynykh izdeliy // Sb. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Aktual'nye problemy nauki v razvitii innovatsionnykh tekhnologiy dlya ekonomiki regiona. – Kostroma: KGTU, 2010. S.125...126.

3. Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Obobshchennaya model' protsessa parametricheskogo proektirovaniya odezhdy // Sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. simpoziuma: Sovremennyye zadachi inzhenernykh nauk. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2017. S.86...90.

4. Guseva M.A., Petrosova I. A., Andreeva E.G., Saidova Sh.A., Tutova A.A. Issledovanie sistemy "chelovek-odezhda" v dinamike dlya proektirovaniya ergonomichnoy odezhdy // Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – 2015, № 11. S.513...516.

5. Dubrovskiy V.I., Fedorova V.N. Biomekhanika. – M.: VLADOS-PRESS, 2003.

6. Ivanova Z.R. Razrabotka metoda proektirovaniya kompressionnykh izdeliy: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1998.

7. Kornilova N.L. Teoreticheskiye osnovy i metodicheskoe obespechenie protsessov proektirovaniya i izgotovleniya funktsional'no-ergonomichnykh korsetnykh izdeliy: Dis. ... dokt. tekhn. nauk. – Ivanovo, 2011.

8. Kuz'michev V.E., Chen Ch., Go M., Tislenko I.V. Eksperimental'noe obosnovanie prognozirovaniya kompressionnogo davleniya pod trikotazhnoy plotnooblegayushchey odezhdoy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №4. S.91...96.

9. Marinkina M.A., Chagina L.L., Protalinskiy S.E., Bogatyreva M.S. K voprosu ucheta stabil'nosti nagruzki, okazyvaemoy kompressionnymi izdeliyami v protsesse ekspluatatsii // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2015, №5. S.118...123.

10. Nadezhnaya N.L., Charkovskiy A.V. Metod rascheta davleniya kompressionnogo trikotazhnogo izdeliya // Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2012, № 1 (22). S.72...82.

11. Tyurin I.N., Getmantseva V.V. Primenenie ekologicheskikh chistykh materialov v proizvodstve odezhdy sportivnogo naznacheniya // Sinergiya Nauk. – 2017, T.1., № 18. S. 624...629.

12. Tyurin I.N., Getmantseva V.V. Analiz osobennostey konstruktivnogo resheniya sportivnoy odezhdy // Sb. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i leg-koy promyshlennosti (Innovatsii-2016). – M., MGUDT, 2016. Chast' 1. S.242...245.

13. Tyurin I.N., Getmantseva V.V. Analiz innovatsiy v oblasti razrabotki tekstil'nykh volokon dlya

proizvodstva sportivnoy odezhdy // Sb. st. Mezhdunar. nauchn. konf. Sb. dokl. studentov, aspirantov i profesorskogo-prepodavatel'skogo sostava po rezul'tatam nauchnykh konferentsiy. – 2016. S.500...503.

14. Beliard S., Chauveau M., Moscatiello T., Cros F., Ecarnot F., Becker F. Compression garments and exercise: no influence of pressure applied // *Journal of Sports Science & Medicine*. – Vol.14, Is.1, 2015. P.75...83.

15. Bikbulatova A.A., Andreeva E.G. Dynamics of platelet activity in 5-6-year old children with scoliosis against the background of daily medicinal-prophylactic clothes wearing for half a year // *Biomedical and Pharmacology Journal*. – Vol.10, №3, 2017. P.1385...1393.

16. Born D.-P., Sperlich B., Holmberg H.-C. Bringing Light into the Dark: Effects of Compression Clothing on Performance and Recovery // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – Vol.8, Is.1, 2013. P.4...18.

17. Chu D.A. *Jumping into Plyometrics*. – Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1998.

18. Davies V., Thompson K.G., Cooper S.M. The effects of compression garments on recovery // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – Vol.23, Is.6, 2009. P.1786...1794.

19. Doan B.K., Kwon Y., Newton R.U., Shim J., Popper E.M., Rogers R.A., Bolt L.R., Robertson M., Kraemer W.J. Evaluation of a lower-body compression garment // *Journal of Sports Sciences*. – Vol.21, №8, 2003. P.601...610.

20. Driller M.W., Halson S.L. The Effects of Wearing Lower Body Compression Garments During a Cycling Performance Test // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – Vol.8, Is.3, 2013. P.300...306.

21. Duffield R., Cannon J., King M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise // *Journal of Sports Science & Medicine*. – Vol.13, Is.1, 2010. P.136...140.

22. Hamlin M.J., Mitchell C.J., Ward F.D., Draper N., Shearman J.P., Kimber N.E. Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – Vol.26, Is.11, 2012. P.2975...2982.

23. Hill J., Howatson G., Van Someren K., Gaze D., Legg H., Lineham J., Pedlar C. The Effects of Compression-Garment Pressure on Recovery After Strenuous Exercise // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – Vol.12, Is.8, 2017. P.1078...1084.

24. Hill J., Howatson G., Van Someren K., Leeder J., Pedlar C. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis // *British Journal of Sports Medicine*. – Vol.48, Is.18, 2014. P.1340...1346.

25. Jakeman J.R., Byrne C., Eston R.G. Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females // *European Journal of Applied Physiology*. – Vol.109, Is.6, 2010. P.1137...1144.

26. Kim J., Kim J., Lee J. Effect of compression garments on delayed-onset muscle soreness and blood inflammatory markers after eccentric exercise: a randomized controlled trial // *Journal of Exercise Rehabilitation*. – Vol.13, Is.5, 2017. P.541...545.

27. Kraemer W.J., Flanagan S.D., Comstock B.A., et al. Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women // *Journal of Strength and Conditioning Research*. – Vol.24, №3, 2010. P.804...814.

28. Marqués-Jiménez D., Calleja-González J., Arratibel-Imaz I., Delextrat A., Uriarte F., Terrados N. Influence of different types of compression garments on exercise-induced muscle damage markers after a soccer match // *Research in Sports Medicine*. – Vol.26, Is.1, 2018. P.27...42.

29. McRae B.A., Cotter J.D., Laing R.M. Compression Garments and Exercise: Garment Considerations, Physiology and Performance // *Sports Medicine*. – Vol.41, №10, 2011. P.815...843.

30. Michael J.S., Dogramaci S.N., Steel K.A., Graham K.S. What is the effect of compression garments on a balance task in female athletes? // *Gait Posture*. – Vol.39, Is.2, 2014. P.804...809.

31. Tiidus P. *Skeletal Muscle Damage and Repair // Mechanisms & Interventions*. – Champaign, IL: Human Kinetics, 2008.

32. Troynikov O., Ashayeria E., Burton M., Subic A., F.Alamb F., Marteauc S. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // *Procedia Engineering*. – Vol.2, Is.2, 2010. P.2823...2829.

33. Vercruyssen F., Gruet M., Colson S.S., Ehrtrom S., Brisswalter J. Compression Garments, Muscle Contractile Function, and Economy in Trail Runners // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – Vol.12, Is.1, 2017. P.62...68.

34. Obolochki. URL: <http://www.soprotmat.ru/obol.htm> (data obrashcheniya: 22.01.2018)

35. "Squat to box jump", available at: <http://www.tuvayanon.net/Quadexercise6-03-index.html> (accessed 22 January 2018).

36. Urso M. Is Compression Gear Really Effective?, available at: <https://www.active.com/running/articles/is-compression-gear-really-effective> (accessed 22 January 2018).

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 28.05.18.