

УДК 687.12:618.2

ОПТИМІЗАЦІЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАНДАЖНИХ ВИРОБІВ РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Печерська А. А., Садретдінова Н. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

В статті приведені результати проектування бандажних виробів для фіксації променево-зап'ястного суглобу; визначено вимоги до бандажних виробів; виконано розрахунок габаритних розмірів бандажного виробу з врахуванням положень теорії пружних оболонок; обґрунтовано використання багатошарових текстильних комплексних матеріалів для забезпечення комфортності бандажного виробу.

Ключові слова: бандаж, комфортність, гігієнічні властивості

В результаті прискорення усіх процесів суспільства, в центрі яких знаходиться людина, поряд з іншими захворюваннями, останнім часом зросла кількість переломів кісток, які характеризуються досить тривалим посттравматичним періодом. Для запобігання повторного перелому, зменшення больових відчуттів, прискорення процесу загоєння під час реабілітаційного періоду широко використовуються профілактичні бандажні вироби.

Бандаж являє собою еластичний пояс, основна функція якого, щільно прилягаючи до певної частини тіла, захищати суглоби та м'язи від можливих пошкоджень. Зважаючи на тривалий період використання та щільне прилягання виробу безпосередньо до тіла необхідно окрім функціональності, до якої прикута основна увага фірм-виробників бандажних виробів, забезпечити також і комфортність в експлуатації.

Постановка завдання

Перелом кістки - це пошкодження кістки з порушенням її цілісності, що виникає в результаті дії зовнішнього механічного чинника. Травматичні переломи виникають від згинання, зсуву, скручування, стиснення, внаслідок відриву. Переломи кісток передпліччя та кисті складають до 65,5 % переломів всіх кісток. Найпоширенішими є перелом ліктьового відростка; перелом вінцевого відростка; перелом головки і шийки променевої кістки; перелом човноподібної кістки; перелом півмісяцевої кістки.

При переломах променевої кістки фіксується кисть і передпліччя долонною або тильною гіпсовою лонгетою від основи пальців до верхньої третини передпліччя,

накладають гіпсову пов'язку. Після зняття гіпсової пов'язки реабілітацію кисті продовжують за допомогою бандажного фіксуєчого виробу [1].

З метою систематизації інформації щодо бандажних виробів для травм кінцівок проведено аналіз прототипів та складено їх класифікацію за призначенням, за характером лікувального впливу, за рівнем компресії, за конструкцією та характером матеріалів з яких вони виготовляються. Встановлено, що асортимент представлених на сьогоднішній день на ринку бандажів зводиться до декількох основних типів, які представляють собою еластичний пояс, що охоплює руку на рівні зап'ястя та кріпиться завдяки полосам із тасьми «велкро». Натяг і ширина бандажної стрічки повинні бути достатніми для забезпечення необхідного компресійного ефекту, але не надмірними, щоб не викликати утруднення кровообігу.

Для виготовлення бандажних виробів використовують еластичні текстильні матеріали, найпоширенішими з яких є поліхлоропреновий каучук (неопрен), і трикотажні полотна, у складі яких є армовані еластомірні нитки.

З метою формування вимог до бандажів проведено аналіз нормативної документації. Основним для еластичних виробів медичного призначення є на сьогоднішній день ГОСТ 51219-98 «Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные» [2], який для бандажів регламентує наступні показники:

- розтяг (більше 80%);
- робочий розтяг (не менше 2%, але не більше 30% в центрі суглобу, і не менше 30%, але не більше 60% на відстані 7, 5см і більше від центру суглобу);
- поверхнева щільність (не менше 400 г/м² в центрі суглобу, і не менше 600 г/м² на відстані 7, 5см і більше від центру суглобу);
- розривне навантаження (не менше 196,0 кгс);
- клас компресії (перший, що відповідає 14 мм рт.ст.).

Як бачимо, в основному це показники експлуатаційної надійності. На нашу думку, матеріали для виготовлення бандажів повинні відповідати не лише вимогам ГОСТ 51219-98. Оскільки бандажний виріб безпосередньо контактує зі шкірою і використовується протягом тривалого часу, він не повинен пригнічувати основні функції шкіри людини (захисну, терморегуляторну, сенсорну, секреторну, обмінну, дихальну та імунну), а також забезпечувати необхідний рівень комфортності виробу в експлуатації.

Відчуття комфортності в процесі носіння виробу залежить від його конструктивного устрою, матеріалів, що застосовуються і комплексу показників їх властивостей. Для визначення рівня комфортності у світовій практиці використовують метод проф. S. Kawabata, який в 1972 р створив об'єктивну систему Kawabata Evaluation System for Fabrics, названу KES-F для вимірювання фізико-механічних властивостей матеріалів, узгоджену з тактильними сприйняттями тканин. Основною складовою комфортності є гігієнічні властивості. Серед них найбільш вагомими є такі одиничні гігієнічні показники якості: повітропроникність, капілярність і теплопровідність [3]. Тому, для вирішення завдання оптимізації властивостей, розроблено перелік додаткових показників для створення функціонального виробу з високою комфортністю:

- високі вентиляційні властивості та вологовідведення;
- забезпечення терапевтичного ефекту;
- відсутність подразнення, токсичної дії;
- зручність та простота користування виробом і елементами конструкції та забезпечення нормального протікання анатомо-фізіологічного процесу;
- відповідність розмірів і форми виробу поверхні на яку він одягається.

Результати досліджень

Забезпечення відповідності виробу, що проектується, розробленим вимогам та функціональному призначенню одночасно можливе завдяки використанню високотехнологічних текстильних матеріалів або багатошарових пакетів, які в науковій літературі позначають поняттям текстильні комплексні матеріали (ТКМ). В нашій роботі розроблено двошаровий пакет ТКМ, нижній шар якого забезпечує високий рівень вологопоглинання з мінімальним розтіканням по поверхні, верхній шар – швидко вбирає пари вологи та рідину, які надійшли від нижнього шару, забезпечує поступовий перерозподіл води по поверхні та в об'ємі за рахунок капілярних сил і акумулює її в своїй структурі. Окрім цього, він створює необхідний рівень компресії, за рахунок вмісту в своєму складі еластомірної нитки.

Для вибору складових багатошарового пакету скористалися базою даних структурних фізичних та фізико-хімічних властивостей текстильних матеріалів, значення яких були встановлені під час виконання кандидатської дисертації Ковтун С.І. [4], одним із важливих результатів якої є можливість формувати ТКМ з наперед заданими гігієнічними властивостями.

Добір полотен виконувався за нормативними значеннями показників повітропроникності та рекомендованим значенням площі розтікання води та часу висихання. До експерименту були залучені матеріали, структурна характеристика яких наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Структурна характеристика та властивості обраних моношарів

№ п/п	Позначення текстильного матеріалу	Число петельних рядків і стовпчиків (ниток) на 100 мм		Товщина, мм	Поверхнева густина, г/м ²	Вид матеріалу Переплетення	Вид та лінійна густина ниток, текс		Сировинний склад, %
		N_p (P_o)	N_p (P_o)				уток	основа	
1	B1	210	135	0,48	193	Трикотажне полотно Комбіноване	НПЕ, 7,8		ПЕ – 100
2	B2	100	95	0,70	138	Антимікробне трикотажне полотно Ластик 1+1	НПП, 12,0		ПП – 100
3	B3	165	90	0,55	120	Трикотажне полотно Ластик 1+1	НВіс, 14,9		Віс – 100
4	Д	–	–	0,04	20	Сітка	–		ЕВА – 100

Випробування пакетів матеріалів на повітропроникність проводили на спеціальному приладі FF-12/A [5].

Результати розрахунків середнього значення витрат повітря наведено для шарів матеріалів (рис. 1) та пакетів матеріалів (рис. 2). В пакеті 1 поєднано перший та другий матеріали, в пакеті 2 – перший та третій.

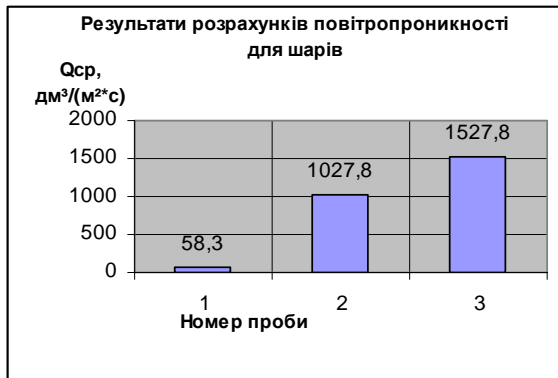


Рис. 1. Графічне зображення повітропроникності для шарів матеріалів

* номер проби відповідає порядковому номеру матеріалу в таблиці 1.

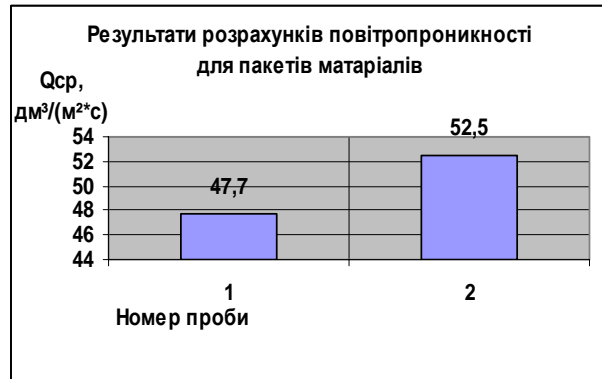


Рис. 2. Графічне зображення повітропроникності для пакетів матеріалів

Як бачимо, завдяки високій щільності структури матеріал №1 володіє найменшою повітропроникністю і після дублювання саме цей матеріал визначає повітропроникність пакету в цілому. Для подальших досліджень рекомендується пакет №2 як такий, що володіє вищим рівнем повітропроникності. Згідно ДСТУ ГОСТ 25294:2005 «Одежда верхняя платьево-блузочного ассортимента» нормативне значення коефіцієнта повітропроникності складає $60 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \times \text{с})$.

Оскільки в щільно закритому підодяговому просторі при низькому рівні повітропроникності шкіра швидко пітніє, важливе значення для забезпечення комфортності мають гігроскопічні властивості. Враховуючи вихідні умови найбільш показовим для характеристики рівня вологопоглинання виявився показник «площа розтікання води по поверхні горизонтально розташованого ТКМ» [4]. Методика визначення даного показника була адаптована до умов експлуатації бандажних виробів, в результаті чого краплю підфарбованої води наносили не на пакет матеріалу, а на тверду, рівну поверхню і безпосередньо на неї накладали матеріал чи пакет матеріалів. Умовний діаметр розтікання краплі по поверхні визначали, як середнє між значеннями величин розтікання в повздовжньому та поперечному напрямках.

Результати розрахунків площі розтікання краплі показані на гістограмах на рис. 3 для шарів матеріалів та рис. 4 для пакетів матеріалів.



Рис. 3. Площа розтікання для шарів матеріалів

* номер проби відповідає порядковому номеру матеріалу в таблиці 1.

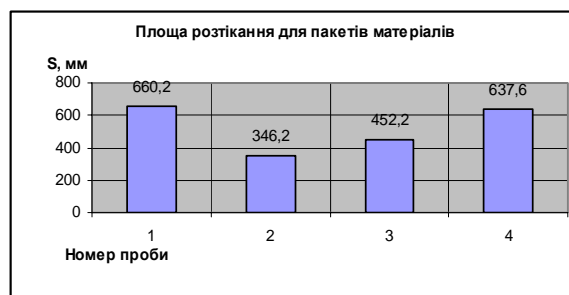


Рис. 4. Площа розтікання для пакетів матеріалів

В результаті оцінки результатів досліджень було обрано тк. ВЗ для створення пакету матеріалів, тому що спостерігалось збільшення площі розтікання води по верхньому шару та зменшення розтікання по нижньому, це свідчить про те, що волога проникаючи в нижній шар не затримується, а переходить та зосереджується у верхньому. Таке явище є позитивним для багатошарових полотен, призначених для відведення рідини від тіла людини, у яких нижній шар має залишатися сухим після потовбирання.

Оскільки функціональність бандажних виробів значною мірою забезпечується їх компресійними властивостями, наступний етап роботи був присвячений оптимізації параметрів конструкції бандажу для забезпечення необхідного рівня компресії. Для виявлення рівня невідповідності були проаналізовані типорозміри основних існуючих на ринку України та світу виробників бандажів для фіксації променево-зап'ястного суглобу. Встановлені значні відмінності у інтервалах вимірів, що відповідають певній групі розмірів. Обхвати, закладені в градацію виробників, набагато більші від їх стандартизованих значень. Це робить бандаж універсальним у використанні чоловіками та жінками, але дана різниця не може забезпечувати на відповідному рівні необхідну компресію, а отже необхідний лікувальний ефект.

Також було виявлено, що всі виробники в якості застібки використовують тасьму «Велкро». Це є зручним в регулюванні розміру, але не може забезпечити відповідний рівень компресії. Тому нами була запропонована застібка-блискавка, використання якої не перешкоджає лікувальному ефекту.

Оптимізація параметрів конструкції бандажу здійснювалась на основі теорії пружних оболонок. При проектуванні бандажних виробів з в'язаних або тканих еластомірних полотен розтяжність враховується в першу чергу. При проектуванні

таких виробів необхідно зменшувати їх по ширині. Для визначення норм і меж завуження необхідно враховувати величину тиску виробу на тіло. Умовно допустима величина тиску бандажного виробу на тіло 2,7-3,3 кПа. Умовно-нормальна величина тиску виробу на тіло 1,6-2,2 кПа. Еластомірний виріб, розтягуючись, приймає в умовах експлуатації складні геометричні форми тіла, і на окремих ділянках виробу величини розтягу різні. Проектуючи виріб по величині необхідних в кожному конкретному випадку конфігураційних зусиль на різних ділянках тіла, ми створимо по справжньому комфортний виріб з необхідним рівнем компресії.

Розрахунки ширини виробу проводились в програмі Excel для 4 типорозмірів (S, M, L, XL) на рівні лінії зап'ястя і кисті за формулою [6]:

$$P = 100 \pi CN \frac{S - 2 D_o}{SD_o} 100 \Rightarrow D_o = \frac{100 \pi CNS}{PS + 200 \pi CN} \quad (1)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Результати розрахунків ширини бандажного виробу
для фіксації променево-зап'ястного суглобу**

Маркування бандажа	Обхват зап'ястя за діючими стандартами	Ширина виробу у складеному стані на рівні лінії зап'ястя для мінімального обхвату, D0, см.	Ширина виробу у складеному стані на рівні лінії зап'ястя для максимального обхвату, D0, см.	Обхват кисті за діючими стандартами	Ширина виробу у складеному стані на рівні лінії кисті для мінімального обхвату, D0, см.	Ширина виробу у складеному стані на рівні лінії кисті для максимального обхвату, D0, см.
S	14,3-16,8	6,58	7,22	20,8-22,8	9,11	9,8
M	15,3-17,2	6,71	7,39	21,1-23,3	9,28	10,01
L	16,0-17,4	7,00	7,48	21,9-23,4	9,54	10,06
XL	16,2-18,0	6,96	7,74	22,1-23,8	9,49	10,23

На основі отриманих результатів побудовано конструкцію деталей бандажу та розроблено макет виробу, схематичне зображення якого показано на рис. 5.

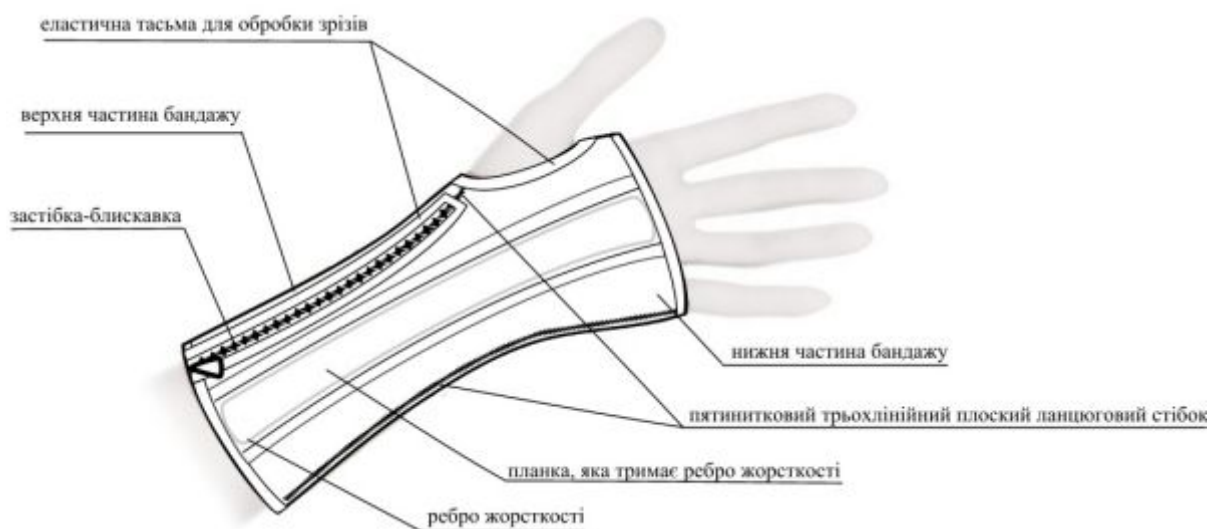


Рис. 5. Макет бандажного виробу для фіксації променево-зап'ястного суглобу

Висновки

Отже, проведені дослідження дозволили підвищити функціональність та удосконалити гігієнічні властивості бандажів для фіксації променево-зап'ястного суглобу за рахунок раціонального добору пакету матеріалів, конструктивного устрою та технології виготовлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юмашев Г. С. Травматология и ортопедия. / Г. С. Юмашев – М.: Медицина, 1990. – 576 с.
2. ГОСТ 51219-98 «Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные». Чинний від 30 червня 1999 р.
3. Мэнна ГО (MengNa GUO) Разработка технологии виртуального проектирования одежды с элементами симуляции комфортности: дис. на стиск. ученой степени канд. техн. наук: 24.03.2015 / ГО Мэнна . – Иваново, 2015. – 215 с.
4. Ковтун С. І. . Розробка та дослідження текстильних композиційних матеріалів для виробів медичного призначення: дис. на здобуття вченого ступеня канд. техн. наук: 07.06.2007 / Світлана Іванівна Ковтун. – К., 2007. – 236 с.
5. Бузов Б. А. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства / Б. А. Бузов – М., Легка і харчова промисловість, 2004. – 245 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. Т. 1. 5-е изд, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980. – 728 с.

Печерская А. А., Садретдинова Н. В.,

Оптимизация свойств бандажных изделий реабилитационного назначения

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье приведены результаты проектирования бандажных изделий для фиксации лучезапястного сустава; определены требования к бандажным изделиям; выполнен расчет габаритных размеров бандажного изделия с учетом положений теории упругих оболочек; обосновано использование многослойных текстильных комплексных материалов для обеспечения комфорта бандажного изделия.

Ключевые слова: *бандаж, комфортность, гигиенические свойства*

Pecherska A. A., Sadretdinova N. V.

Optimization properties bandage products are intended for rehabilitation

Kiev National University of Technology and Design

In the article results of designing products for fixation bandage wrist joint; The requirements to bandage products; The calculation of dimensions bandage product with regard the theory of elastic shells; The application of complex multi-layer textile materials to ensure comfort bandage product.

Keywords: *bandage, comfort, hygienic properties*