

УДК 677.074:687.17

БОБРОВА С.Ю., ГАЛАВСЬКА Л.Є.

Київський національний університет технологій та дизайну

**РОЗРОБКА БАЛІСТИЧНИХ ТРИКОТАЖНИХ
ПОЛОТЕН ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАСОБІВ
БРОНЕЗАХИСТУ**

Мета: Розробка структури та технології виготовлення кулірних трикотажних полотен підвищеної міцності, призначених для виготовлення засобів індивідуального захисту військовослужбовців Збройних сил України, правоохоронних органів, інших військових формувань України, осіб – учасників бойових дій, військових, волонтерів, журналістів та працівників охоронних структур.

Методика: використано методи аналізу та синтезу науково-технічної та патентної літератури у сфері виготовлення текстильних матеріалів підвищеної міцності, теорії структуроутворення кулірного двошарового трикотажу.

Результати: розроблена структура й запропоновані заправні дані для вироблення трикотажного полотна підвищеної міцності, що відноситься до групи полотен спеціального призначення, а саме балістичних текстильних матеріалів з підвищеним ступенем міцності. Встановлені параметри в'язання, що забезпечують нормальний перебіг процесу петлетворення на двофонтурній круглов'язальній машині. Розроблена структура являє собою двошарове полотно з пресовим з'єднанням шарів основними нитками. Для виготовлення трикотажного полотна використано високомолекулярну поліетиленову нитку підвищеної міцності торгової марки *Дупеета*®.

Наукова новизна: розроблена структура двошарового подвійного трикотажу підвищеної міцності, що здатна витримувати точковий удар понад 800Н. Встановлено параметри режиму в'язання, що забезпечують нормальне протікання процесу петлетворення при переробці на в'язальному обладнанні нового нетрадиційного виду сировини – високомолекулярної поліетиленової нитки *Дупеета*TM.

Практична значимість: налагодження вітчизняного виробництва трикотажних полотен для виготовлення бронежилетів прихованого типу та захисного шару комплектуючих елементів бронезахисту, використання яких допоможе мінімізувати дію рикошету кулі та її фрагментів, а завдяки полегшенню конструкції надасть можливість військовослужбовцю вільно рухатися та виконувати бойові задачі.

Ключові слова: балістичний текстильний матеріал, кевлар, *Дупеета*, бронежилет, рівень захисту, двошаровий кулірний трикотаж.

Вступ. На превеликий жаль, в Україні, на противагу іншим країнам пострадянського простору, не приділялася належна увага оборонно-промислового комплексу з позиції розробки та впровадження нових наукомістких технологій. В умовах стану неоголошеної війни та проведення антитерористичної операції на сході України необхідно на державному рівні звернути увагу на фінансування наукових розробок у сфері виготовлення засобів захисту учасників бойових дій.

Одним із таких засобів є бронежилети різних ступенів захисту. Бронежилет – це комплексний захист, який повинен передбачати не лише можливість зупинити кулю, але й звести до мінімуму отримання травмування від енергії, яку віддала бронежилету куля. При цьому, завдання бронежилета полягає в мінімізації дії рикошету кулі та її фрагментів, а також наданні можливості військовослужбовцю вільно рухатися та виконувати бойові задачі.

В Україні є фірми, що займаються виготовленням бронежилетів різного класу захисту. Однак слід зауважити, що усі фірми для пошиття бронежилетів використовують імпортовані тканини. Виробництво вітчизняних балістичних текстильних матеріалів з підвищеним ступенем міцності майже відсутнє. Відомий практичний досвід виготовлення на ткацьких верстатах полотен підвищеної міцності для бронезахисту [1]. Проте слід відзначити ряд недоліків використання тканих структур. Під дією сили удару кулі нитки основи та утку, розташовані в структурі тканини у взаємно перпендикулярних напрямках, розсуваються. Крім того ткани структури значно поступаються за еластичністю та розтяжністю трикотажним за умови використання нерозтяжних ниток.

На даний час у світі спостерігається бум застосування трикотажних полотен практично в усіх сферах життєдіяльності людини: техніці, медицині, будівництві, авто-та літакобудуванні, суднобудуванні, ракетній і космічній техніці, у якості геотекстилю та багатьох інших. Завдяки своїй еластичності та особливостям структуроутворення трикотаж є кращим текстильним матеріалом для виготовлення бронежилетів прихованого типу, додаткових комплектуючих бронежилета для захисту різних ділянок тіла (шия, пах, плечі, стегна) та формування підложки в бронеблоках для захисту від осколків та рикошету. У процесі динамічної взаємодії балістичного трикотажу з кулею його петельна структура внаслідок прояву еластичних властивостей забезпечить зменшення енергії рикошету кулі та її фрагментів. З огляду на це, дослідження слід проводити у напрямку розробки саме такої структури трикотажу. Вказаний напрям є перспективним, оскільки в Україні відсутні підприємства, які спеціалізуються на виготовленні трикотажних полотен для бронежилетів та інших трикотажних виробів, які захищають від різних видів холодної та вогнепальної зброї.

Постановка завдання. Метою даної роботи є розробка структури трикотажного полотна підвищеної міцності та технології його вироблення на круглов'язальному обладнанні. Основне цільове призначення полотен: виготовлення бронежилетів прихованого типу, комплектуючих елементів бронезахисту, чохла для бронеплит та формування захисного наповнення в бронеблоках. У якості сировини пропонується використати надміцну високомолекулярну поліетиленову нитку торгової марки Дупеєма®.

Ще в найдавніші часи людина почала захищати своє тіло від зовнішніх впливів та зброї одягом. З появою сталі - міцного, але важкого матеріалу виготовляли різні лати, обладунки, кольчуги і т.д. Кольчуга була відносно легкою і гнучкою, але захищала лише від меча, броня із сталевих листів могла затримати стрілу і навіть кулю середньовічної вогнепальної зброї. Подальший розвиток вогнепальної зброї випереджав розвиток натільної броні, і остання, в кінці кінців, стала втрачати своє колишнє поширення. Знову про захист своїх солдат бронеодягом згадали вже в 20-му столітті. В першу чергу це було пов'язано зі змінами у веденні війни: якщо раніше основну частку поранень солдати отримували від зброї, яка була в руках іншого солдата, то тепер значна частка втрат припадала на поранення осколками мін та снарядів. Енергія і проникаюча здатність осколків нижче, ніж у кулі, і тому створити протиосколкову броню було простіше. В арміях швидко стали поширюватися сталеві каски, вони не могли врятувати від гвинтівкової кулі, але рятували величезну кількість своїх господарів від осколків. Також

були спроби захистити від осколків тулуб солдат, і навіть спроби захистити солдатів від куль, але конструкції виявлялися важкими та неефективними [2].

Перші вироби, які можна назвати бронезжилетами, були створені після другої світової війни. Вони були зроблені з синтетичних волокон типу нейлону та націлені на захист тіла солдата від осколків. Але справжній переворот стався тоді, коли дослідницька група на чолі зі Стефані Кволек з компанії DuPont отримала волокно, яке в подальшому стало називатися кевларом. Тільки в 1975 р., коли були випущені перші бронезжилети з кевлару, вони вже могли зупинити не тільки осколок, а й більшість пістолетних куль, при цьому стали легшими і зручнішими в експлуатації. Після додаткового посилення металевими пластинами вдалося отримати відносно легкий і комфортний захист від автоматних куль [3].

З появою нових сучасних видів озброєнь засоби індивідуального бронезахисту потребують удосконалення з метою покращення їх міцності, надійності в експлуатації, збереження їх властивостей у різних кліматичних умовах й екстремальних ситуаціях та легкості і зручності у носінні. Адже на сьогоднішній день це найбільш надійний засіб індивідуального захисту солдата на полі бою. Незважаючи на значні досягнення у цій сфері за останні роки перед наукою і зараз стоїть задача розробки нових матеріалів та конструктивних рішень, що дозволять зробити бронезжилети більш легкими і міцними одночасно.

У роботі розглядається питання створення нових вітчизняних текстильних матеріалів, що виведуть виробництво бронезжилетів в Україні на новий рівень і дадуть можливість налагодити власне виробництво надміцного текстилю з унікальними властивостями, які перевершать за своїми показниками якості зарубіжні аналоги. Слід зазначити, що провідні західні й українські виробники засобів бронезахисту у більшості випадків віддають перевагу використанню у якості балістичного текстильного матеріалу тканин з кевлару або Дунеема.

Результати. Бронезжилети за цільовим призначенням поділяють на [4]:

- *зовнішнього* (тактичного) носіння – виріб одягається поверх одягу.
- *панцирного* типу – можуть одягатися і під і на одяг;
- *прихованого і напівприхованого* типу – як правило одягаються під піджак, верхній одяг;
- *прихованого* типу: найчастіше, одягається на голе тіло, непомітний навіть під сорочкою.

Балістичні текстильні матеріали можуть використовуватись у виготовленні бронезжилетів прихованого та напівприхованого типу; комплектуючих елементів бронезахисту бронезжилетів зовнішнього типу та чохла для бронеблоків (пластин).

Як правило, сучасний бронезахист складається з декількох бронесталевих пластин, обтягнутих спеціальним матеріалом, який амортизує удар, значно зменшуючи його силу. Існує світова практика виготовлення бронепластин з металокерамічних бронеблоків, полімерних з Дунеема ®, а також бронеблоків з кевларової тканини, з'єднаної у багатошаровий текстильний матеріал.

Найважливішою характеристикою бронеодягу є клас його захисту, тобто перелік тієї зброї, від якої він захищає. Клас захисту бронезжилету – показник стійкості захисної

структури бронезилета до дії конкретного засобу ураження. Цей показник регламентується українським нормативним документом ДСТУ В 4103-2002 [5]. Слід також відмітити, що документ регламентує чіткі вимоги для глибини заперешкодної деформації, яка повинна бути не більше ніж 25 мм. Величина заперешкодного (забар'єрного) впливу встановлюється при відповідних дослідженнях текстильного матеріалу на спеціальній балістичній глині. Заперешкодний вплив – це енергія, яка передається кулею тілу. Доволі часто, коли бронепластина прикладена до тіла, у разі непробою бронеплити енергія кулі передається пластині і далі енергія удару передається тілу людини. Енергія удару пістолетної кулі зрівнянна з гарним хуком боксера, автоматної кулі – з енергією удару кувалди. Тому заперешкодний вплив здатний викликати сильні травми - аж до летального результату. При проектуванні виробів індивідуального бронезахисту питанню забар'єрного впливу необхідно приділяти особливу увагу.

При попаданні кулі в бронесталь, вона розлітається на сотні більш дрібних осколків і вони можуть завдати навіть ще більшої шкоди, ніж просто попадання кулі. Для зниження кількості утворених осколків на бронезилети встановлюються підсумки й інше навісне обладнання, а на самих бронеплитах можна додатково робити протиосколковий захист. Між бронеплиткою і тілом повинен бути м'який прошарок з відповідного матеріалу, який здатен звести до нуля травму від попадання кулі, пом'якшити удар. Зараз для цього використовують амортизуючі прокладки з пористих пружних матеріалів. Отже, основною метою використання текстильних матеріалів підвищеного ступеню міцності є посилення кулестійкості; зменшення заброньової сили удару кулі та забар'єрного травмування тіла людини; запобігання рикошетові; протиосколковий захист.

Для виготовлення трикотажних полотен підвищеної міцності пропонується використовувати двофонтурні круглов'язальні машини 10-16 класів з інтерлочним розташуванням голок, що забезпечать переробку надміцних ниток та отримання двошарового трикотажного полотна з необхідними показниками якості. Відомо, що в світових аналогах балістичних текстильних матеріалів для надання їм функціональних властивостей в основному застосовуються два види сировини: параарамідні (поліпарафенілен-терефталамід) або кевларові нитки компанії DuPont (США) та високомолекулярні поліетиленові нитки торгової марки Dyneema компанії DSM (Нідерланди). Рідше зустрічається використання їх аналогів (Twaron, Technora, Certran, Spectra та ін.), але лідерство все ж закріпилося за кевларом та Dyneema.

У результаті аналізу комплексу властивостей надміцної сировини для виробництва балістичного текстилю двох основних лідерів-виробників встановлено, що волокна Dyneema перевершують за міцністю відповідні арамідні волокна на 45%. Ці волокна характеризуються незначною вагою, стійкістю практично до усіх видів хімікатів і ультрафіолетових променів, відсутністю розтяжності, і при цьому вони не втрачають своєї міцності у процесі експлуатації. Також нитка Dyneema не тоне у воді і практично не схильна до зношування [6]. Перевагою кевлару можна назвати збереження його міцності при низьких і високих температурах, негорючість та високу міцність на розрив, проте матеріали з кевлару втрачають свої якості за вологих умов. Завдяки тому, що волокна Dyneema® з надвисокою молекулярною масою

виготовляються з поліетилену, це дозволяє створювати унікальний синтетичний матеріал, що поєднує в собі такі властивості поліетилену, як стійкість до дії вологи та легкість у поєднанні з неймовірною міцністю, що перевищує міцність сталі в 15-20 разів. Отже, основні вимоги до сировини, як неперевершена міцність та гнучкість, практично відсутня схильність до зношування, високе розривальне видовження та стійкість до розриву забезпечать новим текстильним матеріалам, що використовуються у засобах індивідуального захисту, високі споживні показники. Використання балістичних трикотажних полотен, що містять у своїй структурі нитку DuneemaTM, дозволить підвищити клас захисту бронежилету та значно зменшити його вагу за умови зменшення товщини захисних пластин з броньованої сталі та введення трикотажної підложки (наповнювача) для захисту від осколків та рикошету, що є вагомим фактором мобільності бійця при значних фізичних навантаженнях у умовах бойової експлуатації.

У результаті аналізу балістичних текстильних матеріалів вітчизняних та світових виробників, а також структур подвійного кулірного трикотажу нами розроблена структура та досліджено особливості її виготовлення на двофонтурній круглов'язальній машині 16 класу з інтерлочних розташуванням голок [7]. Дана структура являє собою двошарове полотно з пресовим з'єднанням шарів основними нитками. Саме двошарове переплетення дозволяє підвищити еластичність полотна з використанням нерозтяжної нитки, а також поєднувати в одному полотні різні види сировини за умови їх чіткого розмежування по шарах. Для утворення лицьового шару полотна використано високомолекулярну поліетиленову нитку торгової марки Duneema® лінійної густини 44 текс, для утворення виворітного – гладку комплексну поліамідну нитку для технічних цілей лінійної густини 29 текс та для більшої еластичності й поліпшення частки пружної деформації полотна поліуретанову нитку лінійної густини 2,2 текс. Основними проблемами при виготовленні даного полотна були: підбір глибини кулірування для голок циліндра і ріппшайби, що утворюють петлі, з метою урівноваження утворених шарів двошарового трикотажу; встановлення необхідної величини зіву між фонтурами; забезпечення зусилля відтягування для відведення двошарового полотна у міжфонтурний проміжок; визначення співвідношення між глибиною кулірування у системі, де в циліндрі утворювалися петлі, а в ріппшайбі з'єднувальні пресові накиди. Встановлено, що саме зміна зазначеного співвідношення значною мірою впливає на нормалізацію процесу в'язання та розтяжність полотна. Використання запропонованого двошарового трикотажу дозволить зменшити кількість шарів текстильного матеріалу при формуванні підложки (наповнювача) бронеблоків, що забезпечує захист тіла від осколків і рикошету, й відповідно зменшити вагу та собівартість бронежилетів за умови збереження класу захисту. Розроблене балістичне трикотажне полотно пройшло перевірку на міцність до удару впритул кулі пневматичної зброї, у результаті проведення якої на полотні не виявлено слідів руйнування нитки в структурі трикотажу.

На завершення хотілося б додати, що Україна в цілому спроможна адекватно відповісти новим викликам на ринку озброєнь, і для цього існують певні ресурсні можливості. Зокрема, інтелектуальний потенціал держави при визначенні пріоритетів у розробках та створенні озброєнь може забезпечити створення конкурентоспроможних зразків засобів індивідуального бронезахисту.

Висновки. Встановлено можливість переробки на в'язальному обладнанні нового нетрадиційного виду сировини – високомолекулярної поліетиленової нитки Duneema™. Розроблено двошарове трикотажне полотно підвищеної міцності з пресовим з'єднанням шарів основними нитками, що може бути рекомендоване як основний текстильний матеріал для виготовлення бронежилетів прихованого типу, додаткових комплектуючих бронежилета для захисту різних ділянок тіла та формування підложки в бронеблоках для захисту від осколків та рикошету. Встановлено параметри режиму в'язання, що забезпечують нормальне протікання процесу петлетворення. За рахунок поєднання двох видів сировини для утворення шарів двошарового трикотажу досягнута міцність до точкового удару понад 800Н. Попередня перевірка протидії одержаного полотна удару кулі пневматичного пістолета показала його достатню міцність та еластичність, що підтверджуються фактом збереження цілісності структури та відсутності руйнування елементарних волокон нитки.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт науково-виробничого підприємства «ТЕМП-3000» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.temp3000.com/ru/katalog-produktsii/category/brone-plastiny>.
2. Сайт «Офіцерський корпус» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://officers.kiev.ua/archives/5235>.
3. Доспехи XXI века [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://service-safety.at.ua/publ/1-1-0-216>.
4. Офіційний сайт компанії «МАТЕ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mate-armour.com.ua/armours/>.
5. [Информация «Стандарты» Классы защиты бронежилетов по ДСТУ В 4103-2002](http://rada.com.ua/category/klassy-zashity-bronezhiletov-po-dstu-v-4103-2002/) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rada.com.ua/category/klassy-zashity-bronezhiletov-po-dstu-v-4103-2002/>.
6. Офіційний сайт компанії DSM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dsm.com>
7. Пат. на корисну модель 51029 Україна, МПК D 04 В 1/14. Двошаровий кулірний трикотаж / Мотовиловец Н. В., Галавська Л. Є. ; заявник та патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну ; заявл. 03.02.2010 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12.

РАЗРАБОТКА БАЛИСТИЧЕСКИХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СРЕДСТВ БРОНЕЗАЩИТЫ

БОБРОВА С.Ю., ГАЛАВСКАЯ Л.Е.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Разработка структуры и технологии изготовления кулирных трикотажных полотен повышенной прочности, предназначенных для изготовления средств индивидуальной защиты военнослужащих Вооруженных сил Украины, правоохранительных органов, других военных формирований Украины, лиц - участников боевых действий, военнослужащих, волонтеров, журналистов и работников охранных структур.

Методика. Используются методы анализа и синтеза научно-технической и патентной литературы в сфере текстильных материалов повышенной прочности, теории структурообразования кулирного двухслойного трикотажа.

Результаты. Разработана структура и предложены заправочные данные для изготовления трикотажного полотна повышенной прочности, которое относится к группе полотен специального назначения, а именно баллистических текстильных материалов с повышенной степенью прочности. Установлены параметры вязания, обеспечивающие нормальное протекание процесса петлеобразования на двухфонтурной кругловязальной машине. Разработанная структура представляет собой двухслойное полотно с прессовым соединением слоев основными нитями. Для изготовления трикотажного полотна использована высокомолекулярная нить повышенной прочности торговой марки Dyneema®.

Научная новизна. Разработанная структура двухслойного трикотажа повышенной прочности, способна выдерживать точечный удар более 800Н. Установлены параметры режима вязания, обеспечивающие нормальное протекание процесса петлеобразования при переработке на вязальном оборудовании нового нетрадиционного вида сырья – высокомолекулярной полиэтиленовой нити Dyneema™.

Практическая значимость. налаживание отечественного производства трикотажных полотен для изготовления бронежилетов скрытого типа и защитного слоя комплектующих элементов бронезащиты, использование которых поможет минимизировать воздействие рикошета пули и ее фрагментов, а благодаря облегчению конструкции позволит военнослужащему свободно двигаться и выполнять боевые задачи.

Ключевые слова: *баллистический текстильный материал, кевлар, Dyneema, бронежилет, уровень защиты, двухслойный кулирный трикотаж.*

BALLISTIC KNITTED FABRICS DEVELOPMENT FOR BODY ARMOR PRODUCTION

BOBROVA S.JU., GALAVSKA L.JE.

The Kiev National University of Technologies and Design

Objective. Development of structure and knitting technology of hyper strength weft knitted fabrics for manufacture of personal body armor for combatants, soldiers, volunteers, journalists and security structures employees.

Methodology. Methods of analysis and synthesis of scientific-technical and patent literature in the field of hyper strength textile materials, theory of weft double-layer knitwear structure formation were applied.

Findings. The knitting structure was developed and initial knitting process data were suggested for hyper strength knitted fabric production. It belongs to the group of fabrics of special purpose, namely ballistic textile materials with an increased level of strength. The knitting parameters were determined, which provide normal course of knitting process on double circular rib machine. The proposed structure is a double-layer knitting fabric with a press connection of layers by main yarns. For the knitted fabric production were used ultra-high molecular weight polyethylene yarn trademark Dyneema®.

Originality. The developed double-layer knitwear structure of hyper strength is capable of withstanding more than 800N spot-kick. The parameters of knitting mode are determined, that provide normal loop forming action by processing on knitting equipment of the new non-traditional raw material - ultra-high molecular weight polyethylene yarn Dyneema™.

Practical Value. Establishing of domestic production of knitted fabrics for armored vests of hidden type and body armor protective layer elements manufacture, using which helps minimize the impact of a bullet ricochet and its fragments, and due to construction lightweight allows the soldier to move freely and carry out combat tasks.

Keywords: *ballistic textile material, kevlar, Dyneema, armor vest, protection level, double-layer weft knitwear.*