

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОГО ТРИКОТАЖА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ МАСКИ

DEVELOPMENT OF A HYBRID KNITTED FABRIC FOR A MEDICAL MASK

Д.И. Быковский, А.В. Чарковский, А.С. Дягилев
D.I. Bykouski, A.V. Charkovskij, A.S. Dyagilev

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь
Vitebsk state technological university, Republic of Belarus
E-mail: denisbykouskij@yandex.ru, acharkovsky@mail.ru, dygilev@gmail.com

Целью работы является проектирование структуры трикотажа для изготовления медицинской маски с применением 3D-моделирования. В качестве объекта исследования выбран трикотаж, предназначенный для изготовления медицинской маски. Выбрано сырье и переплетение для разработанного трикотажа. Проведены экспериментальные исследования капиллярности и гигроскопичности изготовленных образцов. Созданы трехмерные модели структуры двухслойного трикотажа, предназначенного для изготовления медицинской маски.

Ключевые слова: медицинская маска, гибридный трикотаж, платированное переплетение, мультифиламентные нити, 3D-моделирование, структура трикотажа, свойства трикотажа.

The aim of the work is to design the structure of knitted fabric for the production of a medical mask using 3D-modeling. The object of the research is the knitwear for the production of a medical mask. The raw materials and stitch pattern for the designed knitted fabric have been selected. Experimental researches of capillarity and hygroscopicity of the knitted fabrics were carried out. Three-dimensional models of the structure of two-layer knitted fabric were created.

Keywords: medical mask, double-layer knitwear, plated knitted fabrics, multifilament yarns, 3D modeling, structure of knitted fabrics, properties of knitted fabrics.

В процессе жизнедеятельности у человека из слизистых оболочек ротовой и носовой полости выделяются капельные частицы, которые могут содержать болезнетворные микроорганизмы. Для минимизации прямой передачи между людьми микроорганизмов, способных вызывать заболевания, предназначены медицинские маски. Согласно [1] медицинские маски подразделяют на два типа (тип I и тип II) в зависимости от эффективности бактериальной фильтрации. Маски типа I используются пациентами для уменьшения вероятности распространения инфекции, особенно при эпидемиях и пандемиях. Маски типа II, в основном, используют врачи в операционных и подобных медицинских помещениях. К основным функциональным характеристикам медицинских масок относятся:

- эффективность бактериальной фильтрации (эффективность материалов медицинской маски как барьера для проникновения бактерий);
- дифференциальное давление (воздухопроницаемость маски, измеренная путем определения разницы в давлении воздуха на внутренней и внешней стороне маски при определенных параметрах воздушного потока, температуры и влажности);
- колониеобразующая единица, КОЕ (единица измерения количества культивируемых микроорганизмов);
- микробиологическая чистота (отсутствие популяций жизнеспособных микроорганизмов на продукте и/или упаковке);
- биосовместимость (токсикологические характеристики).

Также, медицинская маска должна иметь высокие гигиенические свойства для того, чтобы ее можно было комфортно использовать в течение длительного времени. Для этого важна способность маски поглощать влагу из воздуха, выдыхаемого человеком, и передавать ее в окружающую среду.

На сегодняшний день является актуальной задача проектирования и производства гигиенических масок повышенной комфортности для повседневного использования.

Этап выбора сырья для изготовления маски является определяющим ее итоговое качество. В период эпидемии и пандемии странам требуются сотни миллионов медицинских масок, в основном, масок типа I, для изготовления которых расходуется огромное количество текстильных материалов. Некоторые из этих материалов импортируются и являются остро востребованными в мире, например, хлопчатобумажная пряжа.

Полиэфирные нити биологически совместимы и часто используются для изготовления изделий, имплантируемых в организм. Полиэфирные нити нового поколения, выпускаемые предприятием «СветлогорскХимволокно» [2] благодаря большому количеству составляющих нить филаментов могут улучшить эффективность бактериальной фильтрации [3], а также поддерживать в требуемых пределах дифференциальное давление [4]. Полиэфирные нити с антимикробным эффектом могут быть использованы для улучшения микробиологической чистоты масок.

Лен является наиболее распространённым в Европе видом лубяных волокон, а Республика Беларусь является одним из крупнейших мировых производителей льняного волокна, занимая более 20% мирового рынка [5]. Льняная пряжа характеризуется относительно высокой способностью впитывать влагу в сравнении с другими натуральными волокнами. Лен обладает способностью угнетать жизнедеятельность микрофлоры [6]. В связи с этим целесообразно рассмотреть льняную пряжу в качестве сырья для медицинской маски.

Помимо сырья на свойства трикотажа в определенной степени влияет также и переплетение. Перспективным для изготовления масок с повышенными гигиеническими свойствами является трикотаж платированных переплетений. Строение кулирного гибридного трикотажа платированного переплетения представлено на рисунке 1.

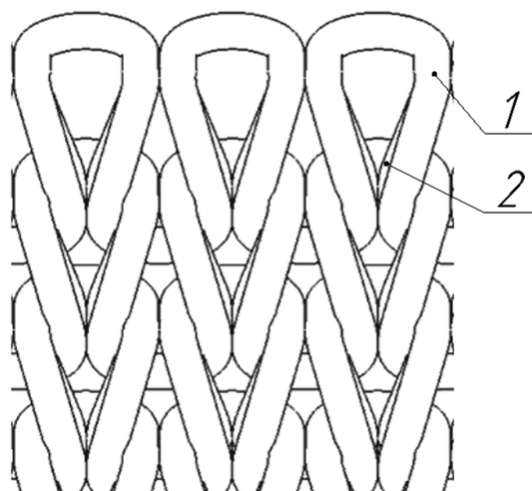


Рис. 1. Платированное переплетение

Петли 1 формируют лицевую поверхность трикотажа, а петли 2 – изнаночную. В рассматриваемом случае применение платированных переплетений для вязания медицинской маски означает, что функциональные характеристики поверхности изделия, обращенной одной стороной к лицу, а другой стороной – к окружающему воздуху, могут формироваться в соответствии с заданными требованиями.

Гигроскопичность и капиллярность – важные физико-механические свойства текстильных материалов, контактирующих с телом [7, 8]. На однофонтурной кругловязальной машине «AUTOSWIFT» были изготовлены 16 вариантов образцов гибридного трикотажного материала платированного переплетения для изготовления медицинской маски. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. В качестве гидрофильных выбраны льняная и хлопчатобумажная пряжа, в качестве гидрофобных –

полиэфирные нити с числом филаментов 48 и 288. Заправочные данные для выработки трикотажных полотен представлены в таблице 1.

Таблица 1

Заправочные данные для выработки трикотажных полотен

№ п.п.	Вид и линейная плотность нитей, текс	
	Лицевая сторона трикотажа	Изнаночная сторона трикотажа
1	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Льняная пряжа 30 текс
2	Льняная пряжа 30 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
3	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
4	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2
5	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2	Льняная пряжа 30 текс
6	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2
7	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2
8	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
9	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2	Льняная пряжа 30 текс
10	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2
11	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2
12	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2
13	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
14	Льняная пряжа 30 текс	Льняная пряжа 30 текс
15	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) ×2
16	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2	Полиэфирные нити (16,7текс f288)×2

Натуральные волокна имеют большую гигроскопичность, чем синтетические. Это позволяет использовать натуральные волокна для формирования внешнего влаговпитывающего слоя трикотажных изделий с повышенными гигиеническими свойствами, а синтетические – для формирования внутреннего влагопринимającego слоя. Внутренний слой, не намокая, передает влагу с поверхности кожи во внешний слой, обеспечивая «эффект сухости».

Проведены исследования гигроскопичности образцов трикотажных полотен, указанных в таблице 1, в соответствии с [9]. На рисунке 2 представлены наиболее показательные графики зависимости гигроскопичности образцов 1, 13, 14 и 16 вариантов от времени.

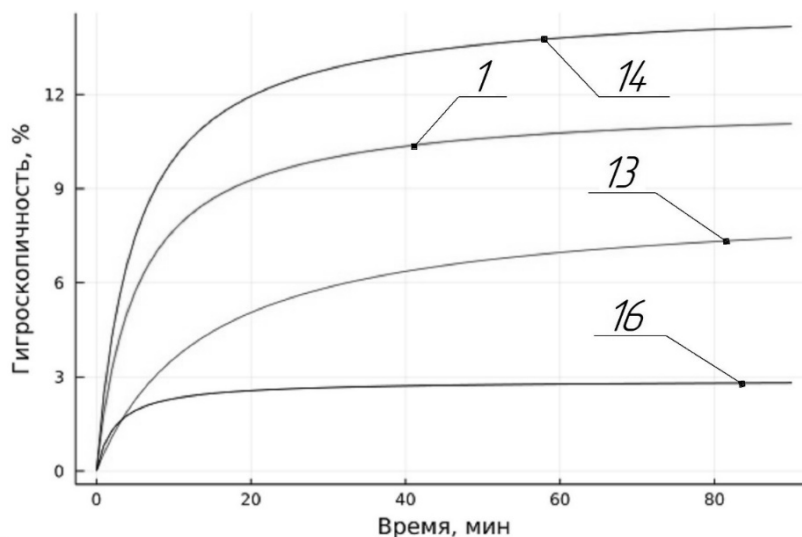


Рис. 2. Зависимости гигроскопичности от времени

Зависимости гигроскопичности других образцов из синтетических волокон 11, 12, 15 от времени близки к зависимости образца 16. Зависимость гигроскопичности образца 2 близка к зависимости образца 1. Уровни гигроскопичности образцов из натуральных волокон 1, 2, 13, 14 значительно выше, чем у образцов из синтетических волокон 11, 12, 15, 16. При этом уровень гигроскопичности льняного образца 14 выше, чем у образца 13 из хлопчатобумажной пряжи, а уровни гигроскопичности образцов 1, 2 из смеси хлопчатобумажной и льняной пряжи выше, чем у образца 13, и ниже, чем у образца 14.

Мультифиламентные полиэфирные нити должны иметь повышенные капиллярные свойства вследствие наличия в них множества узких каналов между филаментами, которые позволяют жидкости эффективно двигаться по ним.

Проведены исследования капиллярности образцов трикотажных полотен, указанных в таблице 1, в соответствии с [9]. На рисунке 3 показана зависимость капиллярности образцов 15, 16, состоящих из синтетических волокон, от времени.

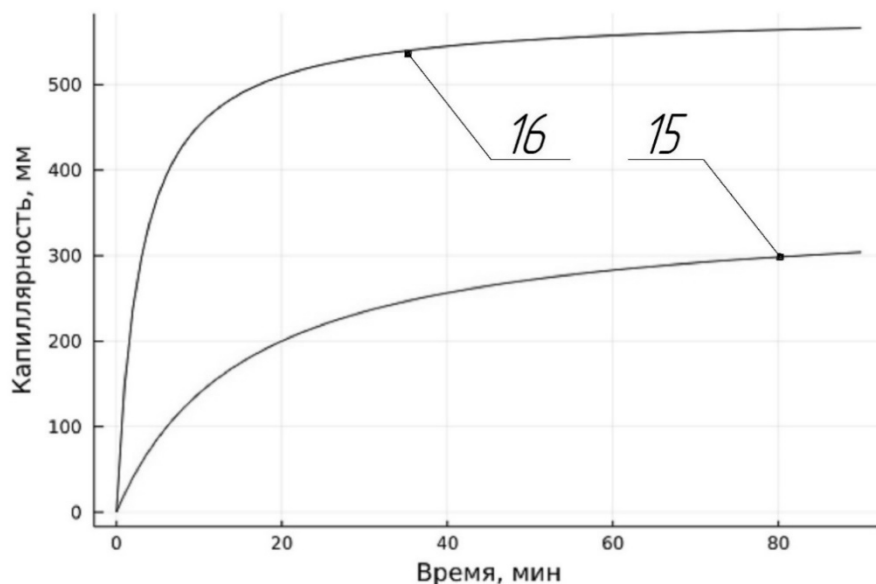


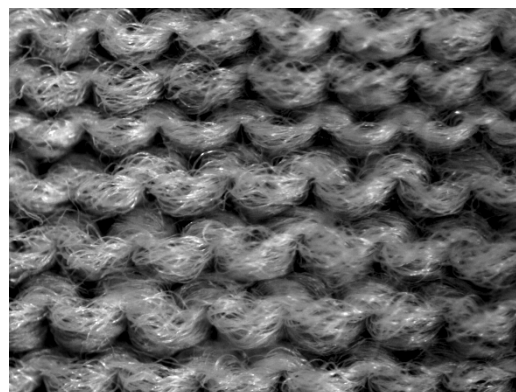
Рис. 3. Зависимости капиллярности от времени

Зависимости капиллярности других образцов из синтетических волокон 11, 12 от времени близки к зависимости образца 16. Капиллярные свойства образца 16 из мультифиламентных полиэфирных волокон значительно выше, чем у образца 15 из обычных полиэфирных волокон.

Таким образом, целесообразно влагопринимающий слой медицинской маски формировать из полиэфирных волокон, обладающих хорошими капиллярными свойствами, но при этом имеющими незначительную гигроскопичность. Предпочтительно использовать полиэфирные волокна с большим числом филаментов. Использование полиэфирных волокон для влагопринимающего слоя маски также позволит сократить использование более дорогой хлопчатобумажной пряжи, тем самым удешевив продукт. Благодаря низкой гигроскопичности влагопринимающий слой обеспечит эффект «сухости» маски. Льняная пряжа, обеспечивающая наивысший уровень гигроскопичности, наилучшим образом подходит для создания влагопитывающего слоя изделия. Однако, учитывая цену сырья, целесообразно использовать хлопчатобумажную пряжу, которая также имеет высокую гигроскопичность, хотя и уступающую льняной пряже. Примером такого трикотажа может служить трикотаж платированного переплетения, показанный на рисунке 4 с увеличением.



а

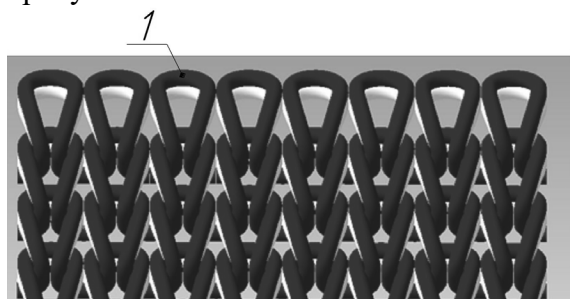


б

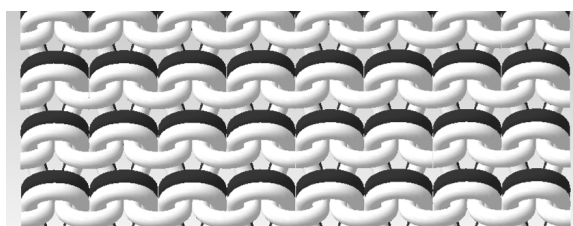
Рис. 4. Трикотаж для изготовления медицинской маски с повышенными гигиеническими свойствами:

а – лицевая сторона, б – изнаночная сторона

Покровный слой трикотажа (рис.4) состоит из хлопчатобумажной пряжи, грунтовый слой – из полиэфирных мультифиламентных нитей. 3D-моделирование структуры позволяет наглядно представить особенности строения, оценить физические свойства, внешний вид и другие характеристики трикотажа. В рамках данной работы с помощью разработанной авторами библиотеки [13] для САПР КОМПАС-3D осуществлено построение 3D-модели гибридного двухслойного трикотажа платированного переплетения, соответствующего описанным выше требованиям, предназначенного для изготовления маски. Модель представлена на рисунке 5.



а



б



в

Рис. 5. 3D-модель двухслойного трикотажа платированного переплетения:

а – лицевая сторона, б – изнаночная сторона, в – вид сбоку

Покровный влаговпитывающий слой 1 состоит из хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 36 текс. Грунтовый влагопринимаящий слой 2 состоит из полиэфирной нити линейной плотностью 16,7 текс х2. Маска контактирует с кожей поверхностью из полиэфирных нитей. В соответствии со структурой, которая показана на модели, видим, что

поверхность при намокании будет передавать влагу во внешний впитывающий слой 1 благодаря высоким капиллярным свойствам полиэфирных нитей и их низкой гигроскопичности.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований получены рекомендации для проектирования гигиенической маски повышенной комфортности для повседневного использования: для изготовления гибридной медицинской маски повышенной комфортности целесообразно комбинировать как натуральные, так и химические волокна; для создания влагопринимающего прилегающего к коже слоя целесообразно использовать мультифиламентные полиэфирные нити, обладающие высокой капиллярностью и низкой способностью впитывать влагу; формировать влаговпитывающий слой целесообразно из хлопчатобумажной пряжи, обладающей высокой способностью впитывать влагу.

Построена 3D-модель гибридного двухслойного трикотажа платированного переплетения, предназначенного для изготовления медицинской маски, с влагопринимающим слоем из мультифиламентных полиэфирных волокон и влаговпитывающим слоем – из натуральных волокон. Модель наглядно представляет особенности структуры такого трикотажного материала. Анализ структуры подтверждает наши рекомендации.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 58396 – 2019. Маски медицинские. Требования и методы испытаний. Издание официальное. М., Стандартинформ 2019.
2. Полиэфирные текстурированные мультифиламентные неокрашенные и крашеные в массе нити [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sohim.by/produktsiya/poliefirnye-niti/multifilamentnye-i-okrashennye-v-masse/>, дата доступа: 29.03.2020 г.
3. Чарковский, А.В., Шевеленко, Н.Г. (2017), Использование мультифиламентных нитей для изготовления фильтровальных материалов, Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной году науки, Витебск, 2017, С. 90-92.
4. Чарковский, А.В., Гончаров, В.А., Береснев, В.И. (2018), Разработка высокообъемного трикотажа с использованием мультифиламентных нитей, Вестник Витебского государственного технологического университета, 2018, № 1 (34), С. 79-87.
5. Дягилев, А.С., Быковский, Д.И., Реймер, В., Янссен, А., Грис, Т. (2019), Сравнительный анализ разрывной нагрузки и гибкости длинного трепаного льноволокна и бананового волокна, Сборник научных трудов, посвященный 75-летию кафедры Материаловедения и товарной экспертизы. под ред. Шустова Ю.С., Буланова Я.И., Курденковой А.В., Москва, 2019, С. 184-188.
6. Живетин, В. В., Осипов, Б. П., Осипова, Н. Н. (2002), Льняное сырье в изделиях медицинского и санитарногигиенического назначения, Российский Химический Журнал. Том XLVI, Москва, 2002, № 2, С. 31-35
7. Zhou, L. (2011), Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric, Advanced Materials Research, 2011, № 332-334, С. 731-734.
8. Çil, M.G., Nergis, U.B., Candan, C. (2009), Fiber An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics, Textile Research Journal, 2009, № 79, С. 917-923.
9. ГОСТ 3816 – 81. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. Издание официальное. М., ИПК Издательство стандартов 1981.
10. Быковский, Д.И., Чарковский, А.В. (2021), Разработка библиотеки для автоматизированного проектирования однослойного трикотажа переплетения кулирная гладь, Материалы докладов 54-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов в двух томах, Витебск, 2021, С. 196-199.