

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТРИКОТАЖА

### USING 3D MODELS FOR KNITWEAR DESIGN

УДК 677.025.1:687

**А.А. Кузнецов<sup>1\*</sup>, А.В. Чарковский<sup>1</sup>, В.А. Гончаров<sup>2</sup>,  
В.И. Береснев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Витебский государственный технологический университет

<sup>2</sup> ОАО «Алеся»

<sup>3</sup> ОАО «Світанак»

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13607>

**A. Kuznetsov<sup>1\*</sup>, A. Charkovskij<sup>1</sup>, V. Goncharov<sup>2</sup>,  
V. Beresnev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Vitebsk State Technological University

<sup>2</sup> OJSC «Alessia»

<sup>3</sup> OJSC «Svitanok»

#### РЕФЕРАТ

*ТЕРМОБЕЛЬЁ, ДВУХСЛОЙНЫЙ ТРИКОТАЖ, МУЛЬТИФИЛАМЕНТНЫЕ НИТИ, 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ, СТРУКТУРА ТРИКОТАЖА, ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАПИСИ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА, СВОЙСТВА ТРИКОТАЖА*

Целью работы является проектирование структуры трикотажа с заданными функциональными свойствами, применяя 3D-моделирование трикотажа.

В качестве объекта исследования выбран трикотаж, предназначенный для изготовления термобелья. На примере двухслойного трикотажа описан процесс проектирования трикотажа с заданными функциональными свойствами.

Предложено процесс проектирования трикотажа с заданными функциональными свойствами разделить на этапы: изучение требований к разрабатываемому трикотажу → построение графической записи кладки нитей по вязальным системам трикотажной машины → составление схемы структуры трикотажа (геометрической модели) → построение 3D-модели структуры трикотажа по составленной схеме структуры трикотажа → изготовление экспериментального образца трикотажа → визуальный анализ экспериментального образца трикотажа → составление схемы структуры экспериментального образца трикотажа → построение 3D-модели экспериментального образца трикотажа → анализ полученной 3D-модели с точки зрения достижения поставленной цели.

#### ABSTRACT

*THERMAL UNDERWEAR, DOUBLE-LAYER KNITWEAR, MULTIFILAMENT YARNS, 3D MODELING, KNITWEAR STRUCTURE, GRAPHIC RECORDS OF KNITWEAR, KNITWEAR PROPERTIES*

The aim of the work is to design the structure of knitwear with given functional properties using 3D modeling of knitwear.

The object of the research is the knitwear for the manufacture of thermal underwear. Using the example of double-layer knitwear, the process of designing knitwear with specified functional properties is described.

A process of designing knitwear with specified functional properties was divided into the following stages: studying the requirements for knitwear being developed → building a graphic record of thread laying using knitting systems of a knitting machine → charting a knitwear structure (geometric model) → building a 3D model of a knitwear structure using a structured knitwear structure → manufacturing an experimental knitwear sample → visual analysis of an experimental knitwear pattern → charting the structure of three cottage of an experimental knitwear sample → construction of a 3D model of an experimental knitwear sample → analysis of the obtained 3D model from the point of view of achieving the set task.

Three-dimensional models of the structure of a two-layer knitwear are created and their animated presentation is made. The analysis of 3D models of

\* E-mail: [rector@vstu.by](mailto:rector@vstu.by) (A. Kuznetsov)

Созданы трехмерные модели структуры двухслойного трикотажа и их анимированные презентации. Анализ 3D-моделей спроектированного трикотажа показывает возможности и пути реализации поставленных конкретных функциональных свойств. Полученные результаты могут быть использованы в процессе разработки трикотажа с заданными функциональными свойствами на производстве, в научных исследованиях, учебном процессе.

*the designed knitwear shows the possibilities and the ways of realizing the set specific functional properties. The results obtained can be used in the development of knitwear with given functional properties in production, in scientific research, in the educational process.*

Целью работы является проектирование структуры трикотажа с заданными функциональными свойствами, используя 3D-моделирование трикотажа.

Функциональность трикотажного термобелья состоит в способности его бороться с дискомфортом, вызываемым избыточным потовыделением. Способность белья эффективно отводить пот в основном обеспечивается строением трикотажа, из которого изготовлено белье. Рассмотрим особенности проектирования структуры трикотажа для термобелья.

В свете современных воззрений на строение термобелья трикотаж должен иметь двухслойную структуру. В двухслойном трикотаже два полотна соединены друг с другом элементами петельной структуры в процессе вязания. Свойства двухслойного трикотажа определяются подбором переплетений для слоев элементов соединения, порядка их чередования, вида линейной

плотности и цвета пряжи, нитей [1].

В нашем случае первый слой, влагоотводящий, должен обеспечивать отвод пота с поверхности кожи во второй слой, влагопринимаящий, с которого осуществляется испарение пота в окружающую среду.

Первый слой должен быть образован из невпитывающих влагу (гидрофобных) нитей, чем обеспечивается ощущение сухости термобелья. Второй слой целесообразно вязать из гидрофильных нитей, пряжи, способных впитывать, накапливать и испарять влагу.

Двухслойный трикотаж по способу образования соединительных элементов делится на четыре группы: футерного, прессового, уточного, покровного способов соединения [1].

На рисунке 1 графическая запись кладки нитей по системам вязальной машины для получения двухслойного трикотажа прессового способа соединения слоев [2].

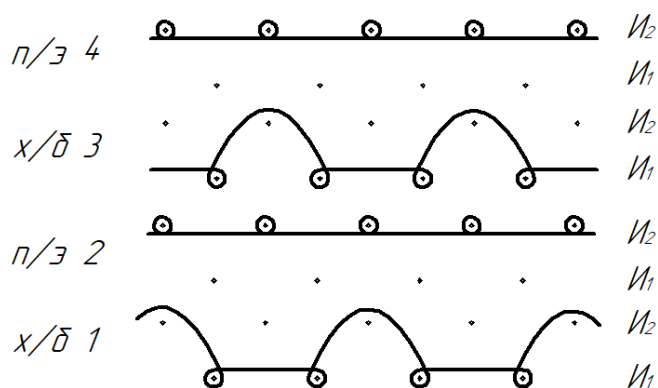


Рисунок 1 – Графическая запись на 4 системы

Петли одной из сторон трикотажа вяжутся на иглах только передней игольницы И1 из хлопчатобумажной пряжи (системы 1, 3). Петли другой стороны трикотажа образуются из полиэфирных текстурированных нитей на иглах только второй игольницы И2 (системы 2, 4). Соединение слов осуществляется набросками (незамкнутыми

петлями), образуемыми в шахматном порядке в системах 1, 3.

По графической записи (рисунок 1) составляем схему структуры трикотажа (геометрическую модель двухслойного переплетения). На рисунке 2 показана схема структуры двухслойного трикотажа прессового способа соединения.

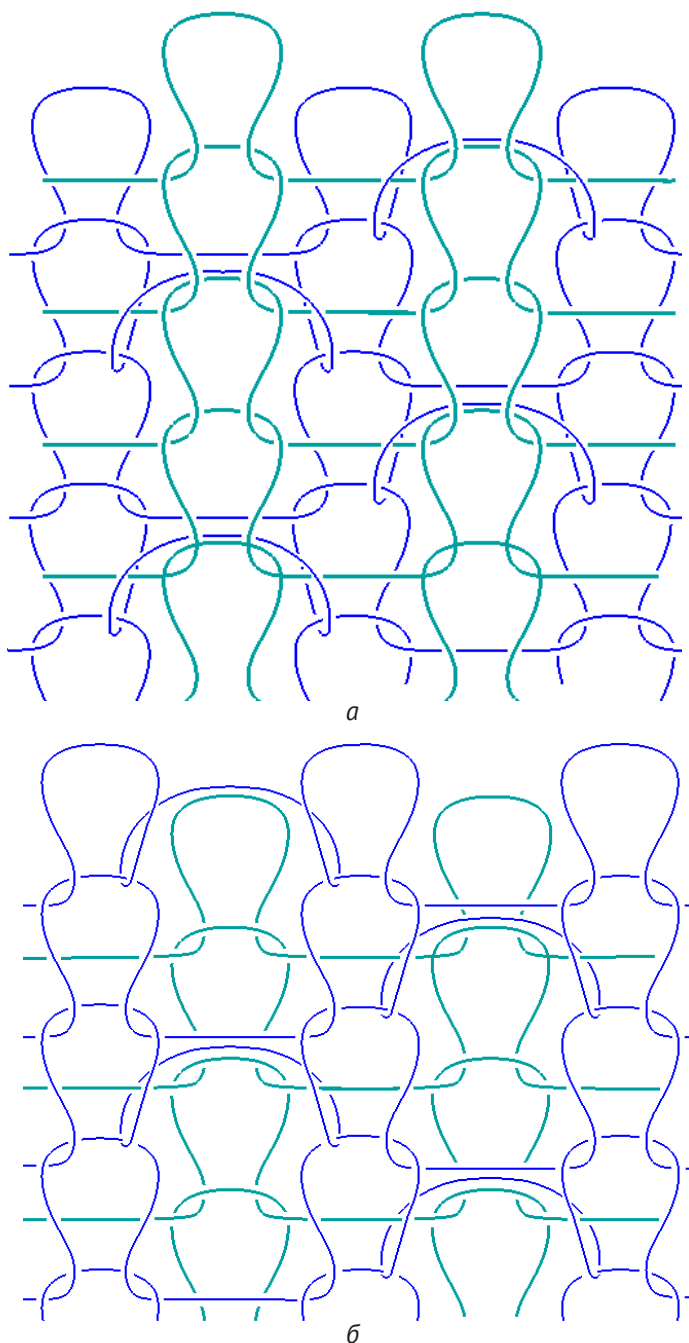


Рисунок 2 – Схема структуры двухслойного трикотажа:  
а – прессовая сторона, б – непрессовая сторона

Все петли прессовой стороны (рисунок 2 а) образованы из полиэфирных гидрофобных нитей. Эта сторона трикотажа является влагоотводящей так как влага (пот) не впитывается нитью, а концентрируется на поверхности филаментов нити и передается на другой, влагопринимающий слой. Петли непрессовой стороны (рисунок 2 б) образованы из хлопчатобумажной пряжи и образуют влагопринимающий слой. С этого слоя влага испаряется в окружающее пространство.

Схема структуры трикотажа (рисунок 2) является исходной для построения 3D-модели двухслойного трикотажа.

Для создания 3D-модели применяется полнофункциональная профессиональная программная система для создания и редактирования трёхмерной графики и анимации – Autodesk 3ds Max [3].

Один из эффективных способов создания трехмерных моделей – использование техники сплайнового моделирования. В конечном итоге создание модели при помощи сплайнов (трехмерных кривых) сводится к построению сплайнового каркаса, на основе которого создается огибающая трехмерная геометрическая поверхность [4].

Для создания каркаса во вкладке Create (Создание) командной панели выбираем категорию Splines (Сплайны) и посредством объект Line

(Линия) изобразим ломаную линию в виде угла.

Выделив данную ломаную, перейдем в меню редактирования, которое находится на командной панели, и используем вкладку Fillet (Скругление углов), выставив значение или вручную поворачивая колёсико мышки, мы выделяем точки и задаём радиус скругления. Полученный результат действия видим на рисунке 3.

Далее трижды осуществляем клонирование выделенного объекта, после чего при помощи таких команд, как Rotate (Вращение), на месте осей системы координат объекта появится схематическое отображение возможных направлений поворота. И команды Mirror (зеркало, отражение) – создают зеркальное отражение объекта или выделенной части объекта по заданным осям. То есть меняют весь объект с точностью «зеркального отражения» или создают его зеркальную копию. Также на панели инструментов присутствует параметр Select and Move (Перемещение), при помощи которого выстраиваем копии в модель петли. Для придания модели объёмности переходим во вкладку Rendering (рендеринг) и отмечаем галочкой такие параметры, как Enable In Renderer (включает отображение сплайна при рендере) и Enable In Viewport (включает отображение сплайна в окнах вьюпорта). Объемная модель петли представлена на рисунке 4.

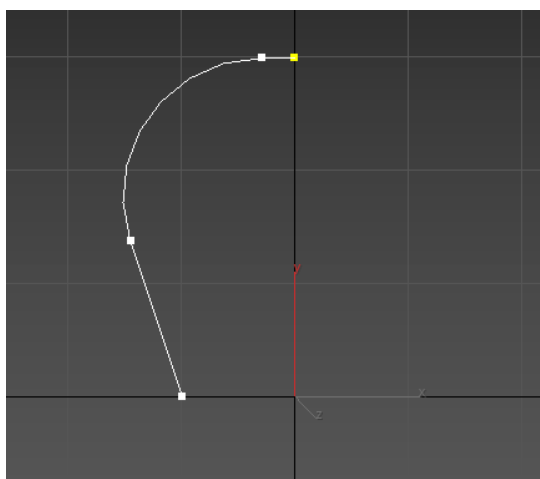


Рисунок 3 – Скругление углов

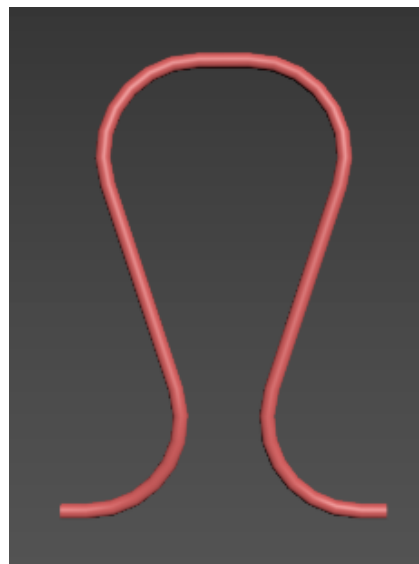


Рисунок 4 – Объемная модель петли

Повторяем все действия Clone Objects (Клонирование объектов) и при помощи параметра Select and Move (Перемещение) добавим и разместим все копии петли так, чтобы получить петельный столбик. Копируя и перемещая петельный столбик, получаем полноценную структуру одного из слоев двухслойного трикотажа. На рисунке 5 приведена структура первого слоя, образованного переплетением кулирная гладь.

Имея структуру первого слоя, переходим к созданию второго слоя. Копируем две петли из первого слоя и смещаем их согласно геометрической модели. Далее, посредством создания ломаной и скругления ее углов, получаем набросок, изображенный на рисунке 6. Данный рисунок наглядно демонстрирует, как в двухслойном трикотаже прессового способа соединения осуществляется связь между слоями.

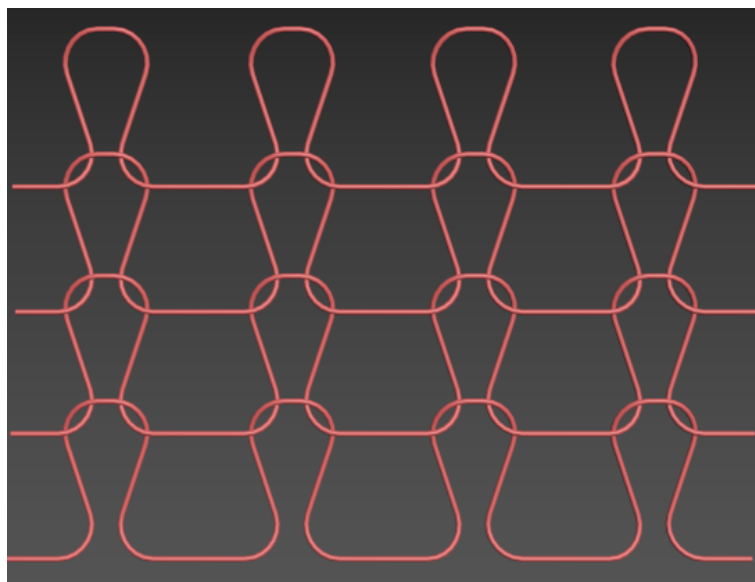


Рисунок 5 – Структура первого слоя

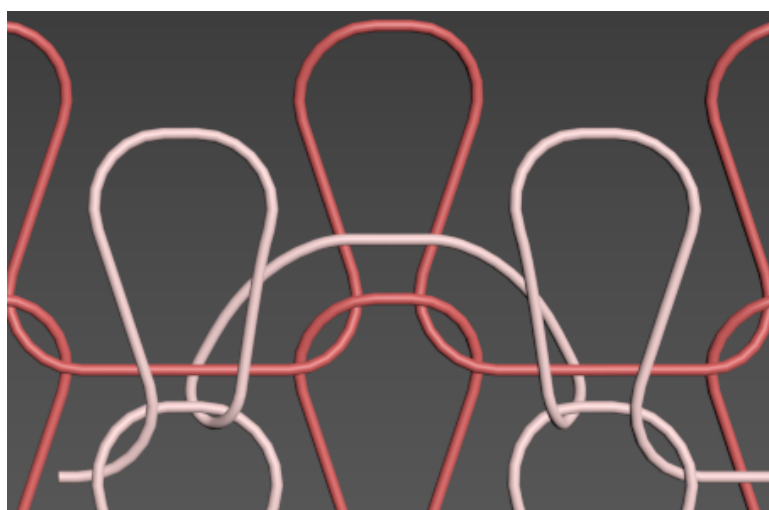
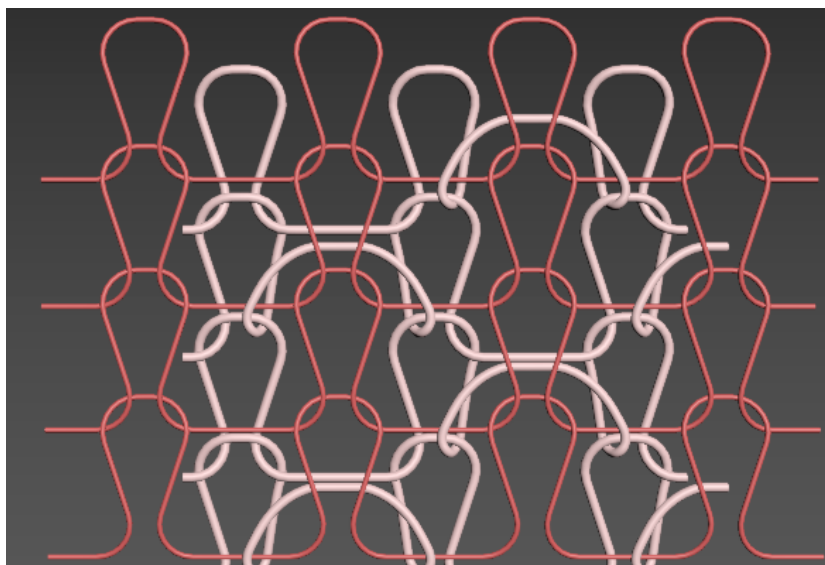


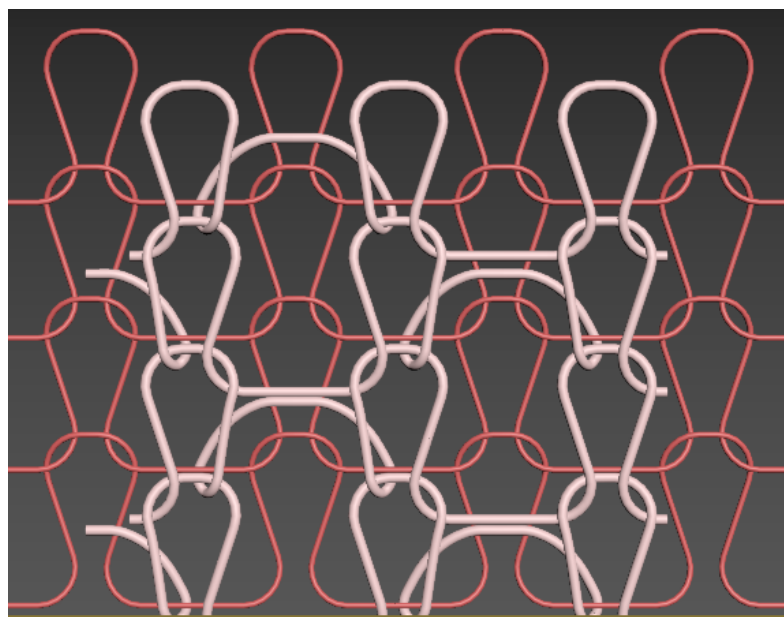
Рисунок 6 – Создание наброска

Опираясь на схему структуры двухслойного трикотажа (рисунок 2), располагаем наброски в шахматном порядке, в результате чего получаем готовую трехмерную модель, прессовая сторона которой представлена на рисунке 7, а непрессовая – на рисунке 8.

Полученная 3D-модель позволяет наглядно представить особенности строения функциональных слоев трикотажа и их взаимодействие. Влагодотводящий слой 1 (рисунок 9), опирающийся на кожу, имеет гладкую равномерную поверхность. Влагодпринимаящий слой 2, соединённый



*Рисунок 7 – 3D-модель прессовой стороны двухслойного трикотажа*



*Рисунок 8 – 3D-модель непрессовой стороны двухслойного трикотажа*

набросками 3 с влагоотводящим слоем 1, имеет неравномерную поверхность с углублениями. Углубления 4 (заштриховано) открывают отдельные петли 5 влагоотводящего слоя 1.

Изготовление экспериментального образца трикотажа осуществлялось на предприятии ОАО «Світанак». Перед вязанием графическую запись трансформировали с учетом имеющегося на предприятии оборудования.

На рисунке 10 изображена скорректированная графическая запись кладки нитей по 12 системам для 60 системной вязальной машины. Петлеобразующие системы 1, 3, 5, 7, 9, 11 образуют петли влагопринимающего слоя. Системы 2, 4, 6, 8, 10, 12 образуют петли влагоотводящего слоя.

Изготовление экспериментального образца осуществлялось в соответствии с технологическими режимами предприятия ОАО «Світанак».

С целью визуального анализа экспериментального образца получены увеличенные изображения поверхностей трикотажа (рисунки 11, 12).

Как следует из полученных изображений поверхностей трикотажа (рисунки 11, 12), влагоотводящий слой (рисунок 12) имеет гладкую поверхность с одинаковыми петлями 1. На вла-

гопринимающей стороне (рисунок 11) имеются прямые петли 1 и наклоненные петли 2, в совокупности образующие рельефный рисунок на поверхности трикотажа.

В соответствии с реальным расположением петель вносим корректировки в ранее созданную 3D-модель двухслойного трикотажа (рисунок 13). Наброски 1, 2 силу упругости нитей, из которых они образованы, распрямляясь, смещают игольные дуги петель: набросок 1 игольную дугу петли 3 – влево, а игольную дугу петли 4 – вправо. Из-за шахматного расположения набросков в трикотаже образуются несквозные отверстия (обозначены окружностью 5), расположенные также в шахматном порядке.

Используя графическую запись кладки нитей по системам (рисунок 10) и визуальные изображения сторон (рисунки 11, 12), составляем схемы структуры экспериментального образца трикотажа (рисунки 14, 15).

По полученным структурным схемам (рисунки 14, 15) осуществляем создание трехмерной модели экспериментального образца трикотажа. Построение 3D-модели осуществляем в рассмотренном выше порядке для модели (рисунок 9). Полученная 3D-модель структуры экс-

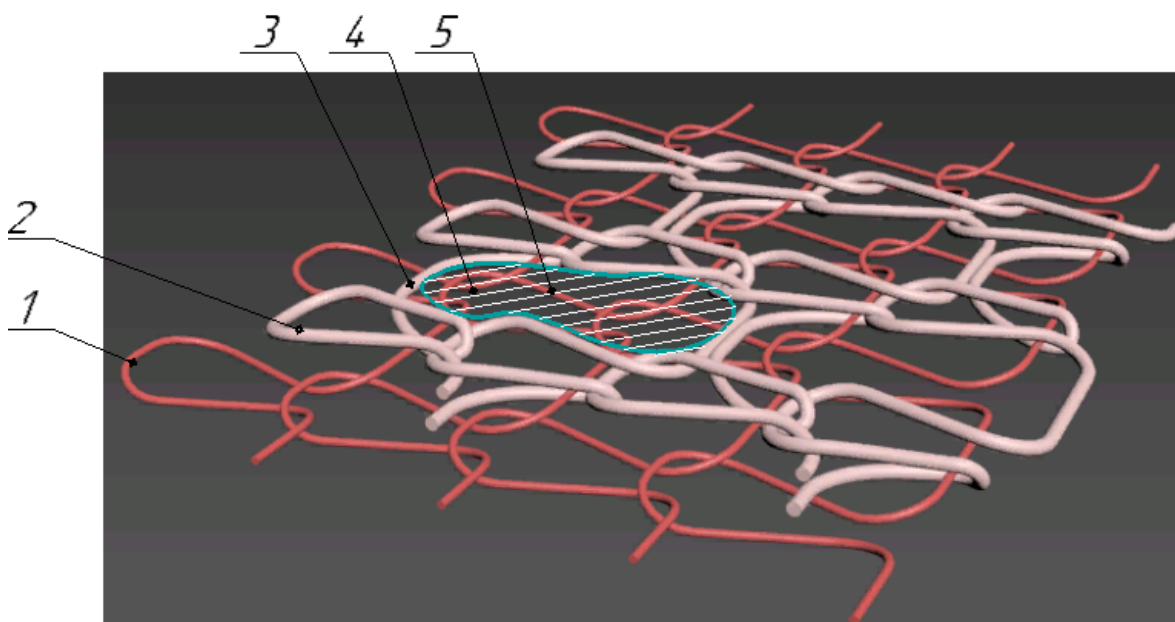


Рисунок 9 – 3D-модель двухслойного трикотажа

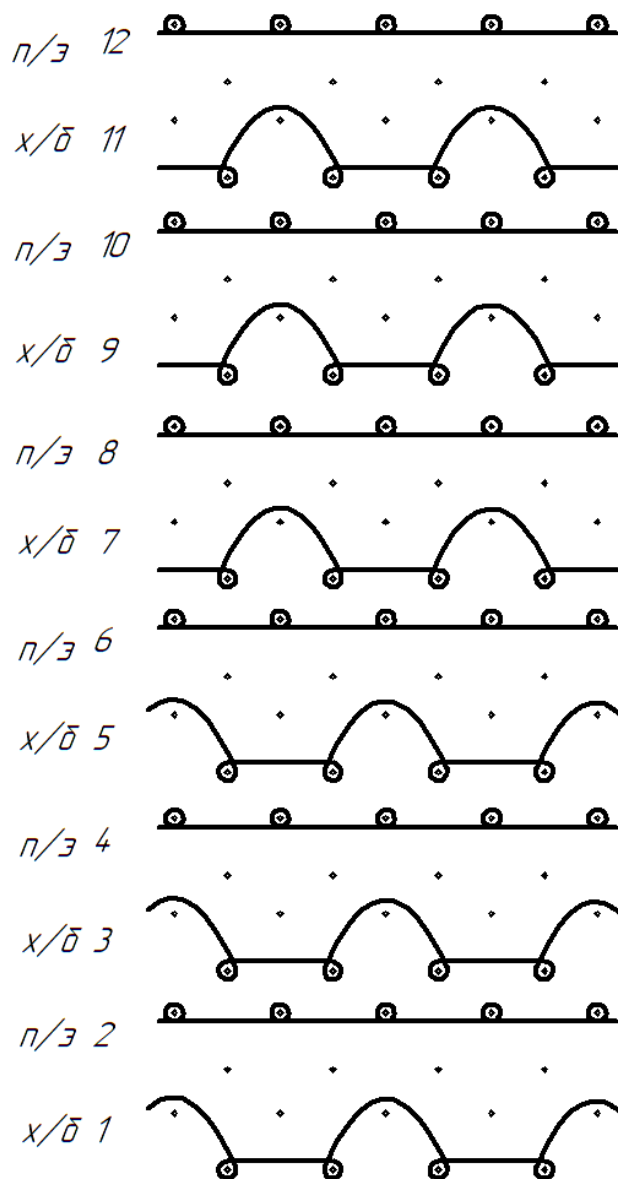


Рисунок 10 – Графическая запись двухслойного трикотажа для вязания на 60-системной вязальной машине

периментального образца трикотажа представлена на рисунках 16, 17.

Анализ полученной 3D-модели экспериментального образца двухслойного трикотажа показывает, что для наилучшего достижения поставленных функциональных свойств целесообразно:

- влагоотводящий слой вязать из полиэфирных мультифиламентных нитей, создающих наибольшую суммарную собирающую поверхность [6, 7];

- формировать неровную влагопринимающую (испаряющую) поверхность с целью увеличения суммарной площади испарения с единицы площади трикотажа.

Неровнота поверхности влагопринимающего слоя обусловлена наличием наклонных петель в структуре трикотажа. Чередование наклонных и прямых петель позволяет создавать на поверхности влагопринимающего слоя несквозные отверстия (углубления). На рисунке 18 изображен патрон рисунка влагопринимаю-



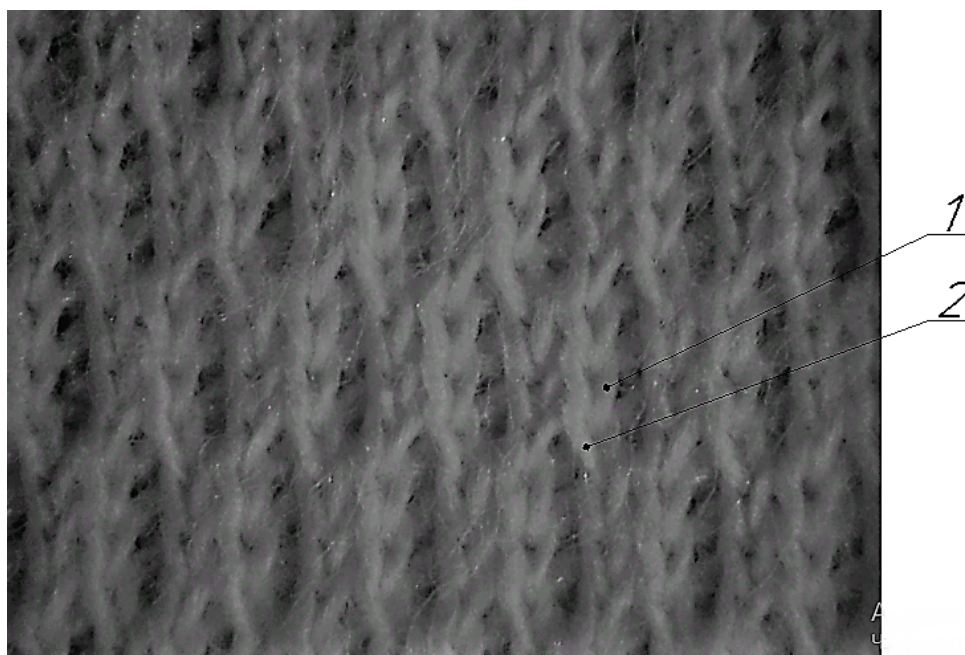


Рисунок 11 – Изображение непрессовой (влагопринимавшей) поверхности трикотажа

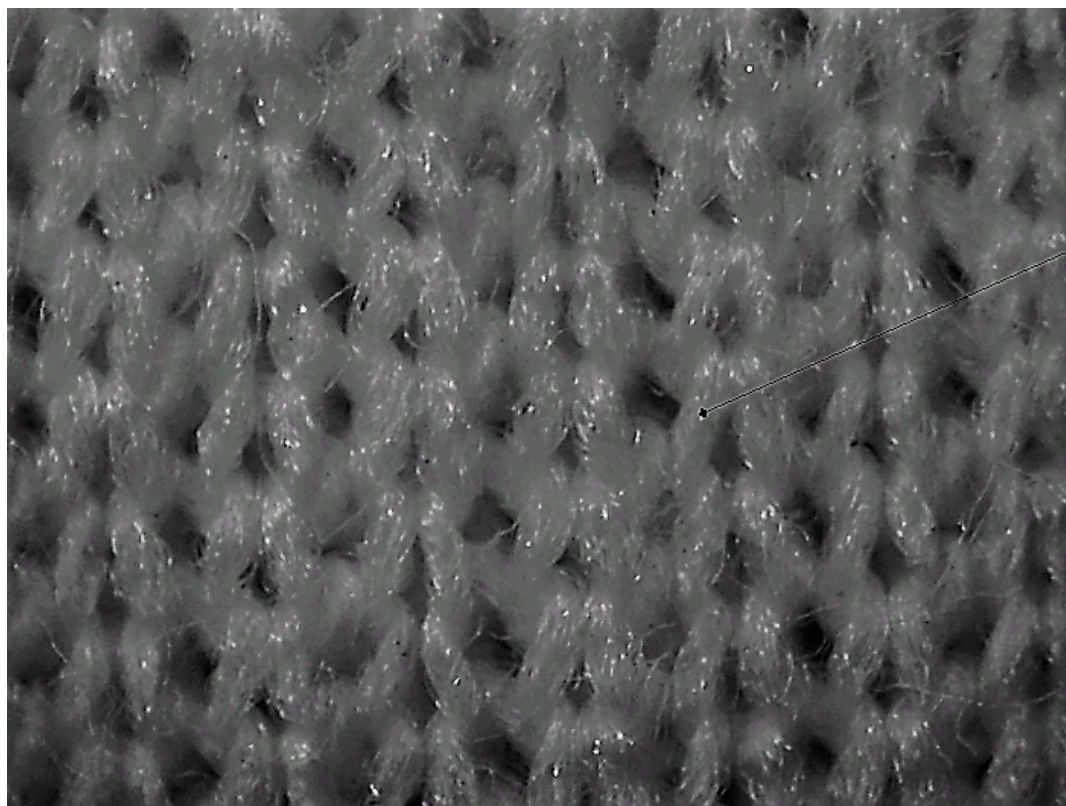


Рисунок 12 – Изображение прессовой (влагоотводящей) поверхности трикотажа

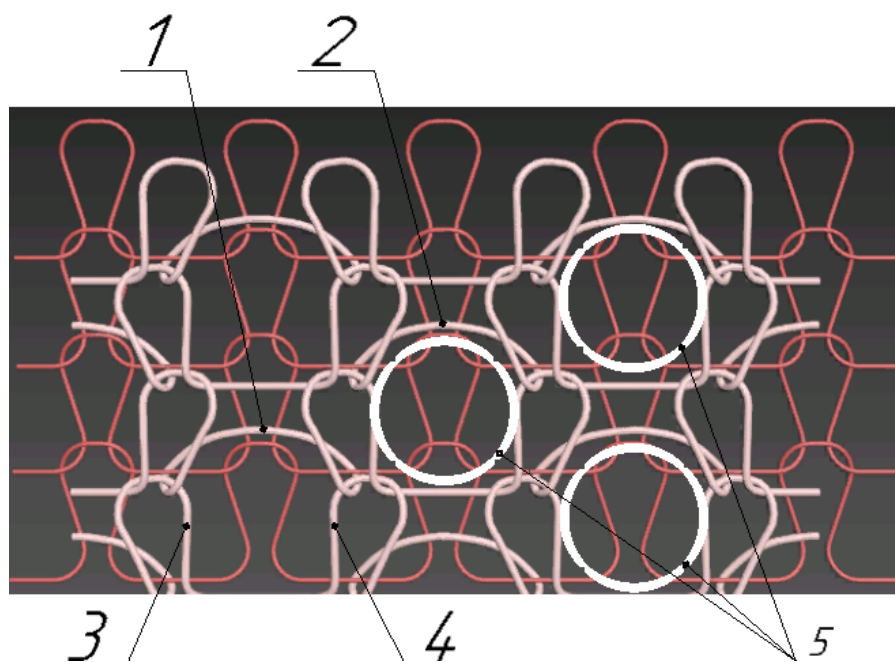


Рисунок 13 – 3D-модель трикотажа с наклонными петлями

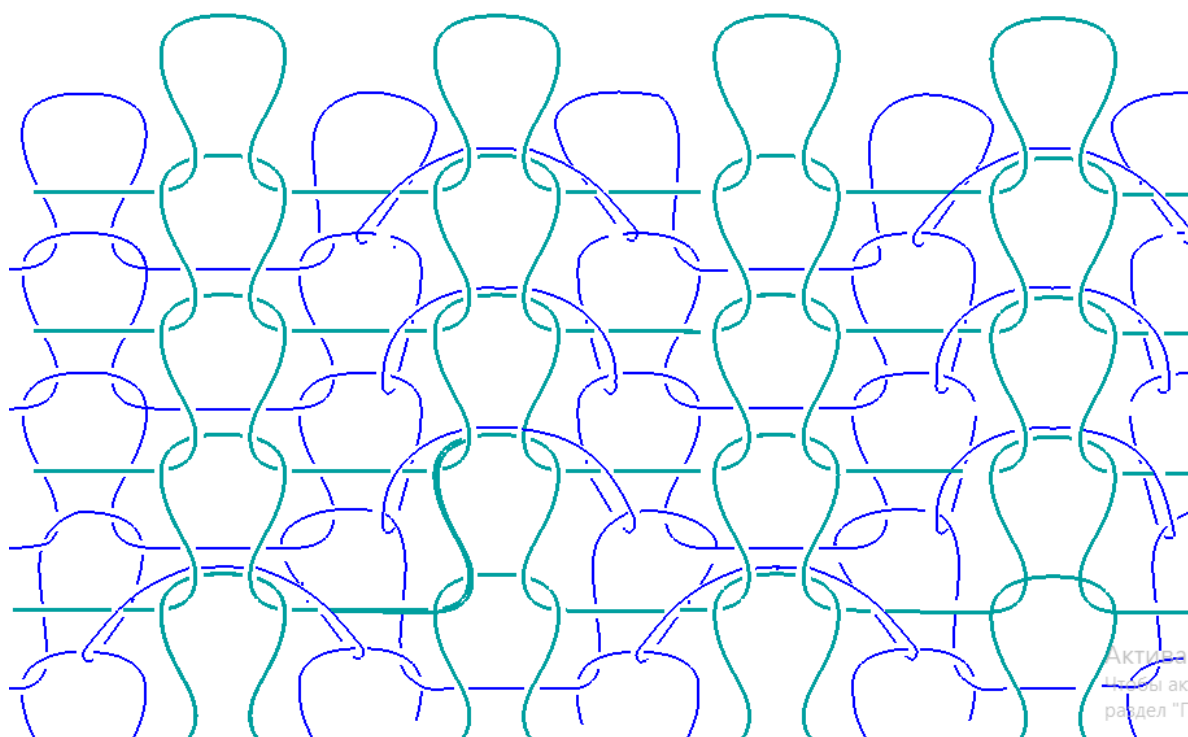
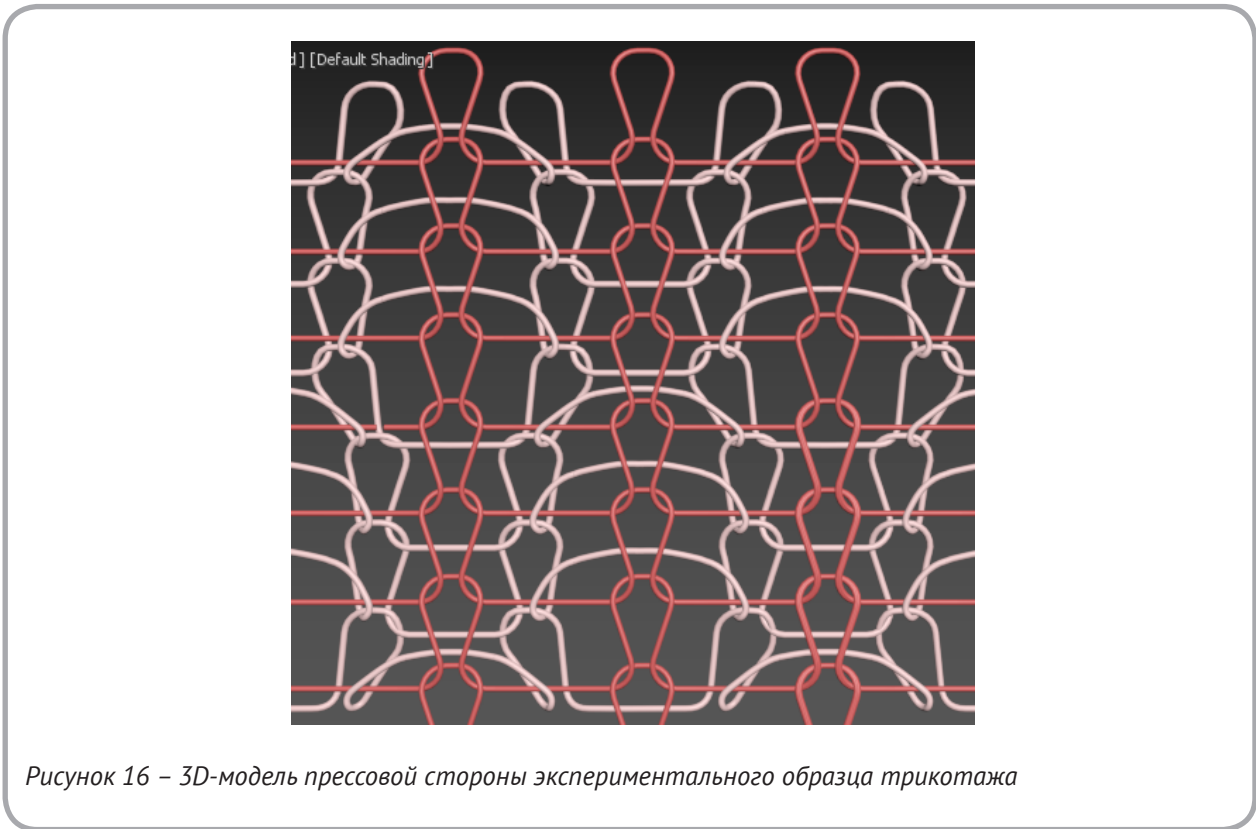
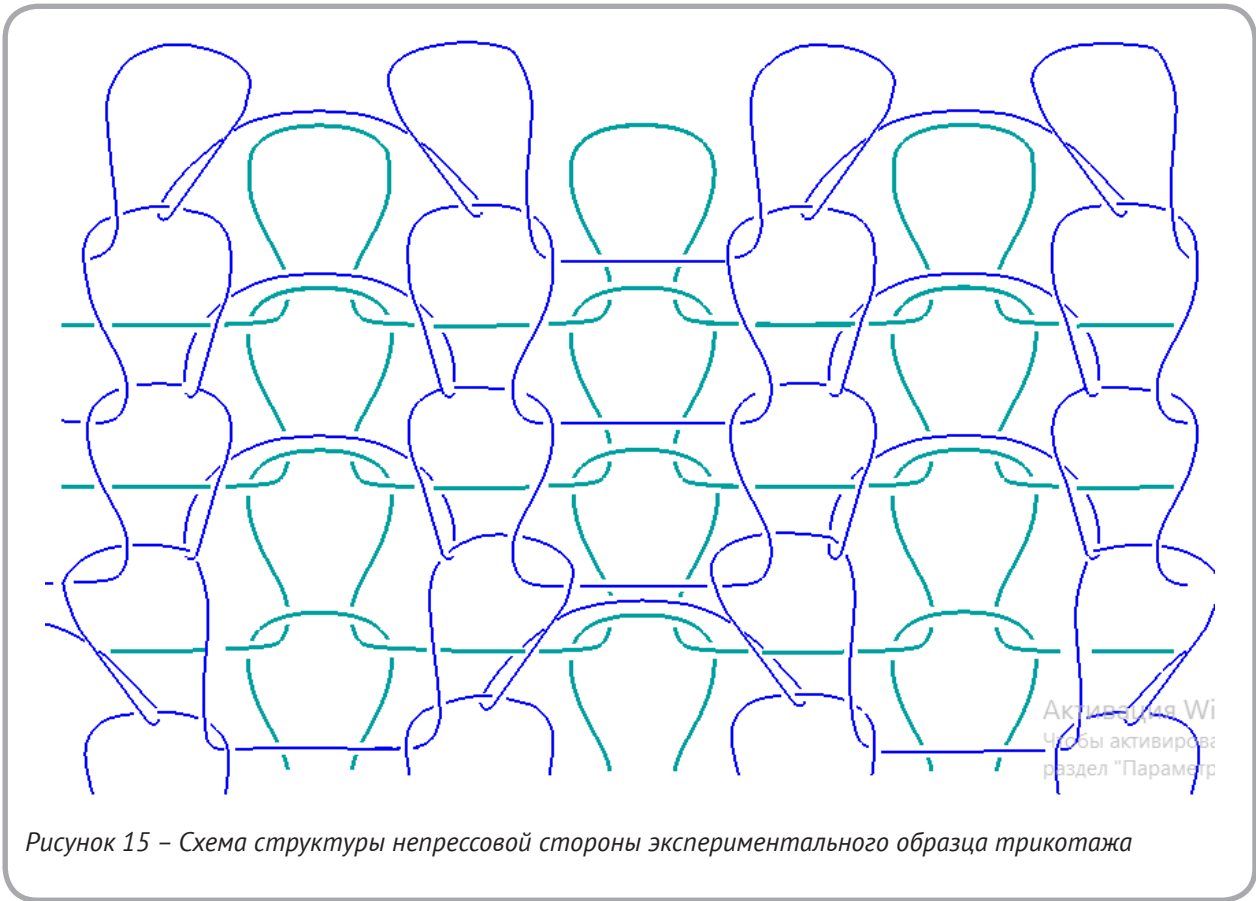


Рисунок 14 – Схема структуры прессовой стороны экспериментального образца трикотажа



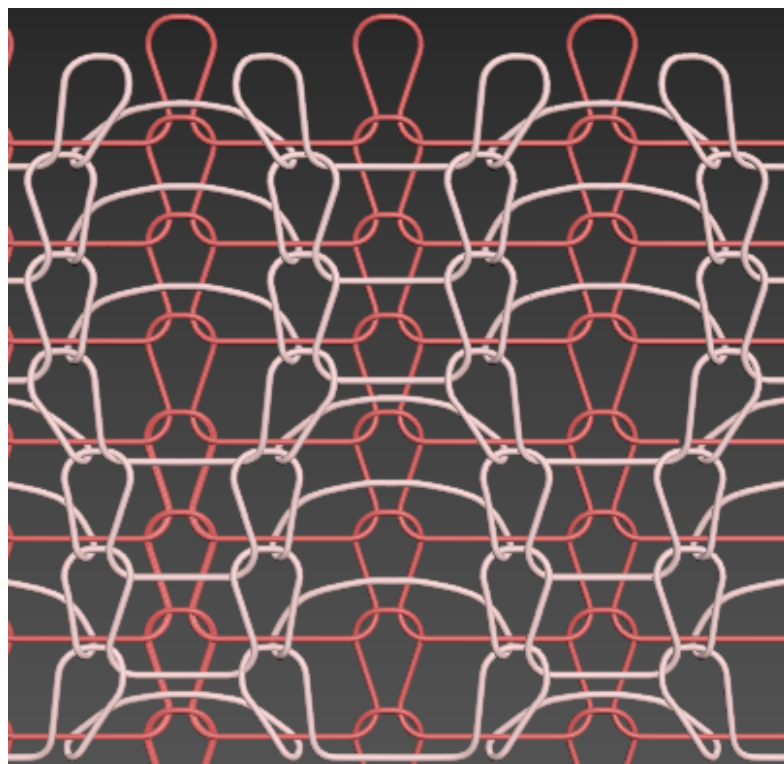


Рисунок 17 – 3D-модель непрессованной стороны экспериментального образца трикотажа

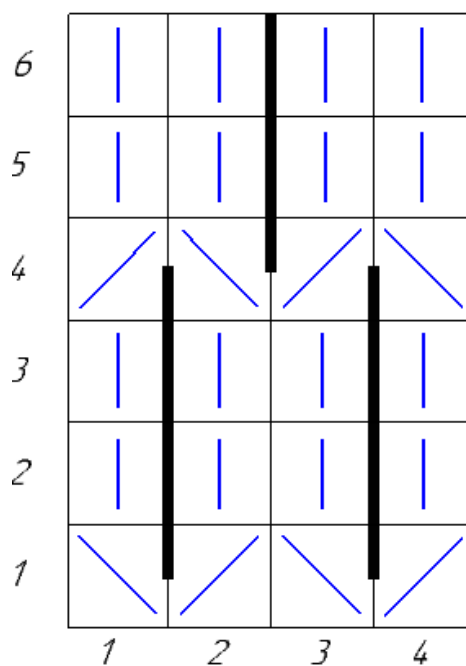


Рисунок 18 – Патрон рисунка

щего слоя экспериментального образца трикотажа. Несквозные отверстия (обозначены вертикальными линиями) расположены в шахматном порядке. Размер их в направлении петельных столбиков определяется количеством прямых петель в раппорте переплетения. Несквозные отверстия (рисунок 19) (заштрихованы) открывают прямой выход к петлям влагоотводящего слоя и свободный отвод влаги (пота) в окружающую среду (показано стрелками).

#### ВЫВОДЫ

Предложено процесс проектирования трикотажа с заданными функциональными свойствами разделить на следующие этапы: изучение требований к разрабатываемому трикотажу → построение графической записи кладки нитей по вязальным системам трикотажной машины → составление схемы структуры трикотажа (геометрической модели) → построение 3D-модели структуры трикотажа по составленной схеме структуры трикотажа → изготовление экспериментального образца трикотажа → визуальный

анализ экспериментального образца трикотажа → составление схемы структуры экспериментального образца трикотажа → построение 3D-модели экспериментального образца трикотажа → анализ полученной 3D-модели с точки зрения достижения поставленной цели.

Созданы трехмерные модели структуры двухслойного трикотажа и их анимационные презентации.

Анализ 3D-модели спроектированного трикотажа показывает возможности и пути достижения поставленных, конкретных, функциональных свойств.

Результаты, полученные в данной работе, могут быть рекомендованы для использования в процессе разработки трикотажа с другими заданными функциональными свойствами, а также при создании рекламных материалов.

Полученные 3D-модели двухслойного трикотажа использованы в учебном процессе на кафедре ТТМ УО «ВГТУ».

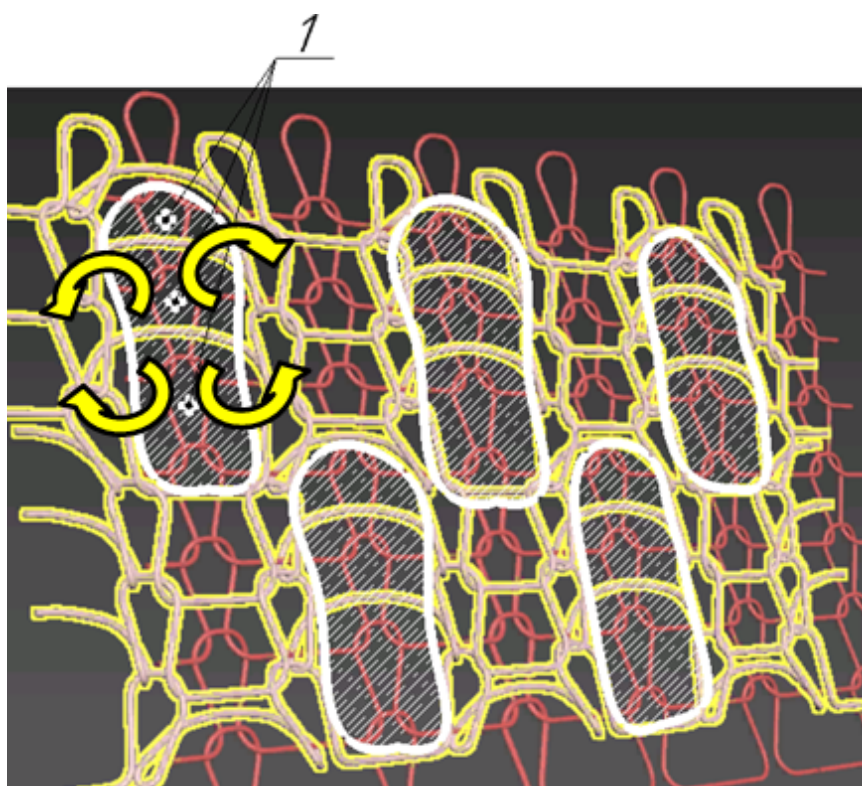


Рисунок 19 – 3D-модель непрессовой стороны экспериментального образца трикотажа

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поспелов, Е. П. (1982), *Двухслойный трикотаж*, Москва, Легкая и пищевая промышленность, 208 с.
2. Чарковский, А. В. (2006), *Строение и производство трикотажа рисунчатых и комбинированных переплетений: учебно-методический комплекс*, Витебск, УО «ВГТУ», 416 с.
3. *Дизайн интерьера в 3d-max*, 2009, [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://geum.ru/next/art-55553.php>. – Дата доступа 09.01.2019.
4. Чарковский, А. В., Алексеев, Д. А. (2018), Создание 3D-моделей базовых структур трикотажа, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (35), 2018, С. 62–73.
5. Чарковский, А. В., Шелепова, В. П. (2017), *Анализ кулирного трикотажа рисунчатых переплетений с использованием визуальных изображений структуры: учебно-методическое пособие*, Витебск, УО «ВГТУ», 139 с.
6. Чарковский, А. В., Гончаров, В. А. (2017), Использование мультифиламентных нитей в чулочно-носочном производстве, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (33), 2017, С. 78–85.
7. Чарковский, А. В., Гончаров, В. А. (2018), Разработка высокообъемного трикотажа с использованием мультифиламентных нитей, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (34), 2018, С. 79–87.

## REFERENCES

1. Pospelov, E. P. (1982), *Dvuhslojnyj trikotazh* [Double Layer Jersey], Moscow, Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 208 p.
2. Charkovskij, A. V. (2006), *Stroenie i proizvodstvo trikotazha risunchatyh i kombinirovannyh perepletenij: uchebno-metodicheskij kompleks* [The structure and production of knitwear patterned and combined interlacing: teaching and methodological complex], Vitebsk, UO «VGTU», 416 p.
3. *Dizajn inter'era v 3d-max* [Design inter'era v 3d-max], (2009), available at: <http://geum.ru/next/art-55553.php> – (accessed 09.01.2019).
4. Charkovsky, A. V., Alekseev, D. A. (2018), *Creation of 3D models of basic knitwear structures* [Sozdanie 3D-modelej bazovyh struktur trikotazha], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 2 (35), 2018, P. 62–73.
5. Charkovskij, A. V., Shelepova, V. P. (2017), *Analiz kulirnogo trikotazha risunchatyh perepletenij s ispol'zovaniem vizual'nyh izobrazhenij struktury: uchebno-metodicheskoe posobie* [Kulir jersey analysis of patterned weaves using visual images of the structure], Vitebsk, UO «VGTU», 139 p.
6. Charkovsky, A. V., Goncharov, V. A. (2017), *The use of multifilament yarns in hosiery* [Ispolzovanie multifilamentnyh nitey v chulochno-nosochnom proizvodstve], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 2 (33), 2017, P. 78–85.
7. Charkovsky, A. V., Goncharov, V. A. (2018), *Development of high-grade knitwear using multifilament yarns* [Razrabotka vysokoob'emnogo trikotazha s ispol'zovaniem mul'tifilamentnyh nitej], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 1 (34), 2018, P. 79–87.

Статья поступила в редакцию 15. 02. 2019 г.