

**Исследование влияния параметров строения котонинсодержащих костюмных тканей на их физико-механические свойства**

**Е. С. Милеева,**  
**Г. В. Казарновская**

*Витебский государственный технологический университет,  
Республика Беларусь*

**Аннотация.** В современных условиях качество тканей в сочетании с художественно-эстетическими свойствами определяют их конкурентоспособность. Вопрос влияния плотности по утку и вида переплетения на показатели физико-механических свойств, а соответственно, и качество костюмных тканей из котонинсодержащей пряжи изучен недостаточно. С целью установления влияния плотности по утку и вида переплетения на физико-механические свойства котонинсодержащих костюмных тканей произведена наработка тканей, в основе и утке которой использована котонинсодержащая пряжа линейной плотности 50 текс, плотность по утку варьировалась от 160 до 220 нит./10 см с интервалом в 20 нит./10 см, плотность по основе составила 203 нит./10 см. В качестве переплетений использованы: полотняное, уточная саржа 1/2, равноусиленные саржи 2/2, 3/3, сатин 5/2. Эти переплетения наиболее часто применяются в ремизных и жаккардовых костюмных тканях. Испытание свойств тканей проводилось по существующим методикам. На основании данных, полученных в результате эксперимента, установлены математические зависимости физико-механических свойств от плотности по утку и вида переплетения, выраженного через коэффициент переплетения.

Применение методов регрессионного анализа позволило установить линейные зависимости свойств костюмных тканей от плотности по утку и от переплетения, однако оценка качества моделей через коэффициент детерминации показала, что не для всех физико-механических свойств доля дисперсии выходного параметра составляет 95 % в общей дисперсии признака. Использование линейной математической зависимости от плотности по утку с высоким коэффициентом детерминации характерно для таких свойств как воздухопроницаемость, стойкость к истиранию, поверхностная плотность и изменение размеров по основе после мокрой обработки.

**Ключевые слова:** костюмная ткань, физико-механические свойства, переплетение, плотность по утку, коэффициент переплетения, линейная модель, коэффициент детерминации.

**Информация о статье:** поступила 25 сентября 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2024)», которая состоялась 20–21 ноября 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

**Investigation of the influence of the parameters of the structure of cottonin-containing costume fabrics on their physical and mechanical properties**

**Katsiarina S. Mileeva**  
**Galina V. Kazarnovskaya**

*Vitebsk State Technological University,  
Republic of Belarus*

**Abstract.** In the current marketplace, it is the quality of fabrics in combination with artistic and aesthetic properties that determines their competitiveness. There are no sufficient studies of the effect weft density and type of weave produce on the quality of costume fabrics made of cottonized yarn.

In order to determine the influence of the weft density and the type of weave on the physical and mechanical properties of fabrics, the fabrics were produced, in the warp and weft of which cottonized yarn of linear density 50 tex was used, the weft density varied from 160 to 220 threads/10 cm with an interval of 20 threads/10 cm, the density on the warp was 203 threads/10 cm. The weaves used are the following: plain weave, filling twill 1/2, equally reinforced twill 2/2, 3/3, satin

5/2. These weaves are most often used in heald fabrics and jacquard costume fabrics. The fabrics properties were tested according to existing methods. Based on the data obtained as a result of the experiment, the mathematical dependences of the properties on the density of the weft are determined, the diagrams show the influence of the type of weave on the properties of fabrics, since this characteristic is discrete.

The use of regression analysis methods made it possible to determine linear dependences of the properties of costume fabrics on the density of the weft and on the weave. However, an assessment of the quality of models through the coefficient of determination showed that not for all physical-and-mechanical properties the proportion of the variance of the output parameter is 95 % of the total variance of the feature. The use of a linear mathematical dependence on the density of the weft with a high coefficient of determination is typical for properties such as breathability, abrasion resistance, surface density and dimensional variation on the substrate after wet treatment.

**Keywords:** costume fabric, physical and mechanical properties, weave, weft density, weave coefficient, linear model, coefficient of determination.

**Article info:** received September 25, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation" (ICTAI-2024), held on November 20–21, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

### Введение

Ткани и другие текстильные товары характеризуются совокупностью свойств, благодаря которым они удовлетворяют определенную потребность. Назначение той или иной ткани во многом формирует выбор свойств для оценки ее качественных показателей. Уровень качества костюмных тканей, как и тканей любого другого назначения, напрямую зависит от сырьевого состава и вида используемой пряжи [Ложкин, Рыжкова, 2024; Абдугафаров и др., 2022; Веселова, Архалова, 2020].

На РУПТП «Оршанский льнокомбинат» созданы необходимые условия для переработки коротковолокнистого льна по технологическому процессу переработки хлопка: освоена технология получения пряжи из котонизированного льняного волокна [Дягилев, Коган, Мурычев, 2013; Дягилев, Бизюк, Коган, 2015].

Отечественное короткое волокно характеризуется высокой засоренностью, закорстенностью [Ефременко, Небова, Усачева, 2006; Корабельников, Вихарев, Корабельников, 2008], неравномерностью по линейной плотности и геометрическим свойствам [Куликов, 2012], расщепленностью, жесткостью, степенью зрелости [Карев и др., 2010], различным цветом: от серо-зеленого до коричневатого-рыжего. Эта разнородность свойств исходного сырья сказывается на показателе неровноты пряжи пневмомеханического способа прядения [Милеева, Казарновская 2020], а соответственно, и на качестве тканей, получаемых из нее.

В условиях рыночной экономики на выбор потребителя влияет не только художественно-колористическое оформление ткани, но и ее качество. Поэтому изучению свойств котонинсодержащей пряжи и тканей из нее уделяется большое внимание [Разумеев, и др., 2019; Борзова, Банакова, Корнилович, 2021; Сулайман и др., 2022]. Вопрос влияния плотности по утку и вида переплетения на физико-механические свойства котонинсодержащих тканей костюмного назначения остается недостаточно изученным. Кроме того, исследование влияния параметров строения ткани на ее физико-механические свойства позволит оптимизировать технологический процесс получения тканей различного назначения [Голубев, Романов, 2019] и прогнозировать свойства тканей на стадии проектирования [Ландовская, Ландовский, 2013; Максач, Чижик, Юрков, 2024].

Целью работы является определение влияния параметров строения тканей, таких как плотность по утку и вид переплетения, на свойства котонинсодержащих тканей костюмного назначения.

Объектом исследования служат костюмные ткани однослойного строения, имеющие разные значения плотности ткани по утку.

Предметом исследования являются физико-механические свойства тканей костюмного ассортимента.

В ходе исследования поставлены и решены следующие задачи:

– обоснован выбор ткацких переплетений и диапазон плотностей по утку от 160 до 220 нит./10 см с интервалом в 20 нит./10 см при одинаковой плотности по основе, равной 203 нит./10 см для наработки опытных партий котонинсодержащих костюмных тканей;

– наработаны опытные партии тканей костюмного назначения, в соответствии с действующими методиками определены их физико-механические свойства;

– установлено влияние вида переплетения и плотности по утку на физико-механические свойства ткани; проведен регрессионный анализ полученных данных с целью выявления математических зависимости свойств тканей от параметров их строения.

#### Методы и средства исследований

Проведение испытаний физико-механических свойств осуществлялось в соответствии со стандартными методиками, при этом рассчитывались средние показатели: разрывная нагрузка, разрывное удлинение (ГОСТ 29104.4–91), стойкость к истиранию (ГОСТ 9913–90), воздухопроницаемость (ГОСТ 12088–77), поверхностная плотность (ГОСТ 3811–72), усадка после мокрой обработки (ГОСТ 8710–84).

Разрывная нагрузка и разрывное удлинение определялись отдельно по направлению нитей основы и по направлению нитей утка для элементарных проб размерами (50 x 500) мм на разрывной машине, обеспечивающей постоянную скорость опускания нижнего зажима, проба заправляется под действием груза предварительного натяжения 4,9 Н (50 кгс).

Испытания стойкости к истиранию проводились при удельном давлении абразива на ткань, равном 1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>), при частоте вращения головки прибора – 200 мин<sup>-1</sup>.

Воздухопроницаемость исследовалась на приборе марки ВПТМ.2 с использованием столика с площадью отверстия 2 см<sup>2</sup> при силе прижима точечной пробы 147 Н (15 кгс).

Поверхностная плотность ткани вычислялась по формуле (1):

$$M_{\text{г.м.}}^2 = \frac{m_{as}}{L_{as} \cdot b_{as}} \cdot 10^3, \text{ г/мг}^2 \quad (1)$$

где  $m_{as}$  – масса куса ткани после релаксации при климатических условиях по ГОСТ 10681, кг;  $L_{as}$  – длина куса ткани после релаксации при климатических условиях по ГОСТ 10681, м;  $b_{as}$  – ширина куса ткани после релаксации при климатических условиях по ГОСТ 10681, м.

Для определения линейных размеров точечной пробы ткани применялась нескладная измерительная линейка с ценой деления 1 мм и мерильный стол; взвешивание кусков тканей осуществлялось на электронных весах Adventurer RB-214 чувствительностью до 0,0001 г, максимальным весом до 210 гр.

В качестве мокрой обработки применена стирка с добавлением моющего средства из расчета 3 г/м<sup>3</sup> в автоматической бытовой машине типа СМА-4 с горизонтально установленным барабаном при температуре 60±3 °С в течение 30 мин; полоскание и отжим по программе стиральной машины. Глажение осуществлялось накладыванием утюга.

Изменение размеров после мокрой обработки (стирки) в направлении основы (длины ткани)  $\lambda_o$  и утка (ширины ткани)  $\lambda_y$ , %, вычисляются по формулам (2) и (3):

$$\lambda_o = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100, \quad (2)$$

$$\lambda_y = \frac{L_2 - L_y}{L_y} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $L_1, L_2$  – расстояние между метками до обработки, мм;  $L_0, L_y$  – расстояние между метками по основе и утку после обработки, мм.

Испытания проводились на поверенном оборудовании с использованием поверенных инструментов. Применены такие методы исследований как наблюдение, эксперимент, измерение, сравнение статистические методы анализа.

В качестве гипотезы выдвинуто предположение, что плотность по утку и вид переплетения влияют на показатели физико-механических свойств тканей, причем линейное изменение плотности по утку и вида переплетения, выраженного через коэффициент переплетения, приводит к линейному изменению показателей физико-механических свойств. Проверка данной гипотезы осуществлялась методами регрессионного анализа и математического моделирования.

#### Результаты исследований

С целью установления влияния плотности по утку и вида переплетения на показатели физико-механических свойств тканей в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» произведена наработка тканей с использованием в основе и утке льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 текс с содержанием 65 % хлопка и 35 % котонизированного льна. Диапазон плотностей по утку принят в интервале от 160 до 220 нит./10 см с

шагом в 20 нит./10 см, что связано с установленной на станке плотностью по основе, равной 203 нит./10 см, это при одинаковых линейных плотностях основы и утка, и одинаковом сырьевом составе создаст возможность получить ткани с равными свойствами в направлении основы и утка. Применение плотности по утку (при постоянной плотности по основе) ниже, либо выше данного диапазона приведет к получению, или разряженной рыхлой структуре ткани, либо ткани с высокой поверхностной плотностью, что не соответствует существующим требованиям к костюмному ассортименту. В качестве переплетений использованы: полотняное, уточная саржа 1/2, равноусиленные саржи 2/2, 3/3, сатин 5/2. Эти переплетения наиболее часто применяются в ремизных и жаккардовых костюмных тканях (Николаев, Михеева, Парфенов, 2008; Жолдасова, Даминов, Рахимходжаев, 2024; Полякова, 2007). Одной из основных характеристик любого переплетения является его раппорт и средний коэффициент переплетения, последний определяют по формуле (4):

$$F_{\text{ср}} = \frac{2R_o R_y}{(t_o + t_y)}, \quad (4)$$

где  $R_o, R_y$  – раппорт ткани по основе и утку, нит.;  $t_o, t_y$  – число взаимных пересечений нитей утка нитями основы и нитей основы нитями утка.

Во всех рассматриваемых переплетениях раппорт по основе равен раппорту по утку, а число взаимных пересечений нитей основы и утка в пределах раппорта равно двум, это приводит к тому, что коэффициент переплетения зависит только от размеров раппорта, его значение равно: для полотна – 2; саржи 2/2 – 4,5; равноусиленной саржи 2/2 – 8, сатина 5/2 – 12,5; саржи 3/3 – 18.

Чтобы исключить влияние других факторов, таких как тип ткацкого станка, вид зевобразовательного механизма и т. д., все ткани нарабатывались последовательно на одном станке фирмы Picanol с жаккардовой машиной Bonas.

Зависимости разрывной нагрузки и разрывного удлинения по основе и по утку от плотности по утку представлена на рисунке 1 (а, б).

Разрывные нагрузки по основе и утку исследуемых тканей увеличиваются с ростом плотности по утку, динамика роста разрывной нагрузки для обеих систем нитей различна. Безусловно, плотность по утку в большей степени влияет на разрывную нагрузку по утку, вместе с тем, следует отметить, что разрывная нагрузка тканей

по основе больше, чем по утку для всех видов переплетений.

В переплетениях с короткими перекрытиями разрывное удлинение при росте плотности по утку увеличивается, но с увеличением длины настила оно начинает снижаться, причем это справедливо и для основы, и для утка.

На рисунке 2 представлены зависимости разрывных характеристик от коэффициента переплетения при различных плотностях по утку.

Коэффициент переплетения для всех плотностей имеет влияние на разрывную нагрузку: для основы характерен рост разрывной нагрузки при увеличении раппорта переплетения, по утку – с его ростом разрывная нагрузка уменьшается.

С увеличением раппорта переплетения разрывное удлинение по основе снижается, а по утку при низкой плотности имеет тенденцию к увеличению, при росте же плотности – к снижению.

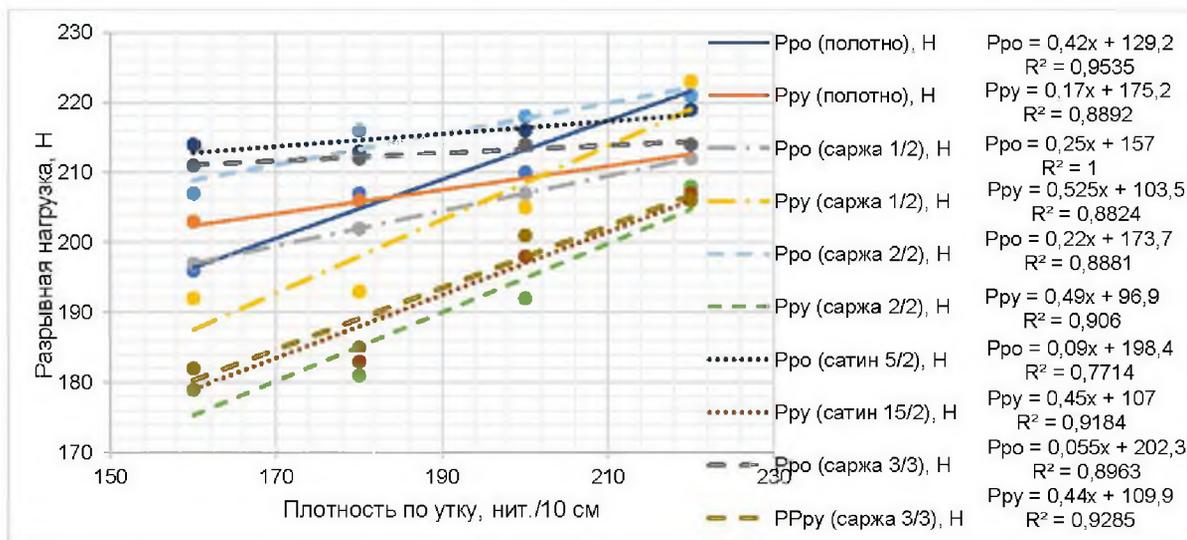
Таким образом, на разрывное удлинение влияет и плотность по утку, и вид переплетения; фактические значения разрывного удлинения являются высокими: от 12,5 % до 16,5 %, что, в свою очередь, негативно сказывается на эксплуатационных свойствах костюмных тканей.

Зависимость воздухопроницаемости от плотности по утку и от коэффициента переплетения для всех видов переплетений представлены на рисунке 3 (а, б).

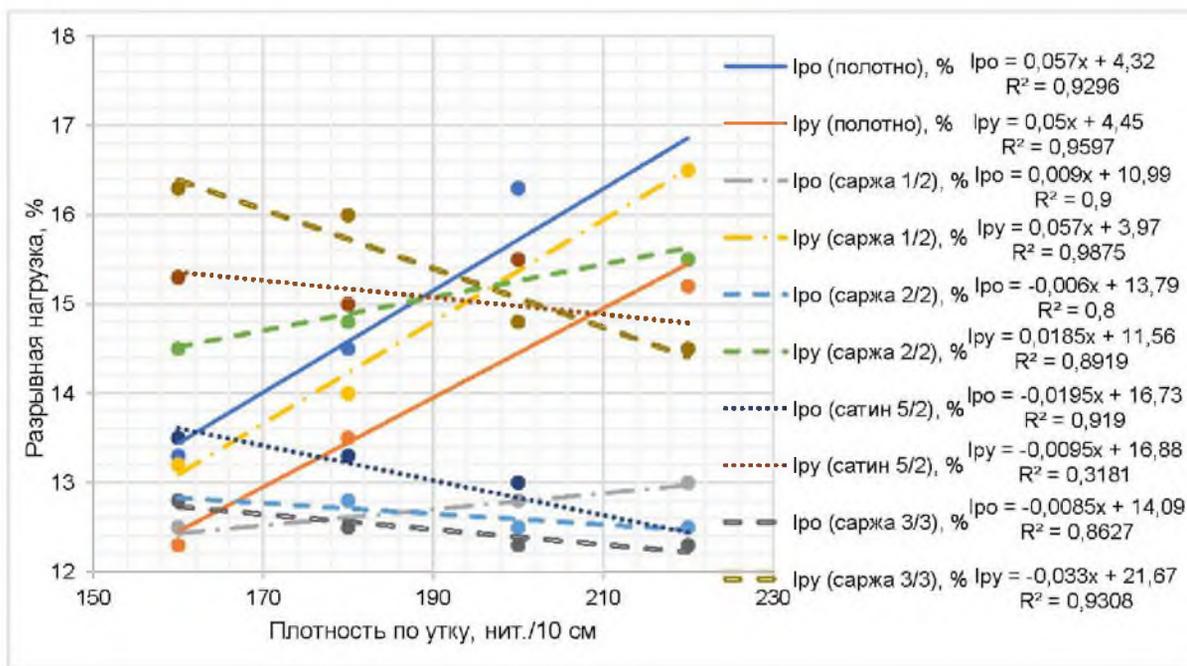
Анализ представленных зависимостей показал, что при увеличении плотности по утку увеличивается заполнение ткани волокнистым материалом, поэтому уменьшаются поры между нитями двух систем и снижается воздухопроницаемость для тканей всех видов переплетений, но с увеличением коэффициента переплетения при прочих равных условиях снижается степень связности нитей двух систем, поэтому происходит рост воздухопроницаемости.

Зависимости стойкости к истиранию от плотности по утку (а) и от коэффициента переплетения (б) представлены на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что с увеличением плотности по утку увеличивается стойкость к истиранию тканей всех переплетений, причем рост стойкости к истиранию тканей с поверхностью, образованной в равной степени нитями основы и утка больше, чем для тканей, лицевая сторона которых сформирована нитями утка. Определенной зависимости между коэффициентом переплетения и стойкостью к истиранию не выявлено, присутству-



а



б (b)

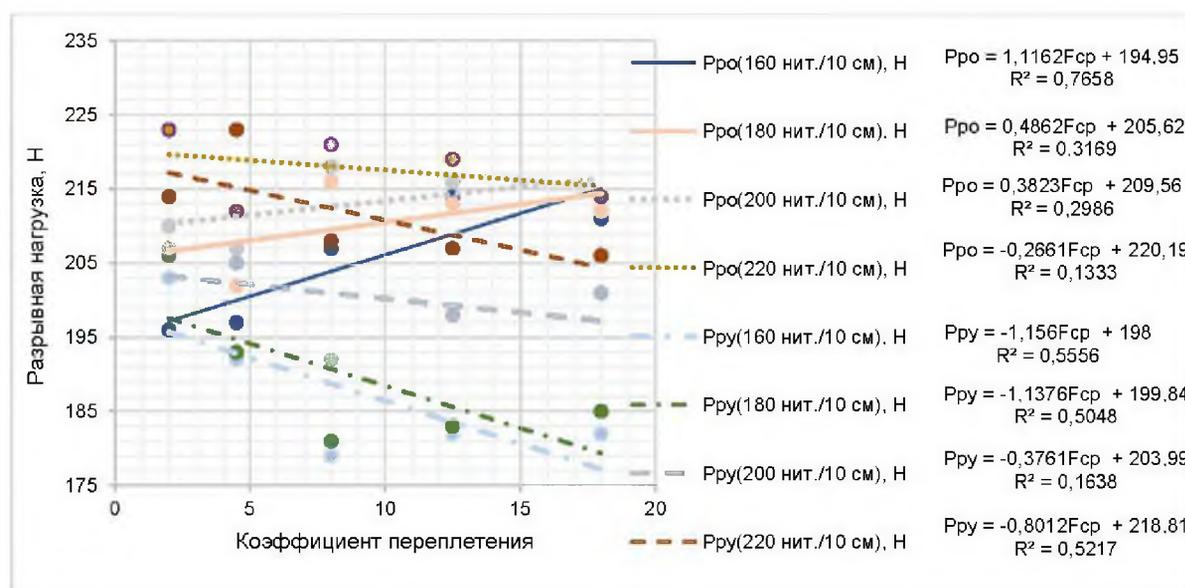
Рисунок 1 – Зависимость разрывных характеристик по основе и утку от плотности по утку:

а – разрывная нагрузка, б – разрывное удлинение

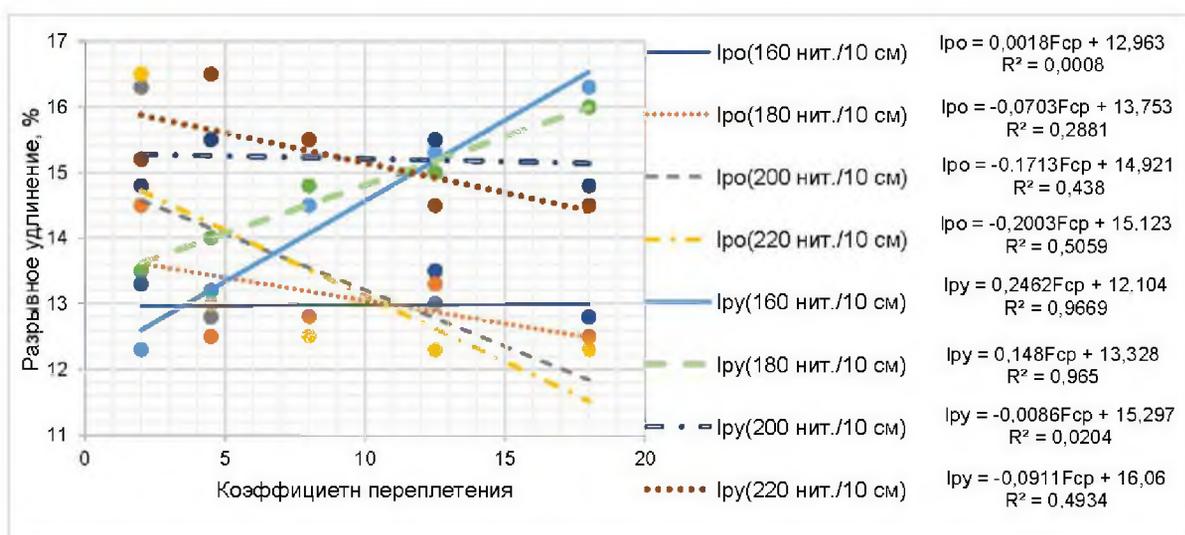
Figure 1 – Dependence of the breaking characteristics of the warp and weft on the density of the weft:

a – breaking load, b – breaking elongation

Примечание:  $P_{po}$  – разрывная нагрузка по основе, Н;  $P_{py}$  – разрывная нагрузка по утку, Н;  $l_{po}$  – разрывное удлинение по основе, %;  $l_{py}$  – разрывное удлинение по утку, %.



а



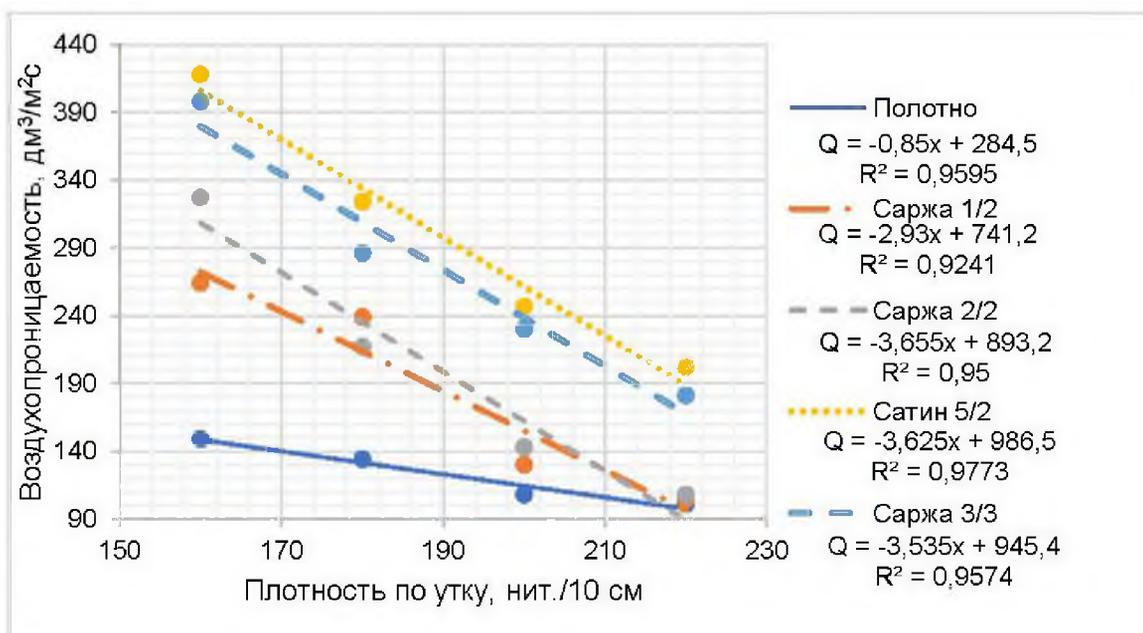
б (b)

Рисунок 2 – Зависимость разрывных характеристик по основе и утку от плотности по утку и от коэффициента переплетения:

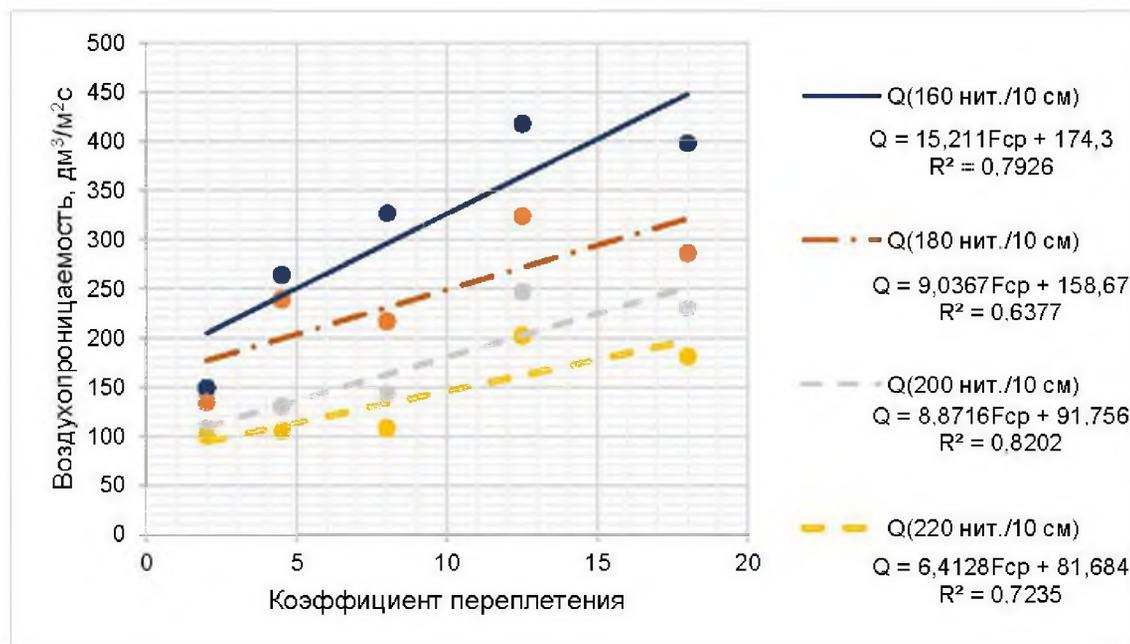
а – разрывная нагрузка, б – разрывное удлинение

Figure 2 – Dependence of the breaking characteristics of the base and weft on the density of the weft and on the coefficient of interlacing:

a – breaking load, b – breaking elongation

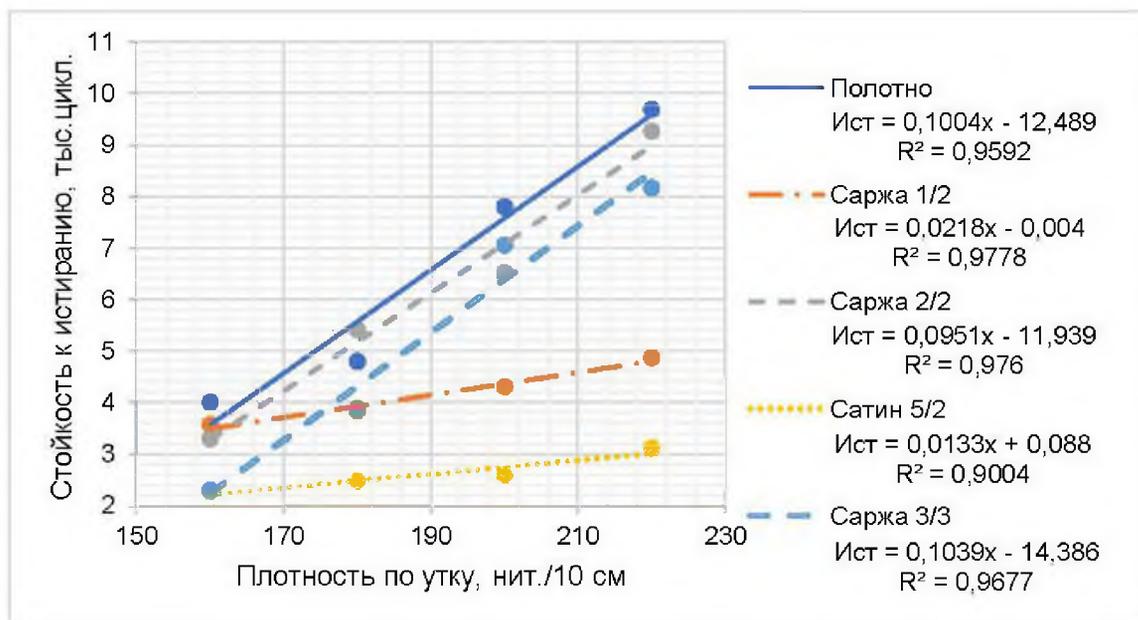


а

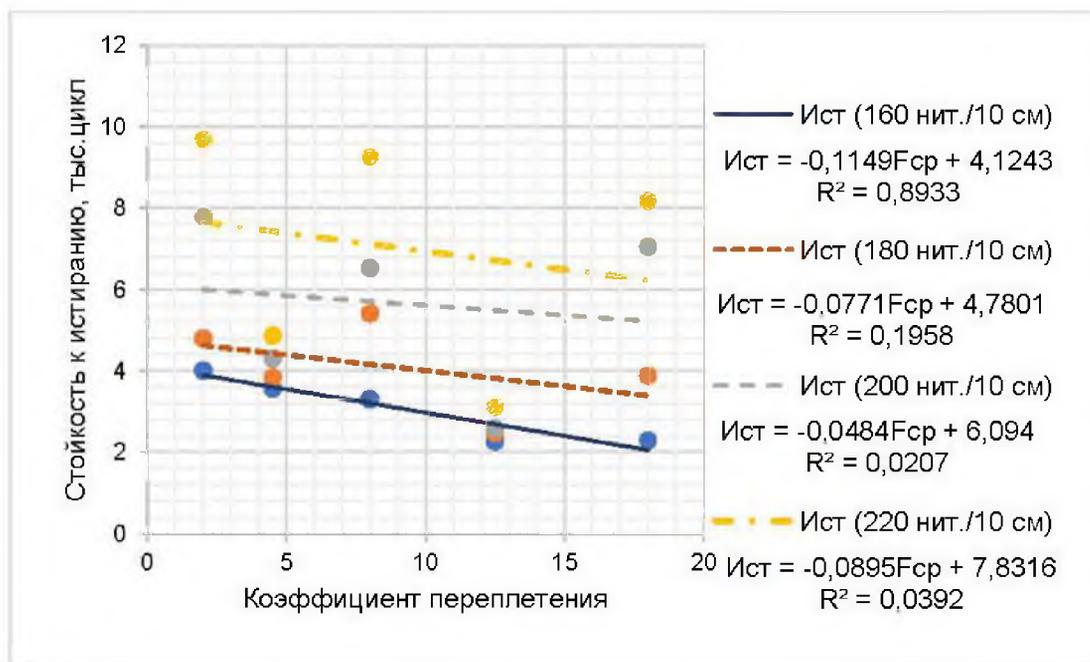


б (b)

Рисунок 3 – Зависимости воздухопроницаемости ткани:  
а – от плотности по утку, б – от коэффициента переплетения  
Figure 3 – Dependences of fabric breathability:  
а – from the density of the weft, б – from the coefficient of interlacing



а

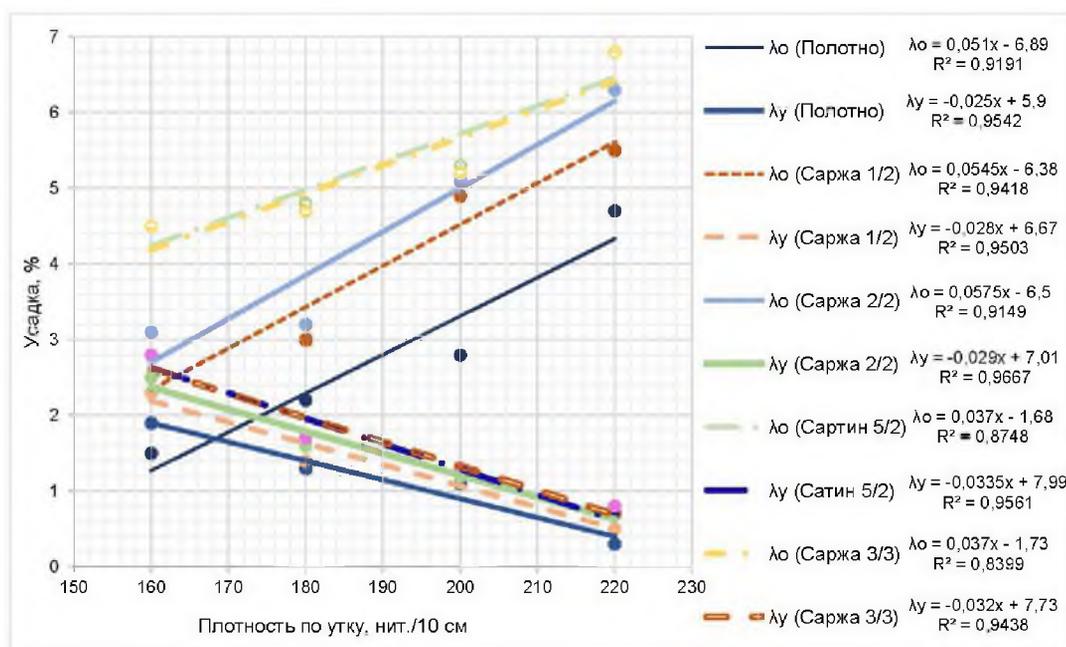


б (b)

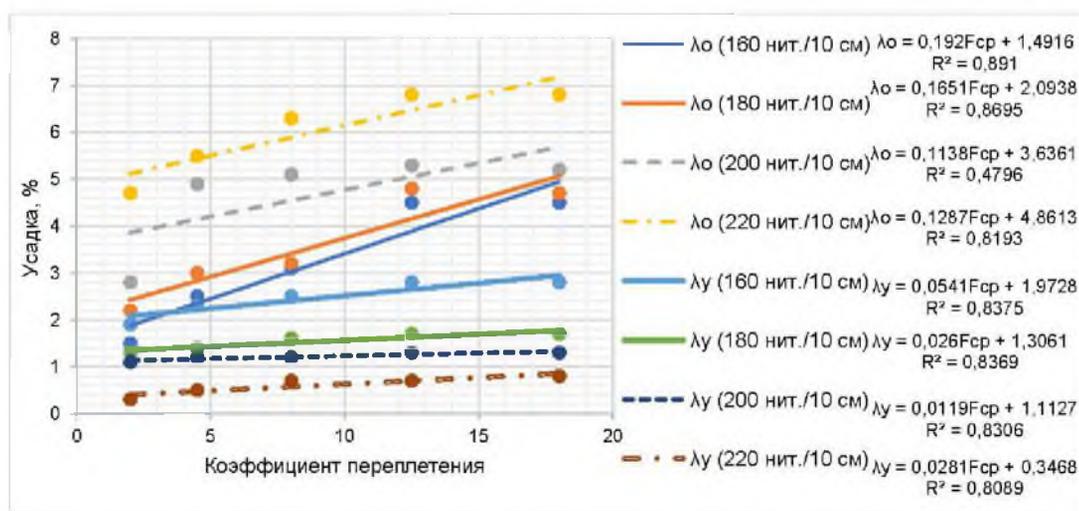
Рисунок 4 – Зависимости стойкости к истиранию:  
а – от плотности по утку, б – от коэффициента переплетения  
Figure 4 – Dependences of abrasion resistance:  
а – from the density of the weft, б – from the coefficient of interlacing

ет некоторое снижение стойкости к истиранию с ростом коэффициента переплетения, однако данное снижение имеет скачкообразную тенденцию, которая с увеличением плотности по утку усиливается.

Влияние плотности по утку (а) и коэффициента переплетения (б) на изменение линейных размеров по основе и по утку после мокрой обработки представлены на рисунке 5.



а



б (b)

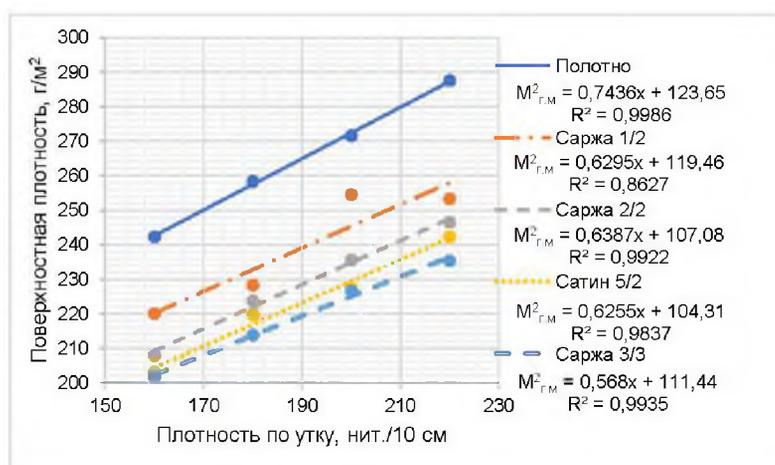
Рисунок 5 – Зависимости изменения линейных размеров ткани после мокрой обработки:  
 а – от плотности по утку, б – от коэффициента переплетения  
 Figure 5 – Dependences of changes in the linear dimensions of the fabric after wet treatment:  
 a – from the density of the weft, b – from the coefficient of interlacing

Рисунок 5 иллюстрирует, что при увеличении плотности по утку происходит снижение усадки ткани по ширине в среднем на 1,5 п.п. (на 37,4 %), одновременно происходит увеличение усадки по основе в среднем на 2,8 п.п. (на 32,6 %). Усадка по основе выше усадки по утку, это объясняется тем, что в процессе наработки ткани на станке нити основы подвергаются большим динамическим нагрузкам, которые в процессе стирки в свободном состоянии и сушки в расправленном виде вызывают релаксационные процессы в ткани и приво-

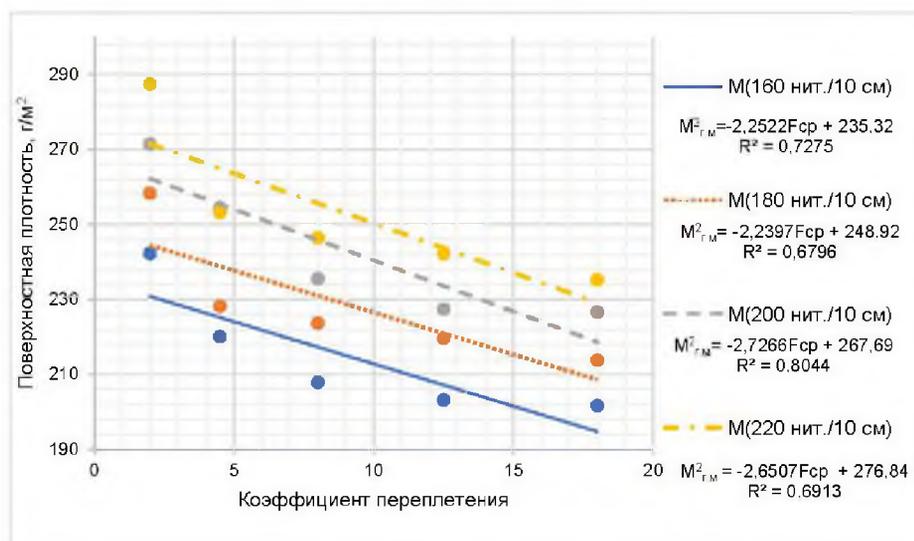
дят к изменению линейных размеров в большей степени по основе, чем по утку.

С увеличением коэффициента переплетения при равной плотности по утку усадка ткани по основе и по утку возрастает, что объясняется большей возможностью нитей, расположенных в длинном перекрытии, прийти в равновесное состояние.

На рисунке 6 представлены зависимости поверхностной плотности от плотности по утку (а) и коэффициента переплетения (б), г/м<sup>2</sup>.



а



б (b)

Рисунок 6 – Зависимости поверхностной плотности тканей:  
а – от плотности по утку, б – от коэффициента переплетения

Figure 6 – Dependences of the surface density of fabrics:  
а – from the density of the weft, б – from the coefficient of interlacing

Поверхностная плотность ткани является одним из основных физико-механических свойств, определяющих ее назначение и способность быть использованной в определенном ассортименте в зависимости от климатических условий и условий ее эксплуатации. Из рисунка 6 видно, что с ростом плотности по утку возрастает поверхностная плотность ткани по линейной зависимости; с увеличением размера раппорта переплетения (соответственно с увеличением коэффициента переплетения) для каждой плотности нитей по утку снижается поверхностная плотность.

#### Анализ полученных результатов

Принимая во внимание, что средние значения показателей по каждому из физико-механических свойств исследуемых тканей отличаются друг от друга, можно утверждать о наличии влияния плотности по утку и вида переплетения на свойства ткани.

Увеличение плотности по утку приводит к росту разрывной нагрузки по основе и утку что объясняется изменением параметров строения ткани: увеличением коэффициента, определяющего высоту волны изгиба нитей основы относительно нитей утка и возрастанием сил трения между нитями разных систем [Казарновская, Милеева, 2022]. Кроме того, рост разрывной нагрузки полосы ткани по утку напрямую зависит от числа нитей в образце элементарной пробы. Рост же коэффициента переплетения снижает связанность между нитями двух систем и, как следствие, приводит к уменьшению сил трения между ними, это влечет за собой снижение разрывной нагрузки.

Разрывное удлинение при росте плотности по утку увеличивается в переплетениях с короткими перекрытиями, но с увеличением длины настилов оно начинает снижаться, причем это справедливо и для основы, и для утка. Такой результат объясняется тем, что нити в переплетениях с большим количеством взаимных пересечений являются более изогнутыми и в начале деформации удлинение происходит за счет распрямления самой нити, в то время как в ткани с длинными настилами этот процесс практически отсутствует. Четких закономерностей во влиянии коэффициента переплетения на разрывное удлинение не прослеживается.

Котонинсодержащая пряжа является рыхлой по своей структуре и особенно в ее верхнем слое, что влечет за собой высокую воздухопроницаемость исследуемых тканей. С увеличением плотности по утку снижается фактическое расстояние между нитями, ткань стано-

вится более заполненной волокнистым материалом. Это объясняет также рост стойкости к истиранию и поверхностной плотности при увеличении плотности по утку.

При постоянной плотности ткани воздухопроницаемость с увеличением коэффициента переплетения растет за счет меньшего числа взаимных пересечений и снижения прилегания друг к другу нитей противоположных систем в длинных перекрытиях.

Большой стойкостью к истиранию обладают ткани, выработанные равноусиленными переплетениями, так как их поверхность в одинаковой степени сформирована нитями основы и утка.

С ростом коэффициента переплетения снижается значение уработки нитей основы и утка, так как меньшая длина нити идет на формирование отрезка ткани, то есть убывает масса нити, зарабатываемой в ткань, и как следствие это приводит к уменьшению поверхностной плотности.

Пряжа пневмомеханического способа прядения обладает достаточно высокими значениями усадки, что связано с технологией ее получения. С ростом плотности по утку порядок фазы строения несколько увеличивается [Казарновская, Милеева, 2022], что приводит к росту уработки по основе и снижению уработки по утку, очевидно, что большая длина нити, идущая на формирование участка ткани, имеет большую усадку. Рост усадки с ростом коэффициента переплетения объясняется тем, что прямолинейные участки, не имеющие дополнительной связанности и возникающей при этом силы трения с противоположной системой нитей, обладают большими возможностями для изменения своих линейных размеров.

Для использования математического аппарата регрессионного анализа должны выполняться условия:

- ошибка измерения входного параметра пренебрежительно мала;
- ошибка выходного параметра имеет нормальный закон распределения;
- дисперсия выходного параметра одинакова для всех наблюдений (не зависит от уровня входного параметра).

Входными параметрами в исследовании являются коэффициент переплетения, рассчитанный без погрешности, и плотность ткани по утку, которая на ткацком станке устанавливается с пульта управления (компьютера) и поддерживается автоматически, поэтому первое условие удовлетворено.

В программе Excel в надстройке «Анализ данных» проведен однофакторный дисперсионный анализ (таблица 1) и построены гистограммы, показывающие закон распределения выходного параметра (рисунок 7) на примере выборок разрывной нагрузки ткани полотняного переплетения и ткани с плотностью по утку от 160 нит./10 см до 220 нит./10 см.

При проверке однородности дисперсий нескольких выборок одинакового размера наибольшей мощностью обладает критерий Кохрена, при котором в качестве нулевой гипотезы выдвигается утверждение о том, что дисперсии нескольких выборок равны. Наблюдаемое значение критерия Кохрена определяется по формуле:

$$G_H = \frac{\max_{i=1}^k S_i^2}{\sum_{i=1}^k S_i^2}, \quad (5)$$

где  $S_i^2$  – дисперсия  $i$ -й серии опытов.

Наблюдаемое значение в данном случае составляет 0,353146, критическое значение критерия Кохрена  $G_{(0,05;4;10)} = 0,3584$ . Так как  $G_H < G_{кр.}$ , то нет оснований для отклонения нулевой гипотезы о том, что дисперсии однородны.

Гистограмма частот имеет вид параболы, что является доказательством нормального закона распределения, так как для него характерно, что незначительные, разные по знаку отклонения от среднего значения величины встречаются одинаково часто, а большие по абсолютной величине отклонения встречаются реже, чем малые.

Для доказательства выдвинутой гипотезы построены линейные однофакторные регрессионные модели, где

Таблица 1 – Значения дисперсии разрывной нагрузки по основе для полотняного переплетения

Table 1 – Values of the dispersion of the breaking load on the basis for the plain weave

Плотность по утку, нит./10 см	Номер испытания										Среднее значение	Оценка дисперсии
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
160	193	205	176	184	213	204	190	198	196	197	196	114,0444
180	195	206	216	224	202	224	204	219	221	203	211	112,6388
200	221	197	218	213	198	208	211	199	223	226	211	117,0265
220	228	206	224	213	217	235	225	231	238	233	225	104,6995

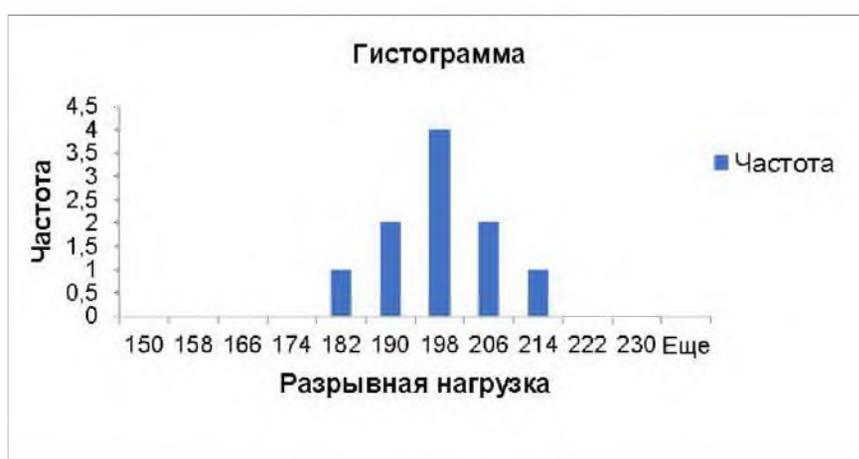


Рисунок 7 – Гистограмма распределения частоты разрывной нагрузки

Figure 7 – Histogram of the frequency distribution of the breaking load

входными параметрами является плотность по утку и коэффициент переплетения (рисунки 1–6).

Для оценки линейных моделей рассчитан коэффициент детерминации ( $R^2$ ), который характеризует долю дисперсии выходного параметра, объясняемую уравнением регрессии, в общей дисперсии результативного признака. Величина коэффициента детерминации служит одним из критериев оценки качества линейной модели. Чем теснее линейная связь между переменными, тем коэффициент детерминации ближе к 1. Так как данные выборки имеют малый объёмом (в соответствии со стандартными методиками определения физико-механических свойств), то предложено считать модель качественной при коэффициенте детерминации свыше 0,95. Соответственно на долю дисперсии, вызванную влиянием не учтенных в модели факторов, приходится до 5 % общей дисперсии (Колентеев, Гончарова, 2021).

Таким образом, для всех показателей физико-механических свойств установлены зависимости от плотности по утку, выраженные математическими моделями линейного характера с коэффициентами детерминации, варьирующимся в интервале от 0,84 до 1,0, что говорит о тесной связи между входными и выходными параметрами. Однако высоким качеством линейной модели обладают не все показатели физико-механических свойств. Разрывная нагрузка, разрывное удлинение и изменение линейных размеров по утку после мокрой обработки имеют скорее не линейный характер, в то время как воздухопроницаемость, стойкость к истиранию, поверхностная плотность и изменение размеров по основе после мокрой обработки могут быть описаны с

применением линейной зависимости.

Коэффициент детерминации в уравнениях линейной зависимости физико-механических свойств от коэффициента переплетения наиболее часто находится в интервале от 0,8 до 0,89, что свидетельствует о низком качестве линейных моделей. Наименьшие значения показателя имеют модели определения разрывного удлинения и стойкости к истиранию от коэффициента переплетения, что свидетельствует о слабой корреляции между данными факторами. Плотность по утку в большей степени влияет на значение показателей физико-механических свойств.

#### Выводы

1. Вид переплетения и плотность по утку оказывают влияние на средние значения физико-механических свойств тканей костюмного ассортимента из котонин-содержащей пряжи, причем плотность по утку влияет в большей степени, чем вид переплетения.

2. Математические зависимости таких свойств как разрывная нагрузка, разрывное удлинение и изменение линейных размеров по утку после мокрой обработки от плотности по утку имеют скорее не линейный характер, а воздухопроницаемость, стойкость к истиранию, поверхностная плотность и изменение размеров по основе после мокрой обработки располагают линейной корреляцией между параметрами.

3. Низкий коэффициент детерминации в математических моделях, устанавливающих зависимость свойств от коэффициента переплетения, указывает на меньшее влияние входного параметра на свойства и на то, что это влияние осуществляется не по линейному закону.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Абдугаффаров, А.А., Очилов, Т.А., Валиева, З.Ф., Гафурова, С.С. и Корабельников, А.Р. [2022]. Изменения физико-механических свойств пряжи различного волокнистого состава. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 5 (401), С. 83–87.

Веселова, С.А. и Архалова, В.В. [2020]. Исследование свойств тканей для детской одежды костюмного ассортимента. *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*. Т. 48, № 2, С. 25–28.

Голубев, Е.В. и Романов, В.В. [2019]. Моделирование и оптимизация натяжения нити при ткачестве. *Мехатроника, автоматика и робототехника*. № 3, С. 105–108.

Дягилев, А.С., Коган, А.Г. и Мурычев, П.В. [2013]. Оценка эффективности технологических процессов формирования продуктов прядения из котонизированного льна. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. № 25, С. 19–26.

Дягилев, А.С., Бизюк, А.Н. и Коган, А.Г. (2015). Исследование цветовых характеристик льноволокна в процессе чесания. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. № 29, С. 31–42.

Ефременко, Н. М., Небова, О. А. и Усачева, О. И. (2006). Короткий лен. Новые технологии. Новые ткани. *Текстильная промышленность*. № 5, С. 42–43.

Жолдасова, А.Б., Даминов, А.Д. и Рахимходжаев, С.С. (2024). Влияние на плотность и на коэффициент наполнения переплетения новой сорочечной ткани. *Universum: технические науки*, № 2-4 (119), С. 65–71.

Казарновская, Г.В. и Милеева, Е.С. (2022). Исследование влияния параметров строения тканей на уработку нитей основы и утка для проектирования крупноузорчатых переплетений. *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*. Т. 57, № 3, С. 63–67.

Карев, А.С., Чешкова, А.В., Белякова, Т.Н., Захарова, И.М., Воронин, А.М. (2010). Влияние влажности короткого льняного волокна на процесс ферментно-механической котонизации. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 7 (328), С. 34–37.

Колентеев, Н.Я. и Гончарова, О.А. (2021). Коэффициенты корреляции и детерминации. *Специальная техника и технологии транспорта*. № 10, С. 206–212.

Корабельников, А.Р., Вихарев, С.Н. и Корабельников, Р.В. (2008). Особенности взаимодействия острия игл игольчатой гарнитуры с волокном при котонизации. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 3 (308), С. 24–26.

Куликов, А.В. (2012). Разработка метода косвенной оценки длины непараллелизованного льняного волокна. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 2 (338), С. 28–31.

Ландовская, И.Е. и Ландовский, В.В. (2013). Компьютерное моделирование ткани. *Инновации в науке*. № 24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-modelirovanie-tkani>. Дата обращения: 21.08.2024.

Ложкин, Н.Д. и Рыжкова, Е.А. (2024). Особенности разработки системы качества контроля качества технических тканей. *Сборник научных трудов кафедры автоматики и промышленной электроники Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина : Сборник научных трудов. – Москва : Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)*, С. 109–113.

Максач, В.В., Чижик, М.А. и Юрков, В.Ю. (2024). Разработка математической модели процесса формообразования поверхности из драпируемых материалов. *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*. Т. 65, № 1, С. 9–14.

Милеева, Е.С. и Казарновская, Г.В. (2020). Анализ влияния крутки на показатели качества котонинсодержащей пряжи пневмомеханического способа формирования. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. № 1 (38), С. 59–70.

Николаев, С.Д., Михеева, Н.А. и Парфенов, О.В. (2008). Влияние вида переплетения на параметры строения тканей. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 2С (307), С. 59–60.

Полякова, Л.П. (2007). Исследование влияния переплетения основных и уточных нитей на прочностные и гигиенические свойства однослойных тканей. *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. № 1 (300), С. 77–82.

Разумеев, К.Э., Юсупова, Н.Б., Назарова, Д.Т. и Ташпулатов, С.Ш. (2019). Улучшение качества костюмных хлопчатобумажных тканей в зависимости от опорной поверхности ткани. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. № 5 (383), С. 85–88.

Сулайман, О., Койтова, Ж.Ю., Телицын, А.А. и Борисова, Е.Н. (2022). Исследование свойств льносодержащих тканей с вложением эластана при многократных стирках. *Технологии и качество*, № 4 (58), С. 7–11.

Bogdanov, A.I. and Kaisheva, K.V. (2022). Application of Qualimetry methods to perceived quality estimation. *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии*, № 2, Р. 71–74.

REFERENCES

- Abdugaffarov, A.A., Ochilov, T.A., Valieva, Z.F., Gafurova, S.S. and Korabelnikov, A.R. (2022). Changes in the physical and mechanical properties of yarn of various fibrous composition [Izmeneniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv pryazhi razlichnogo voloknistogo sostava]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. № 5 (401), pp. 83–87 (In Russian).
- Veselova, S.A. and Arkhalova, V.V. (2020). Investigation of the properties of fabrics for children's clothing of the costume range [Issledovanie svoystv tkanej dlya detskoj odezhdy kostyumnogo assortimenta]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti = The News of higher educational institutions. Technology of light industry*. vol. 48, № 2, pp. 25–28 (In Russian).
- Golubev, E.V. and Romanov, V.V. (2019). Modeling and optimization of thread tension during weaving [Modelirovanie i optimizatsiya natyazheniya niti pri tkachestve]. *Mekhatronika, avtomatika i robototekhnika = Mechatronics, automation and robotics*. № 3, pp. 105–108 (In Russian).
- Diaghilev, A.S., Kogan, A.G. and Murychev, P.V. (2013). Evaluation of the effectiveness of technological processes for the formation of spinning products from cottonized flax [Ocenka effektivnosti tekhnologicheskikh processov formirovaniya produktov pryadeniya iz kotonizirovannogo l'na]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of the Vitebsk State Technological University*. № 25, pp. 19–26 (In Russian).
- Diaghilev, A.S., Bizyuk, A.N. and Kogan A.G. (2015). Investigation of the color characteristics of flax fiber in the carding process [Issledovanie cvetovykh harakteristik l'novolokna v processe chesaniya]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of the Vitebsk State Technological University*. № 29, pp. 31–42 (In Russian).
- Nikolaev, S.D., Mikheeva, N.A. and Parfenov, O.V. (2008). The influence of the type of weave on the parameters of the structure of fabrics. News of higher educational institutions [Vliyaniye vida perepleteniya na parametry stroeniya tkanej]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. № 2C (307), pp. 59–60 (In Russian).
- Zholdasova, A.B., Daminov, A.D. and Rakhimkhodzhaev, S.S. (2024). The effect on the density and filling coefficient of the weave of the new magpie fabric [Vliyaniye na plotnost' i na koeffitsient napolneniya perepleteniya novoj sorochechnoj tkani]. *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: Technical Sciences*, № 2-4 (119), pp. 65–71 (In Russian).
- Kazarnovskaya, G.V. and Mileeva, E.S. (2022). Investigation of the influence of tissue structure parameters on the processing of warp and weft threads for the design of large-patterned weaves [Issledovanie vliyaniya parametrov stroeniya tkanej na urabotku nitej osnovy i utka dlya proektirovaniya krupnouzorchatykh perepletenij]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti = The News of higher educational institutions. Technology of light industry*. Vol. 57, № 3, pp. 63–67 (In Russian).
- Karev, A.S., Cheshkova, A.V., Belyakova, T.N., Zakharova, I.M. and Voronin, A.M. (2010). The effect of moisture content of short flax fiber on the process of enzymatic mechanical cottonization [Vliyaniye vlazhnosti korotkogo l'nyanogo volokna na process fermentno-mekhanicheskoy kotonizatsii]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. № 7 (328), pp. 34–37 (In Russian).
- Kolenteev, N.Ya. and Goncharova, O.A. (2021). Correlation and determination coefficients [Koeffitsienty korrelyatsii i determinatsii]. *Special'naya tekhnika i tekhnologii transporta = Special equipment and transport technologies*. № 10, pp. 206–212 (In Russian).
- Korabelnikov, A.R., Vikharev, S.N. and Korabelnikov, R.V. (2008). Features of the interaction of the needle tip of a needle headset with fiber during cottonization [Osobennosti vzaimodejstviya ostriya igl' igol'chatoj garnitury s voloknom pri kotonizatsii]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. № 3 (308), pp. 24–26 (In Russian).
- Kulikov, A.V. (2012). Development of a method for indirect estimation of the length of non-parallelized linen fiber. News of higher educational institutions [Razrabotka metoda kosvennoj ocenki dliny neparallelizovannogo l'nyanogo volokna].

*Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* № 2 (338), pp. 28–31 (In Russian).

Landovskaya, I.E. and Landovsky, V.V. (2013). Computer modeling of tissue [Komp'yuternoe modelirovanie tkani]. *Innovacii v nauke = Innovations in science.* № 24. Access mode: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-modelirovanie-tkani>. Access date: 08/21/2024 (In Russian).

Lozhkin, N.D. and Ryzhkova, E.A. (2024). Features of the development of a quality control system for the quality of technical fabrics [Osobennosti razrabotki sistmy kachestva kontroya kachestva tekhnicheskikh tkanej]. *Sbornik nauchnykh trudov kafedry avtomatiki i promyshlennoj elektroniki Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta im. A.N. Kosygina = Collection of scientific papers of the Department of Automation and Industrial Electronics of the Kosygin Russian State University : Collection of scientific papers. – Moscow : A.N. Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art),* Pp. 109–113 (In Russian).

Maksach, V.V., Chizhik, M.A. and Yurkov, V.Yu. (2024). Development of a mathematical model of the surface shaping process from draped materials [Razrabotka matematicheskoy modeli processa formoobrazovaniya poverhnosti iz drapiruemykh materialov]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti = The News of higher educational institutions. Technology of light industry.* Vol. 65, № 1, pp. 9–14 (In Russian).

Mileeva, E.S. and Kazarnovskaya, G.V. (2020). Analysis of the effect of twisting on the quality indicators of cottonine-containing yarn of the pneumomechanical method of formation [Analiz vliyaniya krutki na pokazateli kachestva kotoninsoderzhashchej pryazhi pnevmomekhanicheskogo sposoba formirovaniya]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of the Vitebsk State Technological University.* № 1 (38), pp. 59–70 (In Russian).

Efremenko, N.M., Nebova, O.A. and Usacheva, O.I. (2006). Short linen. New technologies. New fabrics [Korotkij len. Novye tekhnologii. Novye tkani]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* № 5, Pp. 42–43 (In Russian).

Polyakova, L.P. (2007). Investigation of the influence of the interweaving of basic and weft threads on the strength and hygienic properties of single-layer fabrics [Issledovanie vliyaniya perepleteniya osnovnykh i utochnykh nitej na prochnostnye i gigienicheskie svoystva odnoslojnykh tkanej]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* № 1 (300), pp. 77–82 (In Russian).

Razumeev, K.E., Yusupova, N.B., Nazarova, D.T. and Tashpulatov, S.Sh. (2019). Improving the quality of costume cotton fabrics depending on the fabric support surface. News of higher educational institutions [Uluchshenie kachestva kostyumnykh hlochatobumazhnykh tkanej v zavisimosti ot opornoj poverhnosti tkani]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* № 5(383), pp. 85–88 (In Russian).

Sulaiman, O., Koitova, J.Y., Telitsyn, A.A. and Borisova, E.N. (2022). Investigation of the properties of flax-containing fabrics with elastane attachment during repeated washings [Issledovanie svoystv l'nosoderzhashchikh tkanej s vlozheniem elastana pri mnogokratnykh stirkah]. *Tekhnologii i kachestvo = Technologies and Quality,* № 4 (58), pp. 7–11 (In Russian).

Bogdanov, A.I. and Kaisheva, K.V. (2022). Application of Qualimetry methods to perceived quality estimation [Application of Qualimetry methods to perceived quality estimation]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna = Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 4: Industrial Technologies,* № 2, P. 71–74.

Информация об авторах

Information about the authors

**Милеева Екатерина Сергеевна**

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: kati.mileeva@gmail.com

**Казарновская Галина Васильевна**

Кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Дизайн и мода», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: galina\_kazarnovskaya@mail.ru

**Katsiarina S. Mileeva**

Candidate of Sciences (in Engineering), Senior Lecturer of the Department "Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: kati.mileeva@gmail.com

**Galina V. Kazarnovskaya**

Candidate of Sciences (in Engineering), Associate Professor, Professor at the Department "Design and Fashion", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: galina\_kazarnovskaya@mail.ru