

П. Г. Деркаченко, Е. С. Милеева., Т. А. Антонова, В. Ф. Захарченко

Витебский государственный технологический университет  
210035, Беларусь, Витебск, Московский проспект 72

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАВНИВАНИЯ УРАБОТКИ НИТЕЙ ОСНОВЫ

© П. Г. Деркаченко, Е. С. Милеева., Т. А. Антонова, В. Ф. Захарченко, 2022

*В статье произведено тестирование программы по расчету уработки нитей основы. Проверка эффективности разработанной программы осуществлялась по двум направлениям: сравнением расчетного значения уработки со значениями, полученными в результате извлечения нити из образца готовой ткани, а также сравнение заложенных в программу коэффициентов смятия и высот волн изгиба нитей с фактическими, полученными по срезам суровой ткани. Для наработки ткани в условиях РУППП «Орианский льнокомбинат» создан жаккардовый рисунок костюмной ткани полутораслоного строения, в фоне которого на лицевой стороне применено креповое переплетение, а на изнаночной — полотняное. На основании развернутого патрона проведен анализ уработки нитей основы, в соответствии с которым выполнена доработка жаккардового рисунка. Выработка ткани осуществлялась на ткацких станках фирмы Picanol с жаккардовой машиной Wopas. Процесс наработки замечаний не выявил, ткань по физико-механическим свойствам соответствует ТУ ВУ300051814.018–2018.*

**Ключевые слова:** программа, жаккардовая ткань, уработка, параметры строения ткани, число пересечений, Java, класс Color, библиотека AWT, срезы ткани, микроскопия

### Анализ исследований

Одним из важных параметров строения ткани является уработка нитей основы и нитей утка в ткани, так как она влияет на структуру ткани, расход сырья, материалоемкость и, соответственно, стоимость.

Изучением уработки и ее связью с параметрами ткачества [1]–[2], параметрами строения ткани [3]–[6] занимался ряд ученых. Существуют патенты по способам определения уработки нитей в ткани [7] и устройствам для измерения уработки [8]. Все данные методики с высокой точностью определяют уработку. Кандидат технических наук Никишин В. Б. занимался разработкой автоматизированного метода расчета параметров строения тканей, включая уработку нитей основы и нитей утка. Сокова Г. Г. занималась разработкой теоретических и практических аспектов автоматизированного анализа и проектирования льняных тканей. На основе разработанных методик создано новое программное обеспечение «Автоматизированный структурный анализ пестроткани» и «Дистанционный анализ и проектирование льняных тканей с заданными показателями», работоспособность которого подтверждена экспериментальными данными.

Специализированные производственные программные комплексы не занимаются расчетам значения уработки, как одного из параметров строения тканей. Алгоритм данных программ основан на том, что по заданной длине настила в нитях определяются места на развернутом патроне, в которых длина основного настила выше заданного числа нитей. Далее производится автоматическая (по усмотрению программы) либо ручная (по усмотрению оператора) корректировка

длинны настилов. При этом автоматическая корректировка задается алгоритмом программы и не всегда обеспечивает лучшие художественно-эстетические решения в то время как ручная корректировка способна изменить длину настилов без искажения рисунка, но является более трудоемкой.

### Постановка задачи

Для механизма уточного накопителя разница значений уработки нитей утка не является критичной, то есть работа ткацкого станка ничем не затруднена.

Неодинаковое количество пересечений основой нитей утка приводит к разной уработке нитей основы, соответственно их разному натяжению на навое и провисанию. Провисание даже одной нити основы приводит к срабатыванию механизма основонаблюдателя (закрыванию ламельного прибора) и остановке ткацкого станка как при обрыве нити основы. В отличие от обрыва нити основы, который легко исправить, устранение провисания нитей основы является проблематичным и в ряде случаев невозможным без дополнительных механизмов, изменения структуры (переплетения, рисунка, артикула ткани), смены набираемого ассортимента. Поэтому вопрос выравнивания уработки нитей основы является особенно актуальным для жаккардовых тканей и тканей креповых переплетений.

Основная проблема выработки тканей креповых переплетений заключается в том, что с одной стороны, все нити в раппорте должны пересекаться по-разному, без подчинения каким-либо законам строения тканей, с другой стороны, уработка всех нитей основы должна быть одинаковой. Близкую уработку всех нитей основы обеспечит одинаковое количество смен основ-

ных перекрытий на уточные и наоборот в рамках раппорта. Для тканей с большим жаккардовым раппортом ручной подсчет количества пересечений нитями основы нитей утка ( $t_0$ ) является сложным или практически невозможным ( $Ry > 500$  нит.). Поэтому возникла необходимость создания программного продукта, решающего данную задачу.

### Цель исследований

Целью данной работы является разработка программного продукта для оценки возможности выравнивания уработки нитей основы в тканях крепового переплетения и жаккардовых тканях с крупным раппортом.

В процессе работы решены следующие задачи:

- разработан алгоритм программного продукта для подсчёта размеров раппорта и числа пересечений нитями основы нитей утка;

- разработан программный продукт, позволяющий задать определенные параметры строения ткани, рассчитать уработку нитей основы и выводит численную информацию в удобную для анализа форму;

- на основе полученной информации проведена корректировка технического рисунка жаккардовой ткани;

- определены значения уработки нитей основы в созданном опытном образце;

- по фотографиям срезов, выполненным по направлению нитей основы и утка под микроскопом, определены значения параметров строения ткани;

- проведено сравнение значений параметров строения ткани, вводимых в программный продукт и получаемых на выходе с фактическими полученными по срезам образца ткани.

### Результаты и обсуждения

Для решения поставленной задачи на кафедре «Информационные системы и автоматизация производства» Витебского государственного технологического университета создан программный продукт для выравнивания значения уработки нитей основы. Данное приложение разработано на языке программирования высокого уровня Java с использованием компилятора Java Development Kit. Основными достоинствами платформы Java являются кроссплатформенность, поддержка большинства современных технологий разработки программного обеспечения, а также наличие большого количества готовых библиотек, находящихся в открытом доступе. Всё вышесказанное даёт возможность разрабатывать крупные, но в то же время гибкие, масштабируемые и расширяемые приложения [9].

Для работы с цветом была использована библиотека AWT, из которой использовался специальный класс Color. Этот класс обладает довольно обширной функциональностью. Цвет задается тремя целочисленными характеристиками, соответствующими модели RGB, — красный, зеленый, синий (red, green, blue). Каждая характеристика может иметь значение от 0 до 255. В результате (0, 0, 0) соответствует черному, а (255, 255, 255) — белому. Класс Color является неизменяемым, то есть, создав экземпляр, соответствующий

какому-либо цвету, изменить параметры RGB уже невозможно. Это позволяет объявить в классе Color ряд констант, описывающих базовые цвета: белый, черный, красный, желтый и так далее [10]. Для технического рисунка использованы два цвета черный и белый.

Принцип построения жаккардового рисунка заключается в разработке эскиза в сантиметрах, пересчете размеров эскиза в нити, с учетом заданной плотности по основе и по утку и соотношения нитей основы и нитей утка. Для патронирования жаккардовой костюмной ткани выбран мотив в виде смещенных друг относительно друга двухцветных стилизованных ракушек. Фон имеет смещенный (промежуточный) цветовой эффект. Рисунок выполнен в программном комплексе Adobe Photoshop CC 2015.5, одному пикселю по ширине рисунка соответствует одна нить основы, а одному пикселю по высоте рисунка соответствует одно соотношение нитей утка. При необходимости художником дорабатывается сокращенный патрон в части коррекции рисунка, его фрагментов, уменьшении или увеличении его отдельных элементов, оформлении их контуров. Сокращенный патрон содержит определенное количество цветовых эффектов, которые полностью соответствуют ткацким эффектам, то есть одному цвету на сокращенном патроне соответствует одно ткацкое переплетение.

На рисунке 1 представлен сокращенный патрон (1 а), модельные переплетения присваиваемые каждому цвету сокращенного патрона (1 б, в, г), и фрагмент развернутого патрона (1 д).

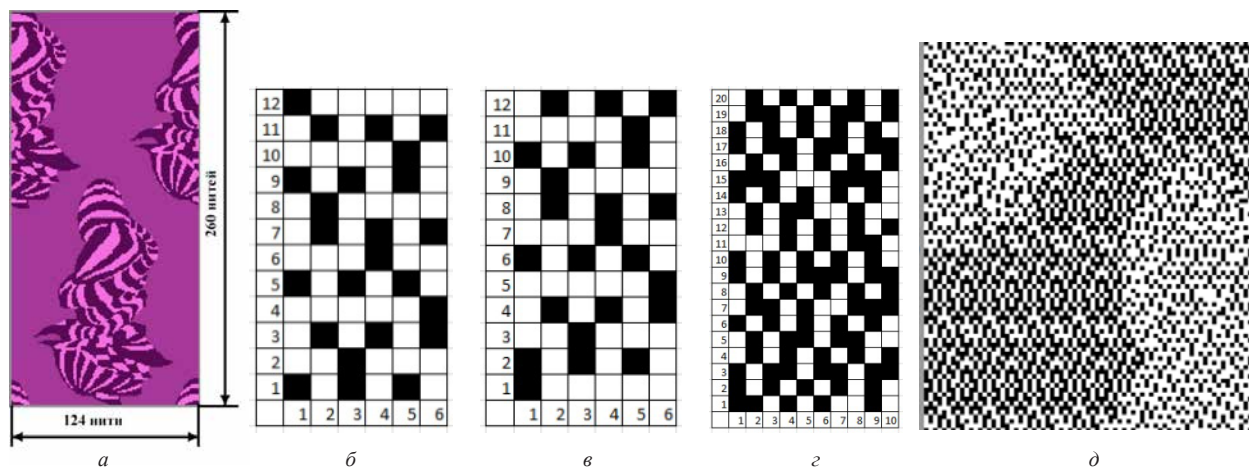
В структуре ткани присутствует одна система нитей основы и две системы нитей утка в соотношении 1:1, один из которых формирует фон ткани. Два цветовых эффекта узора образованы настилами нитей утка, закрепленными по шестинитному сатину; в фоне ткани один из утков уходит на изнаночную сторону и закрепляется по шестинитному атласу, а второй — переплетается с основой по полотну.

Ткани выполнены в светлом, нейтральном, сдержанном колорите. В основе использована хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 50 текс, в утке котонизированная пряжа 50 текс и высокольняная пряжа 56 текс. Плотность по основе готовой ткани составляет  $P_0 = 222$  н/10 см, плотность по утку  $P_y = 248$  н/10 см, ширина готовой ткани  $B_r = 150$  см.

Образцы ткани наработаны в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» на ткацком станке OptiMax-4 фирмы «Picanol» (Бельгия) с жаккардовой машиной фирмы Vonas.

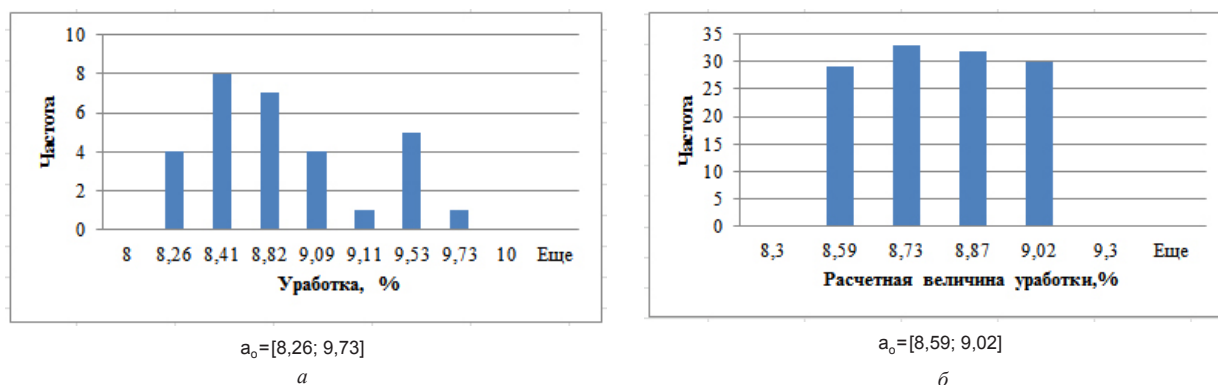
После присвоения переплетений получен развернутый патрон или технический рисунок ткани, который индексируем на два цвета: белый со значениями  $R=G=B=255$  и черный  $R=G=B=0$ . и сохраняем в формате «.png» — графический формат растрового типа, содержащий 8-битную цветовую палитру. Разработанный для PNG файлов алгоритм сжатия Deflate уменьшает размер сохраняемого изображения без потери качества итоговой картинке.

Входными параметрами для программы являются: технический рисунок ткани, диаметр нитей основы (



**Рис. 1.** Сокращенный патрон (а), модельные переплетения: для светлого цветового эффекта (б), темного (в), промежуточного эффекта (фон) (г), фрагмент развернутого патрона (д) для ткани костюмного назначения

**Fig. 1.** Reduced cartridge (a), model weaves: for a light color effect (b), dark (c), intermediate effect (background) (d), a fragment of an expanded cartridge (e) for costume fabric



**Рис. 2.** Диаграмма частот уработки нитей основы а) по образцу ткани, б) полученная в программе

**Fig. 2.** Diagram of the frequencies of warp threads a) according to the fabric sample, b) obtained in the program

$d_o$ ), диаметр нитей утка ( $d_o$ ) [11], коэффициенты определяющие высоту волны изгиба нитей основы и утка в зависимости от фазы строения ткани ( $K_{ho}$ ,  $K_{hy}$ ). Прочие параметры строения ткани программа считывает с развернутого патрона: раппорт по основе ( $R_o$ ), и по утку ( $R_y$ ), число пересечений основными нитями нитей утка ( $t_o$ ), либо рассчитывает: коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по утку ( $K_{Hy}$ ), фактическое расстояние между нитями утка ( $l_{y.ф.}$ ), уработка нитей основы ( $a_o$ ). Выходные параметры сохраняются в файле в Microsoft Office Excel, который позволяет провести статистический анализ полученных данных и оценить необходимость изменения технического рисунка с целью выравнивания уработок нитей основы в аналитическом в виде таблицы, либо графическом виде.

Доработка технического рисунка осуществляется путем: 1) увеличения количества пересечений — добавлением одного основного (уточного) перекрытия в месте, где присутствует максимальное количество уточных (основных) перекрытий, без примыкания его к прочим основным (уточным) настилам; 2) уменьшения количества пересечений — заменой одиноч-

ного уточного (основного) перекрытия на основное (уточное) с примыканием добавленного перекрытия к основным (уточным).

Значение уработки нитей основы, полученное в программном продукте, проверяем путем вытягивания нитей из образца ткани в соответствии с методикой. Проведено 30 испытаний, значения представлены на диаграмме рисунок 2.

В соответствии методикой достаточно провести 10 испытаний уработки нитей основы. Однако, чтобы увеличить надежность получаемой оценки средней величины, необходимо сузить доверительный интервал. В практике исследований параметров и процессов текстильной промышленности при доверительной вероятности  $p_D=0,95$  точность измерений считается высокой, если  $\delta\{T\} \leq 2\%$ , средний — если  $2 < \delta\{T\} \leq 5\%$ , низкий — если  $5 < \delta\{T\} \leq 10$  и очень низкой  $10 < \delta\{T\}$ . [12] Задавшись уровнем надежности  $\delta\{T\} = 2\%$  рассчитаем необходимый объем выборки при доверительной вероятности  $p_D=0,95$  по формуле:

$$n = \left( \frac{t_{\alpha, f}}{\delta} \right)^2 * S^2, \quad (1)$$



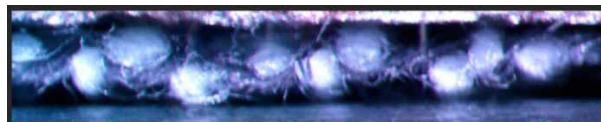
**Таблица 1.** Уработка нитей основы

**Table 1.** Warp threading

Показатель	Среднее	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Минимум	Максимум	Уровень надежности (95,0%)
Значение	8,83	0,085	0,467	0,218	8,26	9,73	0,174



а



б

**Рис. 3.** Срезы ткани, выполненные по направлению нити основы (а) и утка (б)

**Fig. 3.** Sections of the fabric, made in the direction of the warp thread (a) and weft thread (b)

**Таблица 2.** Основные статистические характеристики средних значений параметров строения, полученные по срезам ткани

**Table 2.** Main statistical characteristics of average values of structural parameters obtained from tissue sections

Показатель	Среднее	Стандартная ошибка	Стандартное отклонение	Дисперсия выборки	Минимум	Максимум	Уровень надежности (95,0%)
$d_{o.g.}$	0,362	0,01	0,045	0,002	0,287	0,451	0,021
$d_{o.v.}$	0,296	0,01	0,044	0,002	0,227	0,388	0,021
$h_o$	0,23	0,006	0,028	0,001	0,187	0,276	0,013
$l_{o.f.}$	0,606	0,02	0,091	0,008	0,483	0,819	0,043
$d_{y.g.}$	0,363	0,009	0,042	0,002	0,293	0,44	0,019
$d_{y.v.}$	0,275	0,009	0,04	0,002	0,198	0,342	0,019
$h_y$	0,345	0,016	0,072	0,005	0,207	0,443	0,034
$l_{y.f.}$	0,421	0,011	0,048	0,002	0,342	0,511	0,023

Примечание:  $d_{o.v.}$  — диаметр нити основы в ткани по вертикали,  $d_{o.g.}$  — диаметр нити основы в ткани по горизонтали,  $d_{y.v.}$  — диаметр нити утка в ткани по вертикали,  $d_{y.g.}$  — диаметр нити утка в ткани по горизонтали,  $l_{o.f.}$  — фактическое расстояние между центрами нитей основы в местах их пересечения с нитями утка,  $l_{y.f.}$  — фактическое расстояние между центрами нитей утка в местах их пересечения с нитями основы.

где  $t_{\alpha,f}$  — квантиль распределения Стьюдента, определяемая для заданного уровня значимости  $\alpha$  ( $\alpha=0,05$ ),  $S$  — выборочная оценка среднеквадратического отклонения,  $\delta$  — уровень надежности ( $\delta=2\%$  от среднего значения). Основные статистические характеристики для фактических значений уработки представлены в таблице 1.

Таким образом, с вероятностью 95% можно утверждать, что тридцати испытаний уработки нитей основы достаточно для установления ее среднего значения на высоком уровне надежности.

В качестве нулевой гипотезы рассмотрена гипотеза о равенстве математических ожиданий средней величины уработки:  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ , в качестве альтернативной — среднее значение уработки, рассчитанной программой, не равно среднему значению уработки, полученному лабораторно (фактической уработки):  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ , при этом условие отклонения нулевой гипотезы:  $t_n > t_k$  [ $\alpha/2; f$ ], где  $t_n$  — наблюдаемое значение критерия Стьюдента,  $t_k$  — критическое значение критерия для уровня значимости  $\alpha=0,05$  и  $f$  — суммарного количества степеней свободы двух выборок [13].  $t_n=0,1316$ ;  $t_k=1,975$ . Так как,  $t_n < t_k$  [ $\alpha/2; f$ ], то нет основания для отклонения нулевой гипотезы,

следовательно, средние значения уработки, полученные в программе, равны средним значениям уработки, полученным путем вытягивания нитей из образца.

Для определения параметров строения ткани, таких как диаметр нитей основы и утка, коэффициентов определяющих высоту волны изгиба нитей, коэффициентов учитывающих деформацию нитей в ткани — осуществлены замеры данных параметров по фотографиям срезов ткани по основе и по утку, выполненных с использованием микроскопа «Микромед» с камерой USMOS 03100KPA. Фотографирование производилось при четырехкратном увеличении в соответствии с существующей методикой, на рисунке 3 представлены срезы ткани.

По двадцати срезам проведен замер диаметров нитей с учетом их смятия в ткани, высоты волны изгиба нитей и фактического расстояния между нитями. Значения усреднены по каждой из фотографий. Основные статистические характеристики средних значений (по двадцати фотографиям) представлены в таблице 2.

Таким образом, с вероятностью 95% можно утверждать, что двадцати срезов тканей по направлению нитей основы и утка достаточно для определения сред-

**Таблица 3.** Сравнение значений параметров строения ткани

**Table 3.** Comparison of values of tissue structure parameters

Параметр	$d_o$	$d_y$	$d_{o.v.}$	$d_{o.g.}$	$d_{y.v.}$	$d_{y.g.}$	$d_p$	$R_o$	$R_y$	$K_{ho}$	$K_{hy}$
Программа	0,38	0,38	-	-	-	-	0,284	128	200	0,800	1,200
Срезы	-	-	0,362	0,296	0,363	0,275	0,285	-	-	0,805	1,209

Параметр	$h_o$	$h_y$	$\eta_{o.v.}$	$\eta_{o.g.}$	$\eta_{y.v.}$	$\eta_{y.g.}$	$K_{Hy}$	$l_{y.f.}$	$a_o$
Программа	0,342	0,228	0,9	1,11	0,87	1,15	1,056	0,431	8,035
Срезы	0,345	0,230	0,904	1,106	0,871	1,148	1,148	0,421	8,83

Примечание:  $d_p$  — расчетный диаметр.

них значений параметров строения ткани на высоком уровне надежности.

В таблице 3 представлено сравнение значений параметров строения ткани: входных и выходных показателей программы с аналогичными характеристиками, замеренными и рассчитанными по срезам ткани.

Таким образом, основные характеристики строения ткани: диаметр расчетный, коэффициенты высоты волны изгиба, коэффициенты смятия нитей основы и утка по вертикали и по горизонтали — идентичные, коэффициент наполнения ткани по утку и фактическое расстояние между нитями в местах их пересечения нитями другой системы равны. Значение уработки, полученной в программе, отличается от лабораторно полученного меньше чем на 1%, что приемлемо для целей проектирования.

### Заключение

Таким образом, разработанная программа позволяет автоматически рассчитать значение коэффициентов пересечения нитей основы с утком, выводит полученные данные в формат удобный для их анализа, способствует определению объема необходимых изменений развернутого патрона любых размеров и сложности, с высокой точностью рассчитывает уработку нитей основы, полученный результат помогает художнику-дессинатору без дополнительных затрат (подработка образца) принять решение о возможности наработки данного рисунка, его технологичности и материалоемкости. Разработана методика корректировки рисунка по данным полученным из приложения. Дальнейшая доработка программы будет проводится в плоскости подсказок проектировщику о наиболее подходящих местах изменения развернутого патрона.

### Список источников

1. Маховер В. Л., Ленец О. П., Ефремов Д. Е. Об уработке нитей основы в ткани и в ткачестве // Известия

высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2008. № 3 (308) С. 52–56

2. Гречухин А. П., Ушаков С. Н., Рудовский П. Н., Палочкин С. В. Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 5 С. 118–122

3. Сергеев В. Т. Исследование уработок нитей основы и утка в многослойных тканях // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 19 С. 112–115

4. Назарова М. В., Фефелова Т. Л. Исследование влияния величины уработки основных и уточных нитей на свойства ткани вельвет-корд // Успехи современного естествознания. 2008. № 12 С. 71–72

5. Акиндинова Н. С., Казарновская Г. В. Методика определения уработки нитей основы в гобеленовых тканях // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2015. выпуск 28. С. 12–28

6. Каракова О. А., Николаев С. Д. Расчет уработок нитей парашютных тканей // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 10. С. 70–75

7. Толубеева Г. И. Патент РФ № 2469319. Способ определения извитости (уработки) нитей в ткани. МПК G01N 33/36, заявл. 03.06.2011; опубл. 10.12.2012.

8. Волгин А. Н. Патент РФ № 1416552. Устройство для измерения уработки нитей основы. D03J1/20, заявл. 04.01.87; опубл. 15.01.90, Бюл. № 30. 4 с.

9. Шилдт Герберт Java: полное руководство: перевод с английского // СПб: ООО «Альфа-книга», 2018. 1488 с.

10. Руководство по языку программирования Java. Режим доступа: <https://metanit.com/java/>. Дата доступа: 19.03.2022.

11. Мартынова А. А., Слостина Л. Г., Власова Н. А. Строение и проектирование тканей // М.: РИО МГТА, 1999. 434с.

12. Севастьянов А. Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов текстильной промышленности: учебник для вузов текстил. пром-ти // М.: легкая индустрия. 1980. 392 с.

13. Дягилев А. С., Клан А. Г. Методы и средства исследований технологических процессов. // УО «ВГТУ» Витебск. 2007. 208 с.

P. G. Derkachenko, E. S. Mileeva, T. A. Antonova, V. F. Zakharchenko

Vitebsk State Technological University  
210035, Belarus, Vitebsk, Moskovsky prospect 72

### Development of a software product to assess the possibility of leveling the development of the warp threads

The article tests the program for calculating the development of the warp threads. Verification of the effectiveness of the developed program was carried out in two directions: by comparing the calculated value of the development with the values obtained as a result of extracting the thread from a sample of finished fabric, as well as comparing the crumpling coefficients and bending wave heights of the threads included in the program with the actual ones obtained from sections of harsh fabric. In order to work out the fabric in the conditions of the «Orshanskij lnokombinat», a jacquard pattern of a suit fabric of a one — and-a-half-line structure was created, in the background of which crepe weave was applied on the front side, linen on the wrong side. Based on the unfolded cartridge, an analysis of the development of the warp threads was carried out, according to which the jacquard pattern was finalized. Fabric production was carried out on Picanol looms with a Bonas jacquard machine. The process of working out comments did not reveal that the fabric corresponds to TU BY300051814.018–2018 in terms of physical and mechanical properties.

**Keywords:** program, jacquard fabric, processing, fabric structure parameters, number of intersections, Java, Color class, AWT library, tissue sections, microscopy

#### References:

- Makhoher V. L., Lenets O. P., Efremov D. E. On the processing of warp threads in fabric and weaving. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2008. No. 3 (308). 52–56 pp. (in Rus.)
- Grechukhin A. P., Ushakov S. N., Rudovsky P. N., Palochkin S. V. Determination of rational parameters of the threading system during the formation of a three-dimensional orthogonal woven fibrous material. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2018. No. 5. 118–122 pp. (in Rus.)
- Sergeev V. T. Investigation of warp and weft threads in multilayer fabrics. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of the Technological University]. 2016. No 19. Vol. 19. 112–115 pp. (in Rus.)
- Nazarova M. V., Fefelova T. L. Investigation of the influence of the amount of warp and weft threads on the properties of the corduroy fabric. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. [Advances in modern natural science]. 2008. No. 12. 71–72. (in Rus.)
- Akindinova N. S., Kazarnovskaya G. V. Method for determining the wear of warp threads in tapestry fabrics. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of the Vitebsk State Technological University]. 2015. No 28. 12–28. (in Rus.)
- Karakova O. A., Nikolaev S. D. Calculation of the workings of the threads of parachute fabrics. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of the Technological University]. 2017. No 10. V. 20. 70–75 pp. (in Rus.)
- Tolubeeva G. I. Patent of the Russian Federation No. 2469319. *Sposob opredeleniya izvitosti (urabotki) nitey v tkani*. [A method for determining the crimp (wear) of threads in a fabric]. IPC G01N 33/36, Appl. 06/03/2011; publ. 12.10.2012. (in Rus.)
- Volgin A. N. Patent RF No. 1416552. *Ustroystvo dlya izmereniya urabotki nitey osnovy*. [Device for measuring warp thread wear]. D03J1/20, Appl. 01/04/87; publ. 01/15/90, Bull. No. 30. 4 p. (in Rus.)
- Shieldt Herbert *Java: polnoe rukovodstvo*. [Java: a complete guide]. Translated from English. St. Petersburg. Alfa-kniga Publishing House. 2018. 1488 p. (in Rus.)
- Rukovodstvo po yazyku programirovaniya Java*. [Guide to the Java programming language]. Access mode: <https://metanit.com/java/>. Access date: 03.19.2022. (in Rus.)
- Martynova A. A., Slostina L. G., Vlasova N. A. *Stroyeniye i proyektirovaniye tkaney*. [Structure and design of fabrics]. Moscow. RIO MGTA. 1999. 434 p. (in Rus.)
- Sevastianov A. G. *Metody i sredstva issledovaniy mekhaniko-tekhnologicheskikh protsessov tekstil'noy promyshlennosti*. [Methods and means of research of mechanical and technological processes of the textile industry]. A textbook for universities textile industry. Moscow. legkaya industriya Publishing House. 1980. 392 p. (in Rus.)
- Diaghilev A. S., Klган A. G. *Metody i sredstva issledovaniy tekhnologicheskikh protsessov*. [Methods and means of research of technological processes]. EE «VGTU» Vitebsk. 2007. 208 p. (in Rus.)