



**ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ
„НЕОФИТ РИЛСКИ“**

маг. инж. Ташка Иванова Колева

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на образователна и научна степен

„доктор“ в област на висше образование: 5.

Технически науки Професионално направление:

5.1. Машинно инженерство Докторска програма

„Машини и процеси в леката промишленост“

на тема

ПОВИШАВАНЕ ЕФЕКТИВНОСТТА НА МЕТОДИТЕ ЗА ВХОДЯЩ КОНТРОЛ НА ТЪКАНИТЕ В ШЕВНОТО ПРОИЗВОДСТВО

Научен ръководител:

проф. д-р инж. Снежина Андонова

Благоевград, 2025

Настоящият дисертационен труд съдържа използвани съкращения, увод, дванадесет глави, изводи и цитирана литература. Общият му обем е 161 страници, от които 8 страници използвана литература. Включени са 77 фигури и 19 таблици. Цитираната литература обхваща 123 заглавия.

Дисертационният труд е обсъден на 25.06.2025 г. на заседание на катедрен съвет на катедра „Машинно инженерство“ към Технически факултет при Югозападен университет „Неофит Рилски“ – Благоевград.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 20.11.2025 год. от 13.30 часа в зала 339, УК № 1 на открито заседание на научното жури, определено със заповед № 2233/01.10.2025 год. на Ректора на Югозападен университет „Неофит Рилски“ в състав:

Научно жури:

доц. д-р Иван Маринов Амуджев – Югозападен университет „Н. Рилски“ - Благоевград

доц. д-р Ивелин Рахнев Рахнев – Югозападен университет „Н. Рилски“ - Благоевград

проф. д-р Златинка Иванова Казлачева – Тракийски университет – Стара Загора

доц. д-р Радка Петрова Атанасова – Технически университет – София

доц. д-р Жулиета Георгиева Илиева – Тракийски университет – Стара Загора

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Определянето на качеството на тъканите платове произтича от нарастващите изисквания към текстилните изделия в съвременното промишлено производство на облекло. В условията на глобализирана икономика, висока конкуренция и бързооборотни модни цикли, качеството на използваните материали се превръща в ключов фактор за пазарната реализация и потребителската удовлетвореност.

Преминването на платовете между различни технологични звена – тъкачни, апретурни и шивашки предприятия – налага обективен, стандартизиран и възпроизводим подход за оценка на качеството. Необходимостта от еднородност, съответствие със зададени параметри и предотвратяване на производствени загуби прави системите за входящ контрол критично важни.

В дисертационния труд са разгледани два метода за окачествяване на тъканите платове – **измервателен** и **органолептичен**. Измервателният метод използва лабораторни изпитвания за определяне на физико-механични свойства с нормално разпределение на резултатите. Органолептичният метод се основава на сетивното възприемане на редки дефекти с Поасоново разпределение и се прилага върху цялата партида.

Въвеждането и поддържането на системи за управление на качеството по международни стандарти, като ISO 9001:2015, изисква ясно дефинирани и обосновани методи за окачествяване. Разграничаването и правилното приложение на измервателния и органолептичния метод е от съществено значение за осигуряване на производствена ефективност, минимизиране на риска от дефекти и повишаване на доверието между бизнес партньорите.

Настоящата дисертация е фокусирана върху сравнителен анализ и практическо приложение на двата метода за оценка на качеството на тъкани платове в промишлени условия.

В този контекст, разглеждането и усъвършенстването на методите за окачествяване на тъкани платове е не само научно, но и практически значим проблем с трайно въздействие върху цялата текстилна индустрия.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

I. Увод

Качеството на платовете представлява обективна оценка и изразява потребителските очаквания, но по същество съдържа в себе си съответствията на качествените показатели.

Качествените показатели установяват равновесието между комплексния характер на качеството и обективните измервания. Те се подразделят на две главни групи: резултати от лабораторни измервания с нормално разпределение на числовите стойности и органолептични наблюдения на редки събития с Поасоново разпределение.

Методът на измерването на свойствата чрез лабораторни изпитвания се характеризира с обективност, точност и числови стойности на установените резултати. Процедурата включва циклични операции: съставяне на предварителна извадка, изготвяне на опитни образци, провеждане на изпитванията, записване на числовите резултати, статистическа обработка на лабораторните резултати, анализ и съставяне на качествена оценка. Достоверното и своевременно приложение на измервателните методи изисква организиран синхрон в работата на текстилната лаборатория, което е постижимо при наличието на действаща система за управление на качеството (СУК) по ISO9001:15.

При органолептичния метод се контролират дефектите върху плата, посредством основните човешки сетива: зрение и опип. Този процес се осъществява върху контролно-прегледни маси.

Докато физичните свойства остават прикрити в строежа на плата, то и най-малкият дефект по повърхността е видим и отблъсква потребителя. Тези дефекти са редки, но ясно профилирани несъответствия като: замърсени петна, цветови различия, скъсани тъкачни нишки, възли и други подобни. Дефектите са резултат от внезапно настъпило изменение в някой от машинните режими, поради авария или друго подобно събитие. Аварийният произход и тяхното рядко появяване (по-малко от 1/10000) ги категоризира като редки събития със съответната специфика на статистическа обработка и анализ.

За разлика от измервателните методи, органолептичният метод се прилага върху цялата генерална съвкупност на партидата плат и в този случай не се съставя представителна извадка.

Изброяването на еднотипни дефекти за един топ плат и за цялата партида води до съставянето на множества от числови данни, които отразяват редки събития и имат Поасоново разпределение.

Съществената особеност на статистическата обработка на числови данни с Поасоново разпределение е еднаквостта между математическото очакване и средноквадратичното отклонение. Преобладаващо значение придобива прогнозното определяне на очаквания брой дефекти при промяна на параметрите, като обем на генералната съвкупност.

С практическо значение са работните процедури и инструкциите към основната процедура в системата за управление на качеството (СУК). В работните процедури е дадена връзката между платовете като предмет на качествена оценка, стандартите, апаратурата и синхронизираната дейност на лаборантите.

Същественото различие между измервателните и органолептичните методи за окачествяване налага разделяне и обособяване на съответните работни процедури. Поради тази причина, са разгледани два метода за окачествяване на тъкани платове – измервателен и органолептичен.

II. Литературен обзор

II.1. Анализ на методите за контрол и окачествяване на тъкан плат

Входящият контрол на тъканите в шевното производство се описва от някои автори в техните трудове и публикации. Техните разработки са насочени към описание на начините и статистическите методи за окачествяване на платовете.

II.2. Анализ на системите за управление на качеството ISO 9001:2015

Международната организация по стандартизация (ISO) е световно обединение на националните органи по стандартизация

(органи – членове на ISO). Разработването на международните стандарти се извършва от техническите комитети на ISO. Въвеждането на система за управление на качеството е стратегическо решение на организацията, което може да ѝ помогне да подобри своята резултатност като цяло, и представлява стабилна основа за инициативите за устойчиво развитие.

II.3. Анализ на системите за окачествяване на платовете

Съгласно стандартите определянето на качеството на платовете може да се извърши в текстилните предприятия в момента на преглеждането на платовете от контролорите по качество, а така също може да се извърши и в:

- 1) Предприятието, което преработва плата – апретурно-багрилен, конфекционен цех;
- 2) В складовата база на получателя;
- 3) В обектите за търговия на плат.

Физико-механичните показатели на плата (ширина, тежина на 1кв.м, гъстина, здравина и др.) и устойчивостта на багрене се гарантират от предприятието производител. За целта е необходимо да се извърши щателен лабораторен анализ на готовите текстилни изделия, за да бъдат гарантирани посочените качествени показатели.

Определянето на качеството на платовете според дефектите във външния вид може да се извърши посредством сравняване на изпитвания образец с утвърдените еталони. Предвид липсата на утвърдени еталони за разпространените дефекти контролорите по качеството и търгуващите организации оценяват тези дефекти като се ръководят от описанията им и нормите от таблиците за оценка от стандартите за качество.

В резултат на проучената литература се появиха възможности за насочване на експерименталното изследване към повишаване ефективността на методите за входящ контрол на тъканите в шевното производство.

Преобладаващата част от проучените литературни източници са стандарти, монографии и учебници с общо

предназначение. В тях се намират принципни понятия и изчислителни изрази, еднакво приложими към различни технологични проблеми.

В групата на по-малобройните литературни източници са научни статии, методически разработки, наръчници и стандарти. Общото между тях е, че те са тясно специализирани. В някои случаи те частично съвпадат с предмета на настоящата дисертация. Такива са стандартите. Те са основна методическа предпоставка за практически решения, но са тясно насочени. Изпълнението на основната цел и задачи на настоящата разработка изисква съчетаване и най-вече подреждане на различни метрологични и окачествителни операции в обща процедура.

Другата част от тясно специализираните литературни източници са научните публикации. Като начинание и замисъл, всяка от тях решава конкретна задача в тясна област от техниката на текстила и облеклото. В разгледаните публикации не се установи едновременно прилагане на статистическите методи за анализ и оценка на лабораторни резултати с нормално и Поасоново разпределение.

При настоящото разнообразие на нови влакнообразуващи полимери и повърхностна обработка на текстилните материали, се налагат стриктни числови методи за определяне на качеството на платовете. Това се постига единствено чрез методите на приложната статистика на числови данни с произход от детерминирани процеси или в резултат от редки събития от аварии.

III. Цел, задачи и приложение на настоящия труд

ЦЕЛ на настоящата дисертация е повишаване на ефективността на измервателните и органолептичните методи за окачествяване на плат, посредством съставяне на работни процедури от СУК в технологично последователните звена на веригата за производство на платове и облекла.

ЗАДАЧИТЕ на дисертацията се състоят в следното:

- Технологични наблюдения;

- Експериментални изследвания чрез измервателните и органолептичните методи за окачествяване на плат;

- Анализ на лабораторните резултати от органолептичните методи с нормално и Поасоново разпределение на числови данни;

- Разработка на работни процедури за окачествяване на плат по измервателните и органолептичните методи;

ПРИЛОЖЕНИЕ и обхват на настоящата дисертация е производствено-технологичният преход на платовете между звената от веригата „плат – шевно изделие“.

Смисълът на осъществяване на симетрично окачествяване от двете страни на прехода се състои в еднаквостта на качествените оценки. Правилното прилагане и подреждане на стандартните изисквания и препоръки води до статистическа еднаквост на качествените оценки от двете страни на прехода. Затова, внедрената процедура за окачествяване на платовете е ефективна, когато качествените оценки не зависят от вида и характера на производственото звено: тъкачница, апретура или шивашки цех.

IV. Наблюдения и анализ на технологичните процеси в текстилното производство с оглед на създаване на алгоритъм за оценка на качеството на тъканите платове

За да се направи качествена обработка на физико-механичните и химичните показатели на изработените площни текстилни изделия, е необходимо да се проследят всички производствени процеси, през които преминават суровините и материалите, за да се получи от тях готово изделие. Производствената база на фирма Е. Миролио ЕАД обхваща затворен цикъл – обработване на текстилния материал от предприежда, предене, сноване и скробване на основи за тъкане, изтъкаване/изплитане на площно текстилно изделие, багрене, облагородяване. Всички тези производствени процеси са свързани с междинен контрол и окачествяване на показателите на платовете в суров и в готов вид.

Настоящата разработка описва процесите, през които преминават необработените текстилни материали, докато се доведат до готово текстилно изделие и процедурите за обслужване на лабораторните уреди, които се използват при описване на качествените показатели на текстилните изделия – физични, химични, колориметрични.

V. Изследвания и анализ на метрологичните методи за определяне на количествените оценки на качествените показатели

V.1. Опитна постановка на метрологичното оборудване в Е. Миролио – физична лаборатория

Качеството на платовете се определя чрез поредица от лабораторни измервания.

За да се определят физико-механичните свойства на влакната и нишките в тъканите платове, е необходимо да се проведат измервания за определяне на дължината на влакна (Алметър), определяне финеса на влакната (OFDA), определяне на линейната плътност на преждите, определяне на сука на преждите (Сукомер), изпитване на влакна и прежди на натоварване на опън (Динамометър).

Изпитването на качествата на платовете се осъществява чрез изследване на свойствата на платовете при опън (Динамометър за платове), определяне масата на единица площ чрез използване на малки проби и чрез уреди за претриване на платовете (Martimdel и ICI).

V.2. Опитна постановка на метрологичното оборудване в Е. Миролио - химична лаборатория

Оценката на химичните свойства на тъканите платове се извършва чрез оценяване на промяната на цвета с помощта на 5 степенна сива скала, чрез изпитване за устойчивост на цвета при триене с Crock метър и определяне на рН на воден екстракт на текстил (рН-метър).

V.3. Опитна постановка на метрологичното оборудване в Е. Миролио - колористична лаборатория

Измерването на цвета се определя от числово представяне на цвета на образца, което е получено на уред за измерване на

цвета. Уредите, които се използват са колориметър или спектрофотометър.

Уредите за измерване на цвета при отражение се използват като образеца се осветява и се измерва количеството светлина, отразена от повърхността на образеца.

VI. Анализ и оценка на свойствата на тъканите с оглед повишаване на ефективността на методите за техния входящ контрол в шевното производство

Оценката на свойствата на тъканите се състои от два основни технологични модела: строежа и свойствата на платовете като резултат от машинни настройки и дефектите по платовете като редки събития със спорадичен произход от технически аварии. Добавени са числови индикатори, които препращат към най-близкия по смисъл и съдържание литературен източник.

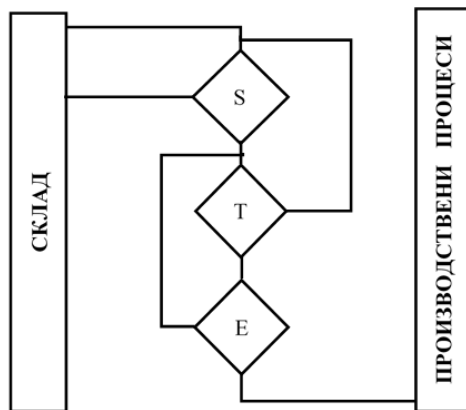
Съдържанието и решенията са резултат от конкретно моделиране на технологичните процеси и строежа на платовете с цел точно определяне на експерименталната работа.

VI.1. Синхронизирани цикли на производствените и окачествителните процедури на тъкани платове

Входящият контрол на тъканите платове се извършва при получаването им в три производствени цикъла.

В първия цикъл това се случва, когато готовият и облагороден плат влиза в подготвителен и кроялен участък на цеховете за конфекция. Във втория цикъл суровият плат влиза в апретурния цех и след обработка се изпраща в шевното производство. В началото на третия цикъл суровият плат влиза в цех за багрене, след багренето се насочва към апретурния цех и накрая към шевен отдел на цех за конфекция.

И в трите случая е необходимо да се прилагат наблюдения, измервания и тестове, които в по-голямата си част са еднакви и подробно предписани в съответните индустриални стандарти. Всеки цикъл се характеризира с логическата последователност на вземане на проби S, лабораторни тестове - Т и оценка на качеството - Е.



Фигура VI.1.1, Взаимодействие между входящия контрол и производствените процеси

В зависимост от вариантите и специфичността на цикъла, пробите могат да бъдат представителни проби от цялата партида плат, парчета плат от началото на всяка ролка или наблюдения върху тъканта. Лабораторен тест може да се извърши като измерване на геометрични параметри и площна маса, физико-механични тестове и визуална проверка на цялата дължина на тъканта. Поради тази причина циклите са спирално свързани помежду си и тестът има тенденция да се разширява при подробен анализ.

VI.2. Видове технологични параметри

Тъканите платове съществуват в три основни форми.

Първата, машинната форма представя плата върху тъкачния стан, където основните нишки са запънати от тъкачното кросно и издърпващия цилиндър, без възможност да се изплъзнат. При тази форма всички геометрични параметри зависят от машинните настройки.

Втората форма е първичната релаксация на тъканите платове. Тя започва след преминаването на тъканта през обхвата на широкодържателите и продължава до първата влаго-топлинна обработка в апретурата.

Третата форма се получава при облагородяване или при фиксиране чрез влаго-топлинна обработка на ширилно-

сушилните машини, където платовете получават своя окончателен строеж и физични показатели.

VI.3. Геометрични параметри

Поради естествената неравномерност в текстилните материали, геометричните параметри включват следните показатели:

- дължина на цял топ плат;
- ширина на плата;
- основни гъстини на плата;
- вътъчни гъстини на плата;
- вътъкване на основните и вътъчни нишки;
- площна маса на плата;
- линейна плътност на тъкачните нишки.

VII. Методи за приложение на математическата статистика при окачествяване на платове

Детерминираният характер на физико-механичните свойства на текстилните материали се основава на общия принцип на определеност за изграждане на техния строеж. Принципите на определеност се разпростират върху два независими фактора.

На първо място е разсейването на свойствата на влакнестите суровини. Значимите качествени показатели са финеса и щапелната дължина. Влакната притежават нормално разпределение с ясно изразена модална част. Неизбежните отклонения са остатъчен резултат от природния произход на влакната и обективното разнообразие през тяхното отглеждане.

Независимо, че процесите по добива, събирането и подбора на влакнестите суровини са почти детерминирани, количествените стойности на качествените показатели се описват чрез закономерностите на нормалното разпределение на Гаус.

Следователно, по своя строеж и физико-механични свойства текстилните изделия са резултат на детерминирани процеси. Нормалното разпределение на числовите стойности се дължи на обективни отклонения и неравномерност във влакнестите суровини и неравномерността в динамичното

въздействие на работните органи и машинните елементи в технологичното оборудване.

Аналогично, и химико-физичните свойства на текстилните материали имат детерминиран характер. Тези процеси протичат обикновено във водна среда, наричани „мокри процеси“ и действат върху повърхността на влакната. Независимо от вида, интензитета и същността, химико-физичната обработка на текстилните материали е детерминиран процес с управляеми технологични фактори. Съответно, всички количествени стойности на качествени показатели, или свойствата на текстилните материали се характеризират с нормално разпределение по Гаус със съответната обработка на приложената статистика.

Характерна особеност за числовите данни на химико-физичните свойства на текстилните материали е, че те съществуват в две форми:

Числови стойности от резултати от лабораторните уреди. Такива са:

- изменение на размерите след влого-топлинна обработка, Δl , %;
- рН на воден екстракт от текстилния образец – щапел, прежда, плат;
- драпируемост, ΔD , %;
- DeltaCielab (DataColor) и отклонения в цвета.

Числови стойности от дискретни оценки ($0 \div 5$) на субективни наблюдения, сравнение и анализ. Такива са:

- оценката по 5(9) степенната сива скала за отклонение в цвета;
- оценката на повърхностната устойчивост на претриване и пилинг-образуване;
- оценката на устойчивостта на обагренията спрямо различни въздействия като: светлина, вода, триене и т.н.

Независимо от своя характер: аналогов или дискретен, количествените стойности на качествените показатели отразяват свойствата на текстилните материали в резултат на преработка в детерминирани технологични процеси. Цялата група от числови данни за свойствата на текстилните материали се характеризират с нормално разпределение по Гаус.

VII.1. Методи на приложената статистика за окачествяване на платовете

Линейната плътност, суковите, здравините, гъстините на платовете, неравномерността, цветовите отклонения и т.н. представляват едномерни качествени показатели.

Характерната особеност на качествените показатели се състои във вероятността да се получат различни числови стойности в рамките на постоянно факторно множество. За всяко измерване се получава уникален числов ред, който, обединен с редовете от другите измервания образува множество на случайни величини със съответното разпределение.

Най-често разпространените и изследвани качествени показатели имат нормално разпределение по Гаус. Плътността на разпределението на случайните величини има параболичен характер.

Функцията на плътността има вида:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-m)^2} \quad (\text{VII.1})$$

Интегралния вид на плътността на разпределението зависи предимно от дисперсията σ^2 и средноквадратичното отклонение.

За експерименталното изследване на свойствата на текстилните материали се състави редът за определяне на сборните статистически характеристики:

1. Едномерният числов ред на лабораторните резултати $\{x_i\}$ се получава по реда на извършените измервания - $i = 1 \div n$;
2. Желателно е първият числов ред $\{x_i\}$ да се пренареди във възходящ ред $\{x_j\}'$, където:
 $\min x_{j=1} <<< x_i <<< \max x_n$;

Така пряко се онагледява съдържанието на числовия ред.

3. С ориентировъчна цел се изчислява размахът между минималната и максималната стойност:

$$R = \max X - \min X ; \quad (\text{VII.2.})$$

4. Изчислява се средноаритметичната стойност на записаните данни:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (\text{VII.3.})$$

където n означава броя на измерванията, или обема на извадката, или степените на свобода на сборните характеристики.

В текстилната метрология изключително рядко се изискват и измерват всички представители на партидата, лота и топа плат. За линейната плътност се налага навиване на гранки преди по 100 m и тяхното притегляне. Невъзможно е да се измери линейната плътност на цялата партида, а само на част от нея. Площната маса на платовете се определя чрез изрязване на три малки кръгове с площ от 100 cm² по ширината на плата. С цел да не се унищожи голяма част от плата, изрязаните образци са само от началото на топа. Затова лабораторните изпитвания се изпълняват с предварително подготвени образци, които са малка част от цялата партида.

Топовете с влакнестата суровина, партидите с прежда, лотовете плат и шевни изделия са статистически генерални съвкупности. Те се характеризират с еднаквост на влакнестия състав, строежа и приложените машинни настройки. Случайно избраните от генералната съвкупност лабораторни образци съставят представителната извадка.

Всички сборни характеристики, изчислени чрез числовите редове от представителната извадка представляват математическите очаквания на съответния показател за средното аритметично за генералната съвкупност.

Изчисленото средно аритметично на представителната извадка е математическото очакване на средната стойност за генералната съвкупност.

5. Математическото очакване на средното квадратично отклонение се изчислява по формулата:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x_i)^2}{n}}, \text{ за изместената оценка; } \quad (\text{VII.4.})$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}, \quad \text{за неизместената оценка на}$$
 математическото очакване на средно-квадратичното отклонение.
 (VII.5.)

Физическият смисъл на средно-квадратичното отклонение се състои в симетричното определяне на отклонението на единичните измервания от средната стойност. Линейното определяне на отклоненията представлява аритметичната сума на разликите между единичните резултати и средното аритметично: $\sum(\bar{x} - x_i)$.

Поради симетричното разпределение, половината от отклоненията ще са положителни: $(\bar{x} - x_i) < 0$, при $\bar{x} > x_i$, и другата половина от отклоненията ще са отрицателни: $(\bar{x} - x_i) < 0$, при $\bar{x} < x_i$.

Сумата от отклоненията е близка до нула, което не отразява действителните отклонения: $\sum(\bar{x} - x_i) \approx 0$.

Повдигането на квадрат на единичните отклонения им придава положителни стойности: $\forall i = 1 \div n \rightarrow (\bar{x} - x_i)^2 > 0$.

Коренуването, обратно, връща началната стойност на отклонението, т.е. средно-квадратичното може да се разглежда като средно аритметично от абсолютните стойности на единичните отклонения:

$$\sigma_n = \frac{\sum|\bar{x} - x_i|}{\sqrt{n}}. \quad (\text{VII.6.})$$

Като втори централен момент от сборните характеристики средно-квадратичното отклонение или неговото математическо очакване има основно значение за статистическата обработка на количествените стойности с нормално разпределение.

6. Доверителен интервал.

Доверителният интервал се изчислява по формулата:

$$q = \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (\text{VII.7.})$$

σ – средно-квадратично отклонение;

n – брой измервания;

t – критерий на Student.

За сравнително голям брой изпитвания $n > 30$ при 5% допустима грешка, критерият на Student е приблизително равен на 2: $t = 1.96$.

Доверителният интервал отсича от параболата на плътността на разпределението онази част, която е статистически присъща на измервания качествен показател. Средната стойност $\bar{x}$ на измервания качествен показател за генералната съвкупност с 95% доверителна вероятност се намира между доверителните граници на минималната стойност и максималната стойност на симетричния доверителен интервал на математическото очакване - $\bar{x}_m$: $\bar{x}_m - q \leq \bar{x} \leq \bar{x}_m + q$.

7. Вариационен коефициент.

Както средното аритметично, така и средното квадратично са размерни величини и отразяват абсолютната големина на измервания качествен показател. Така например, здравината на плата е около 20 DaN, докато вътъчната гъстина е около 250 n/dm.

Сравнението на неравномерностите на различни по природа и големина, налага тяхното универсализиране. Това се получава чрез отношението на средно-квадратичното отклонение към съответното средно аритметично. С цел улеснение на текстилните специалисти, отношението се умножава по 100 и се определя в %.

Формулата на вариационния коефициент е следната:

$$C_v = \frac{\sigma_m}{\bar{x}} \cdot 100, \% \quad (\text{VII.8.})$$

VII.2. Вариационен анализ

Ако приемем вариационния анализ като обобщаващо понятие за зависимостите и взаимовръзките на числовите редове от случайни данни, то окачествяването на платовете се развива в две направления: оценка на неравномерностите; взаимовръзка между показателите.

Тези изчисления съответстват на стандартните предписания, но са големи по брой и практически неизчислими.

Достатъчно достоверни като оценка и преди всичко универсални относно различните площни маси на платовете са

вариационните коефициенти. За всеки топ плат може да се изчисли вариационен коефициент на площната маса:

$$cV(x_i) = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}_i} \cdot 100, \% \quad (\text{VII.21.})$$

Съобразен с нормираното максимално отклонение от 5%, и вариационният коефициент се изразява като оценка за допустима неравномерност на площната маса по ширина на плата:

неприемлива $5,0\% \leq cV(x_i) \leq 5,0\%$, приемлива.

Обективна преценка за допустима неравномерност може да се получи чрез дисперсионен анализ на еднородността на дисперсиите по критерия на Фишер:

$$F_r = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \quad (\text{VII.22.})$$

В случая оценката на Фишер се прилага спрямо дисперсията на площната маса по ширината за всеки топ:

$\sigma_{n-1;i}^2$. Тази дисперсия отразява вътрешната неравномерност в топа плат, която надвишава по стойност всички останали обобщения.

Общата средна стойност на дисперсията на всички топове плат отразява средно-квадратичните отклонения на всички измервания на площната маса за всички топове и по ширината на плата: $\bar{\sigma}_{n-1,g}$. Хипотезата предвижда, че вътрешната дисперсия е по-голяма от общата за партидата, т.е.: за $\forall i=1 \div n$ $\sigma_{n-1;i}^2 < \bar{\sigma}_{n-1,g}$.

Изчислената стойност на критерия на Фишер придобива вида:

$$F_r = \frac{\sigma_{n-1;i}^2}{\bar{\sigma}_{n-1,g}^2} > 1,0. \quad (\text{VII.23.})$$

Табличната стойност на критерия на Фишер се определя при следните условия:

- доверителна вероятност – $P=95\%$;
- степен на свобода на вътрешната дисперсия: $f_i=3-1=2$;
- степен на свобода на общата (външната) дисперсия: $f_g=n \cdot 3-1$.
- основното правило за приемане на вариационната дисперсия като еднородна по отношение на общата дисперсия е неравенството:

нееднородна – $F_R < F_T$ – еднородна

Отхвърля се.

По този начин отклонението на площната маса по ширината на плата добиват обективно оценка с последващо технологично приложение.

VII.3. Корелационен анализ

Качественият контрол на платовете обхваща една партида, която е обособена като тъкана с еднакви преди и на една машина. Впоследствие обособяването може да включи предварителна подготовка преди облагородяването, като пране за сваляне на скробта, нанасяне на катализатори за мастиленоструен печат, багрене и т.н. Обичайно, една партида плат съдържа около 2000 - 3000 m и е навита на около 20 – 30 топа.

Лабораторното изпитване на партидата преминава през четири етапа:

- съставяне на представителна извадка от партидата;
- изготвяне на опитни образци;
- лабораторно изпитване;
- записване на лабораторните резултати.

Числовите данни на измерваните свойства са едномерни числови редове. В условията на контролирани технологични параметри влияние имат отклоненията и тяхната относителна големина.

При съставянето на представителната извадка има две възможности. Или представителна, по минимална група топове със случаен избор. Или всички топове от лота, което практически е генералната съвкупност, а всъщност – в максимална степен представлява цялата дължина на плата в лота. При всички случаи същественият аргумент/фактор при измерване на свойствата на плата ще бъде случайният номер на топа в поредицата от метрологични изпитвания.

Корелационните коефициенти дават възможността да се провери достоверността на единичните измервания и доколко отклоненията им имат статистическа взаимовръзка, или са спорадични елементи.

Корелационният коефициент се изчислява по формулата:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_{n-1}(x) \cdot \sigma_{n-1}(y)}, \quad (\text{VII.24.})$$

където:

n – обем на извадката, или брой изпитвани топове;

$i = l \div n$ – пореден номер на топ в реда на измерванията;

x_i ; $\bar{x}$; $\sigma_{n-1}(x)$ – числовия ред и сборните характеристики на показателя y .

Първата корелационна проверка може да бъде извършена между площните маси в двата края на плата. Сходството на площните маси по краищата на всички топове показва стабилна технология на тъкане и последваща обработка.

На второ място корелационното сравнение може да се потърси между централната площна маса и средната за ширината на плата. Всяко отклонение би намалило стойността на корелационния коефициент, който теоретично се изменя в границите от -1 до +1: $-1.0 \leq r_{xy} \leq +1.0$.

Максималната корелация между параметрите на площната маса през възможните сравнителни комбинации означава отличен технологичен контрол при производството на плата, и обратно.

Случайната подредба на изпитваните топове по-скоро ще отстрани странични тенденции, като предварително подбрани топове по възходящ ред на площната маса и т.н.

VII.4. Поасоново разпределение на дефектите по платовете като редки събития

Произходът на дефектите е спорадичен, вследствие на внезапно възникнали събития и отклонения от паралелния технологичен режим. Независимо от техния вид и същност те се категоризират като редки събития.

Друго основание за приобщаването им към редките събития е практически установеното малко количество дефекти за един топ плат. Логичното противопоставяне на дефектите на обичайните свойства на платовете за влошаване на общото качество се изразява в тяхната видимост и създаването на първо потребителско впечатление. Независимо от здравината, устойчивостта и пъргавината на плата, едно петно или възел влошават качеството на цялата дреха. Затова към дефектите подходът и оценяването им са толкова важни.

Теорията на вероятностите е установила, че колкото и да е рядко едно събитие в рамките на някаква представителна извадка и сравнително голяма генерална съвкупност, то с увеличаване на обема на множеството се променя характера на разпределението. Или от редки събития с Поасоново разпределение за един топ плат, установените възли на тъкачните преди ще придобият нормално Гаусово разпределение за голямо количество плат.

Практически оценяването на качеството на платовете винаги се свързва с дължината на един топ, поради изискванията на настилането и разкрояването на детайлите в шевното производство.

Последното основание, заради което дефектите се оценяват статистически чрез Поасоновото разпределение, че техните единични появявания винаги са цели положителни числа.

Като следствие от биномиалното разпределение, Поасоновото се характеризира с някои ограничения, които опростяват математическия апарат и се доближават до практическите случаи в промишлена среда.

Основните ограничения са следните:

$n \rightarrow \infty$ - брой или обем на измервания;

$p \rightarrow 0$ - вероятност на изучавания дефект x_i ;

$q \rightarrow 1 = 1 - p$ - вероятност да не се прояви изучаваният дефект x_i .

Сумата с абсолютната честота на избран дефект за всички измервания или наблюдения е равна на обема и измерванията, т.е.: $\sum m_i = n$, или всички възможни появявания на всички изучавани дефекти ще дадат обема на измерванията или наблюденията.

Поасоновото разпределение на редки събития за извадките и за генералните съвкупности се измерват във време. В случая с дефектите във външния вид на платовете универсален размер на наблюденията може да бъде крайната дължина на окачествявания топ плат. Това се налага, поради практически различните скорости на тъкачните станове, дори и ако произвеждат един и същи вид плат. Затова размерността на

извадките в предстоящия анализ е метрична дължина на окачествявания топ плат, т.е. брой дефекти за един метър плат.

Относителната честота на разпределението на наблюдавания дефект се изчислява по формулата:

$$P_n(x) = \frac{\bar{x}^x \cdot e^{-\bar{x}}}{x!}, \quad (\text{VII.25.})$$

което означава, че вероятността на дефекта x_i да се появи x пъти за цялата дължина n в един топ плат зависи от установената средна вероятност $\bar{x}$, с която се е появил.

За разлика от нормалното разпределение средната стойност на редките събития се изравнява с броя на установените случаи:

$$\bar{x} = n \cdot p = \frac{n \cdot m}{n} = m, \quad (\text{VII.26.})$$

където:

n – дължина на топа;

m – броя на установените дефекти;

p – вероятност на изучавания дефект да се появи за наблюдаваната дължина.

Средната стойност на редките събития е равна на установения брой от тези събития.

Средно квадратичното отклонение се определя па формулата:

$$\sigma = \sqrt{\bar{x}} = \sqrt{m} = \sqrt{n \cdot p}, \quad (\text{VII.27.})$$

т.е. отново съществена стойност е в установения брой дефекти.

Доверителният интервал на Поасоновото разпределение зависи от критерия на Student и средно-квадратичното отклонение:

$$q = \pm t \cdot \sigma. \quad (\text{VII.28.})$$

По същия начин като нормалното разпределение средната стойност на наблюдавания дефект се намира в границите:

$$\bar{x} - t \cdot \sigma \leq \bar{X} \leq \bar{x} + t \cdot \sigma, \quad (\text{VII.29.})$$

с 95% доверителна вероятност и в зависимост от дължината на плата, или броя метри – n .

Вариационните редове на дефектите също подлежат на корелационна оценка. В общия случай, при сравняване на дефектите на топовете плат с различна дължина може да се приложи формулата на разчетния критерий на Student.

$$t_R = \frac{n_1 \sum x_1 - n_2 \sum x_2}{\sqrt{n_1 n_2 (\sum x_i + \sum x_2)}} \leq t_T(1.96). \quad (\text{VII.30.})$$

Особен интерес представлява статистическата връзка между отделни видове дефекти по плата. Числовата оценка на връзката може да се получи от коефициента на линейна корелация, приложен към числовите резултати от редките събития с Поасоново разпределение:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \sqrt{\bar{x} \bar{y}}} \quad (\text{VII.31.})$$

С така подредените в алгоритмична последователност изрази статистически може да се пристъпи към експериментално сравнение на сборните характеристики и взаимовръзки между изменението на физичните свойства и дефектите на платовете.

VII.5. Експертна оценка за окачествяване на платовете

Приемателният, или междинният качествен контрол съдържа три групи от дейности, които са самостоятелни и последователни.

Процесът започва със складирането и идентификацията на платовете. В обема на една доставка, дори за един артикул се наблюдава вторична индикация върху етикета. По този начин доставеното количество, или генералната съвкупност се състои от няколко групи с еднакви свойства.

Вторият етап на приемателният контрол включва лабораторните изпитвания. Те протичат през три етапа:

- съставяне на представителна извадка и подготовка на опитни образци според стандартните описания;
- провеждане на лабораторните изпитвания;
- записване и първична статистическа обработка на лабораторните резултати.

Смисълът и необходимостта на приемателния контрол се съдържат в заключителния, трети етап. Експертната оценка, известна и като анализ на лабораторните резултати представлява последователно сравнение на резултатите от изпитваните свойства с количествените стойности на качествените показатели, зададени в стандартите или други документи. Тя завършва с аналитично обосновано решение за качествено класиране на контролираната партия. Възможни са различни

нива на качество, които обикновено се свеждат до три основни групи:

- първо качество, при пълно съответствие на качествените показатели;
- второ качество, при наличие на несъответствие за второстепенни качествени показатели;
- трето качество или брак, при цялостно несъответствие на показателите или несъответствие на критичен показател.

Подготвените опитни образци за лабораторните изпитвания се етикират, за да се онагледят. Етикетът се прикрепва към образца. Той представлява хартиен отрязък, на който са записани идентификационните данни на образца, както и свойствата, на които трябва да бъде изпитан в лабораторията. Върху него са отбелязани места, където лаборантът да запише първичните данни по резултатите от лабораторните изпитвания.

Качественият контрол на платовете приключва с експериментална оценка, сравнителния анализ и решението за качествено класиране. За всеки лот плат, и според неговия вид, има група от показатели, които съставят общото качество. Показателите отразяват различни свойства, като: строеж, механично съпротивление, повърхностна устойчивост и т.н. Включително и дефектите във външния вид.

Вариационният коефициент е универсален показател за неравномерността. Стойността на вариационния коефициент трябва да бъде по-малка от зададената или обявената.

Експертната оценка се основава на групи от неравенства за всеки наблюдаван и изпитван качествен показател – x :

$$\begin{cases} \min x^{\text{НОМ}} < x < \max x^{\text{НОМ}} \\ C_V(x) \leq C_V^{\text{НОМ}} \end{cases}, \quad (\text{VII.32.})$$

където:

x – изследван показател;

$\min x^{\text{НОМ}}; \max x^{\text{НОМ}}$ – номинални прагове на допустимост на показателя;

$C_V(x)$ – установен вариационен коефициент за показателя;

$C_V^{\text{НОМ}}$ – номинално допустима неравномерност.

Принципът на експертното решение се основава на приемане и отхвърляне на поредицата от качествени показатели. Съставянето на обосновано решение по СУК се представя като алгоритъм с последователни процедури, алтернативи и цикли на проверка на групата от качествени показатели.

VIII. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА РАБОТА

VIII.1. *Експериментална работа върху качествени показатели с нормално разпределение на лабораторните резултати*

VIII.1.1. *Предмет на експеримента*

Предмет на експерименталната работа е комплекс от лабораторни изследвания и качествен анализ на нормално разпределени числови данни, подредени алгоритмично за избор на сурови тъкани. Целта на разработката е да се състави оперативна процедура за входящ контрол на СУК за правилното насочване на суровите тъкани при багрене, шамповане и довършителни работи.

Разгледан е суров жакардов плат - памучен тип с обща дължина от 35000 m, разпределени в 338 топа непрекъсната навита тъкан. Тъканта се състои от 79% памук, 18% полиамид и 3% еластан във вътъка. Ширината на суровия плат е 145 cm с площна маса 190 g/m². Основата е с гъстина 900 нишки/dm и се състои от полиамидни монофиламенти с линейна плътност Tt 3.6 tex. Вътъците имат плътност от 300 нишки / dm и се състоят от памучна сърцевинна прежда с линейна плътност Tt 37.2 tex.

В условията на съществуващата текстилна подложка, позволяваща различни техники и варианти за цветово и естетическо оформление е необходимо разделянето на цялата генерална съвкупност от 338 топа плат в обособени групи на основанието на два основни признака: площна маса и нюанс на белия цвят.

VIII.1.2. *Цел – подбор и класифициране в еднородни групи*

По проект строежът на изследвания плат е строго определен – жакардова тъкан с ясен десен, полиамидна основа и памучен вътък. Различията в отделните изтъкани партии са в резултат на възможни различия в машинните настройки на тъкачните станове или в преждите, използвани за вътъчни нишки.

В машинните настройки на тъкачния стан, практически допустими са вътъчната набивка и опъването на основата. Дори и тези машинни настройки са строго наблюдавани и е практически невъзможно да се получат различия в плата, поради изменен тъкачен режим.

VIII.1.3. Фактори на подбора – площна маса и нюанс на белия цвят

Декларираните конструктивни параметри на суровата тъкан могат да послужат като отправна точка преди всичко за частичното отхвърляне на някои лабораторни тестове, като например проверка на влакнения състав и вида на тъканта.

При необходимост междинният качествен контрол обхваща следните показатели: ширина и повърхностна маса в средата и двата края на тъканта, устойчивост на повърхността, механична устойчивост на основата и вътъка. Крайната оценка на качеството се основава на лабораторно определен цетови нюанс на всяка ролка суров плат спрямо подходящ еталон. Ширината на тъканта се измерва при условия на ISO 3801, където се записват едно до три последователни измервания и след това се осреднява. За определяне на площната маса се прилага точка № 6.7, метод 5 за определяне на масата на единица площ чрез малки проби, съгласно ISO 3801.

От по-голямо значение е равномерното разпределение на площната маса по ширината на тъканта. Оценката на неравномерността на разпределението на теглото универсално се представя чрез коефициента на вариация по маса спрямо средата и двата края на тъканта. Граничната стойност на коефициента на вариация ($C_v(\text{тегло}) < 5,0\%$), над която тъканта се декласира, е установена чрез дълга експериментална работа от Андонова и Римини през 2020 г.

Друг основен показател за избор на суров плат с относително еднакви свойства е цетовият нюанс на лицевата и опаковата повърхност. Цетовите разлики обикновено се прилагат в случай на несъответствие в устойчивостта на багрила и текстилни материали. Това е комплекс от предписания и препоръки, събрани в поредицата от стандарти ISO 105. Част A02 (ISO 105-A02), описва „5-степенната сива скала“ като средство за оценка на цетовите отклонения между стандарт и тестов образец. Продължителността на визуалното наблюдение, сравнението и субективното заключение е малка, но няма детайлна числена стойност на отклонението. Следователно, сивата скала не е

подходяща за масов подбор и класифициране в групи от голям обем проби или ролки плат.

Възможните различия в качеството на памучната прежда могат да се определят в две направления:

1. Отклонения от зададената линейна плътност на преждата, поради различни дебелини на памучните влакна;

2. Отклонения в белия цвят на суровата памучна прежда, поради различна степен на белота или ожълтяване на памучните влакна.

От гледна точка на обема, разглеждания плат представлява генерална съвкупност на статистическото явление. Фактори на подбора на плата са площната маса и отклоненията от приет еталон за белия цвят.

Същността на изследването се състои в обособяването на всички топове от генералната съвкупност на плата в групи с относително еднородна площна маса и отклонение от еталона на белия цвят. Тази класификация ще насочи правилно към следващите технологични обработки на цветово разнотоние, посредством гладко багрене и печатане, както и облагородяването на плата.

VIII.1.4. Експериментални резултати и анализ

Още в началото на идентификацията беше установено наличието на оптично избелени топове с плат. Полагането на флуоресцентни вещества като оптически избелители цели временно придаване на зрителен ефект на изкуствена белота на плата. Това се получава в случаите с памучни платове, когато влакнестите суровини притежават жълт оттенък. Това е пречка за гладко багрене в светли тонове или печатане на светли и пастелни фигури.

Съществен фактор за незабавното отделяне на оптично избелените топове с плат е възможността за безконтролно отделяне на малки количества от оптическия избелител и попадането им върху другите топове с плат.

Освен това, всички повърхности, върху които е нанесен оптически избелител показват различен афинитет при багрене или печатане. В смисъл, че оптически избелените и другите топове плат не могат да преминат при еднакви технологични

режими на багрене, а още по-малко да бъдат заредени едновременно в една багрилна баня.

Това наложи от всички топове с плат да се вземат предварително малки образци и се подложат на сравнително изпитване на ултравиолетова светлина.

По този начин 1/3 от генералната съвкупност беше обособена като самостоятелна група на топовете с оптически избелител.

Тези топове бяха подложени на две основни изпитвания: площна маса и външен вид в смисъл на по-бяла или по-жълта повърхност на лицето на плата.

Данните от изпитванията са дадени в Таблица VIII.1.4.1. *Таблица VIII.1.4.1, Първична обработка на лабораторни резултати от изпитване на оптично избелен жакардов плат*

Функция на разпределението на площната маса

Piazza		2537 6	22BL1125		25.11.2	33357, 8	338 rolls	bleache d		Mass dispersion evaluation					colour
Test #	Lo t	Roll #	Lenght , m	Width, cm	Mass-Sq. g/m2				M-L, g/m	σ(W)	Fr	Ft	Cv(Sq)	white / yellow	
					Left	Middle	Right	Mean							Mean
Обем на представителната извадка					118 ролки плат										
minXi			35,00	138,50	176,00	168,00	176,00	173,30	240,10	2,65	0,64	3,07	0,79		
maxXi			129,00	149,00	204,00	196,00	204,00	201,30	300,00	5,29	1,11	3,07	5,24		
white			61												
yellow			57												
Ср. аритметичн о			81,19	144,51	190,85	183,05	189,31	187,73	271,23	5,30	1,11	3,07	2,82		
Ср. квадратично			20,19	2,11	6,06	5,28	5,66	4,76	5,45	1,80	0,38	0,00	0,96		
корелационен коэффициент					0,52 L/M	0,60 M/R	0,55 L/R								

— Msq(Left) — Msq(Middle) — Msq(Right) — Msq(average) — Mlnr(average)

Сравнително голямата база от данни позволява да се

Диаграма VIII.1.4.1, Функции на разпределението на площните маси по ширината на плата за всички изпитвани топове.

направят следните изводи.

Същественият факт, който се установява веднага е сравнително равномерното разпределение на отклонението от площните маси, т.е. липсва тенденция. Това е следствие от случайно разпределените топове в поредните изпитвания.

Установява се, че измерените площни маси по ширината на плата имат приблизително еднакво разпределение и не се наблюдават различни тенденции в строежа на плата по средата и в двата края.

Сходството между функциите на разпределение на средната квадратична площна маса и средната линейна маса подсказва, че от технологична гледна точка при изтъкването на такъв жакардов плат със сложен строеж не са допуснати отклонения в машинния режим и настройките на работните органи.

След първична статистическа обработка могат да се разгледат установените зависимости между масовите показатели от качеството на плата.



Диаграма VIII.1.4.2, Вариационен анализ по критерия на Фишер

Дисперсията на площната маса по ширината на плата, представена чрез неизместената оценка на средноквадратичното отклонение показва сравнително равномерно разпределение на отклоненията спрямо всички изследвани оптично избелени топове.

Проведен е дисперсионен анализ за оценка на съответствието на вътрешната неравномерност на площната маса спрямо общата, външна неравномерност на площната маса за всички топове от оптически избелен плат.

За такава голяма извадка степента на свобода е равна на 120 при степен на свобода за вътрешната дисперсия – 2. Табличната стойност на критерия на Фишер при тези параметри е равна на 3.07. Тази стойност е отбелязана като черна хоризонтална линия на фигура 4.

Видно е, че общите нива на разчетната стойност на Фишер са по-малки и не достигат изобщо до нивата на табличната стойност. Това изобщо означава, че вътрешните дисперсии или неравномерността на площната маса по ширината са еднородни с общата дисперсия за цялата съвкупност от 121 топа плат с оптическо избелване.

Това позволява да се приложи вариационният коефициент като оценка за допустимата неравномерност на строежа на плата по ширина.

По-скоро като съвпадение вариационният коефициент почти симетрично се изменя около нивото на табличната стойност на критерия на Фишер за всички топове. Това показва еднородност във вариациите и в този случай може да се приложи максималната стойност от 5% като праг за приемлива неравномерност на плата по площна маса. В противен случай се налага допълнителна мокра обработка на плата за изравняване на строежа.

Проведен е също и корелационен анализ.

Изследвани са три групи корелационни коефициенти на зависимостите между площните маси в следните съчетания:

- лявата страна и среда;
- средата на плата с дясната страна;
- лявата страна с дясната среда.

И трите корелационни коефициенти се изменят от 0,52 до 0,60.

Това показва случайно разпределение на отклоненията и неравномерностите, както по ширината на плата, така и надлъжно по плата от цялата съвкупност на топове с оптически избелител.

В резултат на проведения дисперсионен и корелационен анализ и субективната оценка на топовете с 5-степенната сива

скала се образуваха 4 групи от топове плат с еднородни свойства на строежа и степен на белота върху лицевата повърхност:

- леки и светли топове с площна маса около 160 г/м^2 и ясно изразен бял цвят;
- тежки и светли топове с площна маса около 127 г/м^2 и ясно изразен бял цвят;
- леки топове с площна маса около 160 г/м^2 и ясно изразено ожълтяване;
- тежки топове с площна маса около 175 г/м^2 и ясно изразено ожълтяване.

От общия обем на генералната съвкупност на разглежданата доставка от 338 топа памучен жакардов плат след отделянето на оптично избелените 121 топа и след отделянето на повредени топове останаха 211 топа. Тази група от топове суров памучен жакардов плат образуват основната извадка на доставката.

Памучният плат е без специфична предварителна обработка с повърхностно активни вещества. Това означава, че правилно определените показатели за качествен подбор ще улеснят следващата обработка.

Относно критерия площна маса, има два определящи показатели:

- максимално отклонение на площната маса от обявената в групата с не повече от 5%;
- максимален вариационен коефициент на неравномерността на площната маса по ширината на плата, не повече от 5%.

Относно критерия за степен на белота на суровия памучен плат отклонението на числовата стойност по Delta CiELab (Data ColoR) не може да надвишава 1,0. Това означава, че топовете следва да се прегрупират по такъв начин, че във всяка група отклоненията от приетия за еталон бял цвят да не надвишават $\pm 0,5$.

Резултатите от първичната статистическа обработка на топовете от основната доставка са представени в следващата таблица.



Диаграма VIII.1.4.3, Разпределение на площната маса на суров жакардов памучен плат

На второ място и трите групи площни маси показват случайно разпръскване. Това е свидетелство за равномерно поддържан технологичен режим и машинни настройки.

От съществено значение е статистическата оценка на еднородността на дисперсиите. Проведен е дисперсионен анализ по критерия на Фишер спрямо основните вариации на площната маса, като отражение на строежа на плата.

Табличната стойност на критерия на Фишер е определена на 2,99 при степен на свобода 2 за вътрешната дисперсия на отклоненията по ширина. Степента на свобода на външната, общата дисперсия за всички топове плат от основната група е равна на 210. Измененията на площната маса графично са представени на диаграма VIII.1.4.4.



Диаграма VIII.1.4.4. Вариационна оценка на площната маса на суровия жакардов памучен плат

Средно-квадратичното отклонение се характеризира със сравнително големи изменения, като в случая се наблюдават отделни пикове, които отразяват наличието на топове с критична неравномерност по ширина.

Разчетната стойност по критерия на Фишер, макар и с големи отклонения, е ясно и значително под нивото на табличната стойност, представена от хоризонталната черна линия. Това е свидетелство за еднородността на дисперсиите.

Линейно следствие от средно-квадратичното отклонение, вариационният коефициент също показва големи отклонения.

Характерните пикове на единични топове над 5% вариация показват наличие на топове плат, които трябва да бъдат класирани за допълнителна мокра обработка за изравняване на строежа.

Смисълът и ползата от проведения дисперсионен анализ се изразява в установената еднородност на дисперсиите. Затова, отново като критерий за оценка на равномерна площна маса по ширината на плата може да бъде използвана граничната стойност

от максимум 5% вариационен коефициент. По такъв начин, допустимото стандартно отклонение от $\pm 5\%$ на площната маса получава универсален характер чрез вариационния коефициент.

Интересна е връзката между дисперсията на площната маса и степента на белота на лицевата повърхност на плата. Тя е представена на следващата диаграма.

Диаграма VIII.1.4.5. Изменения на дисперсията на площната маса и степента на белота



Вариациите на площната маса са значително по-големи от изменението на степента на белота.

Независимо от случайния характер на подбор и подготовка на опитните образци, т.е., изборът на топовете спрямо последователността на изпитванията, във вариацията на площната маса се наблюдават еднакво подредени групи. Вероятно това се дължи на необявената в началото идентификация на топовете в присъщите и свързани с началния производствен процес условия. В смисъл, че в началното комплектуване на доставката е съществувало групиране според производствените лотове със съответното етикиране. Впоследствие, оригиналните етикети са заменени с вторични,

които са довели до показаните схоластични лабораторни резултати.

Проведеният дисперсионен анализ показва еднородност на дисперсиите по всички показатели. Това е условие за приложение на решения с достатъчната доверителна вероятност от 95%.

Сравнените изменения между площната маса и оптичните свойства на плата показват по-скоро отсъствие на връзка между двата качествени показатели.

Проведен е корелационен анализ между вариацията на площната маса и отклоненията от зададения бял цвят. Корелационният коефициент е 0,10. Това е доказателство за отсъствие на връзка между строежа на плата и качеството на памучните влакна като степен на белота.

Проведен е и корелационен анализ на взаимовръзката между показателите на площната маса в двата края и в средата на плата за всички топове от основната извадка.

Изследвани са три групи корелационни коефициенти на зависимостите между площните маси в следните съчетания:

- лявата страна и среда;
- средата на плата с дясната страна;
- лявата страна с дясната страна.

И трите корелационни коефициенти се изменят от 0,44 до 0,55.

Това показва случайно разпределение на отклоненията и неравномерностите, както по ширината на плата, така и надлъжно по плата от цялата съвкупност на топове от основната извадка. Това свидетелства за регулиран технологичен режим и контролирано качество и е сериозно качествено постижение за сложната жакардова тъкан.

В резултат на първичната статистическа обработка, дисперсионния и корелационния анализ, общото количество от доставката е прегрупирано, като са отделени и подбрани 211 топа от основната група, без оптически избелител.

Топовете са разделени на 7 групи и трябва да се навият на 7 рула, както следва:

Група №01, "Неоптично избелени, леки", средно тегло 184.7 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 01S, CODVBLGG **E, 46 топа, 4899.80 м. В забележката да се впише LGG за леко тегло.

Група №02, "Неоптично избелени, тежки", средно тегло 192.0 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 01S, CODVBLGG **E, 18 топа, 1946.10 м. В забележката да се впише PES за тежко тегло.

Група №03, "Сурови светли, леки", средно тегло 184.3 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 001, CODVBLGG **E, 40 топа, 4310.90 м. В забележката да се впише LGG за леко тегло.

Група №04, "Сурови светли, тежки", средно тегло 191.7 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 001, CODVBLGG **E, 19 топа, 3070.90 м. В забележката да се впише PES за тежко тегло.

Група №05, "Сурови средни, леки", средно тегло 185.0 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 002, CODVBLGG **E, 32 топа, 3619.80 м. В забележката да се впише LGG за леко тегло.

Група №06, "Сурови средни, тежки", средно тегло 193.2 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 002, CODVBLGG **E, 34 топа, 2530.60 м. В забележката да се впише PES за тежко тегло.

Група №07, "Сурови тъмни, смесени", средно тегло 186.5 г/м²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 003, CODVBLGG **E, 2481.70 м. В забележката да впише се LGG/PES за смесено тегло.

Забележка:

1. Нюансите на бялото се изменят между групите с по една единица по ДелтаСиеЛаб.
2. Да се обърне внимание на кодирането на вариантите на суровите платове с 001, 002 и 003, според нюанса. Да се приведе кодификацията спрямо основния код на суровия бял цвят - 000.

3. С настоящото подборът и разпределението на топовете от доставката са приключени.

В резултат на проведената работа е разработена инструкция за измервателни методи при окачествяване на тъкани платове, която във вида на самозалепващ етикет е показана на фигура VIII.1.4.2.

ЕМ22	Физична лаборатория		ISO9001/ПП	
ВХОДЯЩ КАЧЕСТВЕН КОНТРОЛ НА СУРОВ ПЛАТ				
Код			Дата	
Палет			Количество, m	
Лот		Руло		L, m
	Ширина, cm			
	Q, g/m ²	Л	Ср	Д
показатели		основа		вътък
	G, н/дм			
	Прежди, Ttex			
	Прежди, T0, m ¹			
	Прежди, T1, m ¹			
	Pb, DaN			
	Eb, %			
	Slippage			
	Hf			
	7 ^A			
	Surface - ICI/MDL	Лице		Опако
KK:			дата	

Фигура VIII.1.4.2, Работна процедура/етикет

В тази работна процедура/етикет е дадена инструкцията за последователността на лабораторните изпитвания и полета за ръчно вписване на първичните лабораторни резултати в изпълнение на СУК.

VIII.2. Приложение на Поасоновото разпределение за анализ на дефектите по външния вид

За определяне на качеството на плата според дефектите във външния вид е проследен контролът на голяма партида от суров тъкан плат, съставена от 7 лота и с обща дължина от над 12000 метра. Тъканият плат е с широчина 142 см и площна маса – 200 гр/м². Влакнестият състав е 59/38/3 – вискоза щапел/полиестерна коприна и еластан. Основните нишки са от текстурирана полиестерна коприна с линейна плътност $T_t = \frac{75}{36f}, dtex$, а вътъците са от сърцевинна вискозна прежда с еластан $T_t = 30Ne, Vi + 3den, EA$. Сплитката е $S_n 1/9Z^3$, с лицев вътъчен ефект и в резултат на дългите сплитъчни „плавания“ и голямата разлика между финеса на основните и вътъчните нишки, платът придобива контрастно различие между лицевата и опъковата страна. С външен вид на двулицева тъкан, платът е предназначен за мастилено-струен печат и горно дамско облекло.

От всички лотове на разглежданата доставка, настоящото изследване се съсредоточи към лот от 38 ролки плат с обща дължина – 4769.20 метра.

Платът е проверен за външни дефекти зрително на контролно-прегледна маса V.I.S.T.A. FM 2000, в промишлени условия.

Качественият контрол на плата включва всички изброени дефекти. Особен интерес представляват скъсванията на основните и вътъчните нишки. Макар и действащи в синхрон, работните органи, които движат основните или вътъчните нишки са механично независими. Допирът между основните и вътъчните нишки се осъществява за първи път в крайната фаза от образуване на тъкачната уста и след прекръстосването.

Скъсванията на основните нишки са причинени от превишено обтягане на основата, недостатъчна еластичност на преждите, завласеност и деформации по работните органи.

Скъсванията по вътъчните нишки в много от случаите се дължат на неравномерност на преждата, но също така са резултат или от повреден подавач на вътъка, или от механична повреда във водача на вътъка в тъкачната уста.

Връзката между скъсванията на основните и вътъчните нишки е във възлите на техните свързвания. Възлите се правят на ръка от тъкачите и отразяват тяхната квалификация. Броят на възлите, независимо от тяхната големина и форма, отразяват вторично броя на скъсванията. Поради тази причина, настоящото изследване се насочи към следните дефекти:

№3, Скъсан вътък – вътъчна нишка, напълно или частично липсваща (колан);

№4, Скъсана основа – скъсана или липсваща основна нишка;

№10, Възли – неотстранени или неправилно изпълнени свързвания на основни или вътъчни нишки.

До голяма степен тези дефекти са причинени от някакъв спорадично възникнал фактор по цялата верига на технологичния поток: предене, тъкане и облагородяване.

VIII.2.1. Статистически характеристики на Поасоновото разпределение на вътъчните скъсвания

На първо място е разгледан дефектът от скъсани вътъци. Основните статистически характеристики на изследвания дефект са дадени в таблица VIII.2.1.1

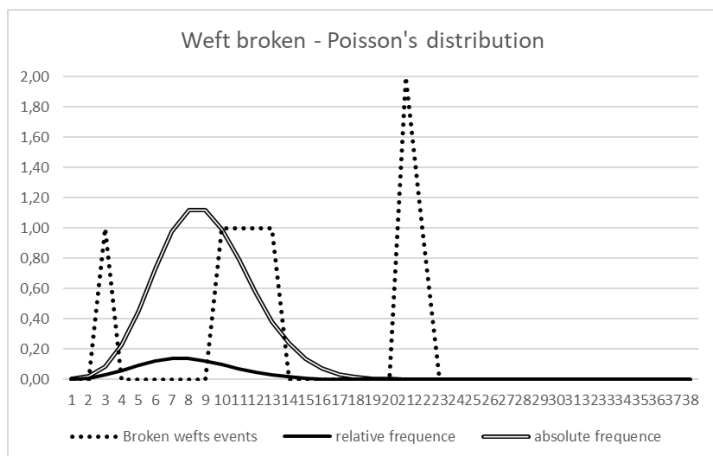
При наличието на 8 скъсани вътъка за почти 5000 метра плат, този дефект е рядко събитие с Поасоново разпределение.

Таблица VIII.2.1.1. Статистически характеристики на Поасоновото разпределение на вътъчните скъсвания

№	indices	rolls	length	weft broken - defect #03		
				events	$\varphi(3)$ - relative	$h(3)$ - absolute
1	Sum	38,00	4769,20	8	0,9997	8,0000
2	Probability			0,0017		
3	Average		125,51	8,00		
4	σ			8,00		
5	$q(t=1,96)$			0,0803		

Характерните особености на еднаквостта на средния брой дефекти със средноквадратичното отклонение (8) се състоят в сравнително малкия доверителен интервал от под 10%, или 0.08 скъсани вътъка.

Функцията на разпределението на скъсаните вътъци е онагледена на диаграма VIII.2.1.1



Диаграма VIII.2.1.1, Функция на разпределението и честоти на вътъчните скъсвания

От начупената линия на появяванията на скъсаните вътъци се установява техният спорадичен характер. От 38 ролки плат, скъсани вътъци има само на 7 ролки. Вероятността от

скъсване на вътъка е под 2 промила на метър, т.е. при установени 8 скъсвания за 4769.20 м, или 0.0017 скъсвания/метър. От особена важност е разположението на кривите на относителната и абсолютната честота на скъсаните вътъци. Установява се, че най-голяма вероятност за поява на скъсан вътък се намира във всяка група от 7-9 ролки плат. Това е теоретична хипотеза. Тя не се различава съществено от действителното появяване на скъсани вътъци върху 7 от 38 ролки плат.

На второ място е разгледан дефектът от скъсани основни нишки. Основните статистически характеристики на изследвания дефект са дадени в таблица VIII.2.2.1.

При наличието на 4 скъсани основни нишки за почти 5000 метра плат, този дефект е рядко събитие с Поасоново разпределение.

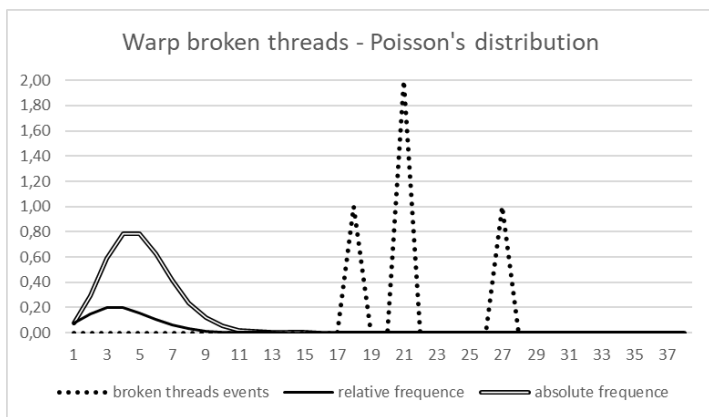
VIII.2.2. Статистически характеристики на Поасоновото разпределение на скъсванията по основа

Таблица VIII.2.2.1. Статистически характеристики на Поасоновото разпределение на скъсванията по основа

№	indices	rolls	length	warp thread broken - defect #04		
				events	$\phi(3)$ - relative	$h(3)$ - absolute
1	Sum	38,00	4769,20	4	0,9817	4,0000
2	Probability			0,0008		
3	Average		125,51	4,00		
4	σ			0,00		
5	$q(t=1,96)$			0,0568		

Характерните особености на еднаквостта на средния брой дефекти със средноквадратичното отклонение (4) се състоят в сравнително малкия доверителен интервал от под 10%, или 0.0568 скъсани основни нишки.

Функцията на разпределението на скъсаните основни нишки е онагледена на диаграма VIII.2.2.1.

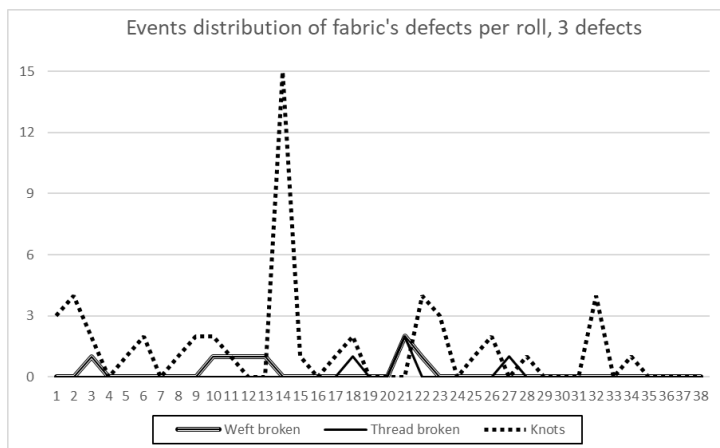


Диаграма VIII.2.2.1. Функция на разпределението и честотата на основните скъсвания

От начупената линия на появяванията на скъсаните основни нишки се установява техният спорадичен характер. От 38 ролки плат, скъсани основни нишки има само на 3 ролки. Вероятността от скъсване на основата е под 1 промила на метър, т.е. при установени 4 скъсвания за 4769.20 м, или 0.0008 скъсвания/метър. От особена важност е разположението на кривите на относителната и абсолютната честота на скъсаните основни нишки. Установява се, че най-голяма вероятност за поява на скъсана основна нишка се намира във всяка група от 3-5 ролки плат. Това е теоретична хипотеза. Тя не се различава съществено от действителното появяване на скъсани основни нишки върху 3 от 38 ролки плат.

Скъсаните основни и вътъчни нишки се съпровождат обикновено от възли. Голямо е количеството от установените възли – 53 на брой за същия разгледан лот. В случая е по-интересно статистическото взаимодействие, веднъж чрез вариационното сравнение и после – чрез линейната корелация.

На диаграмата са онагледени разпределенията на трите разглеждани дефекти: скъсвания на основни и вътъчни нишки и възли.



Диаграма VIII.2.2.2. Функции на разпределението на скъсванията на тъкачните нишки и на възлите

Установява се статистическата независимост между трите явления, като амплитуда и честота. С най-голяма плътност са възлите и затова има технологично обяснение. Скъсаните основни или вътъчни нишки са остатъци от непоправени скъсвания по време на тъкане. Тези скъсвания могат да са причинени от различни фактори по технологичния поток, но са останали в плата, поради контролен пропуск или от наблюдаващите устройства на стана или поради пропуск от тъкача. Възлите са свидетелство за поправени и отстранени скъсвания. Те са резултат от обслужващата роля на тъкача.

VIII.2.3. Вариационно сравнение и линейна корелация между скъсванията и възлите

В таблица VIII.2.3.1 са дадени числените стойности на изчислените статистически показатели на взаимодействието между трите наблюдавани дефекта.

Таблица VIII.2.3.1. Вариационно сравнение и линейна корелация между скъсванията и възлите

№	indices	3 defects - relationship		
		3/4	3/10	4/10
1	tR(x/y)	2,0000	6,7082	7,0000
2	r(x/y)	0,0428	0,1555	0,1099

Вариационното сравнение между разчетната и табличната стойност на критерия на Student ($t < 1.96$), може да се установи частична еднородност между основните и вътъчните скъсвания и липса на сходимост между скъсванията и възлите.

Коефициентите на линейна корелация дават категорична оценка при установените стойности, по-скоро близки до 0,1. Няма статистическо взаимодействие между скъсванията на основни и вътъчни нишки, и намерените възли.

Обяснението се състои в обхвата на сравнението. Разглежданата партида се състои от 38 ролки плат, които са обединени от общото облагородяване, т. нар. лот на банята. В същото време разглежданите дефекти са с тъкачен произход и ролките са тъкани на различни станове. Поради това е трудно да се установи статистическа закономерност между дефектите, особено в качеството им на редки събития.

В рамките на Поасоновото разпределение на случайните данни, дефектите по платовете е редно да се оценяват в рамките на една ролка. Заедно с последователността на вътъканите вътъци, може да се установи и вариационна или корелационна зависимост между различните видове дефекти.

За определяне на качеството на платовете в зависимост от дефектите по външния вид, може да се приложи инструкцията, основана на Поасоновото разпределение на редките събития:

1. Дефекти и обозначаване на дефектите.
Дефектите се делят на малки и големи.

- 1.1. Малките дефекти са с дължина до 10 см и се обозначават с червена лепенка.
- 1.2. Големите дефекти са с дължина до 100 см и се обозначават с жълта лепенка в началото и в края на дефекта.
2. Определяне на качеството на пастава.
 - 2.1. Качество 1 е за пастави с наличието на максимум 6 броя дефекти на 100 метра. Тези пастави са годни за експорт.
 - 2.2. Качество 2 е за пастави с наличието на максимум 10 броя дефекти на 100 метра. Тези пастави са годни за експорт.
 - 2.3. Качество 3 е за пастави с наличието на максимум 10 броя дефекти на 100 метра и слабо отклонение от десен и цвят. Тези пастави са годни за експорт.
 - 2.4. Качество 4 е за пастави с наличието на максимум 12 броя дефекти на 100 метра и наличие на слабо изразен разпространен дефект. Тъканите са годни за експорт. Окачествителят е длъжен да сигнализира при появата на първи пастав с разпространен дефект. При това качество се пишат кодовете на дефектите, дадени в списък към инструкцията.
 - 2.5. Качество 5 е за пастави с наличието на повече от 12 броя дефекти на 100 метра. Тези тъкани са негодни за експорт.
 - 2.6. Качество 6 е за пастави с наличието на максимум 12 броя дефекти на 100 метра и наличието на разпространен дефект. Платът с това качество може да се предлага на клиента, но при търговски риск. При качество 6 се пишат кодовете на дефектите, съгласно списъка към инструкцията.
 - 2.7. Качество 7 е за паставите със силно отклонение от десен, цвят и външен вид. Това качество е негодно за експорт.
 - 2.8. Качество 8 е за паставите извън стандарта, като брой дефекти и като външен вид.
3. Бонификация
 - 3.1. За малки дефекти се дава бонификация по 10 см.
 - 3.2. За големи дефекти се дава бонификация според дължината на дефекта, но до 100 см.
 - 3.3. Броят на големите дефекти не може да бъде повече от 3 броя на 100 см.
4. Дължина на паставите

- 4.1. Паставите са с дължина, съгласно изискванията на клиента.
- 4.2. Приемат се пастави с по-малка дължина от изискваната, като минималната дължина може да бъде 11 метра.
- 5. Контрол на десен и цвят.
- 5.1. При пристигане на всяка първа партида от даден артикул задължително се прави проверка на съответствие с десен и цвят. Търсят се оригиналните десени и цветове, или одобрени от клиента мостри.
- 5.2. При започване на окачествяването на паставите по дадено апретурно нареждане се създава код на баня (група).
- 5.3. Окачествителят е длъжен да направи висулка с етикет, на който се записват следните данни: номер на нареждането, артикул, десен, вариант и оценка за цвят и десен. Ако десенът и цветът съответстват на мострите се дава оценка за десен и цвят – номинална.

IX. ИЗВОДИ

IX.1. Анализ и дискусия

Съществената характеристика на числовите данни с нормално разпределение е в тяхната предвидимост и физично обяснение. Големият обем на двете групи от памучния жакардов плат позволиха статистическа обработка с практическа достоверност. Това от своя страна прави изводите и заключенията обосновани.

Разглежданата тъкан представлява характеристичен пример. Основните нишки са от фини монофиламенти, докато вътъците са единични памучни прежди от средно влакнести памуци. Линейната плътност на полиамидните монофиламенти е 10 пъти по-малка от тази на памучната прежда. Повърхността на монофиламентите е почти идеално гладка и цилиндрична, докато повърхността на преждата е профилирана и пореста, заради влакната.

Към контрастната разлика между основата и вътъка се добавя конструктивната сложност на фигуралната сплитка на жакардовите тъкани. В резултат от настройките на тъкачния цикъл и вътъчния ефект на сплитката, лицето на плата е силно профилирано, противоположно на гладката опакова повърхност.

Дълбокият лицев профил на тъканта и контрастното различие между лицевата и опаковата повърхности на плата са свидетелство за конструктивна детерминираност на свойствата в условията на анизотропия по основа и по вътък.

С преобладаващо значение е равномерното и еднородно разпределение по ширината на плата. От тази гледна точка лабораторните изпитвания са съсредоточени върху площната маса. Всички останали и предвидени от стандартите изпитвания са второстепенни и следват еднородната плътност на масовото разпределение на влакнестите множества по ширината на плата.

По време на първичната идентификация беше установено наличието на топове плат с оптично избелване. Това наложи нова, подробна проверка и идентификация на доставката от 338 топа, за отделените оптично избелени топове.

Установи се, че вписаните върху етикетите на топовете номера са „случайно“ съставени. Връзката между

първоначалните производствени параметри на партидите беше нарушена. Входящият качествен контрол получи за задача не толкова да провери и установи качествените показатели на лотовете, колкото да идентифицира и пресортира топовете.

Разделянето на доставката се получи приблизително 1/3 оптично избелени и 2/3 суров небагрен плат.

Генералната съвкупност на партидата от 338 ролки плат е изтъкана с еднакви настройки и образува сравнително еднородна технологична група. Впоследствие една третина от генералната съвкупност след обезскробването е обработена с оптически избелител, а другата третина – не.

В резултат, наличието на две подгрупи тъкани с еднакъв производствен произход се прояви като благоприятна възможност за самостоятелно лабораторно изследване на две еднородни партиди. Впоследствие числовите данни от изпитванията образуват две самостоятелни съвкупности, които подлежат на сравнение.

Изпитванията за установяване на площната маса са изпълнени на всеки топ плат, като са изрязани образци от по 100 cm² в средата и в двата края на плата – лявата и дясната.

За всеки плат числовите данни от изпитванията на площната маса съставят двумерна матрица с един ред и три колони. Статистическата обработка на единичната матрица включва определяне на средната стойност на площната маса, средно-квадратичното отклонение и вариационния коефициент. Към тази обработка може да се добави и вторичното определяне на линейната маса на плата, като се има предвид ширината на всеки топ плат.

В този самостоятелен вид **средната площна маса** и **вариационният коефициент** съдържат достатъчната и необходима информация за класиране на топа в първо качество, във второ качество за изменение на технологичните параметри при следващата технологична обработка, или да го декласират за цялостна повторна преработка.

Ако се подредят въображаемо всички измервания на площната маса в лявата страна на плата, се получава двумерна матрица със 121 реда за оптично избелени или с 211 реда за

суровия плат. Тази матрица, обаче, има само една колона. Аналогично измерванията могат да се подредят с две вертикални матрици за средата и за дясната страна на плата. В общ вид за всяка група от платове се получава по една двумерна матрица с три колони и съответни брой редове (121 и 211).

Елементите на тази матрица са независими, защото всеки ред се отнася до един топ плат, а всяка колона – за единичните измервания за една от трите страни по ширината на плата. Матриците са онагледени в табличен вид, таблица VIII.1.4.4 и графиките в диаграма VIII.1.4.3.

Степента на свобода на редовете е: $f_1' = 2 = 3 - 1$, а за колоните е: $f_2' = 120 = 121 - 1$ и $f_2'' = 210 = 211 - 1$.

Всяка една от колоните се състои от самостоятелни и независими случайни събития. Тези случайни събития произтичат от случайните малки отклонения от детерминирания процес на тъкане. Сборните характеристики на всяка колона са средното аритметично и средно-квадратичното отклонение.

Статистическият анализ може да спре до тук, защото смисълът на цялата обработка се състои във възможността за подбор и прегрупиране на топовете по лотове със сравнително еднородни свойства.

В обединената матрица за една група плат се образуват две основни дисперсии. Средноквадратичните отклонения на площната маса по ширината на плата, т.е. по редовете, представляват вътрешната дисперсия.

Вторичната дисперсия отразява едно познато технологично явление, което се дължи на различията в настройките на станове. Практически е невъзможно еднаквото настройване на работните органи на станове и това се отразява в различията на свойствата - площна маса, например, между различните ролки плат. Настройката на широкодържателите определя напрежението на основните нишки в края на тъкачния цикъл. Повишеното обтягане при широкодържателите, т.е. по-голямото пресичане на средната линия на тъкачната уста, води до различно напрежение на основните нишки в средата и края на плата. Това от своя страна предизвиква различно втъкаване, гъстини на тъкачните нишки и различни площни маси. Още по-

големи и вредни са различията, причинени от различни настройки (височини) на широкодържателите.

Основен критерий, за да бъде приета вътрешната дисперсия за определяща оценка на качеството на плата е нейната еднородност спрямо общата дисперсия на всички числови данни от групата топове. Еднородността на дисперсиите се установява чрез критерия на Фишер. Общата дисперсия е средно-квадратичното отклонение за всички колони, т.е. за всички единични измервания по ширината на топовете. Колоните, като вертикални редове в матриците са онагледени в Таблица VIII.1.4.1 и Диаграма VIII.1.4.2

Проверката по критерия на Фишер установи категорична еднородност на всички дисперсии спрямо общата дисперсия, която е дадена в групата колони „mass dispersion evaluation“ на таблица Таблица VIII.1.4.4. Това позволява използването на вътрешната дисперсия за качествена оценка. Приетата мярка за отклонение от номиналната стойност в текстилната технология е равна на $\pm 5\%$. Такова заключение, обаче, зависи от базовата площна маса на плата и не е еднакво приложимо. При доказана статистическа еднородност, вариационният коефициент на вътрешната дисперсия придобива ролята на универсална оценка на неравномерността по ширината на плата.

За изследваната доставка се установи, че съществуват 2 прага на допустимост. От 0 до 3% вариационен коефициент, платът е равномерен с решение за 1^{-во} качество. От 3 до 5% вариационен коефициент се променя решение за 2^{-ро} качество на плата и завишен технологичен контрол при облагородяване. Над 5% неравномерност на площната маса по ширината на плата, съответният топ се декласира като брак и се връща за мокра преработка в подготвителните процеси на облагородяване.

След дисперсионния анализ чрез критерия на Фишер, числовите данни от обобщената матрица са подложени на корелационен анализ.

За всяка комбинация по колоните, беше установена по-скоро липса на статистическа взаимовръзка. Корелационните коефициенти на трите съчетания между ляво, среда и дясно варират около 0,55. Това показва отсъствие на детерминирани

взаимодействия между машинните настройки на широкодържателите и строежа на тъканта.

По подобен начин протича обработката на числовите данни за степента на белота на платовете, измерена чрез спектрофотометъра „DataColor“.

Еднородността на дисперсиите и практическото отсъствие на корелация между характеристикните показатели, показва тяхната статистическа независимост.

Достоверните статистически оценки, съчетани със стандартните изисквания позволиха пресортиране на доставката в лотове и еднородни свойства.

В окачествяването на платовете се очертават две самостоятелни направления:

- определяне на качеството според установените физико-механични свойства;
- определяне на качеството според установените дефекти във външния вид.

Съществените различия в статистическия характер на лабораторните данни определя принципите на окачествяване.

Свойствата, представени чрез числовите стойности на качествените показатели имат детерминиран произход и лабораторните данни са с нормално разпределение.

Всеки й-ти качествен показател на свойствата е представен с три числови стойности: математическото очакване на средната стойност, доверителния интервал на средната стойност и вариационния коефициент на неравномерността.

Принципът на окачествяване в измервателните методи може да бъде представен чрез системата от неравенства за установяване на отклоненията от номиналните стойности.

Числовите данни на измерваните свойства на платовете съставят количествените показатели на качествените характеристики и имат нормално разпределение. За всяко свойство се определя по една тройка от числови стойности: математическо очакване, доверителен интервал и вариационен коефициент.

Тази тройка дава достатъчно статистически сведения за разпределението и неравномерността на свойството.

От друга страна са качествените изисквания към тъкания плат. Те могат да бъдат зададени - обявени в стандарт, технически условия за производство или технически спецификации на клиента.

Качествените изисквания могат да бъдат разглеждани като матрица с два реда и няколко стълба, обикновено – 3.

В първия ред са дадени нивата на приемливите стойности, спрямо които се окачествява платът. Установеното математическо очакване, заедно с доверителния интервал се сравнява с нивото за първо качество и операцията приключва. В противен случай, проверката продължава до установяване на съответното качество и в най-лошия случай приключва с декласиране на плата като брак.

Във втория ред са дадени нивата на приемливите стойности на вариационния коефициент, т.е. на неравномерността на свойството. Процедурата за установяване на качеството е сходна със сравнението на обявените свойства от първия ред на въображаемата матрица.

За всяко свойство се съставя по една матрица и съответната качествена оценка на отклонението и неравномерността. Към настоящия момент общото качество на плата се определя според най-лошото установено качество за някое от свойствата. Въпреки многократните опити, досега не е известна интегрална система за окачествяване чрез нива, точки и т.н.

Принципът на окачествяване в органолептичните методи се основава на последователността между средно аритметичното и средно квадратичната стойност на неравномерността. Оценката за окачествяване се основава на броя на установените несъответствия или дефекти.

Статистическите характеристики на Поасновото разпределение дават една интересна функция с прогнозни възможности. Това са линейно свързаните функции на относителната и на абсолютната честота на появяване на дефекта. В случая на тук разглеждания пример, при един последователно нарастващ аргумент се установява, че установените за цялото количество плат дефекти, могат да се получат в минимална извадка от общия брой ролки плат. Вероятността да се появят и

разпространят в цялата партида или в цялата доставка, като генерална съвкупност, е минимална и практически нулева.

Обичайно малкото количество от плат с влошено качество, поради сравнително малкия брой дефекти, изключва приложението на неравенствата на сборните статистически характеристики. По-скоро качествената оценка на дефектите класира плата като приемлив или го отхвърля. Единствено бонификациите като средство за материална компенсация поддържат търговското доверие между производителя и потребителя.

От тази гледна точка, разработването на работна процедура по СУК във формат на инструкция за окачествяване създава нормативната връзка между окачествителните звена от двете страни на прехода между изходящия и входящия качествен контрол.

IX.2. Заключение

Измервателните методи са обичайно разрушителни спрямо малките по обем представителни извадки. Тяхната статистическа достоверност е основана на нормалното разпределение и доверителните интервали на разсейването. Лабораторните уреди в измервателните методи изследват по едно свойство и дават обективни числови резултати. Субективната роля на лабораторните оператори се състои в изготвянето на опитните образци, записването на резултатите и планирането на изпитванията на зададените свойства за определяне на качеството на плата: размери, плътност, здравина и устойчивост. От тази гледна точка, разработената работна процедура представлява едновременно инструкция за лабораторна работа и регистър на първични данни.

Органолептичните методи се изпълняват върху цялото количество плат, без изключения и върху цялата дължина на ролките с плат. В този случай, значението на лабораторния оператор е преобладаващо спрямо устройството и действието на лабораторния уред: контролно-прегледната маса. Записите на установените дефекти се изразяват в тройка данни: код на дефекта, линейно местоположение на дефекта по дължината на

ролката плат и брой дефекти. Поасоновото разпределение обосновава достатъчността на установения брой дефекти, като оценка на същото по стойност математическо очакване на средната стойност и същото средноквадратично отклонение. Уравновесяването на потребителските очаквания се постига посредством обявеното качество на плата и предоставената дължима компенсация под формата на бонификации. Обективното уеднаквяване на субективната оценка на лабораторните оператори в органолептичното окачествяване се постига посредством висока технологична квалификация и работна инструкция за окачествяване за работна процедура.

Х. Приноси на дисертационния труд

Теоретичните изследвания са съсредоточени върху изучаването и практическото разграничаване на статистическата обработка спрямо резултатите с нормално и Поасоново разпределение. Обособяването на две форми на статистическата оценка на качеството на платовете следва различния произход на техните свойства и дефекти, и се основава на методите на Гаус за събития с нормално разпределение и на методите на Поасон за редки събития.

Разграничението позволи да се съставят алгоритми за обработка на лабораторните резултати от окачествяването на плата и да оформят научно обоснованите и практически приложимите приноси, както следва:

Х.1. Научно-приложни приноси:

Направено е разграничаване на множеството от текстилни изпитвания в два метода на окачествяване:

- измервателен метод на качеството на тъканите платове с нормално (Гаусово) разпределение на лабораторните резултати от детерминирани свойства;
- органолептичен метод на качеството на тъканите платове с Поасоново разпределение на установените дефекти като редки събития.

1.1. Съставен е математически апарат, основан на вариационния анализ за оценка и класиране на суровите платове на база

неравномерността по площна маса по ширина на плата,
Таблица VIII.1.4.4.

- 1.2. Определени са оценките на еднородност на дисперсиите при обработка на лабораторни резултати от изпитване на платове.
- 1.3. Приложен е алгоритъм за осъществяване на входящ качествен контрол на тъкани платове, показан на табличен вид на Фигура VIII.1.4.2.

В резултат на теоретичната обосновка и статистическата обработка са получени резултати и практически приложими решения в окачествителната дейност на тъканите платове в производствени условия.

X.2. Приложни приноси:

- 1.4. Съставен е етикет-инструкция за програмиране на лабораторните измервания на платове, който представлява работна процедура по СУК.
- 1.5. Предложена е методика за класификация на дефектите по външния вид и работна процедура за окачествяване на тъканите платове според установените дефекти.
- 1.6. Експерименталната работа представя действието на СУК по ISO 9001 в действаща производствена система с пълна вертикална структура на производствения процес, каквато е разработена в производственото предприятие Е. Миролио ЕАД.

ПРИЗНАТЕЛНОСТ:

Изразявам своята благодарност на д-р Гаетано Римини, изпълнителен директор на Е. Миролио ЕАД, за оказаните подкрепа и съдействие за провеждане на експерименталната работа и достъп до необходимата технологична документация.

IX. Публикации по дисертационния труд

Статия 1:

Koleva, T., N. Sadretdinova, CORRELATION OF QUALITY INDICATORS WITH NORMAL AND POISSON'S DISTRIBUTIONS IN GRADING WOVEN FABRICS, Scopus Indexed « Springer Series in Materials Science », www.autex.org/2025, <https://doi.org/10.25368/2025.006>

Статия 2:

**Андонова С., Т. Колева, Аналогово определяне на разнотониято при багрене на трикотажни платове посредством 5-степенната сива скала, списание „Текстил и облекло“ бр.11-12/2021
doi: <https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2021.1112.02>**

Статия 3:

**Колева, Т., В. Димитрова, К. Костова, С. Андонова, Внедряване на входящ качествен контрол на платовете в условията на Системата на управление на качеството по ISO 9001, списание „Текстил и облекло“, бр.01/2022
doi: <https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2022.0001.01>**

Статия 4:

**Колева, Т., Г. Пушкарова, Общ преглед на производствените процеси и метрологично оборудване в Е. Миролио ЕАД, списание „Текстил и облекло“, бр.0708/2023
doi: <https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.0708.01>**



ЮГОЗАПАДЕН УНИВЕРСИТЕТ
„НЕОФИТ РИЛСКИ“

Master of Engineering Tashka Ivanova Koleva

ABSTRACT

for awarding the educational and scientific degree of
"Doctor" in the field of higher education: 5.
Technical Sciences Professional field: 5.1.
Mechanical Engineering Doctoral Program
"Machines and Processes in Light Industry"

RELATED

INCREASING THE EFFICIENCY OF INBOUND TISSUE CONTROL METHODS IN SEWING PRODUCTION

Supervisor: Prof. Dr. Eng. Snezhina Andonova

Blagoevgrad, 2025

The present dissertation contains abbreviations used, an introduction, twelve chapters, conclusions and cited literature. Its total volume is 161 pages, of which 8 pages are used literature. 77 figures and 19 tables are included. The cited literature covers 123 titles.

The dissertation was discussed on 25.06.2025 at a meeting of the Departmental Council of the Department of Mechanical Engineering at the Technical Faculty at the South-West University "Neofit Rilski" - Blagoevgrad.

The public defense of the dissertation will take place on November 20th, 2025, at 1:30 PM in Hall 339, Building No. 1, at an open session of the scientific jury, appointed by Order No. 2233/01.10.2025 of the Rector of South-West University "Neofit Rilski", composed of:

Scientific Jury:

Assoc. Prof. Dr. Ivan Marinov Amudjev – Southwest
University "N. Rilski" - Blagoevgrad

Assoc. Prof. Dr. Ivelin Rahnev Rahnev – Southwest
University "N. Rilski" - Blagoevgrad

Prof. Dr. Zlatinka Ivanova Kazlacheva – Trakia University –
Stara Zagora

Assoc. Prof. Dr. Radka Petrova Atanasova – Technical
University – Sofia

Assoc. Prof. Dr. Julieta Georgieva Ilieva – Trakia University
– Stara Zagora

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE DISSERTATION

The determination of the quality of woven fabrics stems from the increasing demands on textiles in modern industrial clothing production. In a globalized economy, high competition and fast-moving fashion cycles, the quality of the materials used is becoming a key factor for market realization and consumer satisfaction.

The transition of fabrics between different technological units – weaving, finishing and sewing enterprises – requires an objective, standardized and reproducible approach to quality assessment. The need for uniformity, compliance with set parameters and prevention of production losses makes incoming control systems critical.

In the dissertation, two methods for qualifying woven fabrics are considered – metric and organoleptic. The metric method uses laboratory tests to determine physical and mechanical properties with a normal distribution of results. The organoleptic method is based on the sensory perception of rare defects with Poisson's distribution and is applied to the entire batch.

The introduction and maintenance of quality management systems according to international standards, such as ISO 9001:2015, requires clearly defined and justified methods of qualification. Distinguishing and correctly applying the metric and organoleptic methods is essential to ensure production efficiency, minimize the risk of defects and increase trust between business partners.

This dissertation is focused on comparative analysis and practical application of both methods for assessing the quality of woven fabrics in industrial conditions.

In this context, the consideration and improvement of methods for the qualification of woven fabrics is not only scientifically but also a practically significant problem with a lasting impact on the entire textile industry.

CONTENT OF THE DISSERTATION

I. Introduction

The quality of the fabrics is an objective assessment and expresses consumer expectations, but in essence it contains the correspondence of quality indicators.

Qualitative indicators establish a balance between the complex nature of quality and objective measurements. They are subdivided into two main groups: laboratory measurement results with a normal distribution of numerical values and organoleptic observations of rare events with Poisson distribution.

The method of metric properties by laboratory tests is characterized by objectivity, accuracy and numerical values of the results established. The procedure includes cyclical operations: pre-sampling, preparation of prototypes, conduct of tests, recording of numerical results, statistical processing of laboratory results, analysis and preparation of a qualitative assessment. The reliable and timely application of the metric methods requires organized synchronization in the work of the textile laboratory, which is achievable with a functioning quality management system (QMS) at ISO9001:15.

In the organoleptic method, defects on the fabric are controlled through the main human senses: vision and touch. This process is carried out on control and examination tables.

While physical properties remain hidden in the fabric's structure, the slightest defect on the surface is visible and repels the wearer. These defects are rare but clearly profiled discrepancies such as: contaminated stains, color differences, torn weaving threads, knots and the like. Defects are the result of a sudden change in one of the machine modes, due to an accident or other similar event. The accidental origin and their rare occurrence (less than 1/10000) categorizes them as rare events with the corresponding specifics of statistical processing and analysis.

Unlike measurement methods, the organoleptic method is applied to the entire population of the fabric batch and in this case no representative sample is taken.

Listing the same type of defects for one top fabric and for the entire batch leads to the compilation of sets of numerical data that reflect rare events and have a Poisson distribution.

The essential feature of statistical processing of numerical data with Poisson's distribution is the uniformity between the mathematical expectation and the standard deviation. The forecast determination of the expected number of defects in case of changes in the parameters, as a volume of the general population, is of predominant importance.

The working procedures and instructions to the basic procedure in the quality management system (QMS) are of practical importance. In the working procedures, the connection between the fabrics as a subject of qualitative assessment, the standards, the equipment and the synchronized activity of the laboratory assistants are given.

The significant difference between the measurement and organoleptic methods of qualification requires the separation and separation of the respective working procedures. For this reason, two methods for qualifying woven fabrics have been considered – measuring and organoleptic.

II. Literature Review

II.1. Analysis of the methods for control and qualification of woven fabric

The incoming control of fabrics in sewing production is described by some authors in their works and publications. Their developments are aimed at describing the ways and statistical methods for classifying fabrics.

II.2. Analysis of quality management systems

ISO 9001:2015

The International Organization for Standardization (ISO) is a worldwide association of national standards bodies (ISO member

bodies). The development of international standards is carried out by ISO technical committees. The introduction of a quality management system is a strategic decision of the organization, which can help it improve its performance overall, and constitutes a solid basis for sustainable development initiatives.

II.3. Analysis of fabric grading systems

According to the standards, the quality determination of fabrics can be carried out in textile enterprises at the time of the inspection of the fabrics by quality controllers, and can also be carried out in:

- 1) The enterprise that processes the fabric – finishing and dyeing, ready-to-wear workshop;
- 2) In the warehouse of the recipient;
- 3) In the outlets for trade in fabric.

The physical and mechanical indicators of the fabric (width, weight per 1 sq.m, density, strength, etc.) and dyeing resistance are guaranteed by the manufacturer. For this purpose, it is necessary to carry out a thorough laboratory analysis of the finished textiles in order to guarantee the specified quality indicators.

The determination of the quality of fabrics according to defects in appearance can be carried out by comparing the test specimen with the approved standards. In the absence of established standards for common defects, quality controllers and trading organisations assess these defects on the basis of their descriptions and the norms of the assessment tables of quality standards.

As a result of the literature studied, opportunities arose to direct the experimental research to increasing the effectiveness of methods of incoming tissue control in sewing production.

The predominant part of the studied literature sources are standards, monographs and general-purpose textbooks. They contain basic concepts and computational expressions equally applicable to different technological problems.

In the group of smaller literary sources are scientific articles, methodological developments, manuals and standards. What they have in common is that they are highly specialized. In some cases, they partially coincide with the subject of the present dissertation. Such are the standards. They are a basic methodological prerequisite for practical solutions, but they are narrowly focused. The implementation of the main goal and tasks of this development requires combining and, above all, arranging various metrological and qualifying operations in a common procedure.

The other part of the highly specialized literary sources are scientific publications. As an undertaking and concept, each of them solves a specific task in a narrow area of textile technology and clothing. The reviewed publications did not establish the simultaneous application of statistical methods for analysis and evaluation of laboratory results with normal and Poisson distributions.

With the current variety of new fibre-forming polymers and surface treatment of textile materials, strict numerical methods are required to determine the quality of fabrics. This is achieved only through the methods of applied statistics of numerical data originating from deterministic processes or as a result of rare accident events.

III. Purpose, tasks and application of this work

The purpose of this dissertation is to increase the efficiency of metric and organoleptic methods for fabric qualification by drawing up working procedures by QMS in the technologically consistent links of the fabric and clothing production chain.

The TASKS of the dissertation are as follows:

- Technological observations;
- Experimental research using metric and organoleptic methods for fabric qualification;

- Analysis of laboratory results from organoleptic methods with normal and Poissonian distribution of numerical data;

- Development of working procedures for fabric qualification by metric and organoleptic methods;

APPENDIX and scope of this dissertation is the production and technological transition of fabrics between the links of the chain "fabric - sewing product".

The meaning of implementing a symmetrical qualification on both sides of the transition lies in the uniformity of qualitative assessments. The correct application and arrangement of standard requirements and recommendations leads to statistical uniformity of qualitative assessments on both sides of the transition. Therefore, the implemented procedure for the qualification of fabrics is effective when the quality assessments do not depend on the type and nature of the production unit: weaving, finishing or sewing workshop.

IV. Observations and analysis of technological processes in textile production with a view to creating an algorithm for assessing the quality of woven fabrics

In order to make a quality processing of the physical, mechanical and chemical parameters of the manufactured surface textiles, it is necessary to trace all production processes through which raw materials and materials pass in order to obtain a finished product from them. The production base of E. Miroglio EAD covers a closed cycle – processing of the textile material from the pre-yarn, spinning, spinning and scraping of warps for weaving, weaving/weaving of area textile products, dyeing, refinement. All these production processes are related to intermediate control and qualification of the indicators of fabrics in raw and finished form.

This paper describes the processes that unprocessed textile materials go through until they are brought to a finished textile product and the procedures for servicing laboratory equipment that

are used to describe the quality indicators of textiles – physical, chemical, colorimetric.

V. Research and analysis of metrological methods for determining the quantitative assessments of qualitative indicators

V.1. Experimental installation of metrological equipment at E. Miroglio – Physics Laboratory

The quality of the fabrics is determined by a series of laboratory measurements.

In order to determine the physico-mechanical properties of fibers and threads in woven fabrics, it is necessary to carry out measurements to determine the length of fibers (Almeter), determination of fiber finesse (OFDA), determination of the linear density of yarns, determination of yarn torsion (Torsiometer), testing of fibers and yarns under tensile load (Dynamometer).

Testing of the qualities of fabrics is carried out by examining the tensile properties of fabrics (Dynamometer for fabrics), determining the mass per unit area using small samples and using fabric abrasion devices (Martindale and ICI).

V.2. Experimental installation of metrological equipment in E. Miroglio - chemical laboratory

The evaluation of the chemical properties of woven fabrics is carried out by evaluating the color change using a 5-degree gray scale, by testing for colour fastness under friction with a Crock meter, and determining the pH of an aqueous textile extract (pH-meter).

V.3. Experimental installation of metrological equipment in E. Miroglio EAD - colour laboratory

Colour measurement shall be determined by a numerical representation of the colour of the specimen which is obtained on a colour measuring instrument. The instruments that are used are a colorimeter or a spectrophotometer.

Reflection colour gauges are used as the specimen is illuminated and the amount of light reflected from the surface of the specimen is measured.

V.4. Analysis and evaluation of the properties of fabrics with a view to increasing the effectiveness of the methods for their incoming control in sewing production

The evaluation of fabric properties consists of two main technological models: the structure and properties of fabrics as a result of machine adjustments and defects in fabrics as rare events of sporadic origin from technical accidents. Numerical indicators have been added that refer to the nearest literary source in terms of meaning and content.

The content and solutions are the result of specific modeling of the technological processes and the structure of the fabrics in order to accurately determine the experimental work.

VI.1. *Synchronized cycles of production and qualification procedures for woven fabrics*

The incoming inspection of woven fabrics is carried out upon their receipt in three production cycles.

In the first cycle, this happens when the finished and refined fabric enters the preparatory and cutting section of the ready-to-wear workshops. In the second cycle, the raw fabric enters the finishing workshop and, after processing, is sent to the sewing production. At the beginning of the third cycle, the raw fabric enters the dyeing workshop, after dyeing it is directed to the finishing workshop and finally to the sewing department of the ready-to-wear workshop.

In all three cases, it is necessary to apply observations, measurements and tests, which for the most part are the same and detailed in the relevant industry standards. Each cycle is characterized by the logical sequence of sampling S, laboratory tests - T and quality assessment - E.

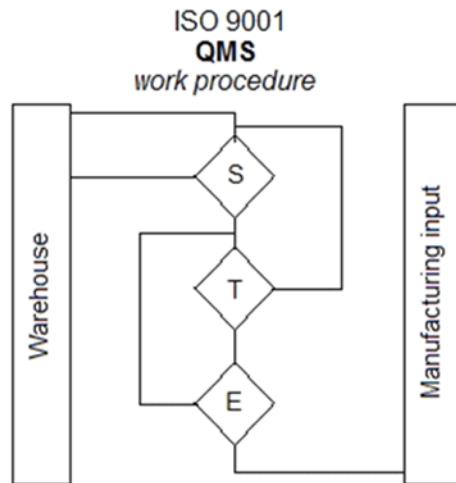


Figure VI.1.1, Interaction between incoming controls and production processes

Depending on the variants and the specificity of the cycle, the samples can be representative samples of the whole batch of fabric, pieces of fabric from the beginning of each roll, or observations on the fabric. Laboratory test can be performed as measuring geometric parameters and surface mass, physical-mechanical tests and visual inspection of the entire length of the fabric.

VI.2. *Types of technological parameters*

Woven fabrics exist in three main forms.

The first, machine form presents the fabric on the loom, where the main threads are stumbled by the weaving let off and take up cylinders, without the possibility of slipping out. In this form, all geometric parameters depend on machine settings.

The second form is the primary relaxation of woven fabrics. It begins after the fabric passes through the range of the broad-holders and continues until the first moisture-heat treatment in the finish.

The third form is obtained by refining or fixing by moisture-heat treatment of the spreading-drying machines, where the fabrics receive their final structure and physical characteristics.

VI.3. *Geometric parameters*

Due to the natural unevenness in textile materials, geometric parameters include the following indicators:

- length of a whole top fabric;
- width of the fabric;
- warp fabric densities;
- weft densities of the fabric;
- weaving ratio the warp and weft threads;
- surface mass of the fabric;
- linear density of weaving threads.

VII. Methods for Applying Mathematical Statistics to Fabric Grading

The deterministic nature of the physical and mechanical properties of textile materials is based on the general principle of certainty for the construction of their structure.

The principles of certainty extend to two independent factors.

First of all is the dissipation of the properties of fibrous raw materials. The significant quality indicators are finesse and staple length. The fibres have a normal distribution with a pronounced modal part. The inevitable deviations are a residual result of the natural origin of the fibres and the objective diversity during their cultivation.

Despite the fact that the processes of extraction, collection and selection of fibrous raw materials are almost deterministic, the quantitative values of qualitative indicators are described by the regularities of the normal Gaussian distribution.

Therefore, in their structure and physical and mechanical properties, textiles are the result of deterministic processes. The normal distribution of numerical values is due to objective deviations and unevenness in fibrous raw materials and

unevenness in the dynamic impact of tines and machine elements in technological equipment.

Similarly, the chemical and physical properties of textile materials have a deterministic character. These processes usually take place in an aqueous environment, called "wet processes" and act on the surface of the fibres. Regardless of the type, intensity and essence, the chemical-physical processing of textile materials is a deterministic process with controllable technological factors. Accordingly, all quantitative values of quality indicators, or properties of textile materials, are characterized by a normal Gaussian distribution with the corresponding processing of applied statistics.

A characteristic feature of the numerical data of the chemical and physical properties of textile materials is that they exist in two forms:

Numerical values from laboratory instrument results. These are:

- Dimensional change after heat treatment, Δl , %;
- pH of an aqueous extract from the textile sample – staple, yarn, fabric;
- DrapeCapacity, ΔD , %;
- DeltaCielab (DataColor) and colour deviations.

Numerical values from discrete estimates (0÷5) of subjective observations, comparison and analysis. These are:

- the grade according to the 5(9) degree gray scale for color deviation;
- the assessment of the surface resistance to abrasion and peeling;
- the assessment of the resistance of the colors to various influences such as: light, water, friction, etc.

Regardless of their nature: analogue or discreet, quantitative values of quality indicators reflect the properties of textile materials as a result of processing in deterministic technological processes. The entire group of numerical data on the properties of textile materials is characterized by a normal Gaussian distribution.

VII.1. Methods of applied statistics for the classification of fabrics

Linear density, knotch, strength, fabric density, unevenness, color deviations, etc. are one-dimensional quality indicators.

The characteristic feature of qualitative indicators is the probability of obtaining different numerical values within a constant factor set. For each measurement, a unique numerical series is obtained, which, combined with the rows from the other measurements, forms a set of random variables with the corresponding distribution.

The most common and studied quality indicators have a normal Gaussian distribution. The density of the distribution of random variables has a parabolic character.

The density function has the form:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-m)^2} \quad (\text{VII.1})$$

The integral kind of the density of the distribution depends primarily on the dispersion and the standard deviation. σ^2

For the experimental study of the properties of textile materials, the order for determining the aggregate statistical characteristics was drawn up:

1. The one-dimensional numerical order of the laboratory results is obtained in the order of the measurements performed - $\{x_i\}; i = 1 \div n$
2. It is desirable to rearrange the first numerical row in ascending order, where: $\{x_i\}\{x_j\}'$
 $\min x_{j=1} <<< x_i <<< \max x_n$;

This directly illustrates the content of the numerical series.

3. For an indicative purpose, the range between the minimum and maximum values shall be calculated:

$$R = \max X - \min X ; \quad (\text{VII.2.})$$

4. The arithmetic mean of the recorded data is calculated:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (\text{VII.3.})$$

where n denotes the number of measurements, or the volume of the sample, or the degrees of freedom of the aggregate characteristics.

In textile metrology, it is extremely rare to require and measure all representatives of the batch, lot and top fabric. For linear density, it is necessary to wind yarn branches of 100 m each and pull them in. It is impossible to measure the linear density of the entire batch, but only part of it. The area mass of the fabrics is determined by cutting three small circles with an area of 100 cm² along the width of the fabric. In order not to destroy a large part of the fabric, the cut specimens are only from the beginning of the rook. Therefore, laboratory tests are performed with pre-prepared samples, which are a small part of the entire batch.

Tops with fibre raw material, yarn batches, lots of fabric and sewing products are statistically general aggregates. They are characterized by uniformity of the fiber composition, the structure and the applied machine settings. Randomly selected laboratory samples make up the representative sample.

All aggregate characteristics calculated by the numerical series of the representative sample represent the mathematical expectations of the corresponding indicator of the arithmetic mean for the general population.

The calculated arithmetic mean of the representative sample is the mathematical expectation of the mean value for the general population.

5. The mathematical expectation of the mean square deviation is calculated using the formula:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n}}, \text{ for the shifted assessment; } \quad (\text{VII.4.})$$

for the unshifted estimate of the mathematical expectation of the standard deviation. $\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$ (VII.5.)

The physical meaning of the mean square deviation consists in the symmetric determination of the deviation of the unit measurements from the mean. The linear determination of

deviations is the arithmetic sum of the differences between the single results and the arithmetic mean: $\sum(\bar{x} - x_i)$.

Due to the symmetric distribution, half of the deviations will be positive: $(\bar{x} - x_i) < 0$, at $\bar{x} > x_i$ and the other half of the deviations will be negative: $(\bar{x} - x_i) > 0$, in $\bar{x} < x_i$.

The sum of the deviations is close to zero, which does not reflect the actual deviations: $\sum(\bar{x} - x_i) \approx 0$

Raising the square of the unit deviations gives them positive values: $\forall i = 1 \div n \rightarrow (\bar{x} - x_i)^2 > 0$.

Rooting, on the other hand, returns the initial value of the deviation, i.e. the mean square can be considered as the arithmetic mean of the absolute values of the unit deviations:

$$\sigma_n = \frac{\sum|\bar{x}-x_i|}{\sqrt{n}}. \quad (\text{VII.6.})$$

As a second central point of the aggregate characteristics, the mean square deviation or its mathematical expectation is of fundamental importance for the statistical processing of quantitative values with a normal distribution.

6. Confidence interval.

The confidence interval is calculated using the formula:

$$q = \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (\text{VII.7.})$$

σ – RMS deviation;

n – number of measurements;

t – criterion for Student.

For a relatively large number of tests with a 5% margin of error, the Student's criterion is approximately equal to 2:

$$n > 30 \rightarrow t = 1.96$$

The confidence interval cuts off from the parabola of the density of the distribution that part that is statistically inherent in the measured qualitative indicator. The average value of the measured qualitative indicator for the general population with a 95% confidence probability is located between the confidence limits of the minimum value and the maximum value of the symmetric confidence interval of the mathematical expectation - :

$$\bar{x}_m - q \leq \bar{x} \leq \bar{x}_m + q$$

7. Variation coefficient.

Both the arithmetic mean and the mean square are dimensional quantities and reflect the absolute magnitude of the measured qualitative indicator. For example, the strength of the fabric is about 20 DaN, while the weft density is about 250 n/dm.

The comparison of irregularities of different nature and size necessitates their universalization. This is obtained by the ratio of the mean square deviation to the corresponding arithmetic mean. For the convenience of textile professionals, the ratio is multiplied by 100 and is determined in %.

The formula for the coefficient of variation is as follows:

$$C_v = \frac{\sigma_m}{\bar{x}} \cdot 100, \% \quad (\text{VII.8.})$$

VII.2. Variational analysis

If we take variational analysis as a generalizing concept of the dependencies and interrelationships of numerical series from random data, then the qualification of fabrics develops in two directions: assessment of irregularities; correlation between indicators.

These calculations correspond to standard prescriptions, but are large in number and practically incalculable.

The variation coefficients are sufficiently reliable as an estimate and, above all, universal regarding the different area masses of fabrics. For each top fabric, a coefficient of variation in the area mass can be calculated:

$$cV(x_i) = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}_i} \cdot 100, \% \quad (\text{VII.21.})$$

Consistent with the normalized maximum deviation of 5%, the coefficient of variation is expressed as an estimate of the permissible unevenness of the area mass in the width of the fabric: unacceptable $5.0\% \leq 5.0\%$, acceptable. $cV(x_i)$

An objective assessment of permissible unevenness can be obtained by a variance analysis of the homogeneity of the variances according to the Fischer criterion:

$$F_r = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}. \quad (\text{VII.22.})$$

In this case, the Fischer estimate is applied to the variance of the area mass in width for each top:

$\sigma_{n-1,i}^2$. This variance reflects the internal unevenness in the top fabric, which exceeds in value all other generalizations.

The total average of the dispersion of all fabric tops reflects the mean square deviations of all measurements of the area mass for all tops and across the width of the fabric. The hypothesis assumes that the internal variance is greater than the total for the batch, i.e.: for $\bar{\sigma}_{n-1,g} \forall i=1 \div n; < \sigma_{n-1,i}^2 \bar{\sigma}_{n-1,g}$.

The calculated value of the Fischer criterion takes the form:

$$F_r = \frac{\sigma_{n-1,i}^2}{\bar{\sigma}_{n-1,g}^2} > 1,0. \quad (\text{VII.23.})$$

The tabular value of the Fischer criterion is determined under the following conditions:

- confidence probability – P=95%;
- degree of freedom of internal variance: $f_i=3-1=2$;
- degree of freedom of total (external) dispersion: $f_g=n \cdot 3-1$.
- The basic rule for accepting variation variance as homogeneous with respect to total variance is inequality:

heterogeneous – $FR < FT$ – homogeneous

It is rejected.

In this way, the deviation of the area mass along the width of the fabric is objectively assessed with subsequent technological application.

VII.3. Correlation analysis

Quality control of fabrics covers one batch, which is separated as a woven with identical yarns and on one machine. Subsequently, the separation may include preliminary preparation before refinement, such as washing to remove starch, applying catalysts for inkjet printing, dyeing, etc. Usually, a batch of fabric contains about 2000 - 3000 m and is rolled into about 20 - 30 tops.

Laboratory testing of the batch goes through four stages:

- compilation of a representative sample of the batch;
- preparation of prototypes;

- laboratory testing;
- recording of laboratory results.

The numerical data of the measured properties are one-dimensional numerical series. In the conditions of controlled technological parameters, deviations and their relative size have an impact.

When compiling the representative sample, there are two options. Or representative, according to a minimal group of tops with random selection. Or all the tops of the lot, which is practically the general total, but in fact – to the maximum extent represents the entire length of the fabric in the lot. In any case, the essential argument/factor in measuring the properties of the fabric will be the random number of the top in the series of metrological tests.

Correlation coefficients make it possible to check the reliability of single measurements and to what extent their deviations have a statistical relationship, or are sporadic elements.

The correlation coefficient is calculated using the formula:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_{n-1}(x) \cdot \sigma_{n-1}(y)}, \quad (\text{VII.24.})$$

Where:

n – sample size, or number of cannons tested;

$i = 1 \div n$ – sequence number of the top in the order of measurements;

x_i ; ; – the numerical series and the aggregate characteristics of the indicator. $\bar{x} \sigma_{n-1}(x) y$

The first correlation check can be performed between the area masses at both ends of the fabric. The similarity of the area tables at the edges of all tops indicates a stable technology of weaving and post-processing.

Secondly, the correlation comparison can be sought between the central area mass and the average for the width of the plateau. Any deviation would reduce the value of the correlation coefficient, which theoretically varies in the range from -1 to +1: $-1.0 \leq r_{xy} \leq +1.0$.

The maximum correlation between the parameters of the area mass through possible comparative combinations means excellent technological control in the production of the fabric, and vice versa.

The random arrangement of the tested tops will rather eliminate lateral trends, such as pre-selected tops in ascending order of area mass, etc.

VII.4. Poisson distribution of fabric defects as rare events

The origin of defects is sporadic, as a result of sudden events and deviations from the parallel technological regime. Regardless of their type and nature, they are categorized as rare events.

Another reason for their inclusion in rare events is the practically established small amount of defects for a top fabric. The logical opposition of defects to the usual properties of fabrics to the deterioration of the overall quality is expressed in their visibility and the creation of a first impression of the user. Regardless of the strength, resistance and agility of the fabric, a single stain or knot degrades the quality of the entire garment. That is why the approach and assessment of defects is so important.

Probability theory has established that no matter how rare an event is within a representative sample and a relatively large general population, as the volume of the set increases, the nature of the distribution changes. Or from rare Poisson distribution events for a single top fabric, the established nodes of the weaving yarns will acquire a normal Gaussian distribution for a large amount of fabric.

In practice, the assessment of the quality of fabrics is always associated with the length of a top, due to the requirements of laying and cutting details in sewing production.

The final reason why defects are statistically estimated by the Poisson distribution is that their single occurrences are always positive integers.

As a consequence of the binomial distribution, Poisson's is characterized by some limitations that simplify the mathematical

apparatus and approach practical cases in an industrial environment.

The main limitations are as follows:

$n \rightarrow \infty$ - number or volume of measurements;

$p \rightarrow 0$ – probability of the defect being studied; x_i

$q \rightarrow 1 = 1 - p$ – probability that the studied defect will not appear. x_i

The sum with the absolute frequency of a selected defect for all measurements or observations is equal to the volume and measurements, i.e.: , or all possible occurrences of all the defects studied will give the volume of the measurements or observations. $\sum m_i = n$

Poisson's distribution of rare events for samples and for general populations is measured over time. In the case of defects in the appearance of the fabrics, the universal size of the observations can be the final length of the graded top fabric. This is necessary due to the practically different speeds of looms, even if they produce the same type of fabric. Therefore, the dimension of the samples in the forthcoming analysis is a metric length of the graded top fabric, i.e. the number of defects per meter of fabric.

The relative frequency of the distribution of the observed defect is calculated using the formula:

$$P_n(x) = \frac{\bar{x}^x \cdot e^{-\bar{x}}}{\bar{x}}, \quad (\text{VII.25.})$$

Which means that the probability of the defect occurring x_i times for the entire length of N in a top fabric depends on the established average probability with which it occurred. $\bar{x}$

In contrast to the normal distribution, the average of rare events is equal to the number of detected cases:

$$\bar{x} = n \cdot p = \frac{n \cdot m}{n} = m, \quad (\text{VII.26.})$$

Where:

n – rook length;

m – the number of defects found;

p – probability of the studied defect occurring for the observed length.

The average value of rare events is equal to the established number of these events.

The standard square deviation is determined by the formula:

$$\sigma = \sqrt{\bar{x}} = \sqrt{m} = \sqrt{n \cdot p}, \quad (\text{VII.27.})$$

i.e. again the essential value is in the number of defects identified.

The confidence interval of the Poisson distribution depends on the Student criterion and the standard deviation:

$$q = \pm t \cdot \sigma. \quad (\text{VII.28.})$$

In the same way as the normal distribution, the average of the observed defect is located within the limits:

$$\bar{x} - t \cdot \sigma \leq \bar{X} \leq \bar{x} + t \cdot \sigma, \quad (\text{VII.29.})$$

with a 95% confidence probability and depending on the length of the fabric, or the number of meters – n .

The variation series of defects are also subject to correlation estimation. In general, when comparing the defects of fabric tops of different lengths, the formula of the calculation criterion of Student can be applied.

$$t_R = \frac{n_1 \sum x_1 - n_2 \sum x_2}{\sqrt{n_1 n_2 (\sum x_1 + \sum x_2)}} \leq t_T(1.96). \quad (\text{VII.30.})$$

Of particular interest is the statistical relationship between different types of fabric defects. The numerical estimate of the relationship can be obtained from the linear correlation coefficient applied to the numerical results of rare events with Poisson distribution:

$$r_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sqrt{\bar{x}\bar{y}}} \quad (\text{VII.31.})$$

With the expressions arranged in an algorithmic sequence statistically, an experimental comparison of the aggregate characteristics and relationships between the change in physical properties and defects of fabrics can be proceeded to begin.

VII.5. Expert assessment for the qualification of fabrics

The reception or intermediate quality control contains three groups of activities that are independent and consistent.

The process begins with the storage and identification of the fabrics. In the volume of one delivery, even for one item, there is a secondary indication on the label. Thus, the delivered quantity, or the general population, consists of several groups with the same properties.

The second stage of acceptance control includes laboratory tests. They take place in three stages:

- compilation of representative samples and preparation of prototypes according to standard descriptions;
- conducting laboratory tests;
- recording and primary statistical processing of laboratory results.

The meaning and necessity of the acceptance control are contained in the final, third stage. Expert evaluation, also known as laboratory results analysis, is a consistent comparison of the results of tested properties with the quantitative values of quality indicators set out in standards or other documents. It ends with an analytically based decision for a qualitative ranking of the controlled batch. Different levels of quality are possible, which usually boil down to three main groups:

- first quality, with full compliance with the quality indicators;
- second quality, in the presence of non-compliance for secondary quality indicators;
- third quality or defect, in case of overall non-compliance of indicators or non-compliance of a critical indicator.

The prototypes prepared for laboratory tests shall be labeled in order to illustrate them. The label is attached to the specimen. It is a piece of paper on which the identification data of the specimen are recorded, as well as the properties on which it is to be tested in the laboratory. Places are marked on it where the laboratory assistant can record the primary data on the results of laboratory tests.

The quality control of fabrics ends with an experimental evaluation, benchmarking and the decision for quality ranking. For

each lot of fabric, and according to its type, there is a group of indicators that make up the overall quality. The indicators reflect various properties, such as: construction, mechanical resistance, surface resistance, etc. Including defects in appearance.

The coefficient of variation is a universal indicator of unevenness. The value of the coefficient of variation must be less than the set or declared one.

The expert assessment is based on groups of inequalities for each observed and tested quality indicator – x :

$$\begin{cases} \min x^{\text{HOM}} < x < \max x^{\text{HOM}} \\ C_V(x) \leq C_V^{\text{HOM}} \end{cases}, \quad (\text{VII.32.})$$

Where:

x – examined indicator;

$\min x^{\text{HOM}}$; – nominal thresholds of eligibility of the indicator; $\max x^{\text{HOM}}$

$C_V(x)$ – established variation coefficient for the indicator;

C_V^{HOM} – nominally permissible unevenness.

The principle of expert decision is based on the acceptance and rejection of a series of qualitative indicators. The preparation of a reasoned decision under the QMS is presented as an algorithm with sequential procedures, alternatives and verification cycles of the group of qualitative indicators.

VIII. EXPERIMENTAL WORK

VIII.1. *Experimental work on qualitative indicators with normal distribution of laboratory results*

VIII.1.1. *Subject of the experiment*

The subject of the experimental work is a complex of laboratory tests and qualitative analysis of normally distributed numerical data, arranged algorithmically for the selection of raw fabrics. The purpose of the development is to draw up an operational procedure for incoming control of QMS for the correct direction of raw fabrics during dyeing, stamping and finishing.

Raw jacquard fabric is considered - cotton type with a total length of 35000 m, distributed in 338 tops of continuous wound fabric. The fabric consists of 79% cotton, 18% polyamide and 3% elastane in the weft. The width of the raw fabric is 145 cm with an area mass of 190 g/m². The warp has a density of 900 threads/dm and consists of polyamide monofilaments with a linear density of Tt 3.6 tex. consist of cotton core yarn with a linear density of Tt 37.2 tex.

In the conditions of the existing textile substrate, which allows different techniques and options for color and aesthetic design, it is necessary to divide the entire general population of 338 tops of fabric into separate groups on the basis of two main characteristics: area mass and shade of white color.

VIII.1.2. *Objective – selection and classification into homogeneous groups*

According to the project, the construction of the studied fabric is strictly defined - jacquard fabric with a clear pattern, polyamide base and cotton weft. Differences in individual woven batches are the result of possible differences in the machine settings of the looms or in the yarns used for weft threads.

In the machine settings of the loom, weft tadding and tension of the warp are practically permissible. Even these machine settings are strictly monitored and it is practically impossible to obtain differences in the fabric due to the modified weaving mode.

VIII.1.3. *Selection factors – area mass and shade of white*

The declared design parameters of raw fabric can serve primarily as a starting point for the partial rejection of certain laboratory tests, such as checking the fibrous composition and type of fabric.

If necessary, intermediate quality control covers the following indicators: width and surface mass in the middle and both ends of the fabric, surface resistance, mechanical resistance of the warp and weft. The final quality assessment is based on a laboratory-determined color shade of each roll of raw fabric against a suitable standard. The width of the fabric is measured under ISO 3801 conditions, where one to three consecutive measurements are recorded and then averaged. For the determination of the area mass, point No 6.7, method 5 for the determination of the mass per unit area by small samples, according to ISO 3801, applies.

Of greater importance is the uniform distribution of the area mass along the width of the fabric. The estimate of the unevenness of the weight distribution is universally represented by the coefficient of variation in mass relative to the middle and both ends of the fabric. The limit value of the coefficient of variation ($Cv(\text{weight}) < 5.0\%$) above which the tissue is declassified was established through long experimental work by Andonova and Rimini in 2020.

Another main indicator for choosing raw fabric with relatively identical properties is the color shade of the front and wrapped surfaces. Color differences are usually applied in case of discrepancy in the fastness of dyes and textile materials. It is a set of prescriptions and recommendations collected in the series of ISO 105 standards. Part A02 (ISO 105-A02), describes the "5-point gray scale" as a means of evaluating color deviations between a standard and a test specimen. The duration of visual observation, comparison and subjective conclusion is small, but there is no detailed numerical value of the deviation. Therefore, the gray scale is not suitable for mass selection and classification into groups of high-volume samples or rolls of fabric.

Possible differences in the quality of cotton yarn can be determined in two directions:

1. Deviations from the set linear density of yarn, due to different thicknesses of cotton fibers;

2. Deviations in the white color of raw cotton yarn, due to varying degrees of whiteness or yellowing of cotton fibers.

In terms of volume, the fabric in question represents the general totality of the statistical phenomenon. Factors in the selection of fabric are the area mass and deviations from the accepted standard for the white color.

The essence of the study consists in the separation of all tops from the general totality of the fabric into groups with a relatively uniform area mass and deviation from the white color standard. This classification will correctly guide the next technological treatments of color diversity, through smooth dyeing and printing, as well as the refining of the fabric.

VIII.1.4. Experimental results and analysis

At the very beginning of identification, the presence of optically bleached cloth tops was established. The application of fluorescent substances such as optical brighteners aims to temporarily give a visual effect to the artificial whiteness of the fabric. This occurs in the case of cotton fabrics, when fibrous raw materials have a yellow tint. This is an obstacle to smooth dyeing in light colors or printing light and pastel figures.

An essential factor for the immediate separation of optically bleached fabric tops is the ability to uncontrollably separate small amounts from the optical brightener and get them on other fabric tops.

In addition, all surfaces on which optical brightener has been applied show different affinities when dyeing or printing. In the sense that optically bleached and other fabric tops cannot pass under the same technological dyeing modes, much less be loaded simultaneously into one dyeing bath.

This made it necessary to take small samples from all cloth cannons in advance and undergo a comparative test of ultraviolet light.

Thus, 1/3 of the general population was separated as a separate group of optical brightener cannons.

These tops were subjected to two main tests: area mass and appearance in the sense of a whiter or yellower surface of the fabric face.

Test data are given in Table VIII.1.4.1.

Table VIII.1.4.1, Primary processing of laboratory test results of optically bleached jacquard fabric

Piazza		2537 6	22BL1125		25.11.2	33357, 8	338 rolls	bleache d		Mass dispersion evaluation					colour
Test #	Lo t	Roll #	Lenght , m	Width, cm	Mass-Sq. g/m2				M-L, g/m	σ(W)	Fr	Ft	Cv(Sq)	white / yellow	
					Left	Middle	Right	Mean	Mean		f1=2; f2=120				
Обем на представителната извадка					118 ролки плат										
minXi			35,00	138,50	176,00	168,00	176,00	173,30	240,10	2,65	0,64	3,07	0,79		
maxXi			129,00	149,00	204,00	196,00	204,00	201,30	300,00	5,29	1,11	3,07	5,24		
white			61												
yellow			57												
Ср. аритметичн о			81,19	144,51	190,85	183,05	189,31	187,73	271,23	5,30	1,11	3,07	2,82		
Ср. квадратично			20,19	2,11	6,06	5,28	5,66	4,76	5,45	1,80	0,38	0,00	0,96		
корелационен коэффициент					0,52	0,60	0,55								
					L/M	M/R	L/R								

The relatively large database allows the following conclusions to be drawn.

The essential fact that is immediately established is the relatively uniform distribution of the deviation from the surface masses, i.e. there is no trend. This is a consequence of the randomly distributed rooks in the next tests.

It was found that the measured area masses along the width of the fabric had approximately the same distribution and no different trends were observed in the structure of the fabric in the middle and at both ends.



Diagram VIII.1.4.1, Functions of distribution of area masses over the width of the fabric for all rooks tested.

The similarity between the distribution functions of the mean square area mass and the mean linear mass suggests that from a technological point of view, when weaving such a jacquard fabric with a complex structure, no deviations in the machine mode and the settings of the tines are allowed.

After primary statistical processing, the established dependencies between the mass indicators on the quality of the fabric can be considered.



Figure VIII.1.4.2, Variational analysis according to the Fischer criterion

The dispersion of the area mass across the width of the fabric, represented by the unshifted estimation of the mean square deviation, shows a relatively uniform distribution of the deviations relative to all optically bleached tops examined.

A dispersion analysis was carried out to assess the correspondence of the internal unevenness of the area mass to the total, external unevenness of the area mass for all optically bleached fabric tops.

For such a large sample, the degree of freedom is equal to 120 with a degree of freedom for the internal variance of 2. The tabular value of the Fischer criterion for these parameters is equal to 3.07. This value is marked as a black horizontal line in Figure 4.

It is evident that the total levels of the estimated value of Fischer are smaller and do not reach the levels of the tabular value at all. This generally means that the internal dispersions or unevenness of the area mass in width are uniform with the total dispersion for the entire set of 121 optically bleached tops.

This allows the coefficient of variation to be applied as an estimate of the permissible unevenness of the fabric structure in width.

Rather, as a coincidence, the coefficient of variation changes almost symmetrically around the level of the table value of the Fischer criterion for all tops. This indicates uniformity in the variations, and in this case the maximum value of 5% can be applied as a threshold for acceptable fabric unevenness by area mass. Otherwise, additional wet treatment of the fabric is required to level the construction.

A correlation analysis was also carried out.

Three groups of correlation coefficients of the dependencies between the area masses in the following combinations have been studied:

- left side and middle;
- the middle of the fabric with the right side;
- the left side with the right middle.

All three correlation coefficients change from 0.52 to 0.60.

This indicates a random distribution of deviations and irregularities, both across the fabric width and longitudinally across the fabric from the entire set of optical brightener tops.

As a result of the dispersion and correlation analysis and the subjective assessment of the tops with the 5-stage gray scale, 4 groups of fabric tops with uniform properties of structure and degree of whiteness on the front surface were formed:

- light and light tops with an area mass of about 160 g/m² and a pronounced white color;
- heavy and light cannons with an area mass of about 127 g/m² and a pronounced white colour;
- light cannons with an area mass of about 160 g/m² and pronounced yellowing;
- heavy cannons with an area mass of about 175 g/m² and pronounced yellowing.

Of the total volume of the total total supply of 338 cotton jacquard fabric tops after the separation of the optically bleached 121 tops and after the separation of damaged tops, 211 tops remained. This group of tops of raw cotton jacquard fabric form the main sample of the supply.

Cotton fabric is without specific pre-treatment with surfactants. This means that correctly defined quality selection indicators will facilitate the next processing.

Regarding the criterion of area mass, there are two determining indicators:

- maximum deviation of the area mass from the declared in the group by no more than 5%;
- maximum coefficient of variation of the unevenness of the area mass along the width of the fabric, not more than 5%.

As regards the criterion for the degree of whiteness of raw cotton fabric, the deviation of the numerical value according to the Delta CiELab (Data ColoR) shall not exceed 1,0. This means that the tops should be regrouped in such a way that in each group the deviations from the standard white colour do not exceed $\pm 0,5$.

The results of the primary statistical processing of the tops of the main delivery are presented in the following table.

Table VIII.1.4.4. Primary Processing of Laboratory Test Results of Raw Cotton Jacquard Fabric

Piazza		25376	22BL1125		25.11.22	33357.8	338 rolls	bleached	Mass dispersion evaluation					Delta E CELab		
Test #	Lot	Roll #	Lenght, m	Width, cm	Mass-Sq, g/m2				M-L, g/m	σ(W)	Fr f1=2; f2=210	Ft	Cv(Sq)			
					Left	Middle	Right	Mean								
Обем на представителната извадка					211 ролки плат											
minXi		62.60	140.00	172.00	172.00	171.00	171.70	240.30	0.58	0.10	2.99	0.31	2.88			
maxXi		165.00	151.00	206.00	199.00	205.00	203.30	307.00	6.24	1.12	2.99	5.97	6.87			
Ср. аритметично		108.34	145.39	190.37	182.38	189.79	3.00	272.60	5.58	1.00	2.99	2.97	4.54			
Ср. квадратично		16.92	1.72	6.31	5.06	5.31	4.57	6.26	2.04	0.37	0.00	1.09	0.95			
корелационен коефициент					0.55	0.55	0.44								0.10	
					L/M	M/R	L/R	Msq(average)/Delta E Celab								

The large base of laboratory results allows for different interpretations regarding the relationship between the test indicators and the likely influencing factors.

The graph of the numerical value distribution function by area mass and degree of whiteness is essential. Two characteristic features of this complex woven fabric are established.

First of all, this uniformly dispersed deviation of the area mass across the width of the fabric. The deviations at both ends and in the middle of the fabric are almost symmetrically located

around an approximate average level of 187.5 g/m². Although the test sequence is randomly selected on the top fabric, there is neither a trend nor a cluster of identical values.

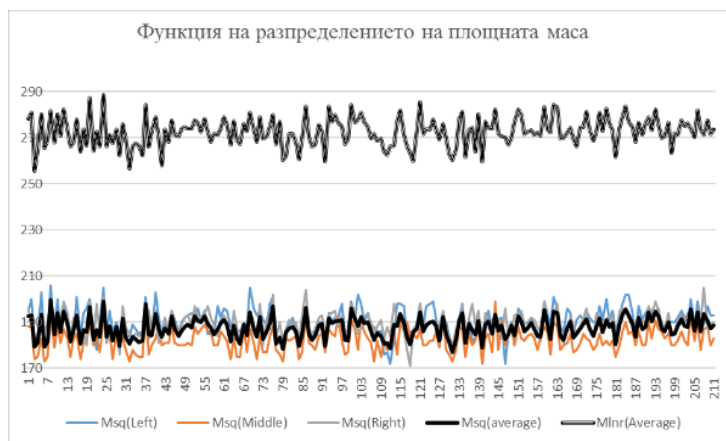


Diagram VIII.1.4.3, Area mass distribution of raw jacquard cotton fabric

Secondly, all three groups of area masses show random scattering. This is evidence of evenly maintained technological mode and machine settings.

Statistical estimation of the uniformity of variances is essential. A dispersion analysis was carried out according to the Fischer criterion in relation to the main variations of the area mass, as a reflection of the structure of the fabric.

The tabular value of the Fischer criterion is set at 2.99 at a degree of freedom of 2 for the internal variance of the width deviations. The degree of freedom of the outer, the total dispersion for all tops of fabric of the main group is equal to 210. Changes in area mass are graphically represented in Figure VIII.1.4.4.



Figure VIII.1.4.4. Variational estimation of the area mass of raw jacquard cotton fabric

The mean square deviation is characterized by relatively large variations, and in this case individual peaks are observed, which reflect the presence of tops with critical irregularity in width.

The estimated value according to the Fisher criterion, although with large deviations, is clearly and significantly below the level of the tabular value represented by the horizontal black line. This is evidence of the uniformity of the variances.

A linear consequence of the RMS deviation, the coefficient of variation also shows large deviations.

The characteristic peaks of single tops above a 5% variation indicate the presence of fabric tops, which should be classified for additional wet treatment to level the construction.

The meaning and benefit of the analysis of variance is expressed in the established homogeneity of the variances. Therefore, again as a criterion for assessing a uniform area mass along the width of the fabric, the limit value of a maximum of 5%

coefficient of variation can be used. Thus, the permissible standard deviation of $\pm 5\%$ of the area mass is universalized by the coefficient of variation.

Interesting is the relationship between the dispersion of the area mass and the degree of whiteness of the front surface of the fabric. It is presented in the following diagram.

Figure VIII.1.4.5. Changes in area mass dispersion and degree of whiteness



Variations in area mass are significantly greater than changes in the degree of whiteness.

Regardless of the random nature of the selection and preparation of prototypes, i.e. the choice of toppers according to the sequence of tests, uniformly arranged groups are observed in the variation of area mass. This is probably due to the initially unannounced identification of the tops in the conditions inherent and related to the initial production process. In the sense that in the initial assembly of the supply there was a grouping according to the production lots with the corresponding labeling. Subsequently, the original labels were replaced with secondary ones, which resulted in the scholastic laboratory results shown.

The analysis of variance shows uniformity of variances in all indicators. This is a condition for the application of decisions with a sufficient confidence probability of 95%.

The comparisons between the area mass and the optical properties of the fabric show rather the absence of a relationship between the two qualitative indicators.

A correlation analysis was carried out between the variation of the area mass and the deviations from the given white color. The correlation coefficient is 0.10. This is evidence of the absence of a relationship between the structure of the fabric and the quality of cotton fibers as a degree of whiteness.

A correlation analysis of the relationship between the indicators of the area mass at both ends and in the middle of the fabric for all tops from the main sample was also carried out.

Three groups of correlation coefficients of the dependencies between the area masses in the following combinations have been studied:

- left side and middle;
- the middle of the fabric with the right side;
- the left side with the right side country.

All three correlation coefficients change from 0.44 to 0.55.

This indicates a random distribution of deviations and irregularities, both along the width of the fabric and longitudinally across the fabric of the entire set of rooks from the main sample. This testifies to a regulated technological regime and controlled quality, and is a serious quality achievement for the complex jacquard fabric.

As a result of the primary statistical processing, dispersion and correlation analysis, the total amount of supply was regrouped by separating and selecting 211 cannons from the main group, without optical brightener.

The rooks are divided into 7 groups and must be rolled into 7 rolls as follows:

Group No01, "Non-optically bleached, light", average weight 184.7 g/m²:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 01S, CODVBLGG **E, 46 cannons, 4899.80 m. In the note yes themselves fit LGG for light weight.

Group No02, "Non-optically bleached, heavy", average weight 192.0 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 01S, CODVBLGG **E, 18 tops, 1946.10 m.

Group No03, "Raw light, light", average weight 184.3 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 001, CODVBLGG **E, 40 tops, 4310.90 m.

Group No04, "Raw light, heavy", average weight 191.7 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 001, CODVBLGG **E, 19 cannons, 3070.90 m.

Group No05, "Raw medium, light", average weight 185.0 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 002, CODVBLGG **E, 32 tops, 3619.80 m.

Group No06, "Raw medium, severe", average weight 193.2 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 002, CODVBLGG **E, 34 tops, 2530.60 m.

Group No07, "Raw dark, mixed", average weight 186.5 g/m2:

25376 PIAZZA, CODDISGG 01000, CODVARGG 003, CODVBLGG **E, 2481.70 m.

Note:

1. The shades of white are changed between groups by one unit each according to DeltaCieLab.
2. Pay attention to the coding of the raw fabric variants with 001, 002 and 003, according to the shade. Bring the codification to the basic code of the raw white color - 000.
3. The selection and distribution of the tops from the delivery are hereby completed.

As a result of the work carried out, an instruction for measuring methods for the qualification of woven fabrics has been developed, which in the form of a self-adhesive label is shown in Figure VIII.1.4.2.

EM22	Физична лаборатория		ISO9001/РП	
ВХОДЯЩ КАЧЕСТВЕН КОНТРОЛ НА СУРОВ ПЛАТ				
Код			Дата	
Палет			Количество, m	
Лот		Руло		L, m
Ширина, см				
Q, g/m ²	Л		Ср	Д
<i>показатели</i>		<i>основа</i>		<i>вътък</i>
Г, н/дм				
Прежди, Ttex				
Прежди, T0, m ¹				
Прежди, T1, m ¹				
Pb, DaN				
Eb, %				
Slippage				
Hf				
7 ^A				
Surface - ICI/MDL		Лице		Опако
KK:			дата	

Figure VIII.1.4.2, Working procedure/label

In this working procedure/label, instructions are given for the sequence of laboratory tests and fields for manual entry of primary laboratory results in the implementation of the QMS.

VIII.2. Application of the Poisson distribution for the analysis of defects by appearance

To determine the quality of the fabric according to the defects in the appearance, the control of a large batch of raw woven fabric was monitored, consisting of 7 lots and with a total length of more than 12000 meters. The woven fabric has a width of 142 cm and an area mass of 200 g/m². The fibrous composition is 59/38/3 – staple viscose/polyester silk and elastane. The main threads are made of textured polyester silk with linear density. and the wefts are made of core viscous yarn with elastane $T_t = \frac{75}{36f}$, $dtexT_t = 30Ne, Vi + 3den, EA$. The weave is with a front weft effect and as a result of the long weft "floats" and the big difference between the finesse of the main and weft threads, the fabric acquires a contrasting difference between $S_n \frac{1}{9Z^3}$ the front and back sides. With the appearance of double-sided fabric, the fabric is designed for inkjet printing and women's outerwear.

Of all the lots of the delivery under consideration, this study focused on a lot of 38 rolls of fabric with a total length of 4769.20 meters.

The fabric is checked for external defects visually on the V.I.S.T.A. FM 2000 control table, in industrial conditions.

Quality control of the fabric includes all of the above defects. Of particular interest are the breaks of the main and weft threads. Although acting in sync, the working bodies that move the main or weft threads are mechanically independent. The contact between the main and weft threads occurs for the first time in the final phase of the formation of the weft mouth and after crossing.

Breaks of the main threads are caused by excessive tension of the warp, insufficient elasticity of the yarns, hairiness and deformations on the working bodies.

Tears on the weft threads in many cases are due to unevenness of the yarn, but they are also the result of either a damaged weft feeder or mechanical damage to the weft guide in the weft mouth.

The connection between the breaks of the main and weft threads is in the nodes of their connections. Knots are made by hand by the weavers and reflect their qualifications. The number of nodes, regardless of their size and shape, secondarily reflects the number of breaks. For this reason, the current study focused on the following defects:

No. 3, Broken weft – weft thread, completely or partially missing (belt);

No. 4, Broken warp – broken or missing warp thread;

No. 10, Knots – unremoved or incorrectly executed connections of warp or weft threads.

To a large extent, these defects are caused by some sporadically occurring factor along the entire chain of technological flow: spinning, weaving and finishing.

VIII.2.1. Statistical characteristics of the Poisson distribution of weft breaks

First of all, the defect of broken wefts is considered. The main statistical characteristics of the defect examined are given in Table VIII.2.1.1

In the presence of 8 broken wefts for almost 5000 meters of fabric, this defect is a rare event with Poisson distribution.

Table VIII.2.1.1. Statistical characteristics of Poisson's distribution of weft breaks

№	indices	rolls	length	weft broken - defect #03		
				events	$\varphi(3)$ - relative	$h(3)$ - absolute
1	Sum	38,00	4769,20	8	0,9997	8,0000
2	Probability			0,0017		
3	Average		125,51	8,00		
4	σ			8,00		
5	$q(t=1,96)$			0,0803		

The characteristic features of the uniformity of the mean number of defects with the mean square deviation (8) consist of the relatively small confidence interval of less than 10%, or 0.08 wefts torn.

The function of the distribution of broken wefts is illustrated in Diagram VIII.2.1.1

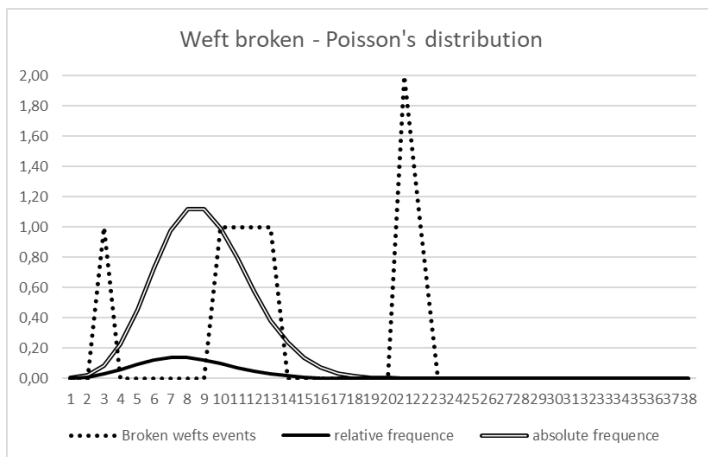


Diagram VIII.2.1.1, Distribution function and frequencies of weft breaks

From the broken line of the occurrences of the broken wefts, their sporadic nature is established. Out of 38 rolls of fabric, there are only 7 rolls of broken wefts. The probability of weft rupture is less than 2 ppm per meter, i.e. with 8 breaks for 4769.20 m, or 0.0017 breaks/meter. Of particular importance is the location of the curves of the relative and absolute frequency of the broken wefts. It has been found that the greatest probability of the occurrence of a broken weft is found in each group of 7-9 rolls of fabric. This is a theoretical hypothesis. It does not differ significantly from the actual occurrence of torn wefts on 7 out of 38 rolls of fabric.

Secondly, the defect of broken warp threads is considered. The main statistical characteristics of the defect examined are given in Table VIII.2.2.1.

In the presence of 4 broken warp threads for almost 5000 meters of fabric, this defect is a rare Poisson distribution event.

VIII.2.2. Statistical characteristics of the Poisson distribution of breaks by warp

Table VIII.2.2.1. Statistical Characteristics of Poisson's Distribution of Breaks by Warp

№	indices	rolls	length	warp thread broken - defect #04		
				events	$\varphi(3)$ - relative	$h(3)$ - absolute
1	Sum	38,00	4769,20	4	0,9817	4,0000
2	Probability			0,0008		
3	Average		125,51	4,00		
4	σ			0,00		
5	$q(t=1,96)$			0,0568		

The characteristic features of the uniformity of the mean number of defects with the RMS deviation (4) consist of the relatively small confidence interval of less than 10%, or 0.0568 broken warp threads.

The function of the distribution of broken warp threads is illustrated in Diagram VIII.2.2.1.

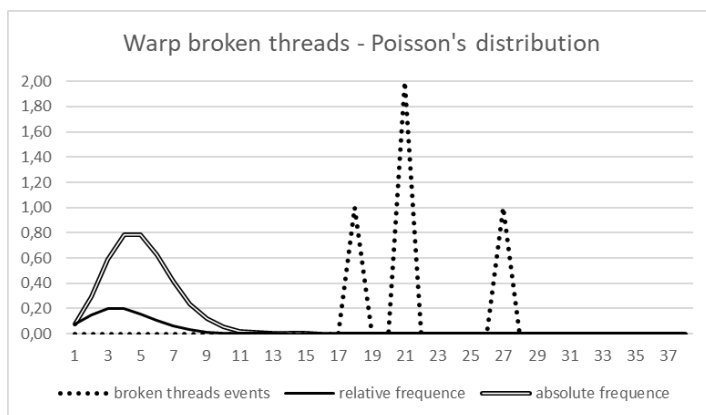


Figure VIII.2.2.1. Function of the distribution and frequency of major ruptures

From the broken line of the occurrences of the broken warp threads, their sporadic character is established. Out of 38 rolls of fabric, there are only 3 rolls of broken warp threads. The probability of breaking the warp is less than 1 ppm per meter, i.e. with 4 breaks for 4769.20 m, or 0.0008 breaks/meter. Of particular importance is the location of the curves of the relative and absolute frequency of the broken warp threads. It has been found that the highest probability of the occurrence of a broken warp thread is found in each group of 3-5 rolls of fabric. This is a theoretical hypothesis. It does not differ significantly from the actual occurrence of broken warp threads on 3 out of 38 rolls of fabric.

Broken warp and weft threads are usually accompanied by knots. The number of established nodes is large – 53 in number for the same lot examined. In this case, the statistical interaction is more interesting, once through the variational comparison and then through the linear correlation.

The diagram illustrates the distributions of the three defects under consideration: ruptures of the warp and weft threads and nodes.

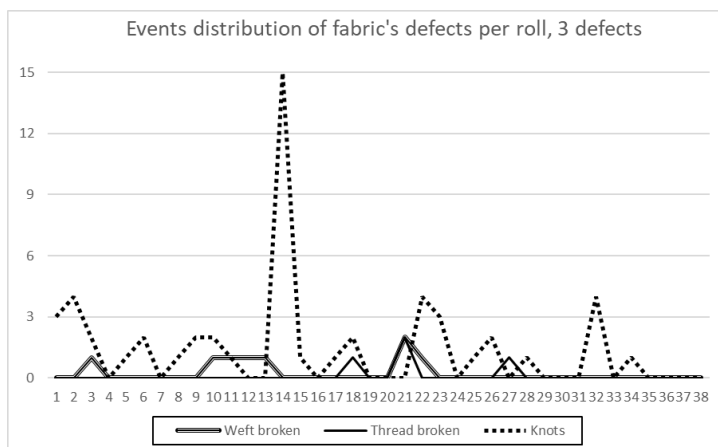


Figure VIII.2.2.2. Functions of the distribution of weaving thread breaks and knots

The statistical independence between the three phenomena, such as amplitude and frequency, is established. The nodes have the highest density and therefore there is a technological explanation. Broken warp or weft threads are remnants of unrepaired tears during weaving. These breaks may have been caused by various factors in the process flow, but remained in the fabric, due to a control lapse or by the loom monitoring devices or due to a gap by the weaver. The knots are evidence of repaired and repaired ruptures. They are the result of the service role of the weaver.

VIII.2.3. Variation comparison and linear correlation between breaks and nodes

Table VIII.2.3.1 gives the numerical values of the calculated statistical indicators of the interaction between the three observed defects.

Table VIII.2.3.1. Variation comparison and linear correlation between breaks and nodes

№	Clues	3 defects - relationship		
		3/4	3/10	4/10
1	tR(x/y)	2,0000	6,7082	7,0000
2	r(x/y)	0,0428	0,1555	0,1099

A variational comparison between the estimated and tabular values of the Student criterion ($t < 1.96$) can establish partial homogeneity between the main and weft breaks and the lack of convergence between the breaks and the nodes.

The linear correlation coefficients give a definite estimate at the established values, rather close to 0.1. There is no statistical interaction between the breaks of the main and weft threads, and the nodes found.

The explanation lies in the scope of the comparison. The batch in question consists of 38 rolls of fabric, which are united by the general finishing, the so-called lot of the washing bath. At the same time, the defects in question are of weaving origin and the rolls are woven on different looms. It is therefore difficult to establish a statistical pattern between defects, especially in their capacity as rare events.

Within the Poisson distribution of random data, fabric defects should be evaluated within a single roll. Along with the sequence of woven wefts, a variational or correlation relationship between different types of defects can also be established.

To determine the quality of fabrics depending on defects in appearance, an instruction based on Poisson's distribution of rare events can be applied:

1. Defects and marking of defects.

Defects are divided into small and large.

1.1. Small defects are up to 10 cm long and are marked with a red patch.

1.2. Large defects are up to 100 cm long and are indicated by a yellow patch at the beginning and end of the defect.

2. Determination of the quality of fabric roll.

2.1. Quality 1 is for fabric rolls with a maximum of 6 defects per 100 meters. These rolls are suitable for export.

2.2. Quality 2 is for fabric rolls with a maximum of 10 defects per 100 meters. These rolls are suitable for export.

2.3. Quality 3 is for fabric rolls with a maximum of 10 defects per 100 meters and a slight deviation from the pattern and colour. These rolls are suitable for export.

2.4. Quality 4 is for fabric rolls with a maximum of 12 defects per 100 meters and the presence of a mild widespread defect. The fabrics are exportable. The evaluator is obliged to signal the appearance of the first roll with a widespread defect. In this capacity, the defect codes given in a list to the instruction are written.

2.5. Quality 5 is for fabric rolls with more than 12 defects per 100 meters. These fabrics are unsuitable for export.

2.6. Quality 6 is for fabric rolls with a maximum of 12 defects per 100 meters and the presence of a common defect. Fabric of this quality can be offered to the customer, but at commercial risk. At quality 6, the defect codes are written according to the list in the instructions.

2.7. Quality 7 is for fabric rolls with a strong deviation from pattern, colour and appearance. This quality is unsuitable for export.

2.8. Quality 8 is for fabric rolls outside the standard, in terms of the number of defects and appearance.

3. Bonification/allowance

3.1. For small defects, a bonification of 10 cm is given.

3.2. For large defects, a bonification is given according to the length of the defect, but up to 100 cm.

3.3. The number of large defects cannot be more than 3 pieces per 100 cm.

4. Length of rolls

4.1. The rolls are long, according to the customer's requirements.

4.2. Fabric rolls with a shorter length than the required are accepted, and the minimum length can be 11 meters.

5. Pattern and colour control.

5.1. Upon arrival of each first batch of an item, a check of compliance with pattern and colour is mandatory. Original patterns and colours, or customer-approved samples are sought.

5.2. At the beginning of the qualification of rolls according to a given finishing order, a bath (group) code is created.

5.3. The evaluator is obliged to make a pendant with a label on which the following data is recorded: order number, item, pattern, variant and rating for colour and pattern. If the pattern and colour correspond to the samples, a rating for right and colour is given - nominal.

IX. CONCLUSIONS

IX.1. Analysis and discussion

The essential feature of numerical data with a normal distribution is in their predictability and physical explanation. The large volume of the two groups of cotton jacquard fabric allowed statistical processing with practical reliability. This, in turn, makes the conclusions and conclusions justified.

The fabric in question is a characteristic example. The main threads are made of fine monofilaments, while the wefts are single cotton yarns made of medium fiber cotton. The linear density of polyamide monofilaments is 10 times less than that of cotton yarn. The surface of monofilaments is almost perfectly smooth and cylindrical, while the surface of the yarn is profiled and porous because of the fibers.

To the contrasting difference between the warp and the weft is added the structural complexity of the figural weave of jacquard fabrics. As a result of the weaving cycle settings and the weft effect of the braid, the face of the fabric is highly profiled, opposite to the smooth wrapping surface.

The deep face profile of the fabric and the contrasting difference between the front and packaging surfaces of the fabric are evidence of the structural determinism of the properties under the conditions of anisotropy on the warp and on the weft.

Of predominant importance is the uniform and uniform distribution over the width of the fabric. From this point of view, laboratory tests focus on area mass. All other tests stipulated by the standards are secondary and follow the uniform density of the mass distribution of the fibrous sets across the width of the fabric.

During the initial identification, the presence of optically bleached fabric tops was established. This necessitated a new, detailed inspection and identification of the delivery of 338 cannons for the separated optically bleached cannons.

It was found that the numbers inscribed on the labels of the tops were "accidentally" compiled. The relationship between the initial production parameters of the batches was broken. The

incoming quality control was given the task not so much to check and establish the quality indicators of the lots, but to identify and re-sort the tops.

The delivery split was approximately 1/3 optically bleached and 2/3 raw non-dyed fabric.

The general aggregate of the batch of 338 rolls of fabric is woven with the same settings and forms a relatively homogeneous technological group. Subsequently, one third of the general population after scraping was treated with optical bleachment, and the other third did not.

As a result, the presence of two subgroups of fabrics of the same production origin appeared to be a favorable opportunity for independent laboratory testing of two homogeneous batches. Subsequently, the numerical data from the tests form two independent aggregates that are subject to comparison.

Surface mass tests were performed on each roll fabric by cutting samples of 100 cm² in the middle and at both selvages of the fabric – left and right.

For each fabric, the numerical data from the surface mass tests make up a two-dimensional matrix with one row and three columns. Statistical processing of the unit matrix involves determining the mean of the surface mass, the standard deviation, and the coefficient of variation. To this processing can also be added the secondary determination of the linear mass of the fabric, taking into account the width of each top fabric.

In this independent form, **the average surface mass** and **the coefficient of variation** contain the sufficient and necessary information to classify the top in the first quality, in the second quality for changing the technological parameters during the next technological processing, or to declassify it for complete reprocessing.

If all the measurements of the surface mass on the left side of the fabric are imaginarily arranged, a two-dimensional matrix with 121 rows for optically bleached or 211 rows for raw fabric is obtained. However, this matrix, however, has only one column.

Similarly, measurements can be arranged with two vertical matrices for the middle and right side of the fabric. In general, for each group of fabrics, one two-dimensional matrix with three columns and corresponding number of rows (121 and 211).

The elements of this matrix are independent because each row refers to one top fabric, and each column refers to the unit measurements for one of the three sides of the fabric width. The matrices are illustrated in tabular form, Table VIII.1.4.4 and the graphs in Figure VIII.1.4.3.

The degree of row freedom is: $f_1 = 2 = 3 - 1$, and for columns is: $f_2' = 120 = 121 - 1$ and $f_2'' = 210 = 211 - 1$

Each of the columns consists of independent and independent random events. These random events arise from random small deviations from the deterministic weaving process. The cumulative characteristics of each column are the arithmetic mean and the mean square deviation.

Statistical analysis can stop here, because the meaning of the whole processing lies in the possibility of selecting and regrouping the tops by lots with relatively homogeneous properties.

In the combined matrix for one group of fabrics, two basic dispersions are formed. The mean square deviations of the surface mass over the width of the fabric, i.e. along the rows, represent the internal dispersion.

Secondary dispersion reflects a well-known technological phenomenon that is due to differences in loom settings. It is practically impossible to uniformly adjust the working bodies of the looms, and this is reflected in the differences in properties - area mass, for example, between different rolls of fabric. The setting of the wideholders determines the tension of the main threads at the end of the weaving cycle. The increased tension of the wideholders, i.e. the greater crossing of the midline of the weaving mouth, leads to different tension of the main threads in the middle and end of the fabric. This, in turn, causes different weaving, densities of weaving threads and different area masses.

Even greater and more harmful are the differences caused by different settings (heights) of the wideholders.

The main criterion for the internal variance to be accepted as a determinant of the quality of the fabric is its uniformity with respect to the total variance of all numerical data from the group of tops. The uniformity of the variances is determined by the Fisher criterion. The total variance is the standard deviation for all columns, i.e. for all unit measurements of the width of the tops. The columns as vertical rows in the matrices are illustrated in Table VIII.1.4.1 and Diagram VIII.1.4.2

The Fischer test found a strong uniformity of all variances relative to the total variance given in the column group 'mass dispersion evaluation' of Table VIII.1.4.4. This allows the use of internal variance for qualitative evaluation. The adopted measure of deviation from the nominal value in textile technology is equal to $\pm 5\%$. Such a conclusion, however, depends on the base area mass of the fabric and is not equally applicable. With proven statistical uniformity, the coefficient of variation of internal dispersion acquires the role of a universal estimate of the unevenness in the width of the fabric.

For the tested delivery, it was found that there are 2 eligibility thresholds. From 0 to 3% coefficient of variation, the fabric is uniform with a 1st quality solution. From 3 to 5% variation coefficient, the solution for 2nd quality of the fabric and increased technological control during refinement is changed. Over 5% unevenness of the area mass along the width of the fabric, the respective top is declassified as defective and returned for wet processing in the preparatory processes of refinement.

After the analysis of variance using the Fisher criterion, the numerical data from the summary matrix are subjected to correlation analysis.

For each combination in the columns, a rather lack of statistical correlation was established. The correlation coefficients of the three combinations between left, middle and right vary around 0.55. This indicates the absence of deterministic

interactions between the machine settings of the wide holders and the structure of the fabric.

Similarly, the processing of numerical data on the degree of whiteness of fabrics, measured by the spectrophotometer "DataColor", takes place.

The uniformity of the variances and the practical absence of correlation between the characteristic indicators shows their statistical independence.

Reliable statistical estimates, combined with standard requirements, allowed the resorting of the supply into lots and homogeneous properties.

In the qualification of fabrics, two independent directions are outlined:

- determination of quality according to the established physical and mechanical properties;
- determination of quality according to the identified defects in appearance.

The significant differences in the statistical nature of laboratory data determine the principles of qualification.

The properties represented by the numerical values of the qualitative indicators have a deterministic origin and the laboratory data are of normal distribution.

Each third qualitative indicator of properties is represented by three numerical values: the mathematical expectation of the mean, the confidence interval of the mean, and the variation coefficient of unevenness.

The principle of qualification in measurement methods can be represented by the system of inequalities for establishing deviations from nominal values.

The numerical data of the measured properties of the fabrics make up the quantitative indicators of the quality characteristics and have a normal distribution. For each property, one triple of numerical values is defined: mathematical expectation, confidence interval and coefficient of variation.

This triple gives sufficient statistical information about the distribution and unevenness of the property.

On the other hand, there are quality requirements for woven fabric. They can be set - declared in standard, technical conditions for production or technical specifications of the customer.

Quality requirements can be considered as a matrix with two rows and several pillars, usually 3.

In the first row, the levels of acceptable values against which the fabric is graded are given. The established mathematical expectation, together with the confidence interval, is compared with the first quality level and the operation is completed. Otherwise, the inspection continues until the relevant quality is established and, in the worst case, ends with the declassification of the fabric as a defect.

In the second row, the levels of acceptable values of the coefficient of variation, i.e. of the unevenness of the property, are given. The procedure for establishing quality is similar to the comparison of declared properties in the first order of an imaginary matrix.

For each property, one matrix and the corresponding qualitative assessment of the deviation and unevenness are compiled. At present, the overall quality of the fabric is determined according to the worst established quality for any of the properties. Despite repeated attempts, so far there is no known integral system for grading by levels, points, etc.

The principle of classification in organoleptic methods is based on the sequence between the arithmetic mean and the mean square value of the irregularity. The assessment for qualification shall be based on the number of non-conformities or defects identified.

The statistical characteristics of the Poasne distribution give an interesting function with predictive possibilities: these are the linearly related functions of the relative and absolute frequency of defect occurrence. In the case of the example under consideration here, it is established that the defects found for the total amount

of fabric can be obtained in a minimal sample of the total number of rolls of fabric. batch or in the entire delivery, as a general population, is minimal and practically zero.

The usually small amount of fabric of degraded quality, due to the relatively small number of defects, excludes the application of inequalities to the aggregate statistical characteristics. Rather, a qualitative defect assessment ranks the fabric as acceptable or rejects it. Only bonifications as a means of material compensation maintain commercial trust between the producer and the consumer.

From this point of view, the development of a working procedure under the QMS in the format of a qualification instruction creates the normative link between the qualifying units on both sides of the transition between the outgoing and incoming quality control.

IX.2. Conclusion

Metric methods are usually destructive in relation to small representative samples. Their statistical validity is based on the normal distribution and confidence scatter intervals. Laboratory instruments in measuring methods examine one property and give objective numerical results. The subjective role of laboratory operators consists in the preparation of prototypes, recording the results and planning tests of the specified properties to determine the quality of the fabric: dimensions, density, strength and durability. From this point of view, the developed working procedure is both an instruction for laboratory work and a register of primary data.

Organoleptic methods are performed on the entire amount of fabric, without exception and on the entire length of the fabric rolls. In this case, the importance of the laboratory operator is predominant in relation to the device and operation of the laboratory instrument: the control and examination table. The records of the detected defects are expressed in a trio of data: defect code, linear location of the defect along the length of the fabric roll and number of defects. the number of defects detected, such as

estimating the same value mathematical expectation of the mean value and the same standard deviation. The balancing of consumer expectations is achieved through the declared quality of the fabric and the compensation due in the form of bonifications. The objective unification of the subjective assessment of laboratory operators in the organoleptic qualification is achieved through high technological qualification and working instruction for qualification for a work procedure.

X. Contributions of the dissertation

Theoretical research is focused on the study and practical differentiation of statistical processing in relation to normal and Poisson distribution results. The separation of two forms of statistical assessment of the quality of fabrics follows the different origins of their properties and defects, and is based on Gauss's methods for events with normal distribution and Poisson's methods for rare events.

The distinction made it possible to draw up algorithms for processing the laboratory results of the fabric qualification and to shape the scientifically based and practically applicable contributions, as follows:

X.1. Scientific and applied contributions:

A distinction has been made between the multitude of textile tests in two methods of qualification:

- measuring the quality of woven fabrics with normal (Gaussian) distribution of laboratory results from deterministic properties;
- organoleptic method of quality of woven fabrics with Poisson distribution of detected defects as rare events.

- 1.1. A mathematical apparatus based on the variational analysis for evaluation and classification of raw fabrics based on the irregularity by area mass by width of the fabric has been compiled, Table VIII.1.4.4.
- 1.2. Estimates of uniformity of dispersions in the processing of laboratory test results of fabrics have been determined.

- 1.3. An algorithm for carrying out incoming quality control of woven fabrics is applied, shown in tabular form of Figure VIII.1.4.2.

As a result of the theoretical justification and statistical processing, results and practically applicable solutions in the qualification activity of woven fabrics in production conditions have been obtained.

X.2. Application contributions:

- 1.4. A label-instruction for programming the laboratory measurements of fabrics has been compiled, which is a working procedure under the QMS.
- 1.5. A methodology for classification of defects by appearance and a working procedure for qualifying woven fabrics according to the identified defects are proposed.
- 1.6. The experimental work presents the operation of the ISO 9001 QMS in an operating production system with a complete vertical structure of the production process, as developed in the production enterprise E. Miroglio EAD.

APPRECIATION:

I express my gratitude to Dr. Gaetano Rimini, Executive Director of E. Miroglio EAD, for the support and assistance provided for the experimental work and access to the necessary technological documentation.

IX. Publications on the dissertation

Article 1:

Koleva, T., N. Sadretdinova, CORRELATION OF QUALITY INDICATORS WITH NORMAL AND POISSON'S DISTRIBUTIONS IN GRADING WOVEN FABRICS, ScopuS Indexed « Springer Series in Materials Science », www.autex.org/2025.

<https://doi.org/10.25368/2025.006>

Article 2:

Andonova S., **T. Koleva**, Analogue Determination of the Color Difference in Knitted Fabrics by the 5-Point Gray Scale, Textile and Clothing Magazine 11-12/2021

doi: <https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2021.1112.02>

Article 3:

Koleva, T., V. Dimitrova, K. Kostova, S. Andonova, Implementation of Incoming Quality Control of Fabrics in the Conditions of the Quality Management System according to ISO 9001, Textile and Clothing Magazine, issue 01/2022

doi: <https://doi.org/10.53230.tgm.1310-912X.2022.0001.01>

Article 4:

Koleva, T., G. Pushkarova, Overview of Production Processes and Metrology Equipment in E. Miroglia EAD, Textile and Clothing Magazine, issue 0708/2023

doi: <https://doi.org/10.53230/tgm.1310-912X.2023.0708.01>