

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи



БАЖЕНОВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК
СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН**

Специальность: **05.19.02** –Технология и первичная обработка
текстильных материалов и сырья

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент,
Матрохин Алексей Юрьевич

Иваново - 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТКАНЫХ ПОЛОТЕН	15
1.1. Обзор рынка производства тканых полотен в России и Ивановской области	15
1.2. Выявление основных показателей структурных свойств тканых полотен.....	22
1.3. Анализ нормативных и проектных требований к показателям структурных свойств тканых полотен.....	29
1.4. Критический анализ стандартных методов оперативного контроля показателей структуры тканых полотен.....	34
1.5. Постановка задач исследования	43
1.6. Характеристика объектов исследования	45
1.7. Выбор теоретических и экспериментальных методов исследования.....	45
2. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН	47
2.1. Обоснование выбора технических средств получения первичной информации о структуре полотен	47
2.2. Разработка основного алгоритма анализа цифрового изображения тканого полотна и определения числа нитей на 10 см.....	56
2.3. Оптимизация режимов автоматизированного анализа цифровых изображений.....	69
2.4. Уточнение стандартного подхода к определению числа нитей на заданной длине	90
2.5. Разработка алгоритма определения размеров поперечников	

нитей основы и утка.....	95
2.6. Выводы по главе.....	108
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЫХ ПОЛОТЕН	109
3.1. Выявление последовательности операций компьютерного метода в среде «человек»-«информация»-«машина».....	109
3.2. Обоснование объема выборки и контрольных точек в процессе формирования тканых полотен.....	111
3.3. Выбор оптимальных режимов получения цифровых изображений в условиях ткацкого производства	117
3.4. Сравнительное тестирование компьютерного метода в условиях лаборатории и ткацкого производства.....	119
3.5. Выявление новых научных результатов	127
4. РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЫХ ПОЛОТЕН	128
4.1. Разработка теоретических основ поверки компьютерного метода определения числа нитей в тканых полотнах и необходимых калибровочных стандартов	128
4.2. Нормирование пределов допустимой погрешности измерений числа нитей в тканых полотнах для целей калибровки	132
4.3. Разработка автоматизированной методики калибровки компьютерного метода определения структурных характеристик тканых полотен.....	136
4.4. Создание средств проактивной защиты компьютерного метода определения числа нитей в тканых полотнах.....	140
4.5. Оценка итоговой погрешности результатов измерений на	

основе анализа выборочных данных.....	144
4.6. Выявление новых научных результатов	153
5. РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН.....	154
5.1. Разработка структурной модели информационно-измерительной системы контроля	154
5.2. Составление компьютерной программы автоматизированного определения показателей структуры тканых полотен.....	158
5.3. Формирование баз данных об объектах и субъектах производственного контроля структурных характеристик тканых полотен.....	168
5.4. Реализация функций планирования контроля структурных характеристик тканых полотен	181
5.5. Автоматизация изменений элементов главного терминала информационно-измерительной системы	186
5.6. Разработка средств удаленного мониторинга структуры полотен для принятия оперативных решений.....	188
5.7. Расширение возможностей контроля технологических параметров с использованием информационно-измерительной системы	192
5.8. Выявление новых научных результатов	194
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	195
Список используемых источников	197
Приложение А	206
Приложение Б.....	208
Приложение В.....	209
Приложение Г	224

Приложение Д	237
Приложение Е.....	238

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность избранной темы исследований. Тканые полотна (суровые и готовые) относятся к категории продукции с высокой добавленной стоимостью, поэтому несоответствия, возникающие на конечном этапе формирования тканей, резко снижают эффективность всего технологического цикла «волокно-ткань». Особую роль в обеспечении качества тканей и в повышении технико-экономических показателей текстильного производства играет соблюдение проектных нормативов по такой структурной характеристике, как число нитей на 10 см, которая во многом определяет совокупность физико-механических показателей. Контроль числа нитей на заключительных этапах изготовления по-прежнему остается актуальным, при этом речь должна идти не только о разовой проверке правильности настройки технологического оборудования (ткацких станков, отделочных линий), но и об оперативном контроле стабильности соответствующих параметров в процессе работы. Очевидно, что стандартный органолептический метод определения числа нитей не способен эффективно решать задачи контроля в производственных условиях в свете высокой трудоемкости измерительных процедур и значительного количества работающих ткацких станков на среднестатистическом предприятии. Таким образом, большая часть рисков, связанных с нестабильной работой оборудования, фактически переводится в юридическую плоскость взаимоотношений поставщика и потребителя. Значимость данных рисков возрастает в связи с тем, что на отечественных текстильных предприятиях около 80% парка действующего ткацкого оборудования эксплуатируется уже более 30 лет и характеризуется повышенным износом.

Степень разработанности темы. Анализ современного состояния

исследований в направлении автоматизации методов контроля характеристик структуры текстильных материалов позволяет установить ключевые подходы к решению данных задач. Среди отечественных ученых, которые внесли значительный вклад в развитие автоматизированных методов оценки качества волокон, нитей, полотен, можно выделить Гусева Б.Н., Коробова Н.А., Смирнову Н.А., Сокову Г.Г., Ивановского В.А., Севостьянова П.А., Пашина Е.Л., Шляхтенко П.Г., Матрохина А.Ю. Среди зарубежных ученых можно отметить Deiter Hinze, Ellen Virteil, W. Roye, Y. Scharffenberg и др.

Проведенный анализ научных публикаций по вопросам разработки программно-аппаратных комплексов для контроля структурных характеристик текстильных материалов показал, что они применимы преимущественно в лабораторных исследованиях и не интегрированы в производственные процессы.

Целью диссертационного исследования является повышение производительности, снижение субъективности контроля, автоматизация и расширение функциональных возможностей методов измерения характеристик структуры тканых полотен.

Цель работы подразумевает решение следующих задач:

- разработка теоретических основ и определение информативных признаков для идентификации элементов структуры тканых полотен и количественного оценивания соответствующих показателей;
- обеспечение заданной точности метода измерения параметров структуры за счет уточнения стандартного похода к определению размеров измеряемого участка для подсчета числа нитей в тканых полотнах;
- создание надежного алгоритма идентификации и подсчета числа нитей на измеряемой длине, независимого от внешних условий;

- разработка средств подтверждения точности измерения и нормирование пределов допустимой погрешности измерений числа нитей в тканых полотнах;

- разработка интегрированной программной среды, реализующей функции планирования, управление базами данных объектов контроля, проактивной защиты от ошибок, удаленного контроля и принятия решений;

- разработка рекомендаций по практическому применению предлагаемой методики автоматизированного контроля характеристик структуры тканых полотен в условиях текстильных предприятий.

Научная новизна работы заключается в разработке методического и программного обеспечения производственного контроля, позволяющего автоматизировать процесс измерения характеристик структуры тканых полотен за счет использования теории распознавания образов и гибридных алгоритмов идентификации нитей при сочетании дополнительных информационных элементов, способствующих повышению точности и надежности результатов контроля.

Новые результаты состоят в том, что:

- разработан метод автоматизированного определения характеристик структуры тканых полотен, включая число нитей по основе и утку на 10 см и размеры их поперечника;

- предложены принципы гибридного анализа цифровых изображений тканых полотен, основанные на использовании конкурирующих алгоритмов получения измерительной информации;

- выявлены и количественно оценены признаки цифровых сигналов, позволяющие надежно идентифицировать нити на цифровых изображениях тканых полотен;

– на основе графической модели нитей экспериментально определены критерии нахождения границ между порами и нитями на компьютерном изображении тканых полотен;

– разработан способ подготовки изображений тканых полотен, обеспечивающий независимое и равномерное освещение объекта измерений, а также постоянство фокусного расстояния между объектом и оптической матрицей;

– впервые предложены средства метрологического обеспечения (калибровочные стандарты) для автоматизированного подтверждения точности результатов контроля числа нитей на заданной длине тканей.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке алгоритмов и формализации критериев распознавания образов нитей, оценки их геометрических характеристик в составе структуры тканых полотен. В теоретическом плане уточнен стандартный подход к определению размеров измеряемого участка ткани для подсчета числа нитей.

Практическая значимость результатов и предложения по их использованию состоят в:

– реализации и внедрении высокопроизводительной многофункциональной информационно-измерительной системы контроля плотности нитей в ткани в условиях ткацкого производства;

– разработке компактного проекционного устройства, позволяющего выполнять оперативный контроль непосредственно на работающем ткацком (отделочном) оборудовании при любой интенсивности внешнего освещения;

– создании методики автоматизированной калибровки измерительной системы по определению числа нитей на 10 см в тканых полотнах.

Практические результаты исследований внедрены в условиях ООО

«ТДЛ-Актив» (ХБК «Навтекс»), а также апробированы в ООО «Тейковская текстильная компания» (г. Тейково, Ивановской обл.).

Отдельные результаты (измерительный стенд и измерительная программа) внедрены в учебный процесс ИВГПУ в виде методических материалов и наглядных пособий для студентов.

Методология и методы исследования. В качестве теоретических методов исследования, позволивших идентифицировать информативные признаки объектов исследования, подходящие для оценки численных характеристик их структуры, использован инструментарий морфологического анализа, теория распознавания образов, кластерный анализ, аналитическая геометрия, теория искусственных нейронных сетей (ИНС).

На этапе практического воплощения технических решений информационно-измерительной системы производственного контроля характеристик структуры тканых полотен широко применялись методы математической статистики, теории вероятностей, численные методы прикладной математики, методы спектрального анализа, численные методы преобразования цифровых сигналов и изображений. Экспериментальные исследования над конкретными объектами и предметами проводились с помощью оригинальных прикладных программ. Подбор необходимых условий измерения и других влияющих величин осуществлен численными методами многофакторной оптимизации.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод автоматизированного определения числа нитей на 10 см в тканых полотнах, основанный на анализе их цифровых изображений.

2. Информационно-измерительная система производственного контроля характеристик структуры тканых полотен, интегрированная в основные процессы текстильного предприятия.

3. Средства метрологического обеспечения информационно-измерительной системы контроля характеристик структуры тканых полотен.

Степень достоверности полученных результатов.

Научные положения, выводы и рекомендации диссертации основываются на результатах теоретических и экспериментальных исследований, полученных с использованием методов распознавания образов и выбора решений в условиях многокритериальных задач, в т.ч. численных методов прикладной математики, методов корреляционно-регрессионного анализа, методов математической статистики и математического моделирования.

Теоретические исследования посвящены выявлению универсальных критериев распознавания образов в объектах с регулярной структурой, в том числе с использованием быстрого преобразования Фурье.

Основу экспериментальных исследований составили методы численного анализа цифровых изображений посредством построения временных рядов. Полученные первичные данные подвергались обработке на программном комплексе, разработанном на основе языка программирования Python.

Производственная апробация подтвердила высокую сходимость практических результатов с результатами теоретических и экспериментальных исследований, что свидетельствует о высокой степени обоснованности научных положений диссертации.

Апробация результатов работы. Материалы диссертации докладывались и получили положительную оценку на следующих научных конференциях: Межвузовская молодежная научно-техническая конференция с международным участием «Молодые ученые - развитию текстильно-

промышленного кластера» (ПОИСК), Иваново 2011-2016 гг.; Международная научно-техническая конференция «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРОГРЕСС), Иваново 2012, 2013 гг.; Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий («ЛЕН-2016»), Кострома 2016 г.; Международная научно-практическая конференция «Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика», Кострома 2013 г.; Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск 2014 г. А также на расширенном заседании кафедры «Материаловедение, товароведение, стандартизация и метрология» ФГБОУ ВО «ИВГПУ». Диссертация выполнялась в 2013-2015 гг. в рамках научно-исследовательской работы по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД-2656.2013.8, договор №14.124.13.2656-МД от 04.02.2013 г.), а также по гранту в рамках программы «СТАРТ» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 1337ГС1/22679 от 16.06.2016 г.).

Объектами исследования являются суровые, отбеленные, окрашенные, набивные ткани простых (главных) переплетений с ограничением числа нитей в диапазоне от 50 до 450 на 10 см. Исследуемые полотна должны иметь гладкую поверхность без ворса. Ограничение по виду переплетений и интенсивности окраски полотен связано с тем, что для достоверного анализа поверхности полотен необходимо наличие достаточной степени обзора обеих систем (основы и утка) нитей. Волокнистый состав исследуемых полотен не имеет определяющего значения для решения

научных задач за исключением материалов, обладающих повышенным блеском, способным создать эффект засветки на проекции полотна.

Из этого условия вытекает выбор **предметов исследования**, ими являются характеристики структуры тканых полотен, к которым относятся число нитей по основе и утку на 10 см, размеры поперечников нитей и производные характеристики их толщины (линейная плотность), размеры пор между нитями.

Внедрение результатов. Результаты исследований применяются в производстве тканей для медицинских изделий и домашнего текстиля на ООО «Приволжская Коммуна» г. Наволоки (акт о внедрении от 28.09.2016, г. Наволоки Кинешемского района Ивановской области).

Соответствие работы паспорту специальности. Вопросы, рассматриваемые в настоящей работе, соответствуют пункту 9 - Методы и средства теоретического и экспериментального исследования технологических процессов и текстильных материалов и изделий паспорта специальности 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья.

Автором опубликована 21 печатная работа, из них **13 публикаций, отражающих содержание диссертации**, в том числе три статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание степени кандидата наук, две статьи в материалах конференций, два патента РФ на изобретение, два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, четыре тезисов конференций различного уровня.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка используемой литературы из 70

наименований, 6 приложений. Работа изложена на 238 страницах машинописного текста, содержит 98 рисунков, 42 таблицы.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

1.1. Обзор рынка производства тканых полотен в России и Ивановской области

Интенсификация бизнес-процессов текстильной и легкой промышленности является одним из ключевых направлений национальной стратегии в данной отрасли [1]. По данным Всемирной торговой организации [2] в ракурсе мирового промышленного комплекса легкая промышленность входит в состав ведущих отраслей, на долю, которой приходится 5,7 процентов мирового валового продукта, более 14 процентов занятых в промышленном комплексе. Мировая легкая промышленность характеризуется постоянным экономическим ростом, связанным с увеличением населения Земли, повышением его благосостояния и покупательной способности.

Мировой рынок продукции текстильной и легкой промышленности развивается динамично. За последние пятнадцать лет товарооборот увеличился более чем в 2 раза. Потребление тканей, одежды и обуви выросло в странах ЕС на 90,5 процентов, в США – на 99,3 процента, в Японии – более чем в 2 раза. При этом на долю легкой промышленности России приходится всего 1,9 процента мирового товарооборота в данном секторе. Если рассматривать ситуацию в России [3], индекс производства продукции текстильного и швейного производства в 2010 году по сравнению с 2009 годом составил 112,1%.

Высокие темпы производства товаров легкой промышленности в 2010 году были обусловлены как изменением конъюнктуры восстановленного спроса (повысился уровень спроса в качественных отечественных товарах), так и низкой базой 2009 года. Тем не менее, в 2010 году не обеспечен «задел» для сохранения высокого уровня производства в 2011 году (таблица 1.1) (ткань в сравнении трикотажем и нетканый).

Таблица 1.1 - Производство основных видов продукции легкой промышленности, %

Наименование	2010 отчет	2011 оценка	прогноз			2014 к 2010, %
			2012	2013	2014	
Швейное производство	112,1	102,8	102,4	102,9	104,5	113,2
Ткани хлопчатобумажные готовые	104	73,3	115,0	112,0	110,0	103,9
Ткани льняные готовые	105,9	82,0	112,0	110,0	107,0	108,1
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	118,7	105,6	104,2	103,9	105,0	120,0
Обувь	119,6	106,5	104,0	105,0	106,0	123,3

Из таблицы 1.1 видно, что по прогнозам текстильное производство падает. С целью сохранения конкурентоспособности продукции по сравнению с дешевыми импортируемыми, в том числе контрафактными товарами, отечественные производители вынуждены поддерживать цены на минимально возможном уровне, что не позволяет платить работникам достойную заработную плату. Среднегодовая заработная плата работников в отрасли в течение продолжительного периода времени составляет не более 50% от уровня среднегодовой заработной платы по промышленности в целом. По данным [4] одной из причин таких низких зарплат в отрасли считается высокая доля теневого бизнеса в производстве, а также импорт и реализация контрафактной продукции зарубежного и отечественного производства. К сожалению, большая часть реализуемой продукции либо иностранный контрафакт, либо продукция, произведенная в России в нелегальных мастерских. Все это в значительной мере тормозит развитие

легкой промышленности на общероссийском уровне, хотя для некоторых регионов предприятия текстильной промышленности являются градообразующими. Особенно это касается Ивановской области РФ, где удельный вес легкой промышленности в общем объеме производства составляет 33%(источник). Низкая рентабельность текстильного и швейного производств – 5,2% по сравнению с 9,8% по обрабатывающим производствам в целом ограничивает возможность привлечения кредитных ресурсов. При этом большинство предприятий не обладает ликвидным имуществом, залог которого мог бы минимизировать кредитные риски финансовых институтов [4].

Вместе с тем, несмотря на тяжелые условия развития легкой промышленности в России, для собственников предприятий становится очевидным [5], что дальнейшее выживание связано с совершенствованием технологической базы, обновлением оборудования и повышением эффективности производства до уровня зарубежных конкурентов.

Рассмотрим структуру легкой промышленности Российской Федерации в экономическом измерении. Она включает в себя предприятия по изготовлению тканей, швейное производство, а также производство кожи и изделий из нее. Объем отгруженных товаров производства предприятий легкой промышленности в России в 2014 году составил 289.7 млрд. рублей (рис. 1.1).

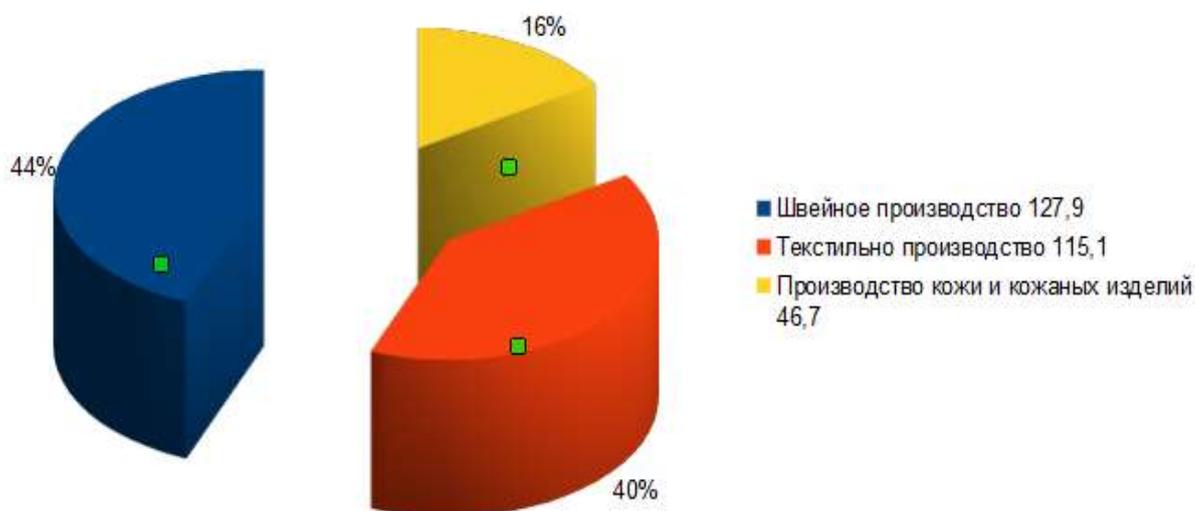


Рисунок 1.1 - Структура легкой промышленности РФ, млрд. рублей

По сравнению с 2013 годом отмечено падение производства во всех отраслях легкой промышленности. Индекс производства в швейном производстве и текстильной промышленности за 2014 год составил 97.5, а в производстве кожи, обуви и изделий из кожи этот показатель равняется 97.2. По индексам производства отрасли легкой промышленности занимают 11 и 12 места из 14 основных видов обрабатывающих производств. В денежном эквиваленте объем отгруженной продукции по сравнению с 2013 годом уменьшился на 2.1%, причем производство тканей и швейное производство осталось на уровне 2013 года (рис. 1.2).

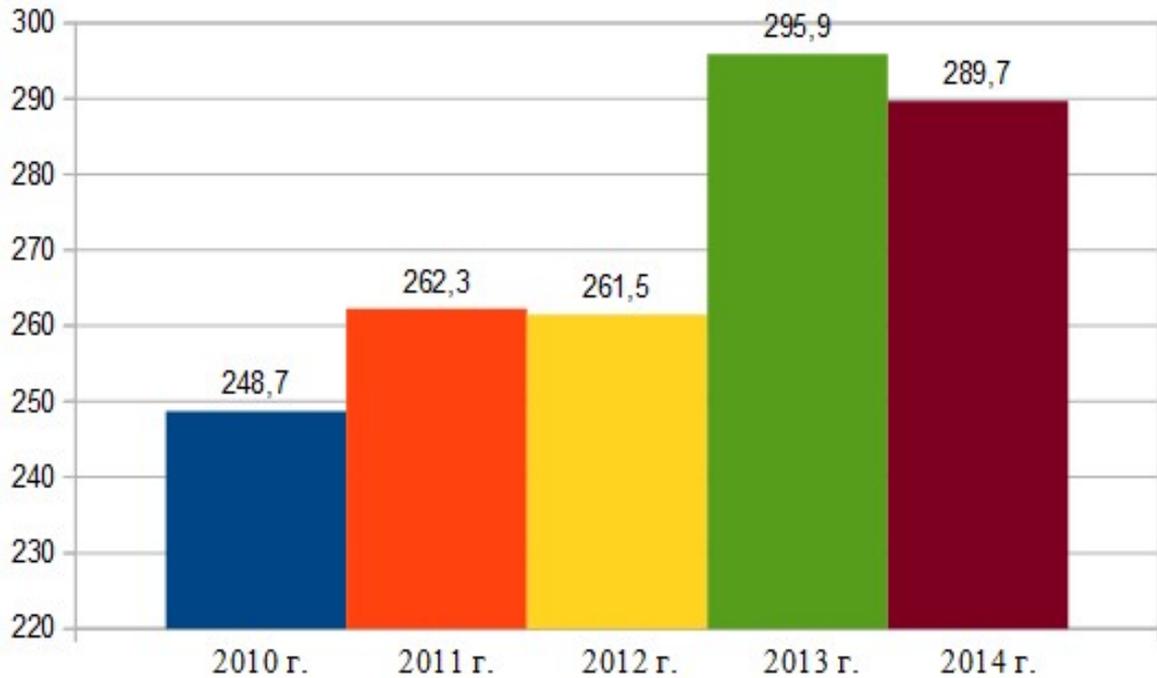


Рисунок 1.2 - Объем производства легкой промышленности в РФ, млрд. рублей

Если рассматривать производство тканей в России с применением ткацкого оборудования, то основная часть производимых тканей приходится на хлопчатобумажные. В структуре мировой текстильной промышленности на долю хлопчатобумажных тканей приходится 67% от общего производства, в России этот показатель равняется 82.7%. Всего за 2014 год в РФ было произведено 1.187 млрд. кв. м. хлопчатобумажных тканей. Это на 10% меньше в сравнении с 2013 годом (рис. 1.3).

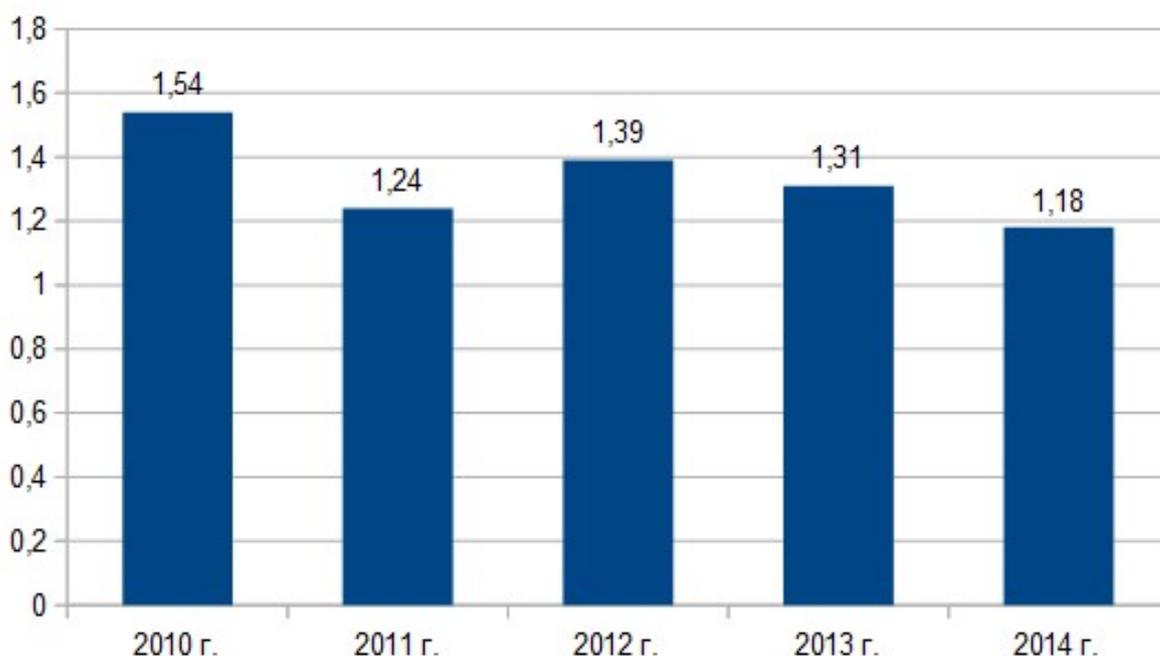


Рисунок 1.3 - Производство хлопчатобумажных тканей в РФ, млрд. кв. м.

В целом 2014 год, был отмечен существенным падением производства тканей из натурального сырья. Так, падение производства шерстяных тканей составило 11.2% и составило 11.5 млн. кв. м., а производство льняных тканей упало на 16.8% до 31.4 млн. кв. м. В Министерстве промышленности и торговли [6] это объясняют недостатком сырья для текстильной промышленности.

Если рассматривать Ивановскую область, то в ней сосредоточено 2/3 российских производств, выпускающих хлопчатобумажные ткани и большое число швейных фабрик. На сегодняшний день ассортимент выпускаемых тканых структур достаточно ограничен - в основном это ткани главных переплетений (полотняного, саржевого, сатинового) с небольшой долей комбинированных и производных переплетений. Например одна из крупнейших компаний «ХБК «Навтекс» [7] - одно из старейших предприятий текстильной отрасли в Ивановском регионе (ранее был известен как Наволокский хлопчатобумажный комбинат "Приволжская коммуна").

Основной вид деятельности предприятия - производство хлопчатобумажных тканей и изделий медицинского назначения. ООО "ХБК" Навтекс" имеет в своем составе три основных производства: ткацкое, отделочное, бинторезное. Комбинат имеет на своем вооружении более 1200 ткацких станков, и производит в год более 25 млн м тканых полотен. Большинство станков на комбинате представленных моделями СТБ-330, СТБ-360, СТБ-180, П-105, ZB-8 и АТПР-100 выработали свой нормативный ресурс, что вызывает необходимость дополнительных усилий по настройке, поддержанию стабильности работы и, как следствие повышает загрузку служб технического контроля. Аналогичная ситуация с оснащением характерна для большинства предприятий Ивановской области. ООО "ХБК" Навтекс" придерживается курса на дальнейшее развитие, на данный момент идет перевооружение ткацкого и отделочного производства, устанавливаются новые линии, открываются новые направления деятельности [9]. Помимо вложений в основное оборудование ставится задача по повышению качества и стабильности поставок за счет организации службы технического контроля и внедрения новых технологий в данной области.

Учитывая тенденции развития легкой промышленности и сохранившийся потенциал ткацких производств, целесообразно искать решение по повышению качества ткани, которое могло бы быть реализовано как на современном оборудовании, так и на оборудовании, выпущенном во второй половине 20 века. Универсальным решением проблемы повышения качества является модификация технологии контроля в направлении оперативного получения информации непосредственно от работающего оборудования. Это позволит сократить затраты времени на проверки и материальные затраты по сравнению с текущей ситуацией. Однако главной задачей является повышения объема информации о важнейших структурных характеристиках товарной продукции, который бы позволил предупреждать предприятие о потенциальных отклонениях от установленных требований,

тем самым снижая риски поставок несоответствующей продукции.

Дополнительной проблемой является наличие существенной доли теневого бизнеса не заботящегося о соблюдении установленных требований. В этой связи возможность оперативного выявления нарушений является актуальной не только для изготовителей но и для потребителей. Таким образом появление эффективных технических средств подтверждения качества продукции востребовано всеми легальными участниками рынка и в целом способствует развитию легкой промышленности.

1.2. Выявление основных показателей структурных свойств тканых полотен

Основными характеристиками строения тканей являются: вид и линейная плотность нитей, их переплетение, число нитей основы или утка на 10 см ткани, заполнение, пористость, фазы строения, опорная поверхность. Иногда используют дополнительные структурные характеристики: наполнение, связность, ворсистость и др. Характеристики строения определяют в основном поперечные размеры, форму, взаимное расположение и косвенно связи нитей в ткани. В некоторых случаях за элементы строения принимают не отдельные нити, а небольшие участки ткани (раппорт переплетения). Рассмотрим сущность каждой характеристики и их влияние на свойства тканей.

Линейная плотность и поперечные размеры нитей основы и утка, как характеристики элементов структуры ткани, влияют на взаимное расположение нитей в процессе переплетения, определяют толщину и поверхностную плотность (массу 1 м²) ткани, а также позволяют находить показатели заполнения и наполнения ткани волокнистым материалом.

Виды переплетений характеризуют порядок взаимного перекрытия продольными нитями основы поперечных нитей утка и влияют не только на внешний вид, но и на свойства тканей (таблица 1.2). Различают:

- простые переплетения (полотняное, атласное, саржевое, сатиновое);
- производные простых переплетений (рогожка, ломаная саржа, усиленный сатин и другие);
- комбинированные переплетения: креповое для получения шероховатой поверхности и украшения поверхности тканей простейшими мелкими узорами, диагональное, вафельное, рубчиковое, полосы, клетки, шашечное, пестротканое и другие;
- сложные переплетения (используют для получения многослойных, ворсовых, ажурных, двуллицевых и других тканей);
- крупноузорчатые (жаккардовые) переплетения (для получения крупных узоров на мебельно-декоративных тканях, скатертях).

Таблица 1.2 - Изменение свойств хлопчатобумажных отделанных тканей с одинаковыми нитями и заправочными данными, но разных переплетений

Вид переплетения	Толщина, мм	Число нитей на 10см	
Ткань из пряжи: основа 25 текс и уток 29,4 текс			
Полотняное	0,38	298	223
Саржа 1/3	0,47	294	219
Саржа 2/2	0,47	290	221
Вафельное	0,57	293	218
Креповое	0,48	293	216
Сатин 8/3	0,53	279	224
Ткань из пряжи: основа 15,4 текс и уток 11,8 текс			
Полотняное	0,28	322	261
Саржа 1/3	0,34	324	259
Саржа 2/2	0,34	311	265
Вафельное	0,37	328	258
Креповое	0,32	328	261
Сатин 8/3	0,37	314	262

Количественной характеристикой переплетения является раппорт переплетения, т.е. наименьшее число нитей, после которого повторяется порядок расположения перекрытий или повторяющийся минимальный законченный рисунок переплетения. Раппорт переплетения численно

характеризуют следующие показатели:

R_o – раппорт по основе (число нитей основы в раппорте);

R_y – раппорт по утку (число уточных нитей в раппорте);

t_o — число основных перекрытий в раппорте по основе;

t_y – число уточных перекрытий в раппорте по утку;

x_o – среднее число нитей в одном основном перекрытии;

x_y – среднее число нитей в уточном перекрытии.

Важнейшей характеристикой структурных свойств тканей является число нитей основы или утка на 10 см по ширине и длине ткани соответственно [10]. В ряде источников [23] этот показатель называют плотностью ткани. Плотность различных тканей изменяется в больших пределах: от 50 до 1270 нитей на 10 см, у большинства тканей от 100 до 500 на 10 см.

Эта характеристика входит в перечень обязательных показателей качества тканей учитываемых при проектировании, разработке технических условий и описаний, а также при проведении контроля качества продукции на стадии производства.

Учитывая расхождение в наименовании данной характеристики, необходимо ввести для нее более корректное название, исключающее различное толкование и дающее возможность более детальной количественной оценки. В рамках данной работы предлагается использовать термин «плотность нитей в тканых полотнах» по соответствующим системам нитей. Этот термин следует относить к качественной характеристике (свойству), для количественной оценки могут применяться такие единичные показатели как:

- число нитей на 10 см;
- среднее расстояние между осями нитей;
- число на произвольно-выбранной длине;
- распределение по числу нитей по ширине (длине) ткани.

Несмотря на введение дополнительных показателей, плотность нитей в тканых полотнах не может полностью охарактеризовать заполненность ткани волокнистым материалом, поскольку при одинаковой плотности нитей, ткани из более тонких нитей получаются более разреженными, а из более толстых нитей — более плотными. Поэтому для оценки заполненности тканей волокнистым материалом используют различные характеристики заполнения, пористости и наполнения.

Линейное заполнение ткани по основе E_o или утку E_y показывает, какой процент длины прямолинейного отрезка по основе или утку заполняют поперечные сечения нитей другой системы - утка или основы. При этом линейное заполнение не учитывает вид переплетения и не зависит от него.

Линейное заполнение ткани по основе E_o , % и по утку E_y , % определяют соответственно по формулам:

$$E_o = \frac{100 \cdot d_o}{a} = \frac{100 \cdot d_o}{\left(\frac{100}{P_o}\right)} = d_o \cdot P_o \quad (1.1)$$

$$E_y = \frac{100 \cdot d_y}{b} = \frac{100 \cdot d_y}{\left(\frac{100}{P_y}\right)} = d_y \cdot P_y \quad (1.2)$$

где d_o, d_y - диаметры нитей основы и утка, мм;

a, b - расстояния между осями соседних нитей основы и утка, мм;

P_o, P_y - число нитей на 100 мм по основе и утку.

Поверхностное заполнение ткани E_s определяется отношением площади проекций обеих систем нитей в минимальном элементе ткани к площади этого элемента и выражается в процентах. За минимальный элемент принимают участок ткани, ограниченный одноименными (левыми и нижними) образующими соседних нитей. Его размер не зависит от вида и раппорта переплетения. Поверхностное заполнение ткани рассчитывают по

формуле

$$E_s = \frac{100 \cdot \left(\frac{100 \cdot d_o}{\Pi_y} + d_y \left(\frac{100}{\Pi_o} \cdot d_o \right) \right)}{\left(\frac{100}{\Pi_o} \right)} \cdot \left(\frac{100}{\Pi_y} \right) = d_o \cdot \Pi_o + d_y \cdot \Pi_y - 0,01 \cdot d_o - \Pi_o \cdot d_y \cdot \Pi_y \quad (1.3)$$

Объемное заполнение ткани E_v определяется отношением объема нитей в ткани к объему ткани по формуле

$$E_v = \frac{100 \cdot V_n}{V_T} \quad (1.4)$$

где V_n - объем нитей в ткани;

V_T - объем ткани.

Заполнение ткани по массе E_m , %, определяется отношением массы M нитей в ткани к ее максимальной массе M_{max} , при условии полного заполнения всего объема ткани V_T , веществом волокна или нити, рассчитывается в процентах и вычисляется по формуле

$$E_m = \frac{100 \cdot M}{M_{max}} = \frac{100 \cdot V_n \cdot \delta_n}{(V_n \cdot \gamma)} \quad (1.5)$$

где γ - плотность вещества волокон или нитей, мг/мм³;

δ_n - средняя плотность нитей, рассчитывается по формуле

$$\delta_n = \frac{M}{V_n} \quad (1.6)$$

Относительная пористость ткани оценивается различными характеристиками.

Поверхностная пористость A_s , %, показывает отношение площади сквозных пор к площади всей ткани

$$A_s = 100 - E_s \quad (1.7)$$

Объемная пористость A_v , %, показывает долю воздушных промежутков между нитями и волокнами, а так же внутри них

$$A_v = 100 - E_v = 100 * \left(1 - \frac{\delta_T}{\delta_H}\right) \quad (1.8)$$

Общая пористость $A_{общ}$, %, характеризует процентную долю в ткани всех промежутков между нитями и волокнами, а также внутри них

$$A_{общ} = 100 - E_M = 100 * \left(1 - \frac{\delta_T}{\gamma}\right) \quad (1.9)$$

Так как при определении δ_T и E_M объем ткани V_T изменяется по ее внешнему контуру, то в общую пористость $A_{общ}$ включается также рельефная воздушная прослойка B вследствие отклонения фактической поверхности ткани от плоскости. Ориентировочно $B = A_V - A_S$.

При взаимном переплетении нити основы и утка изгибаются, а в местах контакта они несколько сплющиваются. Пренебрегая этим сплющиванием нитей, профессор Н. Г. Новиков [10] предложил в зависимости от изогнутости нитей основы и утка условно различать девять фаз (рис. 1.4) строения тканей (с первой по девятую) и одну нулевую (дополнительную) фазу.

Первая фаза строения характеризуется прямолинейным расположением основных нитей и наибольшей изогнутостью уточных, в девятой фазе уточные нити распрямлены, а основные имеют наибольшую изогнутость.

Численно фазы строения характеризуются отношением $m = h_o - h_y$, т. е. отношением высоты волны основы к высоте волны утка. В первой фазе $h_o = 0$ и $h_y = 1 = (d_o + d_y)$, а в девятой фазе $h_o = 1 = (d_o + d_y)$ и $h_y = 0$. Промежуточные фазы строения (от второй до восьмой) получаются при изменении изогнутости нитей в первой фазе последовательным уменьшением h_y на $1/8$ и соответственным увеличением h_o на $1/8$. Фазу строения можно

определить по формуле

$$\Phi = \frac{(9 \cdot m + 1)}{(m + 1)} \quad (1.10)$$

где m – отношение высоты волны основы h_0 к высоте волны утка h_y .

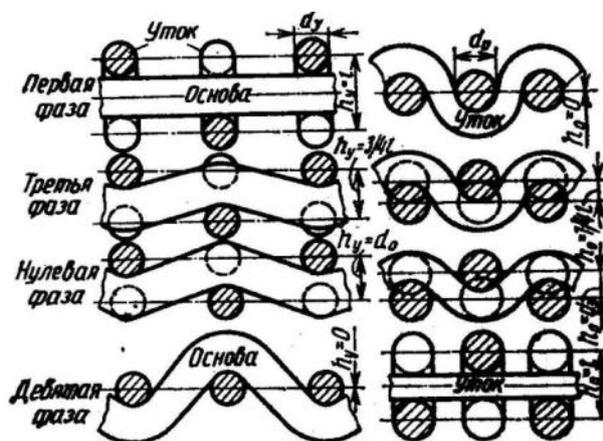


Рисунок 1.4 - Фазы строения тканей

Оценка фазы строения необходима для определения номинального значения уработки. Особенно это актуально для косвенного определения показателей плотности нитей в тканях в процессе их формирования на ткацком станке, когда полотно находится в натянутом состоянии.

Опорная поверхность. При эксплуатации большинства тканей изнашиваются волокна и нити, выступающие на поверхность. Опорная поверхность ткани определяется отношением площади контакта ткани при определенном давлении к общей площади ткани, выраженным в процентах. Следует учитывать, что при повышении давления опорная поверхность увеличивается. Для различных тканей она составляет 5 — 25 %.

При оценке опорной поверхности нужно знать не только ее величину, но и характер. Ткани, близкие по строению к первой фазе, имеют опорную поверхность по уточным нитям. У тканей с девятой фазой строения опорная поверхность образуется нитями основы, а с нулевой фазой — нитями обеих систем.

1.3. Анализ нормативных и проектных требований к показателям структурных свойств тканых полотен

Целью данного анализа является определение значимости структурных характеристик тканых полотен с точки зрения разработчиков, изготовителей и потребителей данной продукции, а также оценка типичных уровней конкретных показателей структурных свойств с учетом допускаемых отклонений.

Основным источником сведений о применимости показателей структурных характеристик тканых полотен являются стандарты системы показателей качества продукции (СПКП) и системы стандартов безопасности труда (ССБТ), устанавливающие номенклатуру показателей. Можно отметить, что на текущий момент в отношении тканых полотен действует пять стандартов, в том числе на ткани бытового назначения [11, 12, 13], на фильтровальные ткани [14] и на ткани для спецодежды [15].

Общей тенденцией, прослеживаемой в указанных стандартах является то, что показатели структуры тканых полотен, а именно линейная плотность составляющих нитей (пряжи), плотность (число нитей на 10 см), поверхностная плотность являются:

а) либо «обязательными» или «основными» показателями, которые должны быть предусмотрены в нормативно-технической документации, а также применяться на стадии разработки и постановки продукции на производство;

б) либо относятся к таким показателям, применимость которых при разработке стандартов (кроме стандартов общих технических условий), технических условий, технических описаний, карт технического уровня и уровня качества продукции, а также при оценке качества серийной продукции, установлена для всех ассортиментных групп тканей.

Данное наблюдение распространяется на тканые полотна практически из всех видов перерабатываемого сырья (хлопчатобумажные и смешанные,

шелковые и полушелковые, из химических волокон). Следует отметить, что в отношении шерстяных и льняных тканей действуют аналогичные положения в соответствии с руководящими документами [16] и [17].

Таким образом, информация о структурных характеристиках тканых полотен является необходимой и определяющей на всех этапах их жизненного цикла, в том числе на этапе контроля качества продукции. При этом число нитей на 10 см, среди упомянутых показателей упоминается во всех перечисленных нормативных документах.

Следующей локальной научной задачей является идентификация технически востребованного диапазона по ключевому показателю структурных свойств – плотности (числу нитей основы (утка) на 10 см). Критически важным аспектом анализа является установление потребностей в точности определения фактического значения числа нитей на 10 см, исходя из требований к соответствующим техническим допускам. Среди действующих стандартов на тканые полотна различного ассортимента проведен анализ 44 нормативных документов в статусе ГОСТ и ГОСТ Р.

В первую очередь рассмотрен универсальный стандарт [18], согласно которому определяются нормы допускаемых отклонений по числу нитей на 10 см, устанавливаемые в нормативно-технической документации на продукцию. В частности, по числу нитей основы на 10 см устанавливается величина допускаемого отклонения (в процентах от номинального значения), равная ± 2 для тканей и штучных изделий в целом и ± 3 для шерстяных, полшерстяных тканей и тканей из пряжи и нитей креповых круток, а также ± 3 для тканей шириной не более 150 см. По числу нитей утка на 10 см устанавливается величина допускаемого отклонения (в процентах от номинального значения), равная ± 3 для тканей и штучных изделий в целом и ± 4 для камвольных, ворсовых, многослойных и из пряжи креповых круток, а также ± 5 для суконных тканей.

Следует оговориться, что упомянутый стандарт действует в

отношении ряда тканей, например [19], но не распространяется на ткани технического и специального назначения, а также на шелковые жаккардовые ткани, специально усаживаемые при отделке для получения рельефного рисунка и на ткани, получаемые с использованием высокорастяжимых нитей. Параметры допускаемых отклонений содержатся в соответствующих стандартах для каждой однородной группы (или вида) продукции.

В подавляющем большинстве рассмотренных стандартов общих технических условий устанавливается не номинальное значение числа нитей на 10 см, а лишь величина допускаемого отклонения с указанием на то, что конкретное значение числа нитей на 10 см (а также ряда других показателей) «должны быть предусмотрены техническим описанием на конкретную продукцию».

Интерес вызывают технические каркасные ткани, выпускаемые согласно [20]. Для отдельных артикулов данного вида ткани (арт. 56008 и 56009), требования к номинальному числу нитей на 10 см составляют 310 по основе и 320 по утку, а допускаемое отклонение от номинального значения числа нитей на 10 см не должно превышать одной нити. Это является наиболее жестким требованием среди всех известных видов тканей. Вместе с тем имеются и другие артикулы с более мягкими нормами, например, для арт. 56010 допускаемое отклонение составляет ± 8 нитей на 10 см при номинальном значении 385 нитей по основе и 400 нитей по утку. Общий диапазон номинальных значений числа нитей на 10 см для технических каркасных тканей составляет от 300 до 410.

Другая ассортиментная группа – полиэфирные ткани, предназначенные для применения в качестве основы при изготовлении синтетического тентового материала, характеризуется более мягкими требованиями к числу нитей на 10 см. Допускаемое отклонение тентовых тканей составляет ± 2 нити на 10 см при номинальном значении числа нитей по основе 96, а по утку – 92. Допускаемое отклонение облегченных тентовых

тканей составляет ± 2 нити на 10 см при номинальном значении числа нитей по основе и утку – 84.

Рассматривая требования по числу нитей на 10 см для наиболее распространенного ассортимента – хлопчатобумажных и смешанных бытовых тканей для изделий плательного, сорочечного и бельевого назначения, можно отметить, что для готовых тканей допустимое отклонение по основе составляет $\pm 2\%$ от номинального значения, по утку – $\pm 3\%$, а для тканей с разрезным ворсом $\pm 4\%$. Номинальные значения числа нитей на 10 см устанавливаются в технических описаниях конкретных видов тканей или в действовавших ранее прейскурантах оптовых цен. Например, для бязей бельевой группы характерные значения числа нитей на 10 см находятся в диапазоне 150÷250 нитей, для сатинов эта величина может составлять до 600 нитей, для тканей платьевой группы (летней и демисезонной подгрупп) число нитей на 10 см также может быть достаточно высоким и занимать диапазон от 200 до 400 нитей. Для иллюстрации проектных норм приведем в табл. 1.3 фрагмент технического расчета тканей, выпускаемых ООО «Приволжская коммуна» (г. Наволоки Кинешемского района Ивановской области).

Таблица 1.3 - Технический расчет тканей ООО «Приволжская коммуна»

Артикул	Ширина, см	Линейная плотность нитей, текс		Число нитей на 10 см		Общее число нитей основы	№ берд а
		основа	уток	основа	уток		
1	2	3	4	5	6	7	8
станки СТБ-180							
1P06COHE/4	166	29	29	219±5	100±3	3676	105
4P05COHE/2	164	29	29	222±5	210±6	3676	105
4P06COHE/1	165	29	29	221±5	190±6	3676	105
262/4	166	29	29	224±5	215±6	3752	105
203/7	166	29	29	232±5	140±5	3880	109
станки СТБ-330							
3P18COHE/4	157	29	29	226±5	115±4	3600	109
6501/3	98	25	25	100±5	95±3	1002	94
203/242/5	242	29	25	232±5	180±6	5656	109

Окончание таблицы 1.3							
1	2	3	4	5	6	7	8
т1P06COHE/4	166	29	29	219±5	100±3	3676	105
станки П-105							
6498/21/10	95	18,5	18,5	93±2	38±1	899+6	90
6498/22/8	95	18,5	18,5	93±2	48±1	899+6	90
6498/21/8	95	18,5	18,5	88±2	38±1	842+6	84
станки АТПР							
6498/5П/1	95	18,5	18,5	118±3	60±2	1142	115
6498/8АТ/1	95	18,5	18,5	118±3	44±2	1142	115
T1p27COHE/1	95	29	29	207±4	210±6	1988	98
6498/21/11	95	18,5	18,5	88±2	44±1	836	84

Особое место в ассортименте хлопчатобумажных тканей занимает медицинская марля, выпускаемая, в частности, по [21]. Для выдерживания стандартных требований к физико-механическим показателям медицинской марли число нитей на 10 см может варьироваться от 50 до 100 нитей. Фактически могут встречаться артикулы и с меньшим числом нитей (в утке). Требования к допускаемому отклонению числу нитей на 10 см для суровой марли составляют: по основе $\pm 2\%$, по утку $\pm 3\%$, а для отбеленной марли: по основе – «не менее -2% », по утку – «не менее -3% ».

В ассортименте шерстяных тканей ведомственного назначения, вырабатываемых из камвольной пряжи [22], требования к числу нитей на 10 см и к допускаемым отклонениям более конкретизированы. Для соответствующих наименований ткани установлены нормы, приведенные в табл. 1.4.

Таблица 1.4 - Нормы по числу нитей на 10 см для выборочных артикулов камвольных чистошерстяных и полушерстяных тканей ведомственного назначения

Наименование ткани	Артикул	Число нитей на 10 см		Допускаемое отклонение числа нитей на 10 см	
		по основе	по утку	по основе	по утку
Креп адмиральский	1220	441	±13	330	±17
Габардин	1501	553	±17	480	±19
Габардин	1548	704	±21	428	±17
Ткань костюмная «Тропикаль»	2217 «С»	176	±5	144	±6
Диагональ тринадцатиремизная	2219	447	±13	377	±15
Ткань фуражечная с водоотталкивающей пропиткой	2906	254	±8	175	±7

Исходя из имеющихся нормативов, можно оценить относительную величину допускаемого отклонения числа нитей на 10 см указанного ассортимента тканей. По основе она охватывает диапазон от 2,84 % до 3,14 %, а по утку – от 3,96 % до 5,15 %. В сравнении с другими рассмотренными тканями требования к числу нитей на 10 см для камвольных чистошерстяных и полушерстяных тканей являются наиболее мягкими.

Результаты проведенного анализа позволят, во-первых, сформулировать технические требования к разрабатываемому программно-аппаратному комплексу с учетом разрешающей способности периферийных устройств, во-вторых, оценить соответствие метрологических характеристик разрабатываемого комплекса с точки зрения возможности его применения в целях производственного контроля качества.

1.4. Критический анализ стандартных методов оперативного контроля показателей структуры тканых полотен

Структура тканых полотен, а также их материалоемкость являются

свойствами, наиболее трудно поддающимся автоматизации измерений и контроля. До сих пор действуют многочисленные стандарты регламентирующие ручные методы определения таких показателей как число нитей на 10 см [23], [24], [25], [26]. Только в последнее десятилетие развитие компьютерной технологии и технологий видеоконтроля позволило разработать частично автоматизированные системы.

Систематизируем методы измерения показателей материалоемкости, включающие в себя линейную плотность пряжи, число нитей на 10 см и поверхностную плотность ткани (табл. 1.5) [27].

Таблица 1.5 – Анализ методов измерения показателей материалоемкости

Измеряемый показатель, источник	Измерительные операции метода	Качественная характеристика метода	
		достоинства	недостатки
1	2	3	4
Поверхностная плотность			
ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные, ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей [28]	<ul style="list-style-type: none"> - Отбор проб - Вырезание точечной пробы - Определение массы - Определение линейных размеров - Вычисление площади - Расчет поверхностной плотности 	<ul style="list-style-type: none"> - Простота - Доступность - Не требует наличия специальной аппаратуры 	<ul style="list-style-type: none"> - Наличие дополнительной методической погрешности при выполнении вычислений - Потребность выкраивании проб
Устройство для контроля качества текстильных материалов [29]	<ul style="list-style-type: none"> - Оптический датчик. - Получение изображений, анализ изображений 	<ul style="list-style-type: none"> - Неразрушающий контроль 	<ul style="list-style-type: none"> - Использование бинарных изображений ведущих к потере графической информации

Продолжение таблицы 1.5			
1	2	3	4
Число нитей на 10 см (плотность нитей) и производные дефекты			
ГОСТ 3812-72 Ткани и штучные изделия текстильные. Методы определения плотности нитей и пучков ворса [23]	<ul style="list-style-type: none"> - Отбор проб - Вырезание пробы 120×60 мм - Доведение до размеров 100×50 мм путем выдергивания лишних нитей - Подсчет нитей - Пересчет на 10 см 	<ul style="list-style-type: none"> - Простота - Доступность - Не требует наличия дорогостоящей аппаратуры 	<ul style="list-style-type: none"> - Трудоемкость - Ошибка оператора - Длительность процесса
Система контроля качества текстильных полотен [30]	<ul style="list-style-type: none"> - Получение телевизионного сигнала с видеокамеры - Цифровая обработка сигнала - Измерение плотности 	<ul style="list-style-type: none"> - Снижение затрат времени в 120 раз по сравнению с традиционными методами измерения, контроль по всей ширине 	<ul style="list-style-type: none"> - Дорогостоящее оборудование
Лустгартен Н.В., Сокова Г.Г. Исследование метода компьютерной фотограмметрии льносодержащих тканей [31]	<ul style="list-style-type: none"> - Получение двухмерного изображения ткани с помощью сканера, микроскопа или цифровой камеры - Получение компьютерной модели - Измерение плотности ткани 	<ul style="list-style-type: none"> - Оперативность - Простота - Воспроизводимость - Экономичность 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограничения в ассортименте исследуемых тканей - Сложность приготовления пробы - Невозможно использовать в условиях производства
Способ определения равномерности периодически структурированных текстильных полотен [32]	<ul style="list-style-type: none"> - Устройство содержит источник света и светозлектрический элемент. - Измерение интенсивности потока света в зависимости от расстояния с помощью спектрального анализа оптической плотности 	<ul style="list-style-type: none"> - Оперативный неразрушающий контроль 	<ul style="list-style-type: none"> - Ограничение по использованию на разноплотных тканях

Продолжение таблицы 1.5			
1	2	3	4
Поверхностная плотность и число нитей на 10 см			
Козлов А.Б. Проблема контроля волоконистых материалов в текстильной технологии и пути их решения [33]	- ИК- оптоэлектронный преобразователь, работа которого основана на регистрации изменений, возникающих в индикатрисах рассеяния прошедшего и отраженного световых потоков	- Оперативность	- Влияние температуры окружающей среды, временного изменения энергетических параметров, что увеличивает погрешность
Родзивильчук Л.И. [34]	- Подготовка пробы - Освещение и проецирование изображения пробы - Анализ дифракционной картины	- Высокая точность	- Техническая сложность и громоздкость установки - Невозможность использовать в условиях производства
Способ бесконтактного измерения качественных параметров поверхности текстильных полотен и устройство для его осуществления [35]	- Устройство включает в себя осветительный блок и систему приборов, формирующих изображение. - Последующая обработка изображений дает в результате количественные характеристики	- Не зависит от степени влажности	- Недостаточный контроль фокусного расстояния - Погрешности в определении масштаба изображения

<i>Окончание таблицы 1.5</i>			
1	2	3	4
Объемная плотность ткани			
Непрерывное измерение плотности текстильного материала [36]	- Оценка величины статического давления воздуха пневмодатчиком в измерительной системе - Измерение объемной плотности	- Неразрушающий контроль - Возможно дополнительное измерение воздухопроницаемости	- Сложность конструкции
Способ и прибор для исследования структуры текстильных материалов [37]	- Облучение материала рентгеновскими лучами - Регистрация излучения различными структурными элементами материала в виде снимков с различной интенсивностью освещения - Измерение рассеянного излучения в виде снимков параллельных слоев материала, образующих томограмму	- Неразрушающий контроль	- Опасность для здоровья человека - Длительность процесса

Анализируя таблицу, следует отметить, что среди инновационных методов наиболее широкое применение и распространение в настоящее время получили оптические методы и приборы для анализа и контроля показателей материалоемкости тканых полотен. Основными преимуществами оптических методов являются их быстрдействие, возможность проведения дистанционных, неразрушающих и бесконтактных измерений, а также малая зависимость от параметров среды [38].

Рассмотрим имеющийся задел в области определения числа нитей на 10 см полотна. Сущность всех стандартных методов заключается в подсчете оператором числа нитей на измеряемой длине. Для контроля качества тканей и штучных изделий по физико-механическим показателям от партии отбирают упаковочные единицы (кипы, пачки и др.) в соответствии с [23].

Из каждой отобранной упаковочной единицы отбирают одну единицу продукции (кусок, рулон, штучное изделие). Если партия состоит из единиц продукции, то их отбирают в соответствии с указаниями в таблице [39] для упаковочных единиц.

Из каждой отобранной единицы продукции отбирают точечные пробы в виде отрезка во всю ширину ткани, целого штучного изделия или его части. Длина точечной пробы определяется в зависимости от ширины ткани и видов лабораторных испытаний. Точечные пробы тканей отбирают из любого места куска (рулона), но не от самого его края, при этом они не должны иметь пороков внешнего вида. Точечные пробы штучных изделий берут в любом месте штучного изделия. Точечные пробы вырезают острыми ножницами в направлении длины и ширины ткани и штучного изделия без разрыва или раздира. Точечные пробы объединяют вместе и получают объединенную пробу для проведения всех испытаний.

На следующем этапе от каждой точечной пробы отбирают элементарные пробы для проведения конкретных испытаний. При определении плотности ткани или штучного изделия удалением нитей из точечной пробы должны вырезаться элементарные пробы, размер которых должен превышать размер измеряемой длины, определяемой по стандарту. В свою очередь, измеряемая длина устанавливается в зависимости от номинального значения количества нитей на 10 см. Для тканей с числом нитей на 10 см до 100 штук измеряемая длина должна быть не менее 10 см, для тканей с плотностью от 100 до 1000 - 5 см, для тканей с плотностью свыше 1000 - 2,5 см. Крайние нити элементарной пробы удаляют до отметок

измеряемой длины после выдерживания элементарной пробы в климатических условиях по [40] не менее четырех часов.

Места измерений необходимо располагать равномерно по поверхности точечной пробы. Отметка начала измерений должна находиться между двумя нитями. Допускается проводить испытания на элементарных пробах, отобранных для определения других физико-механических показателей, размер которых удовлетворяет установленным выше требованиям.

В соответствии с требованиями [23], [24], [25], [26] для определения плотности тканей и штучных изделий применяют:

- оптические увеличительные средства;
- линейку измерительную с ценой деления 1 мм;
- иглы препаровальные;
- пинцет;
- шаблон.

Стандарт [10] дает широкое понимание оптических увеличительных средств. Согласно дальнейшим описаниям они могут использоваться в дополнение к подсчету нитей «невооруженным глазом».

Испытания проводят в климатических условиях по [40].

Если ткань или штучное изделие содержит полосу, отличающуюся от плоскости основного фона, то определяют плотность, как основного фона, так и отдельных полосок или среднюю плотность раппорта переплетения. При этом если ширина отдельных полосок, отличающихся по плотности от основного фона, меньше измеряемой длины, то плотность определяют измерением ширины полоски и подсчетом количества нитей в ней с последующим пересчетом на 10 см.

Стандарт не дает достаточных указаний на то, каким образом выполнять измерения в отдельных фрагментах раппорта с различной плотностью. По-видимому, речь должна идти о нахождении границ этих фрагментов, определении их размеров и выполнении стандартных процедур

по каждому фрагменту раппорта, с последующим подсчетом средневзвешенных величин. Вместе с тем возможны и другие трактовки указанных требований.

Определение плотности непосредственным подсчетом количества нитей применяют в тех случаях, когда плотность и переплетение тканей и штучных изделий позволяет подсчитать количество нитей без их разрушения. Подсчет количества нитей производят невооруженным глазом или с помощью увеличительных средств и приборов в направлении, перпендикулярном направлению нитей, плотность которых определяется. Погрешность измеряемой длины должна быть не более $\pm 0,5$ мм. При этом, если на измеряемой длине не содержится целого числа нитей, то измерения производят на длине, наиболее близкой к номинальному значению измеряемой длины и содержащей целое число нитей.

Определение плотности удалением нитей применяют для тканей и штучных изделий с плохо различаемой структурой. Примером таких тканей могут быть шерстяные драпы, технические многослойные ткани различного состава и другие. В этих случаях из элементарной пробы удаляют нити основы и утка иглой или пинцетом и подсчитывают их количество на измеряемой длине. Автоматизация контроля числа нитей для данных объектов представляется малореализуемой с использованием оптических средств.

При определении плотности согласно [41] допускается отклонение не более одной нити на измеряемую длину. Однако, такие нормы, особенно для плотных тканей (свыше 300 нитей на 10 см), являются не совсем обоснованными, так как погрешность в измеряемой длине $\pm 0,5$ мм для таких тканей пропорциональна погрешности числа нитей $\pm 1,5$ нитей и выше. Это должно быть учтено в дальнейшем совершенствовании стандартных методик.

Также проведем анализ стандартного метода определения плотности нитей в тканых полотнах в соответствии со стандартом США [42]. Данный

метод является приемлемым для приемки партии при коммерческих отгрузках, в связи с этим его применяют ко всем видам тканых полотен. Число нитей основы на единицу ширины и число нитей утка на единицу длины определяют аналогично отечественным стандартам непосредственным подсчетом, используя увеличительные средства, или удалением нитей.

Применяемый традиционный подход к определению числа нитей на 10 см обуславливает такие достоинства существующей системы контроля, как относительная простота и надежность отдельных измерений. Вместе с тем существуют серьезные недостатки, обусловленные высокой трудоемкостью и длительностью стандартного метода. Представим их в виде таблицы 1.6.

Таблица 1.6 – Недостатки существующей системы контроля плотности нитей в тканых полотнах в ткацких производствах

Недостаток	Сущность
Недостаточный объем контроля	Низкий охват системой контроля выпускаемой продукции (доля проверенной продукции не превышает 5%).
Низкая прозрачность и управляемость процесса формирования ткани	Отсутствие оперативной информации о качестве продукции находящиеся в стадии формирования приводит к полному отсутствию или задержкам в принятии управленческих решений в отношении несоответствующей продукции.
Потребность в дополнительном расходе сырья	Выкраивание точечных и элементарных проб является необходимым этапом и снижает полезный выход продукции, это не позволяет увеличивать объем контроля.
Субъективность результатов контроля	Риск ошибки оператора является не устранимым и мало контролируемым. Велика зависимость от квалификации и личных качеств персонала лаборатории.

В условиях действующих промышленных предприятий (ткацкого, отделочного производства) негативными последствиями такой системы контроля могут быть:

- отсутствие у руководства предприятия и цехов оперативной, полной

и достоверной информации о работе производства в целом, по каждому артикулу, единице оборудования (станку, отделочной линии) – в частности;

- слабая ответственность рядовых работников (ткачей, операторов, помощников мастера и др.) за качество своего труда;

- вероятный пропуск критических отклонений от установленных норм (появление скрытого брака);

- медленное реагирование на излишние затраты сырья (уточных нитей), возникающие из-за неправильной наладки или разладки оборудования.

Эти последствия усугубляются постоянными затратами на оплату неэффективного труда сотрудников ОТК.

Всё это негативно сказывается на общей результативности производственного и бизнес-процесса в целом.

Устранение перечисленных проблем возможно за счет совершенствования системы производственного контроля. Основными направлениями совершенствования является оптимизация методов получения измерительной информации о плотности нитей в тканых полотнах, повышение производительности измерения, расширение функциональных возможностей контроля по ассортименту тканых полотен, обеспечение возможности автоматизированного принятия решений о наличии несоответствий по результатам контроля, реализация контроля непосредственно в процессе формирования ткани, внедрение распределенных систем, способных предоставлять данные о состоянии каждой единицы оборудования по выбранному параметру (число нитей на 10 см и др.), визуализация общего состояния производства в требуемой форме.

1.5. Постановка задач исследования

Для достижения поставленной цели по повышению производительности, автоматизации и расширению функциональных

возможностей контроля процесса формирования ткани необходимо решить следующие задачи:

- определение информативных признаков для идентификации и количественного оценивания показателей структуры тканых полотен;
- анализ технических возможностей и выбор оптимальных средств и режимов получения первичной информации о структуре полотен;
- разработка теоретических основ количественного анализа цифрового изображения тканых полотен и определения геометрических характеристик их строения;
- уточнение стандартного подхода к определению числа нитей на заданной длине;
- создание гибридного алгоритма идентификации и подсчета числа нитей на измеряемой длине;
- апробация, экспериментальные исследования и совершенствование измерительного алгоритма;
- разработка калибровочных стандартов числа нитей в тканых полотнах и нормирование пределов допустимой погрешности измерений числа нитей в тканых полотнах для целей автоматизированной калибровки;
- обоснование модульной структуры информационно-измерительной системы производственного контроля процесса формирования тканых полотен;
- разработка программного модуля автоматизированной калибровки информационно-измерительной системы контроля числа нитей в тканых полотнах;
- разработка интегрированной программной среды, реализующей функций планирования, управление базами данных объектов контроля, проактивной защиты от ошибок, удаленного контроля и принятия решений.

1.6. Характеристика объектов исследования

Объектами исследования являются суровые, отбеленные, окрашенные, набивные ткани простых (главных) переплетений с ограничением числа нитей в диапазоне от 50 до 450 на 10 см. Исследуемые полотна должны иметь гладкую поверхность без ворса. Ограничение по виду переплетений и интенсивности окраски полотен связано с тем, что для достоверного анализа поверхности полотен необходимо наличие достаточной степени обзора обеих систем (основы и утка) нитей. Волокнистый состав исследуемых полотен не имеет определяющего значения для решения научных задач за исключением материалов, обладающих повышенным блеском, способным создать эффект засветки на проекции полотна.

Из этого условия вытекает выбор предметов исследования, ими являются характеристики структуры тканых полотен, к которым относятся число нитей по основе и утку на 10 см, размеры поперечников нитей и производные характеристики их толщины (линейная плотность), размеры пор между нитями.

Несмотря на принятые ограничения область исследования и объекты охватывают достаточно большую долю изделий текстильной и легкой промышленности в том числе материалы для медицинских перевязочных средств [21], для изготовления изделий плательного, сорочечного и бельевого ассортимента, бытового и ведомственного назначения [43], [44] и другие.

1.7. Выбор теоретических и экспериментальных методов исследования

В качестве теоретических методов исследования, позволивших идентифицировать информативные признаки объектов исследования, подходящие для оценки численных характеристик их структуры, использован инструментарий морфологического анализа, теория распознавания образов, кластерный анализ, аналитическая геометрия, теория искусственных

нейронных сетей (ИНС).

На этапе практического воплощения технических решений информационно-измерительной системы производственного контроля процесса формирования тканых полотен широко применялись методы математической статистики, теории вероятностей, численные методы прикладной математики, методы спектрального анализа, основанного на преобразовании Фурье, численные методы преобразования цифровых сигналов и изображений. Экспериментальные исследования над конкретными объектами и предметами проводились с помощью оригинальных прикладных программ. Подбор необходимых условий измерения и других влияющих величин будет осуществлен численными методами многофакторной оптимизации.

2. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

2.1. Обоснование выбора технических средств получения первичной информации о структуре полотен

Для начала необходимо определить какие данные нужны для дальнейшего анализа тканого полотна. Необходимо зафиксировать внешний вид полотна, чтобы никакие малейшие изменения не повлияли на конечный результат. Полученные данные должны быть пригодны для цифровой обработки. Для такого задания подходят фото и видео аппаратура. Однако просто зафиксировать будет не достаточно, нам необходимо получить полную информацию о самом маленьком элементе данной структуры — нити. На полученном изображении или в других данных о зафиксированном тканом полотне должны быть различимы границы нитей. Далее что бы определить размер объекта в полученном изображении требуется не изменяемое расстояние между исследуемым объектом и средством для фиксации. Следующими факторами для выбора фиксирующего средства являются компактность, т. к. необходимо получать информацию о тканых полотнах как в лаборатории так и на работающем производстве, также достаточную герметичность, в цехах большая влажность воздуха, достаточное количество пыли и других мелких частиц для загрязнения и в дальнейшем выхода из строя аппаратуры фиксации, следовательно не тяжелым что бы контролер смог с легкостью охватить достаточное количество измеряемых тканых полотен. В будущем будет рассматриваться возможность установки устройства фиксации на каждый станок, следовательно необходима не большая цена на аппаратуру. Из выше рассматриваемого [10] известно что, минимальная измеряемая поверхность 10 на 10 см что тоже очень необходимо учесть при выборе устройства фиксации.

Проанализировав ряд существующих приборов цифровой фиксации

мы получили набор устройств в который вошли: сканер, фотоаппарат, видео камера, лазерный сканер. Однако по требуемым ограничениям отсеялись почти все устройства кроме фотоаппарата, однако он не мог использоваться без значительных доработок. Фотоаппарат подходил больше для данной задачи несколькими параметрами, компактностью, легкостью, автономностью но самое главное он может получить цифровое изображение прямо с работающего станка. Видеокамера уступила тем что у такого устройства с необходимым разрешением очень большая цена. Так же как и видеокамера лазерный сканер уступил фотоаппарату в цене.

В конечном итоге был выбран для цифровой фиксации тканого полотна фотоаппарат. Полученные с его помощью изображения (растрового типа) способны дать полную картину внешних признаков плоских объектов в широком диапазоне разрешающей способности. Современные оптические матрицы (порядка 10 Мпикс) позволяют при небольшом удалении от объекта получать изображения с элементами размером около 0,05 мм. Такие характеристики позволяют использовать изображения для анализа таких структур как текстильные полотна.

Необходимо учитывать, что контрольные точки на соответствующих этапах технологического цикла имеют свои особенности (относительная доступность расположения, близость к подвижным частям оборудования, наличие вибрации). В связи с этим Шаломиным О.А., Матрохиным А.Ю., Гусевым Б.Н., Коробовым Н.А., Рыбаковой Д.А. разработано устройство, позволяющее снизить влияние оператора и внешних факторов на этапе получения первичной информации, которое без дополнительной подготовки можно использовать для контроля структурных свойств текстильных материалов на всем протяжении технологического цикла. По данному устройству получен патент [45].

На рисунке 2.1 представлено изображение предлагаемого устройства в трех ортогональных проекциях: фронтальной (рис. 2.1, а), горизонтальной

(рис. 2.1, б) и вертикальной (рис. 2.1, в).

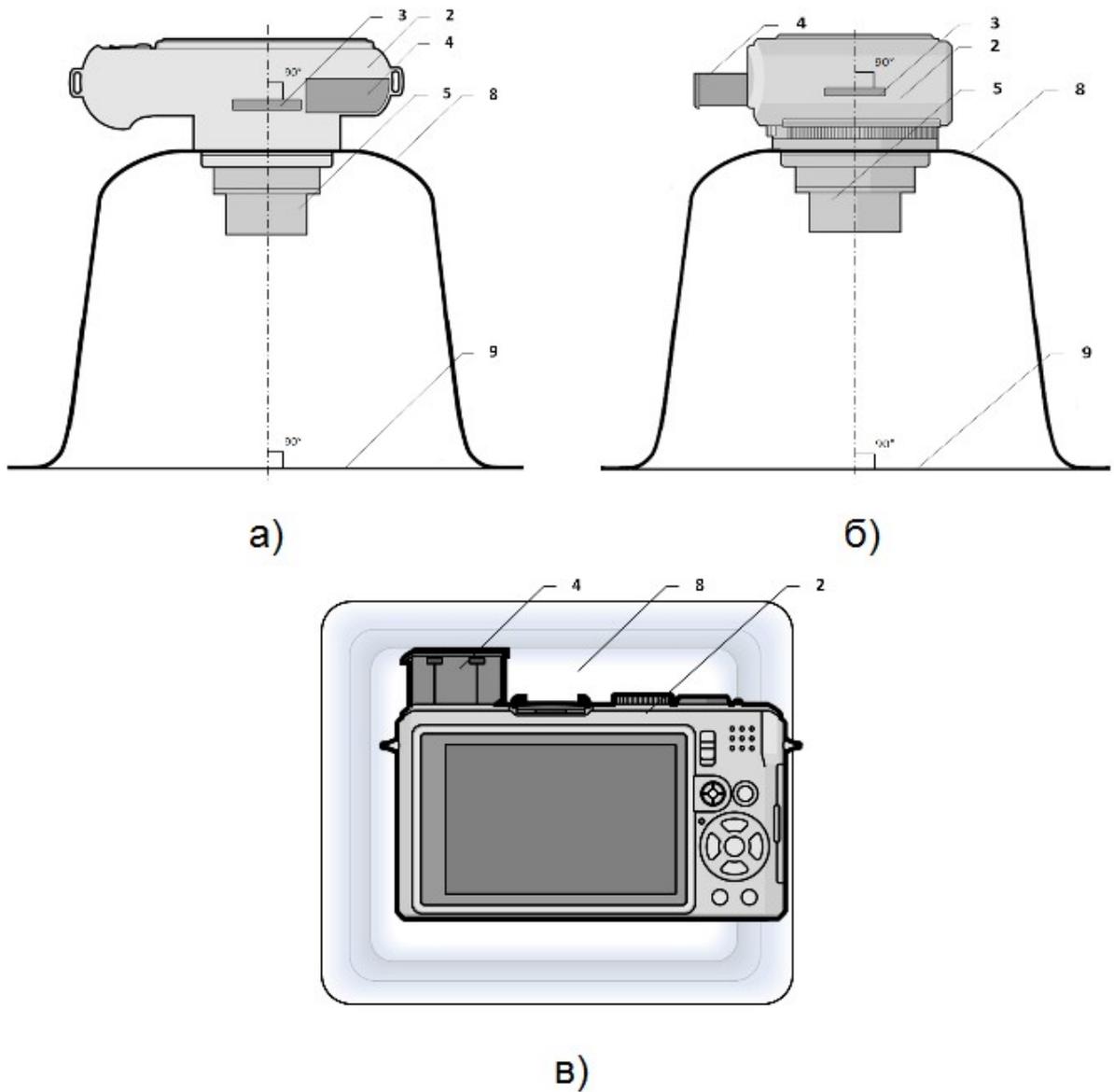


Рисунок 2.1 - Техническое устройство для получения цифровых изображений и его комплектующие в трех ортогональных проекциях

Объективный штатив 8 жестко связан с фотокамерой (объективом) таким образом, что его опорная площадка 9 перпендикулярна оптической оси фотокамеры и соответственно, параллельна чувствительной матрице 3. Таким образом, конструкция проекционного устройства обеспечивает неизменность расстояния между чувствительной матрицей и опорной площадкой. Опорная площадка непосредственно соприкасается с объектом съемки, что

обеспечивает заданное расстояние от объекта до чувствительной матрицы.

При использовании объективного штатива свет от вспышки фотокамеры освещает часть его внешней поверхности, что в результате рассеивания света полупрозрачным материалом приводит к появлению области вторичных источников света на внутренней поверхности объективного штатива. Это, в свою очередь, приводит к снижению чрезмерной яркости света от вспышки фотокамер, а также к повышению равномерности яркости изображения объекта. Схема распределения светового потока от вспышки фотокамеры в соответствии с устройством представлена на (рис. 2.2).

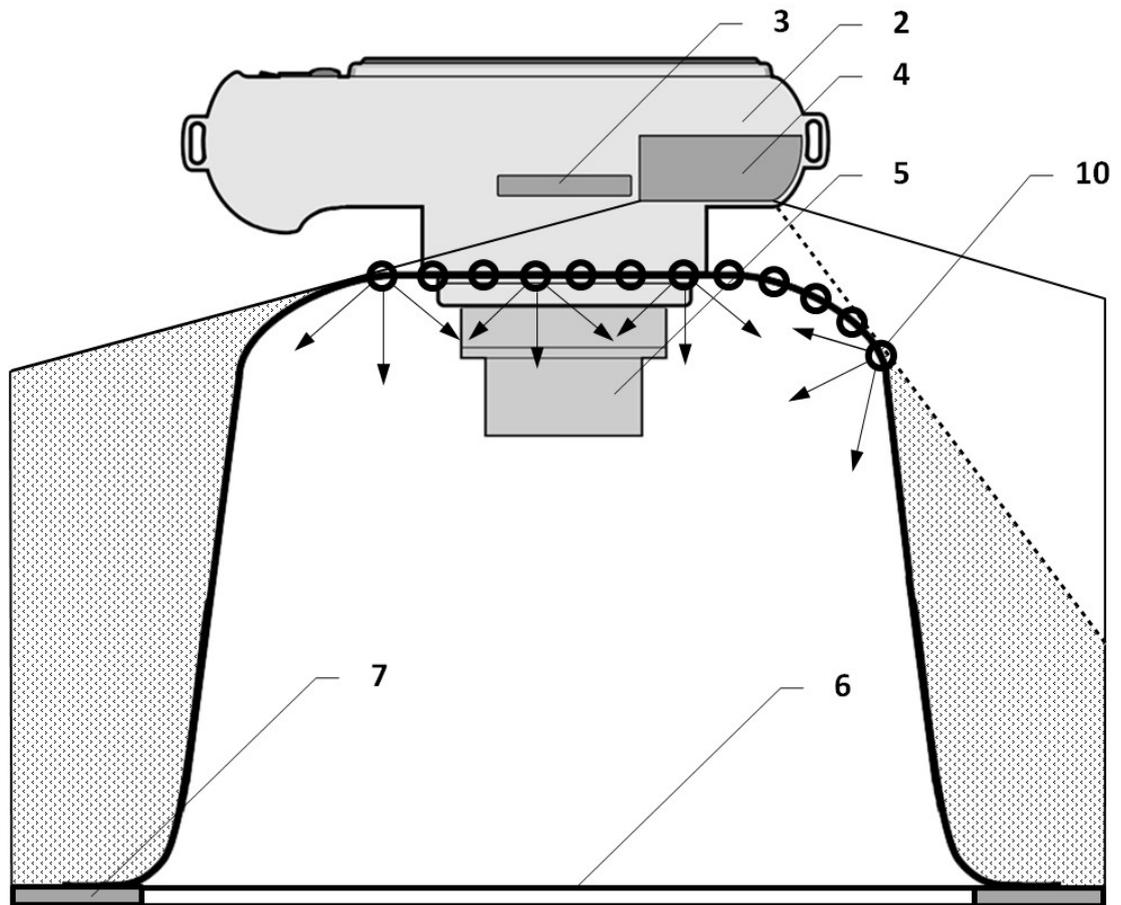
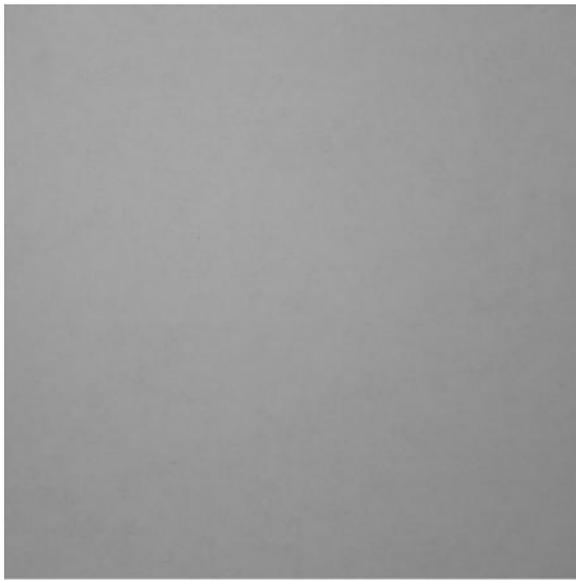


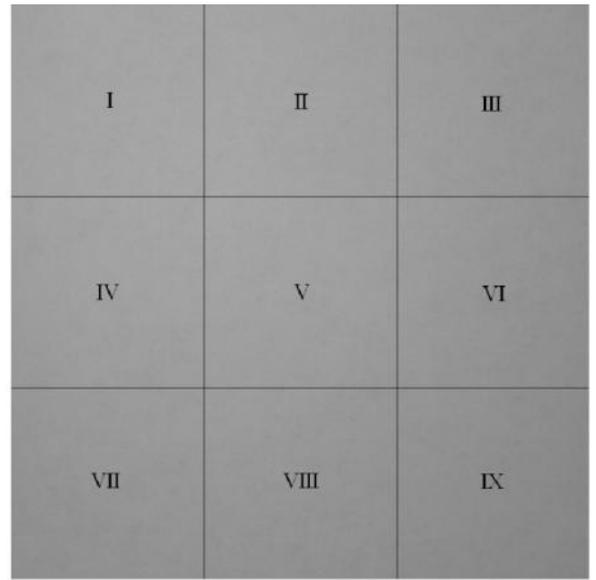
Рисунок 2.2 - Схема распределения светового потока от вспышки фотокамеры в соответствии с проекционным устройством

Подтверждением данного факта является пример изображения белой бумаги, полученного с помощью проекционного устройства (рис. 2.3, а). При анализе неравномерности яркости данного изображения выделены девять

сегментов (рис. 2.3, б).



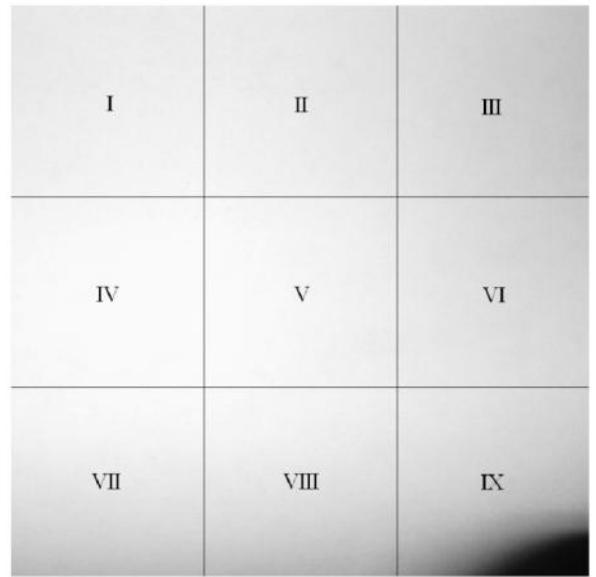
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.3 - Исходное (а) и сегментированное (б) изображения белой бумаги, полученные с помощью предлагаемого устройства, и изображение, полученное обычным штативом (в,г)

Из (рис. 2.3) видно, что неравномерность яркости изображения, полученного данным устройством, меньше чем, при съемке с обычным штативом.

Исходя из приведенного обоснования и с учетом технического задания

на разработку получен опытный образец проекционного устройства для оперативного получения цифровых изображений поверхности текстильных материалов представленный на (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 - Опытный образец технического устройства для получения цифровых изображений

Дополнительным шагом в повышении равномерности распределения освещенности поверхности контролируемого материала является модификация проекционного устройства которая состоит в использовании внешней вспышки. Ее конструкция должна обеспечить равномерное освещение штатива проекционного устройства с четырех боковых сторон (рис. 2.5).

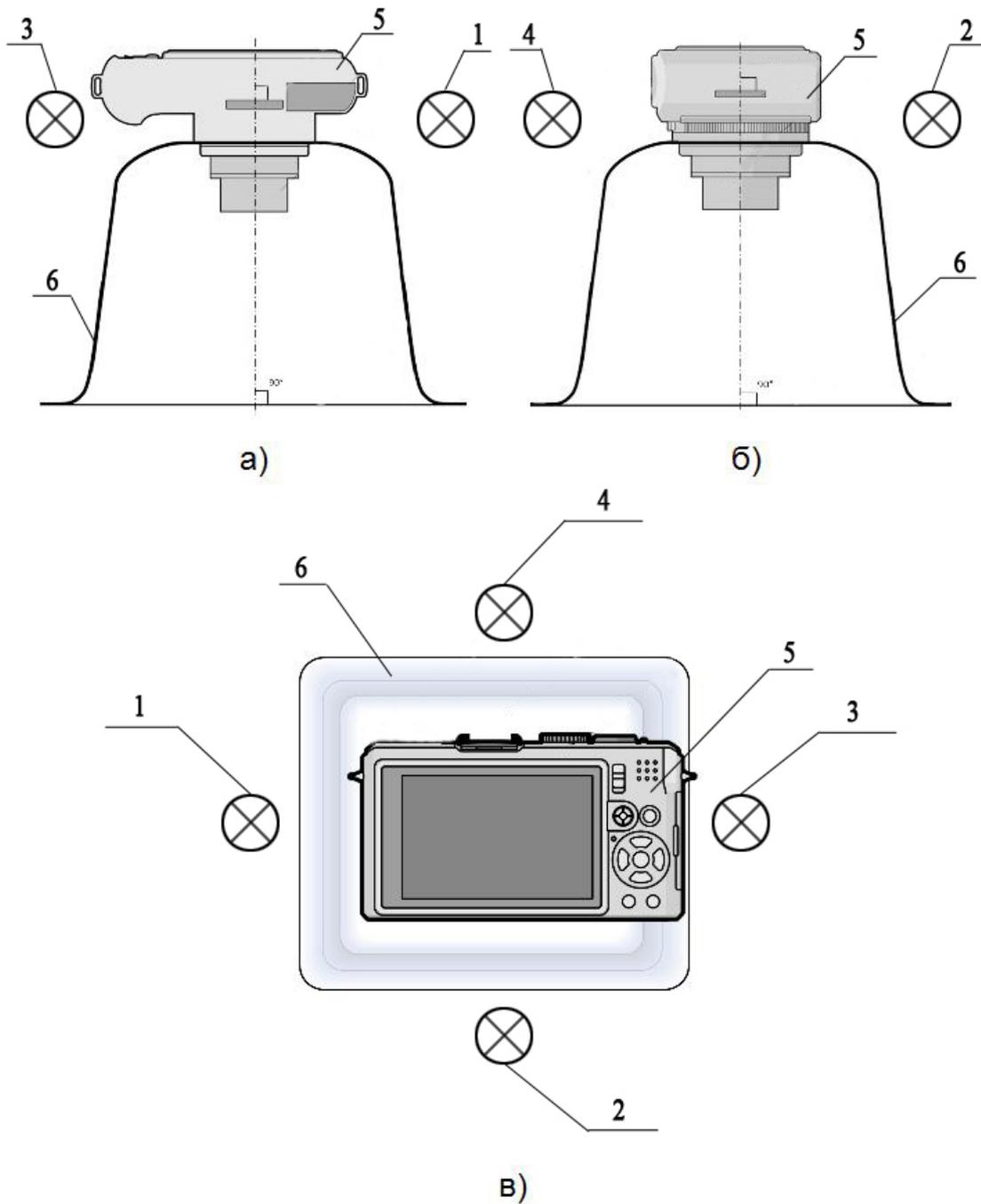


Рисунок 2.5 - Расположение внешней подсветки

Осветительные элементы (1-4) в количестве четырех штук располагаются таким образом, чтобы в момент съемки они не попадали в поле зрения объектива, что предохранит от засвечивания оптической матрицы фотокамеры. Питание осветителей осуществляется по параллельной схеме подключения (рис. 2.6), что способствует их одновременному срабатыванию.

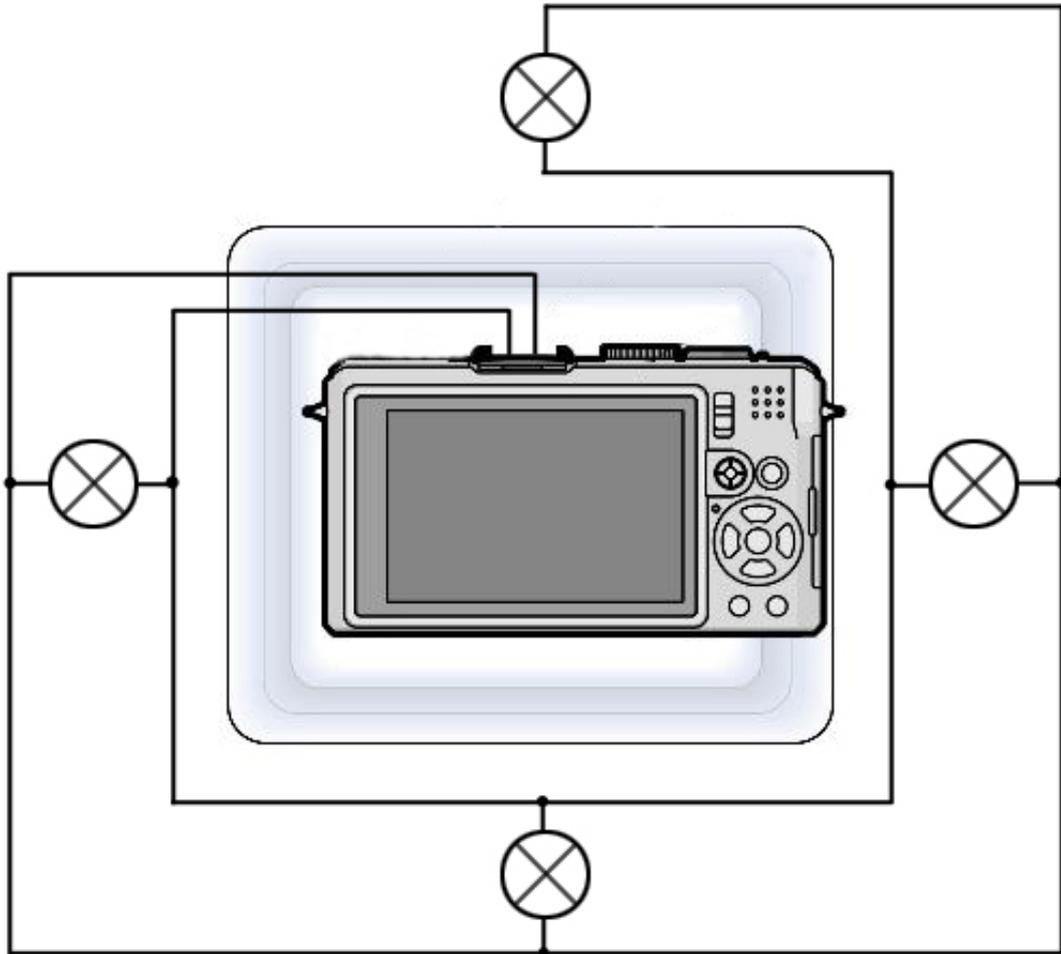


Рисунок 2.6 - Схема подключения внешних осветителей

Возможные негативные последствия от усложнения электрической схемы, проявляющиеся в несинхронном срабатывании всех элементов, можно считать несущественными при используемой величине выдержки (0,0125 с).

Преимуществом предложенного технического решения является возможность соблюдения постоянным фокусного расстояния между оптической матрицей и поверхностью, на которой находится исследуемый материал. Эта величина влияет на оценку углового размера объекта. В связи с этим угловой размер также можно считать постоянным. Следовательно необходимо определить и установить масштабный коэффициент, связывающий реальный размер изображения с его угловым размером. Для

удобства эта величина определяется количеством пикселей, приходящимся на стандартную длину (10 см), к которой приводится измеренное число нитей [23].

Решение данной задачи должно быть найдено индивидуально для каждого экземпляра проекционного устройства. Покажем данный процесс на примере проекционного устройства на базе фотокамеры NIKON Coolpix P7700. Изображение поля зрения с калиброванными шкалами длины приведены на (рис. 2.7).

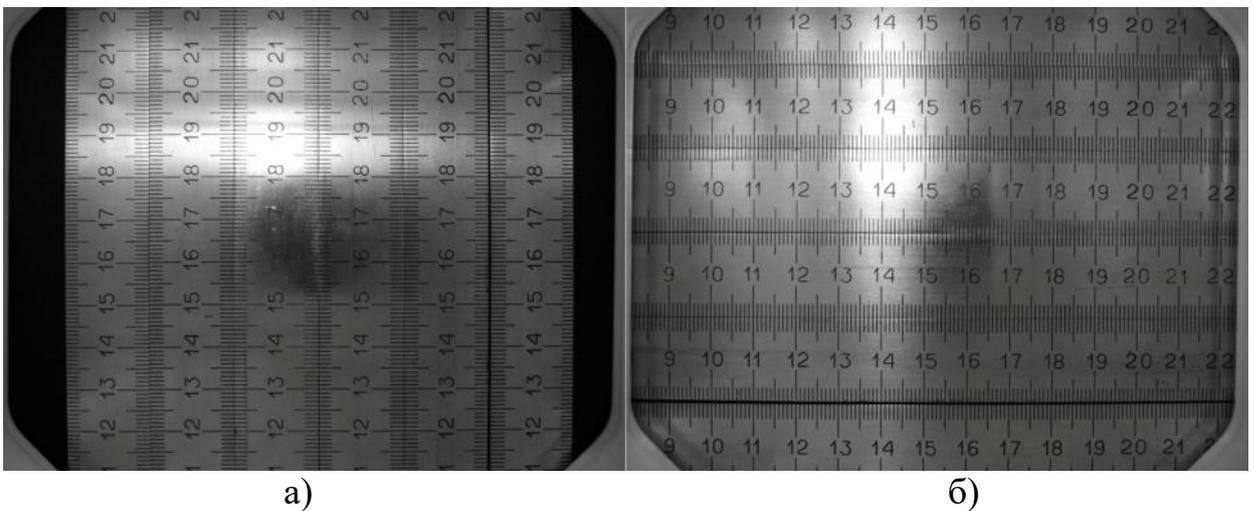


Рисунок 2.7 - Изображения поля зрения с вертикальным (а) и горизонтальным (б) измерительных шкал

Численные значения масштабного коэффициента определяли экспериментальным путем, методом непосредственного сличения (рис. 2.8).

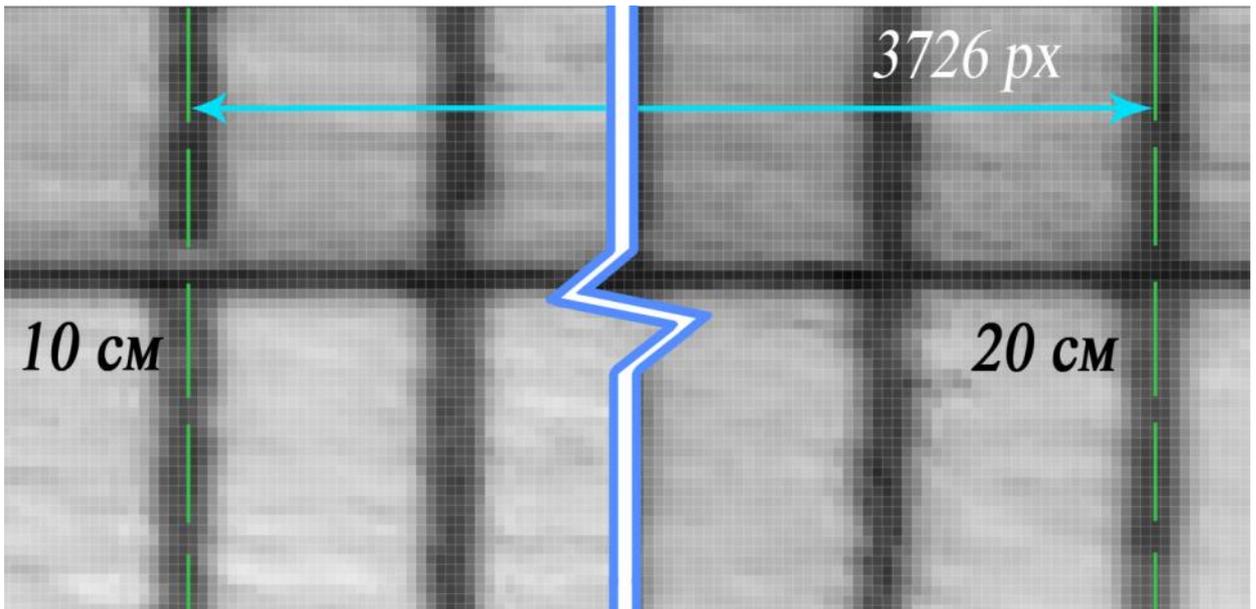


Рисунок 2.8 - Определение масштабного коэффициента

Определение масштабного коэффициента в перпендикулярном направлении осуществлялось аналогично. Использование данных коэффициентов предусмотрено алгоритмом определения числа нитей на 10 см (см. раздел 2.2) и размеров поперечника нитей (см. раздел 2.5).

Необходимую точность удалось достичь с использованием стандартных пакетов редактирования изображений (GIMP [46]).

2.2. Разработка основного алгоритма анализа цифрового изображения тканого полотна и определения числа нитей на 10 см

Для того чтобы представить алгоритм анализа решения задачи нахождения геометрической плотности нитей в тканых полотнах с использованием оптического метода, необходимо определить, что из себя представляет цифровое изображение полотна с точки зрения измерительной программы. Цифровое изображение материала есть не что иное, как прямоугольная матрица кодированных чисел в соответствующих ячейках (рис. 2.9).

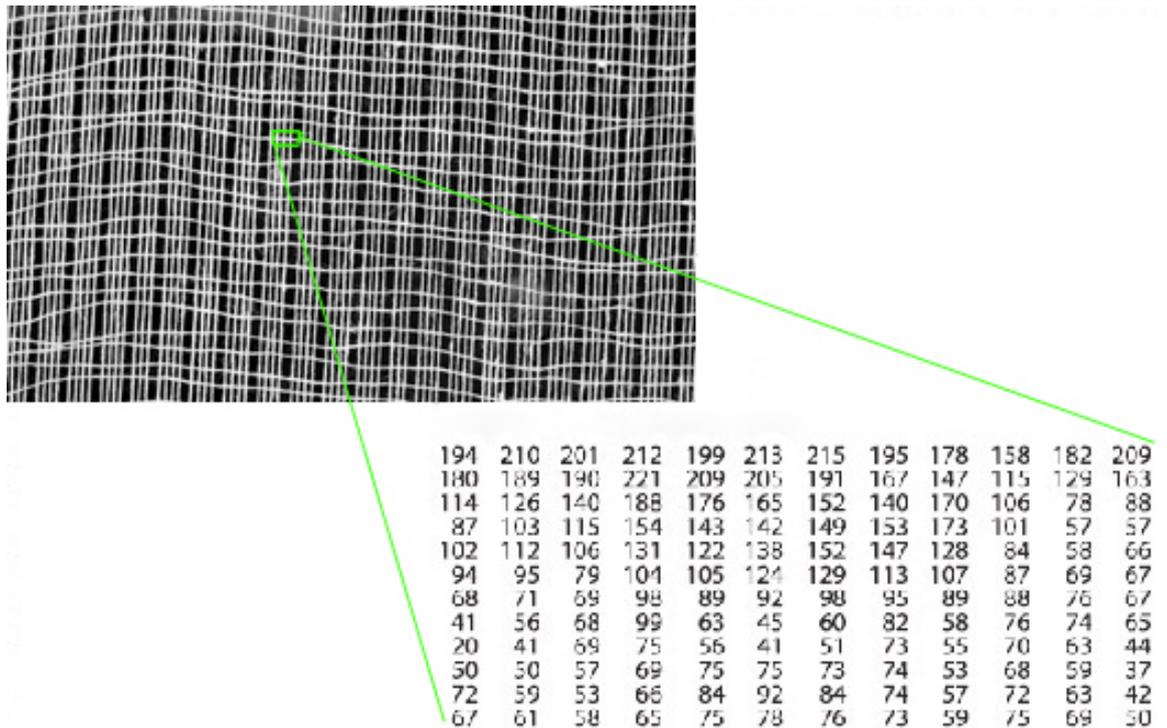


Рисунок 2.9 - Матрица значений пикселей изображения

Каждая ячейка представляет собой минимальный элемент изображения (пиксель). Значения пикселей представлены рядом от 0 (нуля) до 255, что соответствует определенной яркости. Самые светлые (белые) участки изображения (пиксели) кодируются значением, равным 255, нулевое значение имеют пиксели черного цвета. Пиксели с промежуточными значениями соответствуют серому цвету с различной яркостью.

С помощью Python Imaging Library (сокращено PIL) — библиотеки языка Python, предназначенной для работы с растровой графикой [47], программа воспринимает цифровые изображения непосредственно как кодированную матрицу чисел, соответствующих определенному пикселю и может оперировать ими (извлекать, складывать, умножать и т.п.).

После загрузки цифрового изображения в память программы, в его центральной части происходит выбор области измерения размером 10*10 см (рис. 2.10), поскольку наилучшее качество изображения может быть получено ближе к его центру. Размер области выбран, исходя из требований к стандартному методу измерений [23], и удовлетворяет любым условиям

измерений.

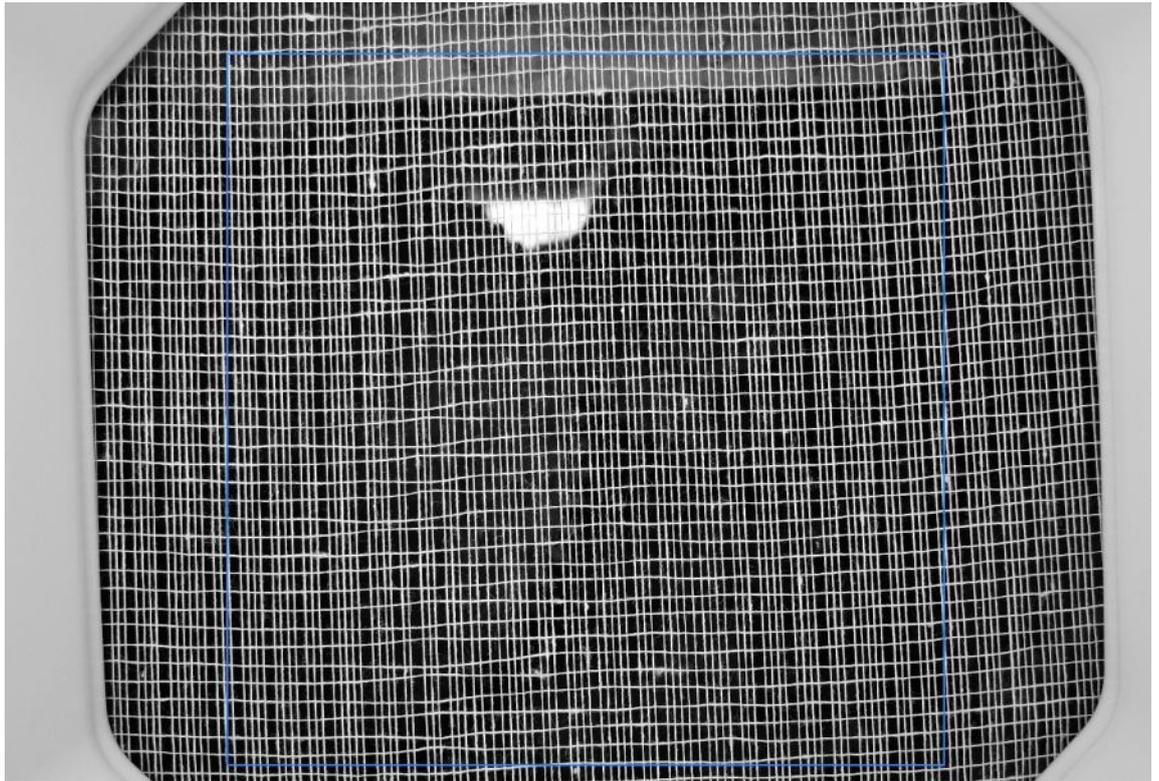


Рисунок 2.10 - Выбор области для анализа 10*10 см

Предполагается, что анализ всей области может вызвать искажение результатов в связи с возможным перекосом расположения нитей или их изогнутостью. Поэтому принято решение выделить в пределах области 10*10 см несколько участков размером $m*n$, где n количество кодированных пикселей по длине области, а m количество пикселей по ширине области. Одного выделенного участка $m*n$ недостаточно для надежной работы алгоритма. Исходя из желаемой производительности анализа изображения (порядка одной секунды), принято решение выделять по пять участков в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Согласно алгоритму значение n прямо пропорционально стандартной длине измеряемого участка изображения ткани (10 см) и обратно пропорционально размеру пикселя. В текущем исполнении проекционного устройства размер пикселя всегда постоянен и равен 0,0(45) мм, поэтому n всегда равно 2220. Величина m устанавливается по умолчанию равной 35, что

эквивалентно 1,58 мм и достаточно для равновероятного попадания изображений нитей и пор в пределах ширины анализируемого участка. Расположение выделенных участков симметрично относительно центра (рис.2.11).

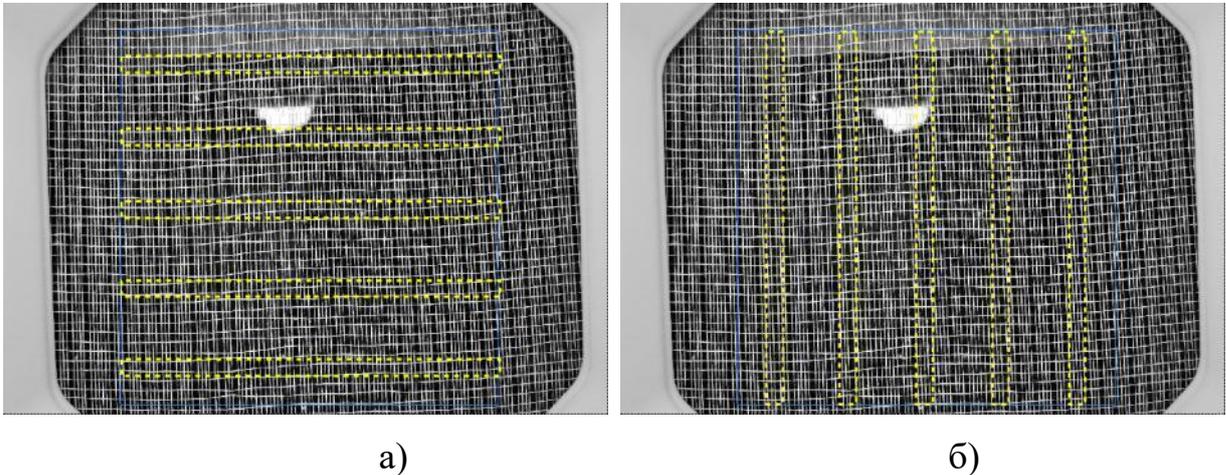


Рисунок 2.11 - Расположение выделенных участков для анализа по основе (а), по утку (б)

Размеры стандартного кадра в 10 Мпикс имеют соотношение 3648*2736 пикс и из условия симметрии крайний левый столбец (граница) в выделенной области будет иметь номер $n1 = 714$ в стандартном кадре. Крайний правый столбец будет иметь порядковый номер $n_n = 2934$ в стандартном кадре. Аналогично определим номера верхней и нижней строк выделенной области, соответственно равные $m1 = 258$ и $m_n = 2478$.

Необходимым условием получения изображения является то, что нити основы должны располагаться параллельно меньшей стороне стандартного кадра. При запуске в работу цифрового изображения, программа начинает прохождение по столбцам (для основы) и строкам (для утка) выделенных участков. В результате определяется суммарная яркость пикселей по столбцам, суммарная яркость пикселей по строкам, и формируются исходные одномерные сигналы. Рассмотрим получение сигнала суммарной яркости в выделенном участке по столбцам. Программа вычисляет суммарную яркость по формуле

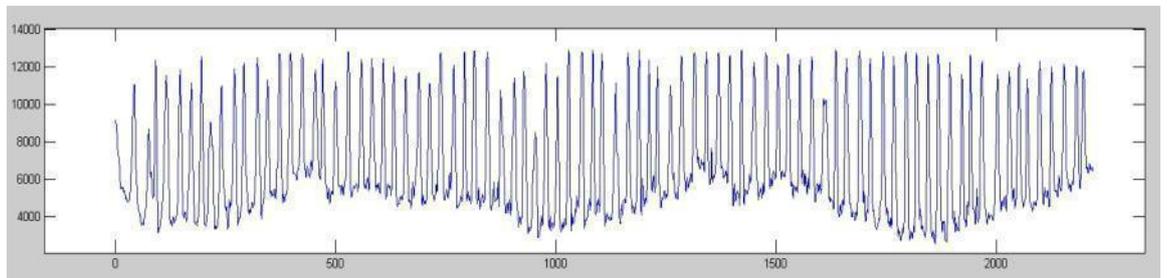
$$x_i = \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad (2.1)$$

где x_{ij} – яркость пикселя в i -ом столбце и j -ой строке выделенного участка.

Результат суммирования и исходного изображения представлены на (рис. 2.12).



а)



б)

Рисунок 2.12 Исходное изображение выделенного участка (а) и результат суммирования яркостей пикселей по столбцам (б)

Набор полученных значений представляет собой синусоидальную кривую с различными периодами и значениями пиков, где по горизонтальной оси находятся соответствующие пиксели (столбцы) выделенных участков, а по вертикальной оси – измеренная суммарная яркость пикселей в столбцах.

Для того чтобы полученная кривая имела более плавный вид, с помощью оригинальной функции «sglajiv» (см. Приложение В), построенной на основе метода скользящей средней [48] для четырех элементов. Блок-схема функции приведена на (рис. 2.13).

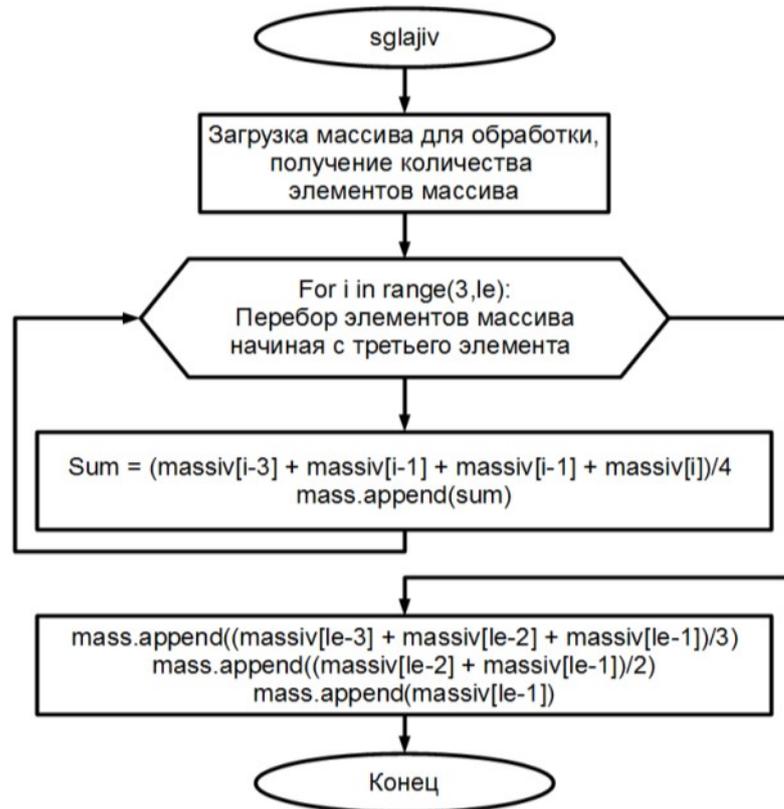


Рисунок 2.13 - Блок-схема оригинальной функции сглаживания массива

В результате на полученном графике появляется промежуточный результат в виде сглаженной диаграммы (рис. 2.14).

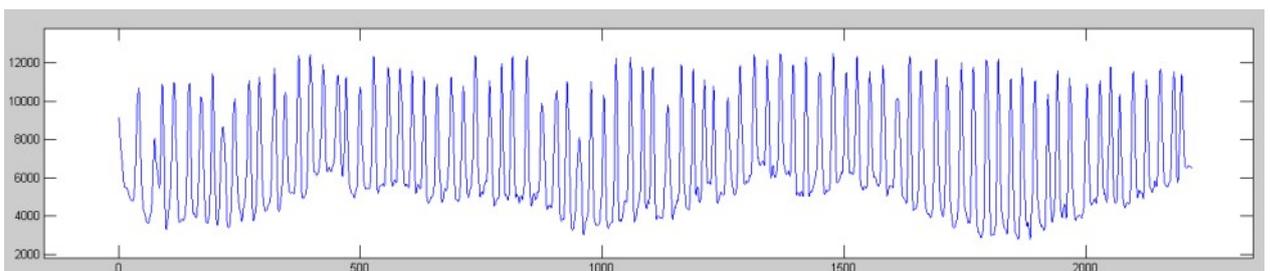


Рисунок 2.14 - Сглаженная диаграмма суммарных яркостей пикселей по столбцам

Следующей задачей является обнаружение пиков (локальных) на сглаженной диаграмме. Каждый пик имеет такие элементы как: левая ветвь, вершина, правая ветвь и впадина (рис. 2.15).

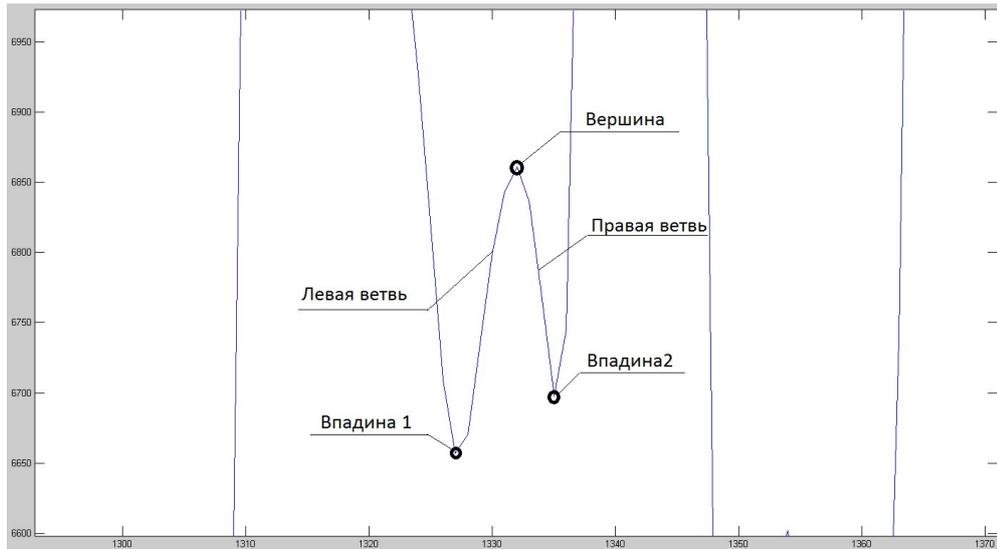


Рисунок 2.15 - Элементы пиков на диаграмме

Обнаружение пиков в программе производится с помощью оригинальной функции «*pike*» (см. Приложение В). Блок-схема функции приведена на (рис.2.16).

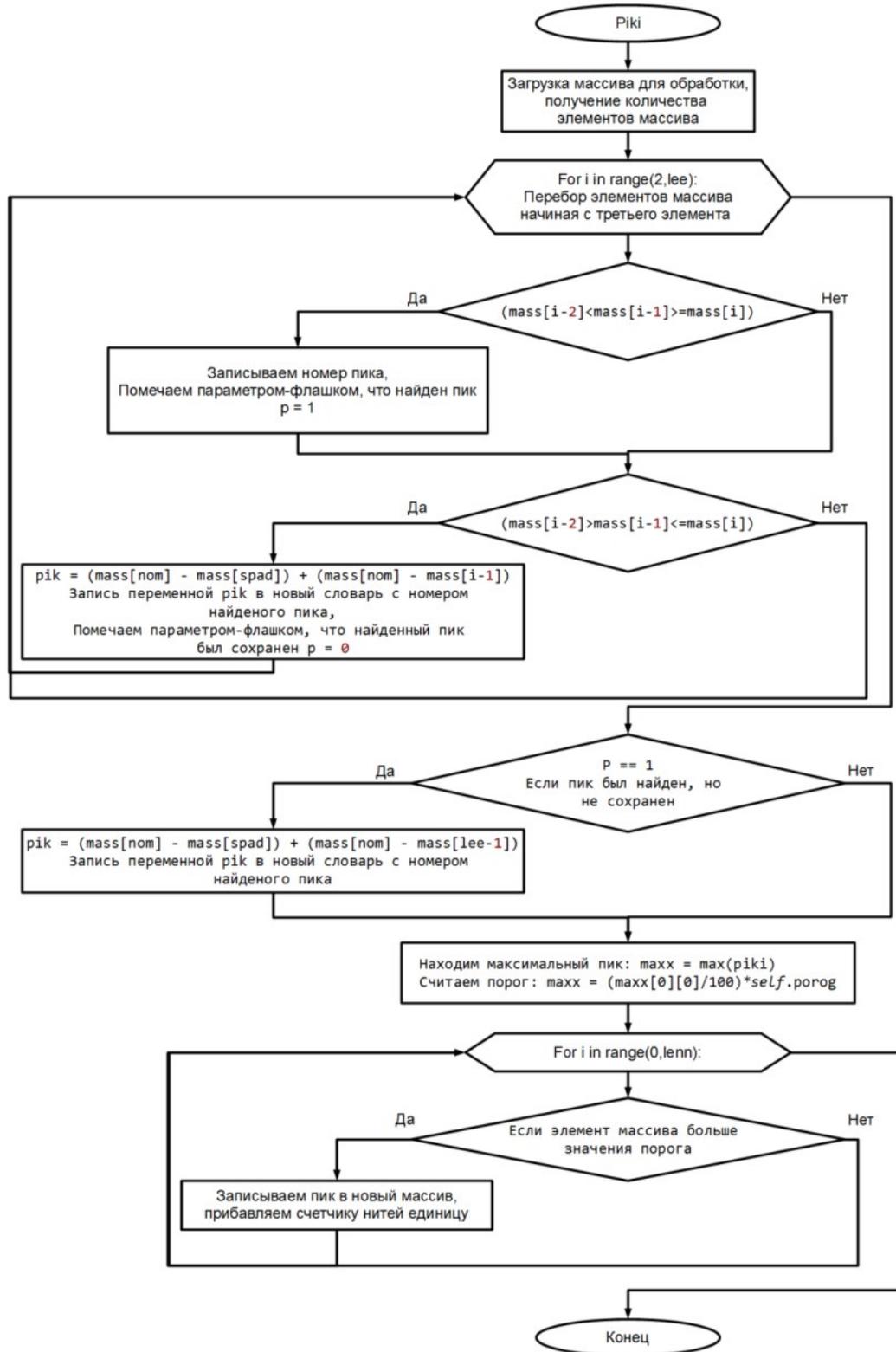


Рисунок 2.16 - Блок-схема оригинальной функции обнаружения пиков

Сущность обнаружения заключается в анализе взаимного расположения не менее трех последовательных точек x_{i-1} , x_i , x_{i+1} . Началом пика программа считает наличие события в виде локального минимума на

вогнутом участке диаграммы. Математически это выражается условием

$$x_{i-1} > x_i < x_{i+1} . \quad (2.2)$$

При этом запоминаются значение яркости впадины $(x_i)_{\min 1}$.

Далее функция продолжает перебор координат последовательных точек сглаженной диаграммы для обнаружения вершины. Нахождение вершины соответствует событию выраженному условием

$$x_{i-1} < x_i > x_{i+1} . \quad (2.3)$$

При этом запоминаются значение координаты i и значение яркости вершины $(x_i)_{\max}$. Кроме этого специальному параметру-флажку «р» присваивается значение 1 для фиксации пика по завершении анализа всего участка.

Окончательное обнаружение пика и его регистрация счетчиком программы производится при дальнейшем переборе координат, когда условие (2.1) повторяется. Вместе с этим запоминаются значение яркости второй впадины $(x_i)_{\min 2}$ а значение «р» приравнивается к нулю.

После этого для пика подсчитывается амплитуда левой ветви Δx_l , амплитуда правой ветви Δx_n и их сумма.

$$\Delta x_l = (x_i)_{\max} - (x_i)_{\min 1} , \quad (2.4)$$

$$\Delta x_n = (x_i)_{\max} - (x_i)_{\min 2} , \quad (2.5)$$

На основе этих вычислений определяется сумма амплитуд левой и правой ветви и формируется массив предполагаемых нитей, содержащий также координаты вершин пиков.

При достижении границы анализируемого участка программа проверяет условие «р == 1». Если оно выполняется.

С помощью встроенной функции находим максимальное значение суммы амплитуд M для того, чтобы определить пороговое значение

амплитуды с учетом экспериментально установленного порога амплитуды, выраженного в процентах от найденной максимальной суммы. Данный порог амплитуды оказывает критическое влияние на обнаружение нитей, поэтому принято решение устанавливать его дифференцировано в зависимости от числа нитей на 10 см. При этом в предварительном анализе каждого изображения когда фактическое число нитей не известно используется значение порога равное 20% и специальный алгоритм. Согласно этому алгоритму анализируется только центральный участок изображения соответственно в горизонтальном и вертикальном направлениях. Анализ участка аналогичен описанному выше а результат измерений учитывается в дальнейшем подборе порога амплитуды. Эмпирическая функция для подбора порога амплитуды имеет вид

$$p = 40 e^{-0.01 \cdot \Pi}, \quad (2.6)$$

где p - порог амплитуды;

Π - количество нитей на анализируемом участке, шт.

Подобранное значение порога амплитуды p используется в условии

$$A > \frac{M \cdot p}{100}, \quad (2.7)$$

где A - сумма амплитуд рассматриваемого пика, соответствующая изображению нити;

M - максимальное значение суммы амплитуд обеих ветвей пика на измеряемом участке.

Количество элементов массива сумм амплитуд, удовлетворяющих условию (2.7), выдается программой в качестве искомой величины числа нитей на 10 см [49].

Для визуализации результата подсчета нитей программа устанавливает на загруженном изображении цветные маркеры, центры которых

соответствуют координатам вершин пиков (рис. 2.17).

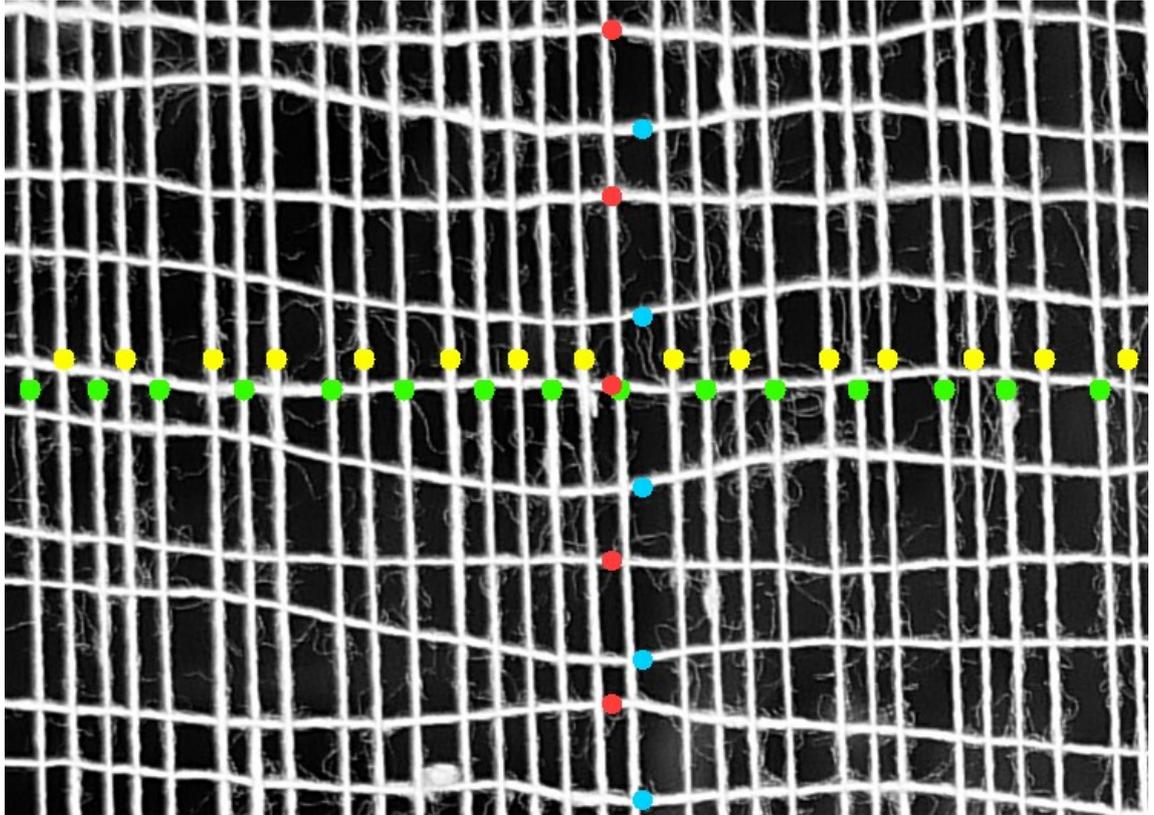


Рисунок 2.17 - Найденные нити помеченные разноцветными маркерами

Реализовав часть программы для подсчета линейной плотности ткани на изображении, именуемую далее ядром, получен блок преобразующий изображение на входе в результат подсчета числа нитей на заданную длину в 10 см (рис. 2.18).

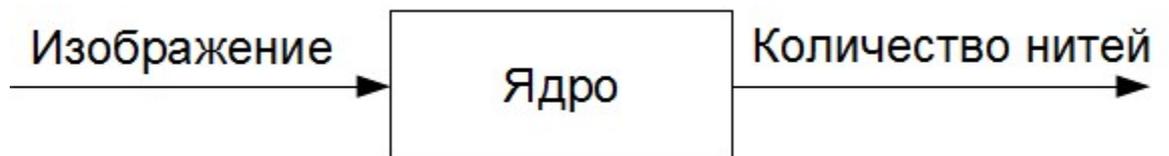


Рисунок 2.18 - Общее представление работы ядра

Ядро имеет законченное исполнение в виде интерфейса позволяющего загружать изображение (рис. 2.19), просматривать изображение пробы и выдавать результаты измерений (рис. 2.20) а так же производить визуальный контроль качества измерения.

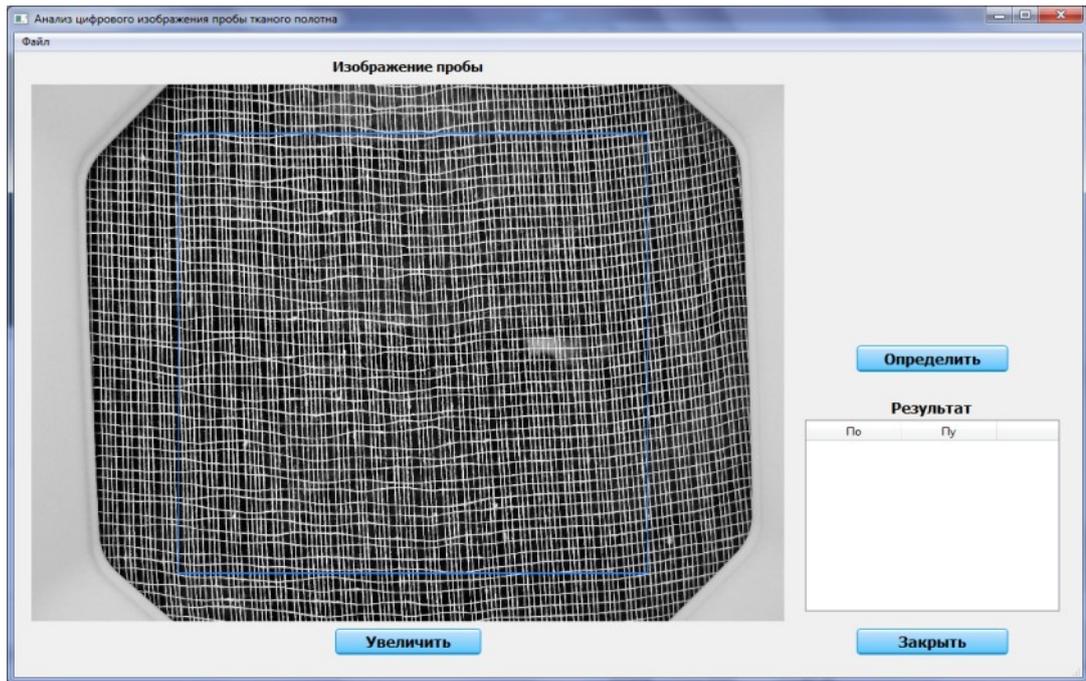


Рисунок 2.19 - Графический интерфейс ядра с загруженной пробой

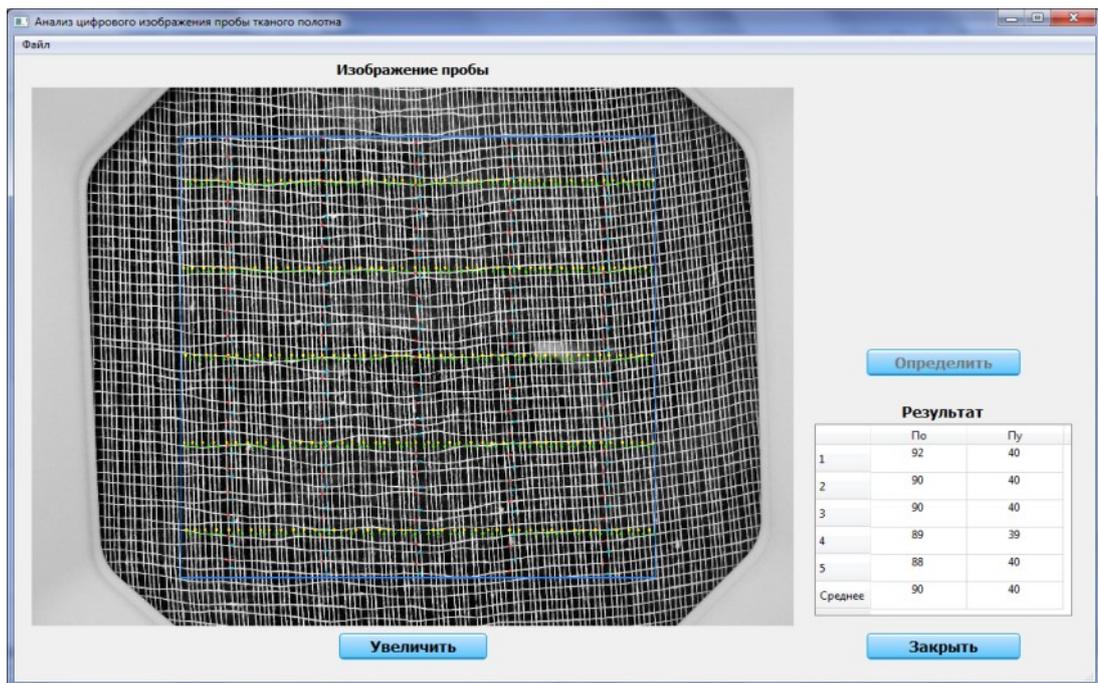


Рисунок 2.20 - Графический интерфейс ядра с проанализированной пробой

На программу оформлено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [50].

Применение указанного алгоритма способно с высокой

достоверностью находить изображения соответствующие нитям для объектов отличающихся высокой упорядоченностью структуры и контрастностью между фоном изображения и искомыми нитями. Для повышения надежности работы алгоритма предлагается дополнить основную ветвь анализа изображения методом, способным решать задачу анализа изображений и классификации макро и микрообъектов без привязки к конкретным координатам изображения. С этой целью применим спектральный анализ диаграммы суммарных яркостей пикселей, основанный на преобразовании Фурье. Наиболее ценным преимуществом данного преобразования является то, что оно позволяет выделять регулярные составляющие в сложном колебательном сигнале, благодаря чему можно правильно интерпретировать экспериментальные наблюдения. Выявление характерных синусоидальных составляющих с помощью преобразования Фурье позволяет не привязываться к конкретным участкам изображения, и при этом «видеть» не только текущее распределение элементов структуры. Сущность преобразования, реализованная в программном коде, отображена в Приложении Г.

Результат работы предложенного альтернативного алгоритма заключается в отборе такой гармонической составляющей спектра (рис. 2.21), которая «входит в резонанс» с исходной диаграммой суммарной яркости пикселей.

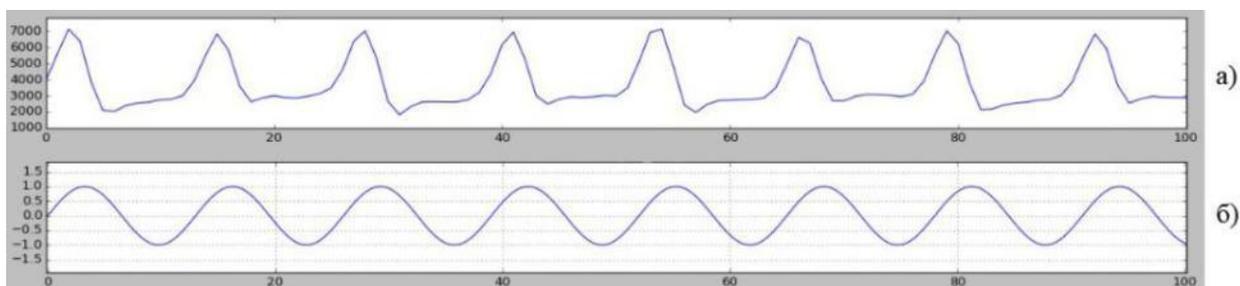


Рисунок 2.21 - Исходная диаграмма суммарной яркости пикселей (а) и соответствующая ей гармоническая функция (б)

Длина волны найденной гармонике численно равна среднему межнитевому расстоянию по конкретной системе нитей (основы или утка).

Таким образом, величина, обратная длине волны гармоника, приведенная на заданную длину в 100 мм, должна соответствовать числу нитей на этой длине.

В конечном итоге алгоритм сопоставляет две конкурирующие гипотезы относительно числа нитей на 10 см. В том случае если результаты оказываются идентичными, то формируется среднее арифметическое значение, которое выдается в протокол. Если расхождения между конкурирующими гипотезами составляет более 10 процентов, то алгоритм направляется на повторный анализ с оптимизированными режимами автоматизированного анализа изображения.

2.3. Оптимизация режимов автоматизированного анализа цифровых изображений

Целью программы статистического исследования оптического метода определения показателей плотности нитей в тканых полотнах является поиск областей диапазона варьирования влияющих факторов с приемлемыми результатами. В качестве объектов программы использовались следующие материалы:

- марля суровая, номинальной плотностью 88 н/дм по основе, 38 н/дм по утку (фирма-производитель ООО «НАВТЕКС»);
- бязь отбеленная, номинальной плотностью 250 н/дм по основе, 150 н/дм по утку (фирма-производитель ООО «СЕЛТЕКС»);
- перкаль суровый, номинальной плотностью 404 н/дм по основе, 319 н/дм по утку (фирма-производитель ЗАО «НОРДТЕКС»).

Условно программу исследования можно разделить на несколько основных этапов представленных на (рис. 2.22).

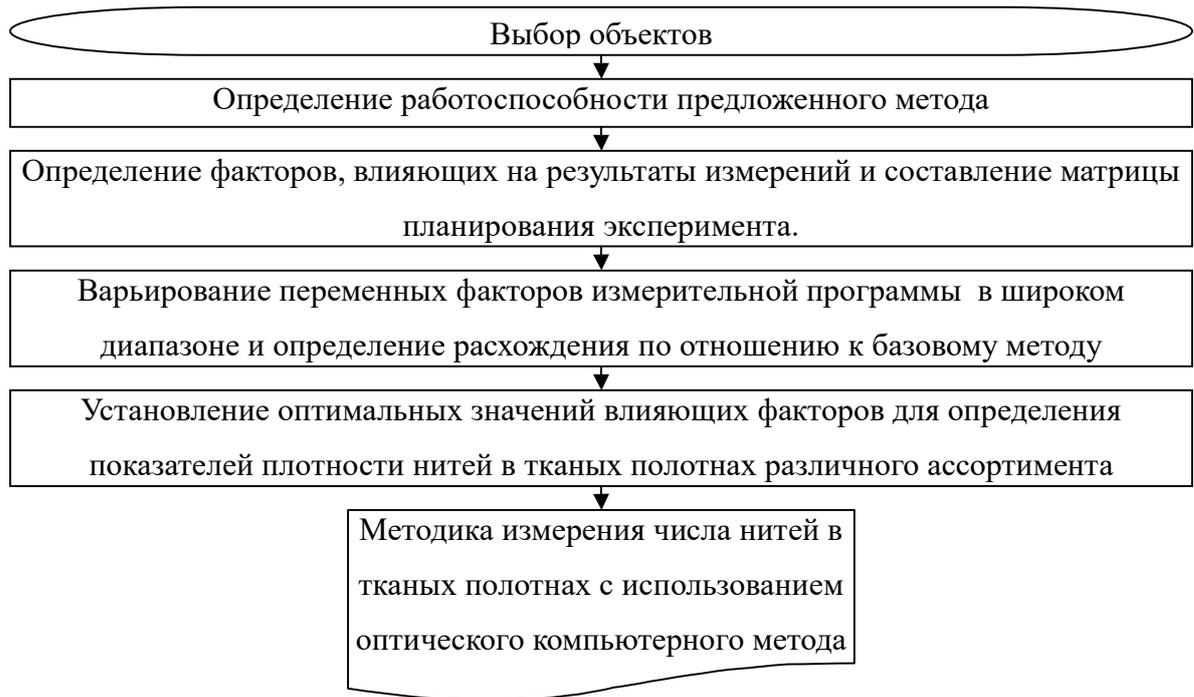


Рисунок 2.22 - Этапы программы статистического исследования оптического метода определения показателей плотности нитей в тканых полотнах

Получение первичных результатов и оценка работоспособности предложенного метода преследовало цель проверки гипотезы приемлемости результатов предлагаемого метода определения плотности нитей в тканых полотнах в сравнении с применяемым стандартным методом.

Для проведения работ по исследованию существующих объектов, первоначально на данном этапе, происходил отбор точечных проб, который был ограничен существующим в наличие набором материалов. От каждой точечной пробы, а именно материала одного наименования и артикула, происходил отбор пяти элементарных проб. Под элементарной пробой мы понимали участок ткани, с которого производилось получение цифрового изображения. Размер рабочей пробы соответствовал участку ткани 15*15 см.

На каждой отобранной элементарной пробе производилось двукратное получение цифрового изображения, причем повторное изображение содержало калибровочный элемент в виде градуированных шкал, сопряженных под углом 90 °С (рис. 2.23). Повторный снимок был сделан в

том же месте, что и предыдущий.

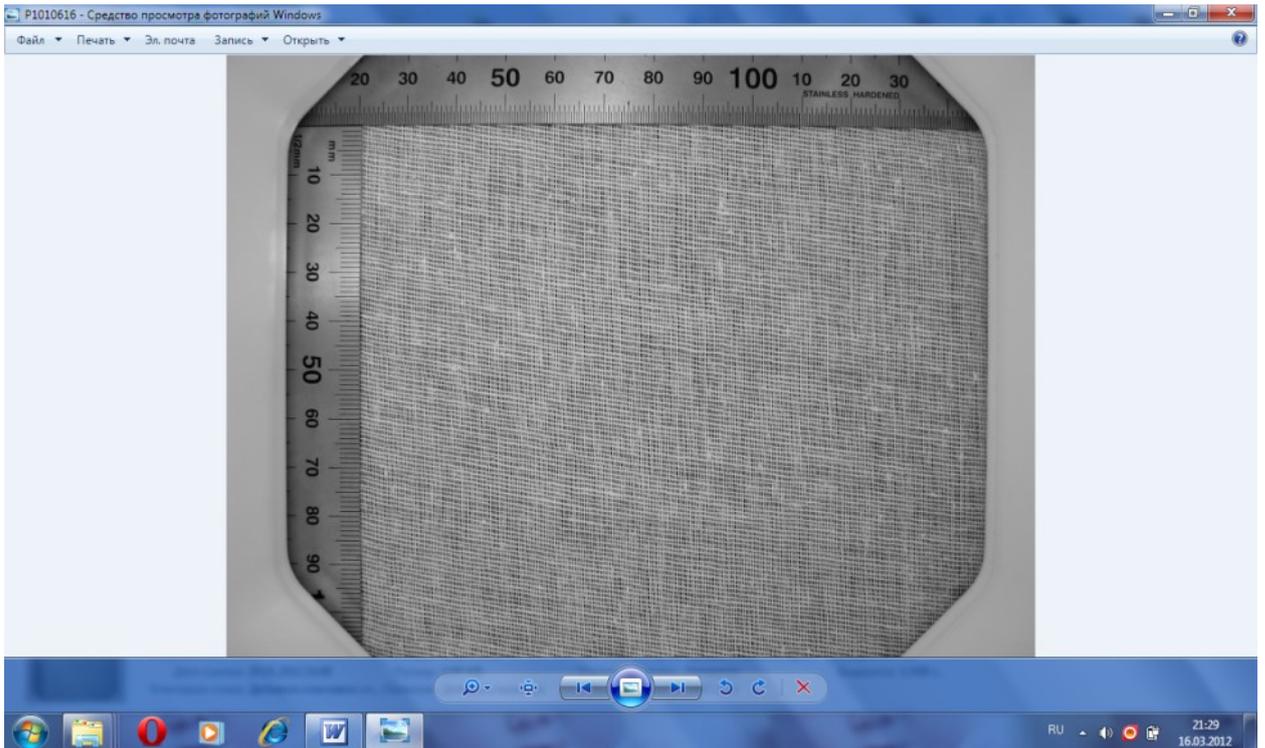


Рисунок 2.23 – Изображение элементарной пробы ткани с калибровочным элементом

По полученным изображениям (без калибровочных элементов) проводится обработка с использованием разработанной измерительной программы и выдаются результаты измерения плотности ткани (см. таблицу 2.1).

Для получения первичных результатов и оценки работоспособности предложенного метода изначально, в программе были установлены следующие значения факторов, влияющих на результаты измерения плотности нитей: «порог амплитуды» = 20%, «сглаживание1» = 1, «ширина участка» = 60 пх. Результаты измерений цифровых изображений элементарных проб представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты сравнительных измерений числа нитей на 10 см

Артикул ткани	Результаты оценки работоспособности предлагаемого метода					
	По плотности нитей по основе, P_o , н/10см			По плотности нитей по утку, P_y , н/10см		
	Базовый метод	Предлагаемый метод	Абсолютное отклонение	Базовый метод	Предлагаемый метод	Абсолютное отклонение
1	2	3	4	5	6	7
Ситец	216	212	4	107	106	1
	210	205	5	105	103	2
	212	209	3	108	104	4
	211	207	4	107	104	3
	212	210	2	105	103	2
Бязь	245	241	4	152	149	3
	244	240	4	153	154	-1
	242	243	-1	152	155	-3
	248	243	5	154	150	4
	250	245	5	151	142	9
Перкаль	296	291	5	204	371	-167
	447	382	65	294	287	7
	445	372	73	296	290	6
	397	361	36	296	289	7
	394	373	21	296	290	6
Марля суровая						
Ст.№124 6	87	85	2	61	60	1
	85	89	-4	63	60	3
	86	88	-2	62	60	2
	87	86	1	61	60	1
	86	87	-1	61	60	1
Ст.№105	99	98	1	94	92	2
	99	100	-1	94	93	1
	99	98	1	94	93	1
	99	98	1	96	95	1
	100	98	2	96	94	2
Ст.№121 6	86	94	-8	61	61	0
	86	88	-2	61	61	0
	86	88	-2	61	60	1
	86	89	-3	61	61	0
	87	90	-3	62	62	0
Ст.№124 5	118	113	5	47	45	2
	117	116	1	46	45	1
	118	116	2	46	46	0
	115	115	0	45	46	-1
	117	116	1	46	45	1

<i>Окончание таблицы 2.1</i>						
1	2	3	4	5	6	7
Ст.№121 5	86	90	-4	64	61	3
	86	87	-1	63	61	2
	86	87	-1	62	61	1
	88	84	4	62	60	2
	86	90	-4	63	61	2
Ст.№474	86	84	2	31	32	-1
	88	82	6	34	33	1
	86	74	12	33	33	0
	88	78	10	34	33	1
	87	77	10	35	35	0

Как видно из таблицы 2.1 расхождения между базовым и предлагаемым методами имеются, но их величина (за исключением отдельных значений) позволяет выдвинуть гипотезу о том, что они несущественные. Чтобы подтвердить эту гипотезу, проведена серия сравнительных испытаний с последующей статистической обработкой. Для испытаний использовались два артикула отбеленной хлопчатобумажной ткани (ситец и бязь).

Программа испытаний предусматривала: определение опорного значения, определение значения числа нитей на 10 см предлагаемым методом измерений, определение смещения и его оценка.

Опорное значение определяется на основе стандартного метода [51]. Для того, чтобы снизить субъективное влияние неучтенных факторов, принято решение провести независимые исследования в повторностях, выполненных различными операторами. Программа определения опорного значения включает:

Разделение партии на 11 частей;

Оценку каждой части в одиннадцати повторностях согласно [23];

Регистрацию результатов по основе и утку для каждого оператора и обобщение данных в итоговой таблице;

Определение опорного значения (таблица 2.2) для соответствующих частей путем усреднения

$$P_o = \frac{\sum P_{oij}}{n}, \quad (2.8)$$

$$P_y = \frac{\sum P_{yij}}{n}, \quad (2.9)$$

где P_o , P_y - опорное значение числа нитей по основе и утку;

P_{ij} – результаты измерений по [23] в i -ой повторности j -ой части.

Таблица 2.2 - Вводная таблица с результатами определения плотности ситца (опорные значения) базовым методом

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y
203,81	106,97	206	109,4	206,93	107,29	203,28	108,34	212,51	107,45	205,62	105,82	209,46	108,79	204,54	105,64	208,7	107,64	209,59	105,99	206,51	105,99

В результате определено общее опорное значение для ситца:

$$P_o = 206,99; P_y = 107,2.$$

В ходе измерений также поставлена цель по снижению влияния неравномерности исследуемого материала, поэтому предлагаемый метод был реализован на тех же образцах, которые использовались для определения опорного значения плотности. При помощи предлагаемого проекционного устройства производилась серия снимков по каждому исследуемому образцу ткани в количестве 35 кадров. Далее с помощью компьютерной программы измерялась плотность ткани по основе и утку (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Сводная таблица с результатами определения плотности ситца предлагаемым методом

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y	P_o	P_y
208,6	103,4	207,3	102,86	04,9	102,6	206,057	102,486	207,2	102,9	05,2	103,5	07,8	100,7	207,8	100,7	207,06	103,11	206,94	102,74	206,3	109,6

По полученным данным производилась оценка смещения и линейность. Определение смещения согласно методике MSA [52] по формулам:

$$C_{mi} = X_{\text{опорное}i} - \bar{X}_i, \quad (2.10)$$

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{35} X_{ij}}{35}, \quad (2.11)$$

Оценка среднего смещения определена по выражению

$$\bar{C}_m = \frac{\sum_{j=1}^{11} C_{mi}}{11}, \quad (2.12)$$

Таблица 2.4 – Значения среднего смещения по точечным пробам

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Π _о	Π _в																				
-4,42	0,68	-1,6	6,54	2,03	4,69	-2,78	5,85	5,31	4,55	0,42	2,32	0,42	2,32	1,66	8,09	1,64	4,53	2,65	3,25	-1,4	0,3

Определение приемлемости общего смещения по основе в соответствии с MSA предусматривает численную оценку по критерию Стьюдента.

Среднее значение генеральной совокупности по результатам измерений предлагаемым методом определяется по формуле

$$\sum X_j \frac{n_j}{n} = 207,3124 \quad (2.13)$$

Определение стандартного отклонения сходимости осуществляется по выражению

$$\sigma_r(\text{сходимость}) = \frac{\max(x_i) - \min(x_i)}{d_2^k} = \frac{12}{2,18} = 3,77 \quad (2.14)$$

где d_2 – квантиль d -распределения согласно [52] (приложение С при $g=1$; $m=n$).

Определение t - статистики для смещения основано на следующих зависимостях

$$\sigma_{\epsilon}(\text{смещение}) = \frac{\sigma_r}{\sqrt{n}} = \frac{3,77}{\sqrt{385}} = 0,192, \quad (2.15)$$

$$t = \frac{\text{смещение}}{\sigma_{\epsilon}} = 207,3 - \frac{206,99}{0,192} = 1,61. \quad (2.16)$$

Согласно методики MSA смещение приемлемо с уровнем доверия α , если ноль попадает в двусторонний доверительный интервал $1 - \alpha$ около величины смещения.

$$\text{смещение} - \left[\frac{d_2 \sigma_{\epsilon}}{d_2^*} \left(t_{v,1} - \frac{u}{2} \right) \right] \leq \text{ноль} \leq \text{смещение} + \left[\frac{d_2 \sigma_{\epsilon}}{d_2^*} \left(t_{v,1} - \frac{u}{2} \right) \right], \quad (2.17)$$

где d_2 , d_2^* и v находятся в приложении С ($g=1; m=n$) [52];

$t_{v,1} - \frac{u}{2}$ находится из стандартных t таблиц по [53].

Подставив необходимое значение в выражение (2.17) получим

$$0,31 - \left[8,12 \times \frac{0,192}{3,18} \times 1,960 \right] \leq \text{ноль} \leq 0,31 + \left[8,12 \times \frac{0,192}{3,18} \times 1,960 \right],$$

$$- 0,65 \leq \text{ноль} \leq 1,27.$$

Общее смещение по числу нитей на 10 см по основе для исследуемого ситца приемлемо, что свидетельствует об отсутствии существенных отклонений в результатах.

Аналогично получены данные плотности по утку ситца.

В результате анализа получили:

$$\text{смещение} - \left[\frac{d_2 \sigma_{\epsilon}}{d_2^*} \left(t_{v,1} - \frac{u}{2} \right) \right] \leq \text{ноль} \leq \text{смещение} + \left[\frac{d_2 \sigma_{\epsilon}}{d_2^*} \left(t_{v,1} - \frac{u}{2} \right) \right]$$

$$3,25 - \left[\frac{8,12 \times 0,075}{3,18} \times 1,960 \right] \leq \text{ноль} \leq 3,25 + \left[\frac{8,12 \times 0,075}{3,18} \times 1,960 \right]$$

$$2,875 \leq \text{ноль} \leq 3,6$$

Согласно принятым представлениям полученное соотношение свидетельствует о наличии существенно значимого смещения среднего генеральной совокупности от опорного значения. Возможными причинами этого является высокий перекокс ткани по утку и недостаточная способность программы распознавать наличие нити, находящейся в непрямолинейном положении.

Подобные исследования проведены в отношении ткани бязи и перкаля. Первичные данные по бязи приведены в таблицах 2.5 и 2.6.

Таблица 2.5 - Сводная таблица с результатами определения плотности бязи (опорные значения) базовым методом

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Π _о	Π _у																				
245,93	149,82	251,28	147,46	239,1	149,46	243,46	148,31	251,39	152,92	245,41	152,54	246,35	154,72	244,54	154,72	240,12	150,9	247,93	158,25	246,82	150,36

Общее опорное значение: $\Pi_o = 246$; $\Pi_y = 152$.

Таблица 2.6 - Сводная таблица с результатами определения плотности бязи инновационным методом

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Π _о	Π _у																				
242,97	152	243	151,77	236,4	156,4	238,53	151	243,8	150	238,3	151,08	43,2	151,5	43,2	152,5	236,77	154,69	244,7	149,6	236,77	152

Выборочная характеристика смещения приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Значения среднего смещения полученные с использованием формул

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
П _о	П _у																				
2,96	-2,18	8,28	-4,31	2,7	-6,99	6,93	-2,64	7,59	2,92	7,11	1,46	3,65	5,62	1,34	5,62	3,35	-3,786	3,23	8,65	10,05	-1,64

В соответствии с выполненными расчетами можно сделать вывод о наличии существенно значимого смещения среднего генеральной совокупности от опорного значения для данного артикула. Возможной причиной этого является высокая плотность ткани по основе. Вероятно, измерительный алгоритм с первоначальными настройками «порога амплитуды», «сглаживания1» и «ширины участка» не улавливает изменения яркости в изображении и допускает многочисленные ошибки.

Аналогичные замеры по утку для бязи говорят о приемлемости смещения, что свидетельствует об отсутствии существенных отклонений в результатах.

На основании проведенных исследований установлено, что предлагаемый метод определения нитей в тканых полотнах в целом работоспособен. Вместе с тем, в определенных условиях, а именно при существенном перекосе ткани, а также при ее повышенной плотности наблюдается смещение результатов, которое можно оценить, как существенно значимое. Поэтому, следующим этапом является более детальное исследование влияющих внутренних факторов программы и их оптимизацию.

Как было рассмотрено ранее, при автоматизированном анализе плотности нитей в тканых полотнах используются три параметра учтенные в алгоритме, а именно: порог амплитуды, сглаживание и ширина измеряемого участка. При подсчете числа нитей на 10 см при различных значениях этих факторов (при однофакторных анализах) выяснилось, что каждый из них

ведет себя по-разному, увеличивая или уменьшая количество ошибок при измерении, либо не влияет на результаты. Для того чтобы понять характер данных проявлений, необходимо определить, что представляет собой каждый фактор.

Порог амплитуды - это критическая величина отношения между амплитудой суммарных яркостей в пределах локального периода и максимальной амплитудой в пределах длины всего анализируемого отрезка.

Сглаживание – это количество последовательных точек одномерного сигнала, по которым осуществляется усреднение для последующего построения результирующего сигнала скользящих средних. Основной принцип сглаживания — использование возможностей устройства вывода для показа оттенков цвета, которым нарисована кривая. В этом случае пиксели, соседние с граничным пикселем изображения, принимают промежуточное значение между цветом изображения и цветом фона, создавая градиент и размывая границу. Сглаживание очень сильно зависит от производительности видеопамяти, поэтому скоростная графическая плата с быстрой памятью сможет просчитать полноэкранный сглаживание с меньшим ущербом для производительности, чем графическая карта более низкого класса. Сглаживание можно включать в различных режимах. Например, сглаживание четырех даст более качественное изображение, чем сглаживание двух, но значительно снизит производительность. Тогда как сглаживание двух удваивает горизонтальное и вертикальное разрешение, режим четырех его учетверяет.

Ширина участка (по основе) – определяется количеством строк в выделенном участке изображения, используемом для построения одномерного сигнала суммарных яркостей по столбцам выделенного участка.

Ширина участка (по утку) – определяется количеством столбцов в выделенном участке изображения, используемом для построения одномерного сигнала суммарных яркостей по строкам выделенного участка.

На основании данных предварительного эксперимента определены ориентировочные интервалы варьирования каждого из перечисленных факторов и шаг его изменения. Величина шага для разного ассортимента оказалась различной (табл. 2.8), что связано со стремлением к постоянному числу опытов при разном интервале варьирования.

Таблица 2.8 - Матрица планирования эксперимента

Вид ткани	Планируемые значения варьируемых параметров		
	Порог амплитуды, %	Сглаживание	Ширина участка
Бязь отбеленная	1,2 – 1,8	3 - 8	20 - 60
	Шаг = 0,2	Шаг = 1	Шаг = 10
Бязь суровая	1 - 10	1 - 10	15 - 50
	Шаг = 1	Шаг = 1	Шаг = 5
Ситец	5 - 12	1 - 8	20 - 60
	Шаг = 1	Шаг = 1	Шаг = 10
Марля	10 - 30	4 - 24	15 - 5
	Шаг = 2	Шаг = 2	Шаг = 5

Данная матрица служит основой для дальнейшего установления уровней факторов в широком диапазоне и проведения соответствующего исследования.

На данном этапе исследования поставлена задача по уточнению областей, в которых могут находиться оптимальные значения факторов варьирования. В связи с большим объемом спланированного эксперимента и необходимостью оперативного получения результатов по марлевому ассортименту, в данном разделе работы основной акцент сделан на той части полотен, которая включает только артикулы марли, вырабатываемой ООО «Навтекс» (предполагаемый заказчик оптического метода). Образцы ткани были взяты с различных станков для обеспечения необходимого объема и представительности информации.

Перечень артикулов марли и их технические данные приведены в (таблице 2.9).

Таблица 2.9 – Перечень артикулов марли и их технические характеристики

Артикул	№ станка	Ширина, см		Поверхностная плотность, г/м		Число нитей по основе на 10 см		Число нитей по утку на 10 см		Разрывная нагрузка по основе, кгс		Разрывная нагрузка по утку, кгс	
		норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт	норма	факт
6501/3	Ст№105	98±1,5	97,5	52±2	52,96	100±2	100,4	95±3	94,8	8,5	12,28	3,5	10,58
6498/5П/3Т	Ст№1216	95±1,5	94,4	35,6±2	35,28	88±2	88	62±2	62,4	-	-	-	-
	Ст№1246	95±1,5	95,1	35,6±2	35,38	88±2	88,06	62±2	62	-	-	-	-
	Ст№1215	95±1,5	95	35,6±2	35,36	88±2	88	62±2	62	-	-	-	-
6498/8АТ/1	Ст№1245	95±1,5	95,6	31±1	31,2	118±2	118,8	44±2	44,4	5,8	6,6	2,8	2,6
6498/21/8	Ст№474	95±1	95,3	24±1	24,04	88±2	88	38±2	36,4	5,8	6,56	2,5	2,44

В (табл. 2.10) приведен перечень варьируемых показателей, с соответствующими контрольными значениями, используемыми при измерениях.

Таблица 2.10 - Уровни варьирования факторов измерительной программы

Параметры варьирования	Порог амплитуды, %	Ширина участка, пикс	Сглаживание
Контрольные значения	5, 10, 15, 20, 30	20, 30, 40, 60, 80	3

Подсчет плотности нитей в тканых полотнах при различных контрольных значениях варьируемых параметров производился измерительной программой с использованием цифровых изображений, полученных ранее.

Количественным показателем для анализа полученных результатов было выбрано абсолютное отклонение результатов измерений плотности нитей в тканых полотнах, полученных базовым методом и программным, при контрольных значениях учтенных параметров. Результаты сравнительного анализа приведены на рисунках 2.24 и 2.25.

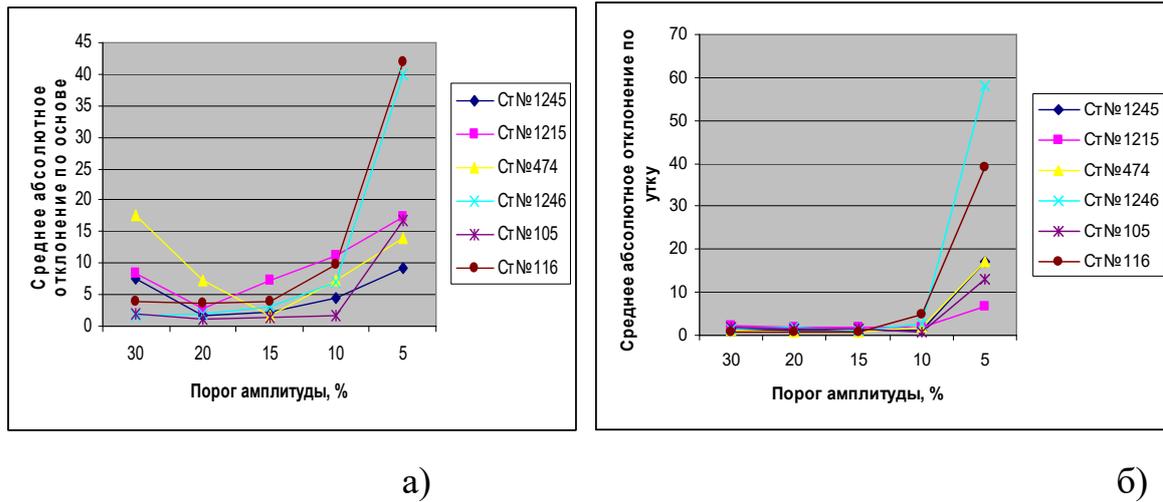


Рисунок 2.24 – Диаграммы изменения среднего абсолютного отклонения результатов в зависимости от величины порога амплитуды по основе (а) и по утку (б)

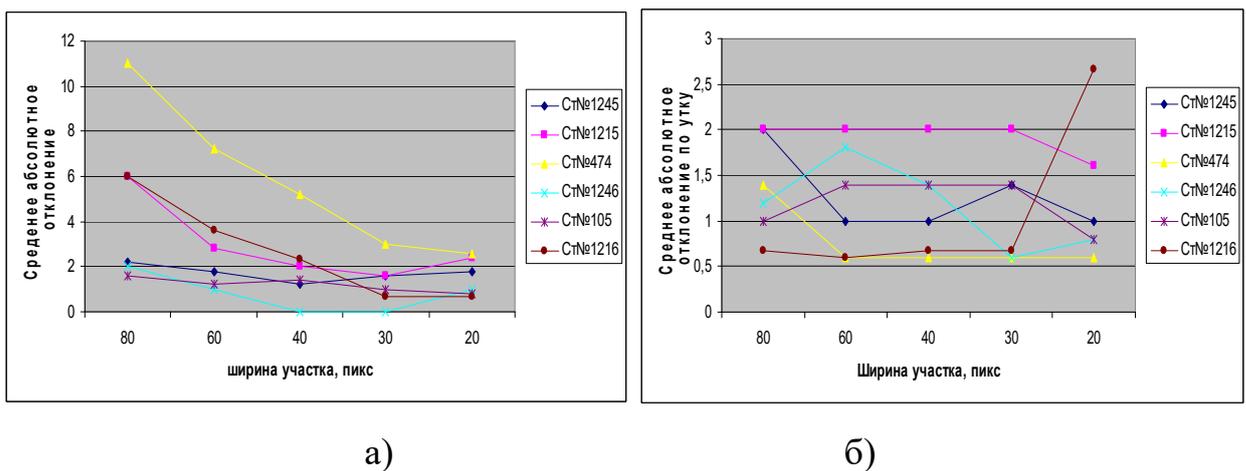


Рисунок 2.25 – Диаграммы изменения среднего абсолютного отклонения результатов в зависимости от ширины участка по основе (а) и по утку (б)

Примечание: при варьировании одного из параметров программы другие параметры установлены на неизменном уровне.

Полученные эмпирические зависимости абсолютного отклонения от величины порога амплитуды дают возможность предположить, что оптимальное значение находится в диапазоне от 10 до 30 %. Это справедливо как для направления по основе, так и для направления по утку. Таким образом, на этапе оптимизации, интервал варьирования порога амплитуды

составит 20% с шагом в 2%.

Как показывает анализ (рис. 2.24 (а)) с уменьшением ширины участка от 80 до 40 пикс наблюдается резкое снижение отклонений. Дальнейшее уменьшение ширины приводит к неоднозначному изменению среднего абсолютного отклонения. Вместе с тем, для марли артикула 6498/5П/3Т минимальное значение отклонения наблюдается около 30 пикс. Анализ (рис. 2.24 (б)) позволяет предположить, что для уточного направления ожидаемые оптимумы могут находиться в диапазоне ширины от 20 до 30 пикс. Таким образом, на этапе оптимизации, интервал варьирования ширины участка примем от 15 до 45 пикс с шагом в 5 пикс.

Относительно третьего фактора – «сглаживания», принято решение оставить его на неизменном уровне (табл. 2.10). Это связано с тем, что анализировать поверхность отклика при трех переменных достаточно сложно. Однако, на следующем этапе исследования этот фактор будет учтен. Поскольку предварительные данные отсутствовали, то следует варьировать «сглаживанием» в максимально широком диапазоне (от четырех до 24) с шагом в две единицы.

По аналогичной схеме проведены исследования для определения областей оптимизации по тканям с большей плотностью: ситец и бязь суровая (результаты не приводятся).

В результате определены интервалы и шаг варьирования по трем факторам для ситца и бязи суровой (табл. 2.11).

Таблица 2.11 - Уровни варьирования факторов измерительной программы для ситца и бязи суровой

Параметры варьирования	Порог амплитуды, %	Ширина участка, пикс	Сглаживание
Интервал и шаг варьирования для бязи суровой	1-10 с шагом 1	15-50 с шагом 5	1-10 с шагом 1
Интервал и шаг варьирования для ситца	5-12 с шагом 1	20-60 с шагом 10	1-8 с шагом 1

Полученные значения позволяют приступить к следующему этапу - оптимизации измерительной программы.

В качестве критерия выбора оптимальных значений влияющих на плотность нитей факторов использовалось абсолютное количество ошибок определения числа нитей программно-аппаратным комплексом при различных значениях параметров относительно визуального подсчета. Для того чтобы определить эти значения выбранного критерия, был проведен ряд исследований. А именно, по полученным цифровым изображениям производился программный подсчет количества нитей на 10 см с последующим выделением нитей в местах непосредственного обнаружения, для дальнейшего рассмотрения пропусков либо излишне обнаруженных нитей. Анализ промаркированных на изображении нитей производился невооруженным глазом при увеличении сохраненных изображений выведенных на экран монитора.

Исследования проведены для различных тканей при определенных на предыдущем этапе значениях параметров. Целью данного анализа было выявление степени влияния каждого из факторов на определенный артикул тканей и выбор оптимальных общих значений параметров для правильного подсчета плотности нитей программным способом. При этом измерения проводились при варьировании одного из параметров, все остальные оставались на неизменном уровне.

На основании проведенных измерений получены следующие данные для анализа. Варьирование порогом амплитуды в диапазоне от 1 до 10% согласно матрице планирования эксперимента и соответствующие данные по суммарному числу ошибок по каждому направлению нитей в суровой бязи представлены в (табл. 2.12).

Таблица 2.12 – Суммарное число ошибок в зависимости от уровня порога амплитуды

Направление нитей	Число ошибок при значениях порога амплитуды									
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
уток	273	206	131	81	27	22	7	3	4	0
основа	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Для более наглядного представления полученных данных приведена графическая зависимость от данного фактора (рис. 2.26).

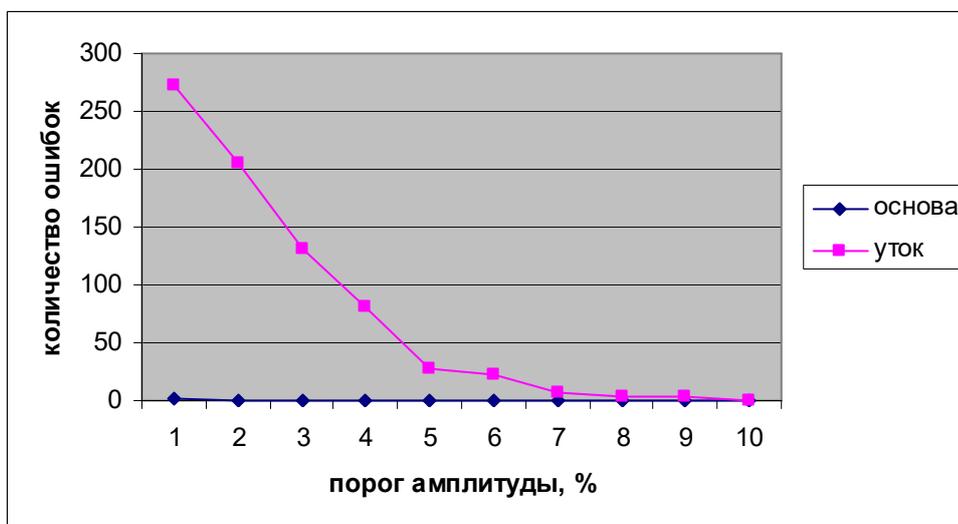


Рисунок 2.26 – Диаграмма изменения суммарного числа ошибок в зависимости от значения порога амплитуды

Как показывает анализ, суммарное число ошибок для нитей утка в зависимости от варьирования порога амплитуды является более чувствительным чем для нитей основы. Это позволяет сделать вывод о том, что данный фактор при определении числа нитей по основе не оказывает влияния на результат, поэтому порог амплитуды для аналогичных тканей можно принять на некотором усредненном уровне (равным 5).

Варьирование «сглаживанием» привело к следующим результатам приведенным в (табл. 2.13) и на (рис. 2.27).

Таблица 2.13 - Суммарное число ошибок в зависимости от значений «сглаживания»

Направление нитей	Число ошибок при значениях «сглаживания»									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
уток	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
основа	0	0	0	0	1	1	247	271	565	565

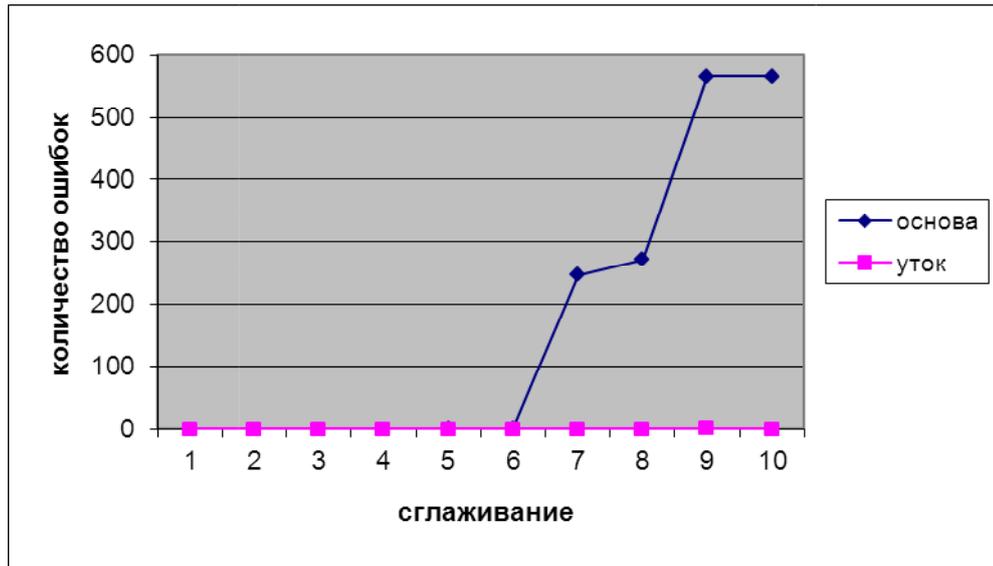


Рисунок 2.27 - Диаграмма изменения суммарного числа ошибок в зависимости от значения «сглаживания»

Исходя из полученных данных, можно заключить, что для данного вида ткани предельно допустимое значение сглаживания должно быть не более 6, как в направлении основы, так и в направлении утка.

По данным эксперимента с варьированием ширины участка (табл. 2.14) следует отметить, что ее изменение от 20 до 50 пикс не снижает качество распознавания нитей для бязи суровой.

Таблица 2.14 - Суммарное число ошибок в зависимости от значений ширины участка

Направление нитей	Число ошибок при значениях ширины участка							
	15	20	25	30	35	40	45	50
уток	5	0	0	0	0	0	0	0
основа	2	0	0	0	0	0	0	0

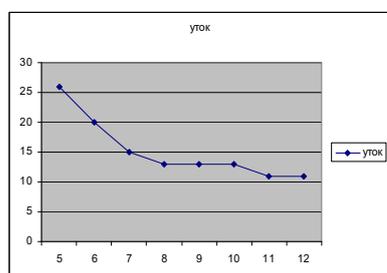
Вместе с тем, не следует устанавливать ширину участка менее 20 пикс.

В целях снижения общей трудоемкости эксперимента и, учитывая чувствительность суммарного числа ошибок при определении числа нитей по утку, для прочих видов тканей (ситец, марля, бязь отбеленная) исследование проведено только по уточному направлению.

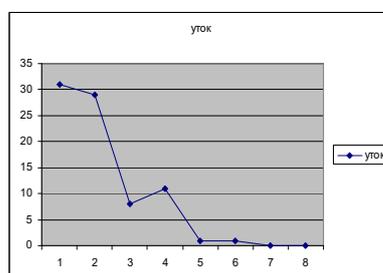
Полученные экспериментальные данные для ситца приведены в (табл. 2.15) и на (рис. 2.28).

Таблица 2.15 – Сводные данные эксперимента по варьированию факторами измерительной программы применительно к ситцу

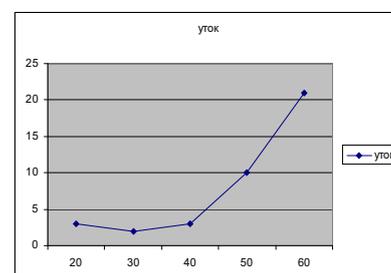
Наименование фактора (вход/выход)		Экспериментальные значения							
Порог амплитуды	Уровень, %	5	6	7	8	9	10	11	12
	Число ошибок	26	20	15	13	13	13	11	11
Сглаживание	Уровень	1	2	3	4	5	6	7	8
	Число ошибок	31	29	8	11	1	1	0	0
Ширина участка	Уровень, пикс	20	30	40	50	60	-	-	-
	Число ошибок	3	2	3	10	21	-	-	-



а)



б)



в)

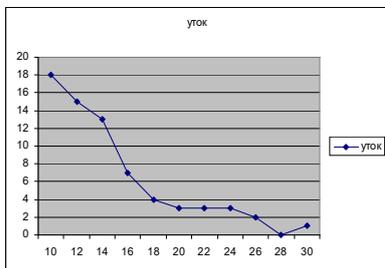
Рисунок 2.28 – Графические зависимости суммарного числа ошибок при варьировании порога амплитуды (а), «сглаживания» (б) и ширины участка (в)

Анализируя полученные зависимости, можно установить, что наилучшие результаты применительно к ситцу могут быть получены при пороге амплитуды в 11-12%, при «сглаживании» - 7 – 8 и при ширине участка 30 пикс.

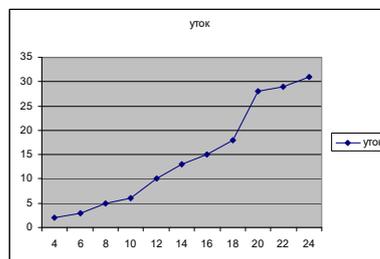
Марля является третьим исследуемым объектом, который необходим для установления оптимума на границе возможного диапазона плотности нитей в тканых полотнах. Результаты исследований сведены в (табл. 2.16) и иллюстрируются (рис. 2.29).

Таблица 2.16 - Сводные данные эксперимента по варьированию факторами измерительной программы применительно к марле

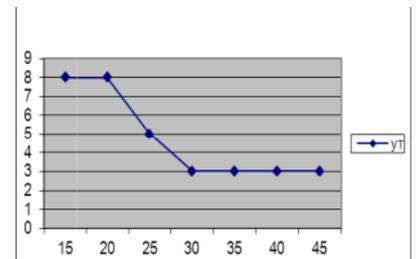
Наименование фактора (вход/выход)		Экспериментальные значения										
Порог амплитуды	Уровень, %	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	Число ошибок	18	15	13	7	4	3	3	3	2	0	1
Сглаживание	Уровень	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	Число ошибок	2	3	5	6	10	13	15	18	28	29	31
Ширина участка	Уровень, пикс	15	20	25	30	35	40	45	-	-	-	-
	Число ошибок	8	8	5	3	3	3	3	-	-	-	-



а)



б)



в)

Рисунок 2.29 - Графические зависимости суммарного числа ошибок в оценке марли при варьировании порога амплитуды (а), «сглаживания» (б) и ширины участка (в)

В результате наблюдений отмечено, что наименьшего числа ошибок можно достичь при установлении порога амплитуды в 28%, «сглаживания» в 4 единицы и ширины участка от 30 до 45 пикс.

Данные значения не означают полного отсутствия ошибок, но обеспечивают оптимальные условия работы программы для ЭВМ и как следствие наиболее близкие результаты к действительным значениям.

Итоговые результаты оптимизации будут использоваться при решении следующих задач:

- установление оптимального значения всех трех факторов «по умолчанию» при запуске измерительной программы для определения предварительных значений плотности нитей;

- установление оптимального значения тех же факторов к конкретному виду ткани, характеризующемуся величиной плотности (по предварительному значению).

Таким образом, в работе измерительной программы необходимо выделить два основных блока, т.е. получение предварительных сведений и получение окончательных результатов. Для решения первой задачи необходимо сопоставить оптимальные значения по исследованным артикулам (табл. 2.17) и (табл. 2.18) с учетом графических зависимостей приведенных выше.

Таблица 2.17 – Оптимальные значения факторов по выбранным артикулам (уток)

Наименование параметра	Вид ткани		
	марля	Ситец	Бязь суровая
Порог амплитуды, %	28	12	10
Сглаживание 1	4	7	1 - 8
Ширина участка	35	30	20 – 50

Таблица 2.18 – Оптимальные значения факторов по выбранным артикулам (основа)

Наименование параметра	Вид ткани		
	марля	Ситец	Бязь суровая
Порог амплитуды, %	16 - 30	5 - 12	2-10
Сглаживание 1	4 - 10	1 - 7	1 - 8
Ширина участка	25 - 45	20 -30	20 – 50

Выбор обобщенных оптимальных значений, устанавливаемых «по умолчанию» исходит из того, что суммарное число ошибок для всех исследуемых артикулов ткани будет минимальным. Таким образом, в ходе оптимизации получены следующие значения (табл. 2.19).

Таблица 2.19 – Матрица оптимальных значений факторов при получении предварительных сведений

Наименование фактора	Значения фактора при определении плотности нитей	
	по основе	по утку
порог амплитуды, %	20	20
сглаживание	4	4
ширина участка, пикс	45	45

На основе оптимизационного эксперимента появилась возможность ввести в программный код такие значения параметров, влияющих на качество распознавание, которые обеспечивают наименьшее количество ошибок в идентификации нитей на изображении полотна.

2.4. Уточнение стандартного подхода к определению числа нитей на заданной длине

Определение количества нитей на 10 см для основного ассортимента тканей производится по ГОСТ 29104.3-91[26], который распространяется на технические ткани, и по ГОСТ 3812-72[23]. Рассмотрим некоторые положения ГОСТ 3812-72 которые могут повлиять на получение выходных результатов контроля качества ткани. Важным аспектом является

определение измеряемой длины на которой проводится подсчет числа нитей. Согласно [26], [23] начало измерений находится между двумя нитями. Результат каждого измерения выражается целым числом нитей, что является логичным при подсчете. Если на измеряемой длине не содержится целого числа нитей, то измерения производят на длине, ближайшей по величине содержащей целое число нитей. В таком случае возникает несоответствие между фактической и номинальной измеряемой длиной, что может исказить результат измерений в единицах числа нитей на заданной длине. Кроме того при визуальном подсчете, принятом в стандартах, оператору сложно определить точное положение начала измеряемого участка, особенно для ткани редкой структуры (марля, ситец, органза, геосетки). Таким образом необходимо уточнить методический подход к определению критериев начала и окончания измеряемого участка и к последующему определению его фактической длины используемой при вычислении итоговых значений числа нитей.

Распишем порядок позиционирования измеряемого участка в соответствии с предлагаемым алгоритмом. Прежде всего по параметрам изображения и по предварительным характеристикам полотна определяется ожидаемое начало измеряемого участка (рис. 2.30). Затем с обеих сторон от него извлекается массив из 50 значений сумм яркостей пикселей по столбцам (строкам) выделенных горизонтальных(вертикальных) участков.

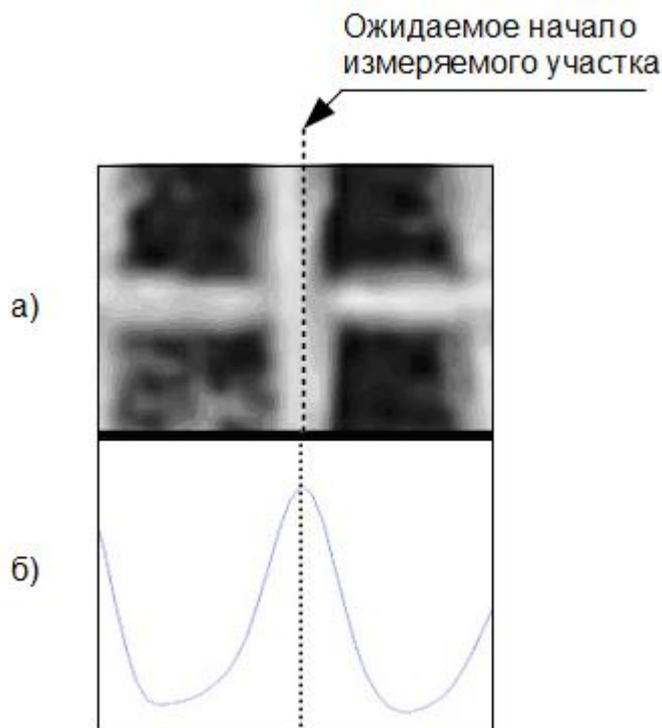


Рисунок 2.30 - Изображение ткани (а), диаграмма изменения сумм яркостей пикселей по столбцам (б)

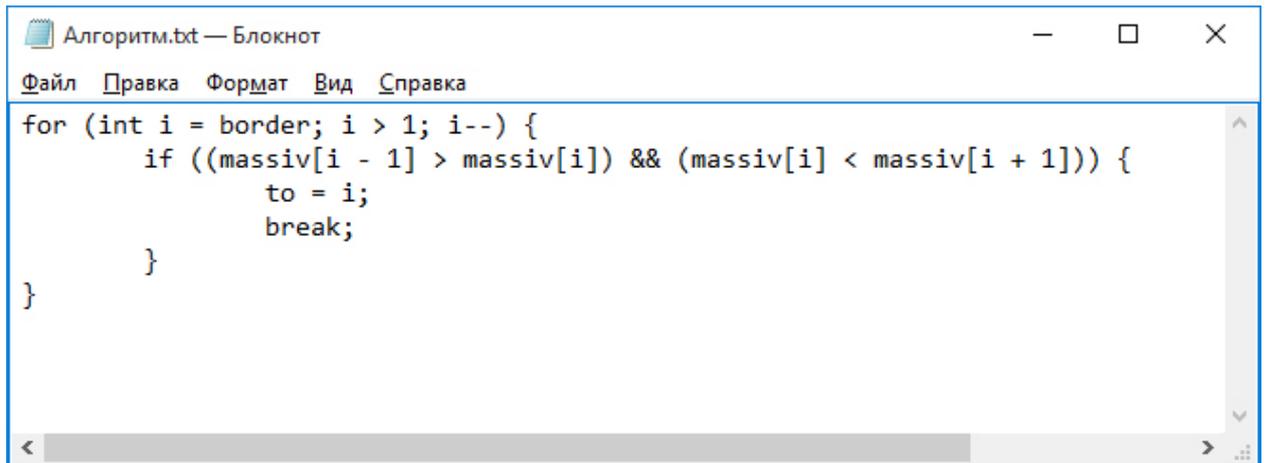
Программа в автоматическом режиме анализирует последовательность значений сумм яркостей по условию (2.18)

$$(massiv[i-1] \geq massiv[i]) \text{ and } (massiv[i] < massiv[i+1]), \quad (2.18)$$

где $massiv$ - массив сумм яркости пикселей;

i - счетчик пикселей.

Выполнение условия (2.18) означает, что в конкретном значении i (определяется дважды - справа и слева от ожидаемого начала измерений) расположена координата, соответствующая центру межнитевого промежутка. После этого из двух найденных координат выбирают ближайшую к ожидаемому началу измеряемого участка и назначают ее фактической границей начала анализа $X_{ф.нач.}$. Пример реализации программного кода нахождения центра межнитевого промежутка (справа налево) представлен на (рис. 2.31).



```

Алгоритм.txt — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
for (int i = border; i > 1; i--) {
    if ((massiv[i - 1] > massiv[i]) && (massiv[i] < massiv[i + 1])) {
        to = i;
        break;
    }
}

```

Рисунок 2.31 - Поиск впадины (центра межнитевого промежутка)

После определения фактической границы начала анализа, алгоритм приступает к предварительному анализу суммарных яркостей выделенного участка установленной длины в пикселях (см. раздел 2.2). Анализ выделенного участка прекращается, как только будет найдена впадина за ожидаемой границей окончания анализа. Решение о фактической границе окончания анализа $X_{ф.ок.}$ принимается следующим образом. Сравниваются координаты двух последних найденных впадин в выделенном участке на предмет их удаленности от ожидаемой границы окончания анализа. Если последняя найденная впадина окажется ближе к ожидаемой границе окончания анализа, чем предпоследняя впадина, то фактическая граница окончания анализа будет совпадать с координатой последней впадины. В противном случае фактическая граница окончания анализа будет располагаться в координате предпоследней впадины. Соответственно сведения о последних найденных впадине и пике исключаются из дальнейшего анализа.

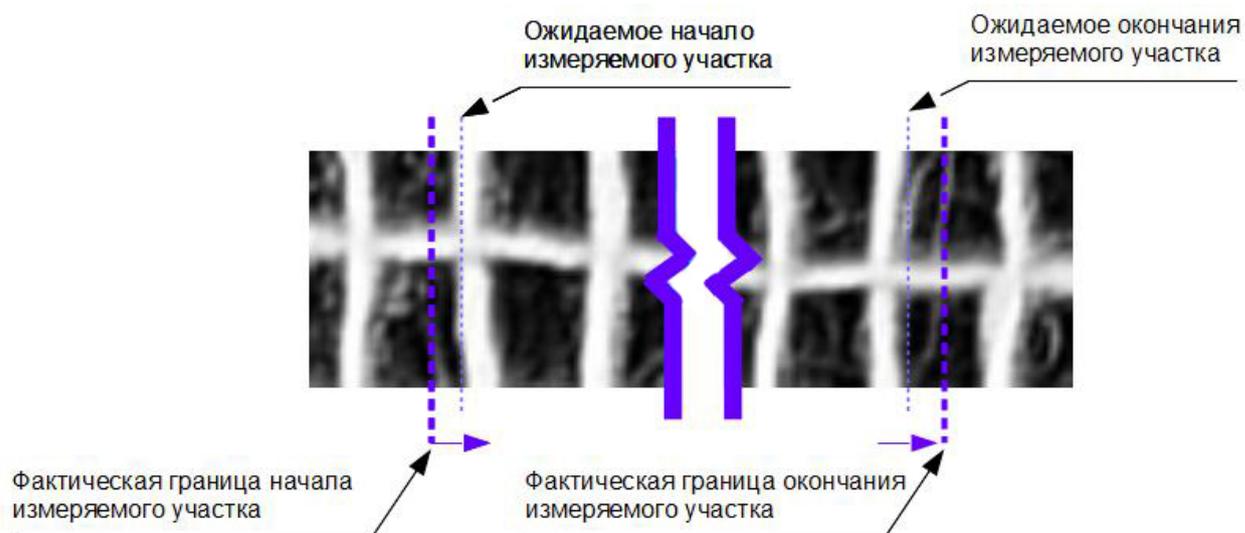


Рисунок 2.32 - Фактические границы начала и окончания измеряемого участка

На основе полученных координат фактических границ начала и окончания анализа в выделенном участке изображения определяют фактическую измеряемую длину в пикселях по формуле

$$L_{\phi} = X_{\phi.ок.} - X_{\phi.нач.} \quad (2.19)$$

В конечном итоге в каждом измеряемом участке получившееся количество нитей (количество пиков) необходимо пересчитать из фактической длины L_{ϕ} на номинальную длину эквивалентную 10 см. Масштабный коэффициент, определяющий калиброванное число пикселей на 10 см устанавливается на этапе первичной поверки и юстировки (см. раздел 4.1). Зная масштабный коэффициент пересчет числа нитей на 10 см производят по формуле

$$\text{countThread10} = \frac{\text{count} \cdot \text{startAnalysisWidth}}{\text{countPixels}}, \quad (2.20)$$

где countThread10 - количество нитей на 10 см в измеряемом участке, шт.;

$\text{startAnalysisWidth}$ - масштабный коэффициент (количество пикселей на 10 см), px;

$\text{countPixels} = L_{\phi}$ - количество пикселей в фактически измеряемой длине, px;

count - количество нитей на фактически измеряемой длине, шт.

В результате выполнения данной части измерительного алгоритма появилась возможность точного соблюдения требований [23] по позиционированию измеряемого участка и определению его размеров. Учитывая малые размеры элементов цифрового изображения (пикселей) точность определения измеряемой длины может быть повышена ориентировочно в десятки раз, что актуально для оценки числа нитей в плотных тканях (от 500 нитей на 10 см и выше).

2.5. Разработка алгоритма определения размеров поперечников нитей основы и утка

Следующим шагом в бесконтактном определении структуры ткани является количественная оценка толщины нити основы и утка в физических единицах (мм). В свою очередь это позволит определить поверхностную плотность ткани косвенным путем при известной плотности и соответствующего размера поперечника нитей. Опишем пошаговый алгоритм неразрушающего определения размеров поперечников нитей основы в тканых полотнах компьютеризированным методом [49]. Отправной точкой алгоритма (рис. 2.33) является известное число нитей основы (утка),

определенное по цифровому изображению тканого полотна по результатам компьютерного анализа (смотри раздел 2.2) а также координаты центральных осей нитей.

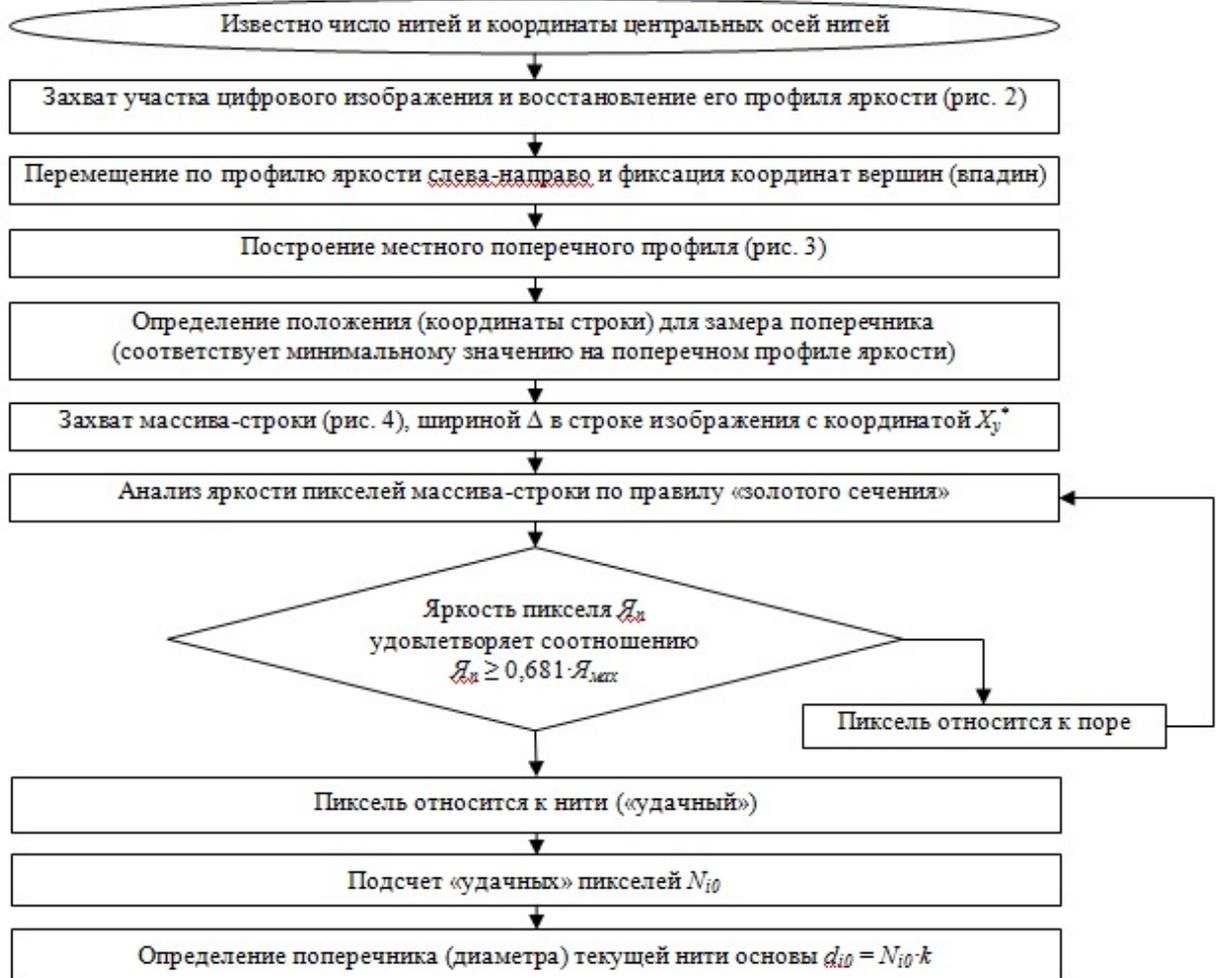


Рисунок 2.33 - Алгоритм неразрушающего определения размеров поперечников нитей

Определение размеров поперечника осуществляется для каждой нити в отдельности. Основную информацию о размере поперечника нити несет конфигурация пика в профиле яркости, построенном по столбцам анализируемого участка, поэтому для анализа поперечника нити необходимо выделить на анализируемом участке малую область (рис. 2.34, а), содержащую лишь одну нить. Профиль яркости по столбцам (рис. 2.34, б) для этой малой области включает вершину (координата X_o^*) и две

соответствующие ей впадины с координатами X_{01} и X_{02} . Координаты расположения впадин и вершин получены ранее и сохранены для всех результативных пиков (см. раздел 2.2), что дает возможность последовательно выделять в профиле яркости другие малые области, включающие указанный набор элементов с координатами X_0^* , X_{01} , X_{02} .

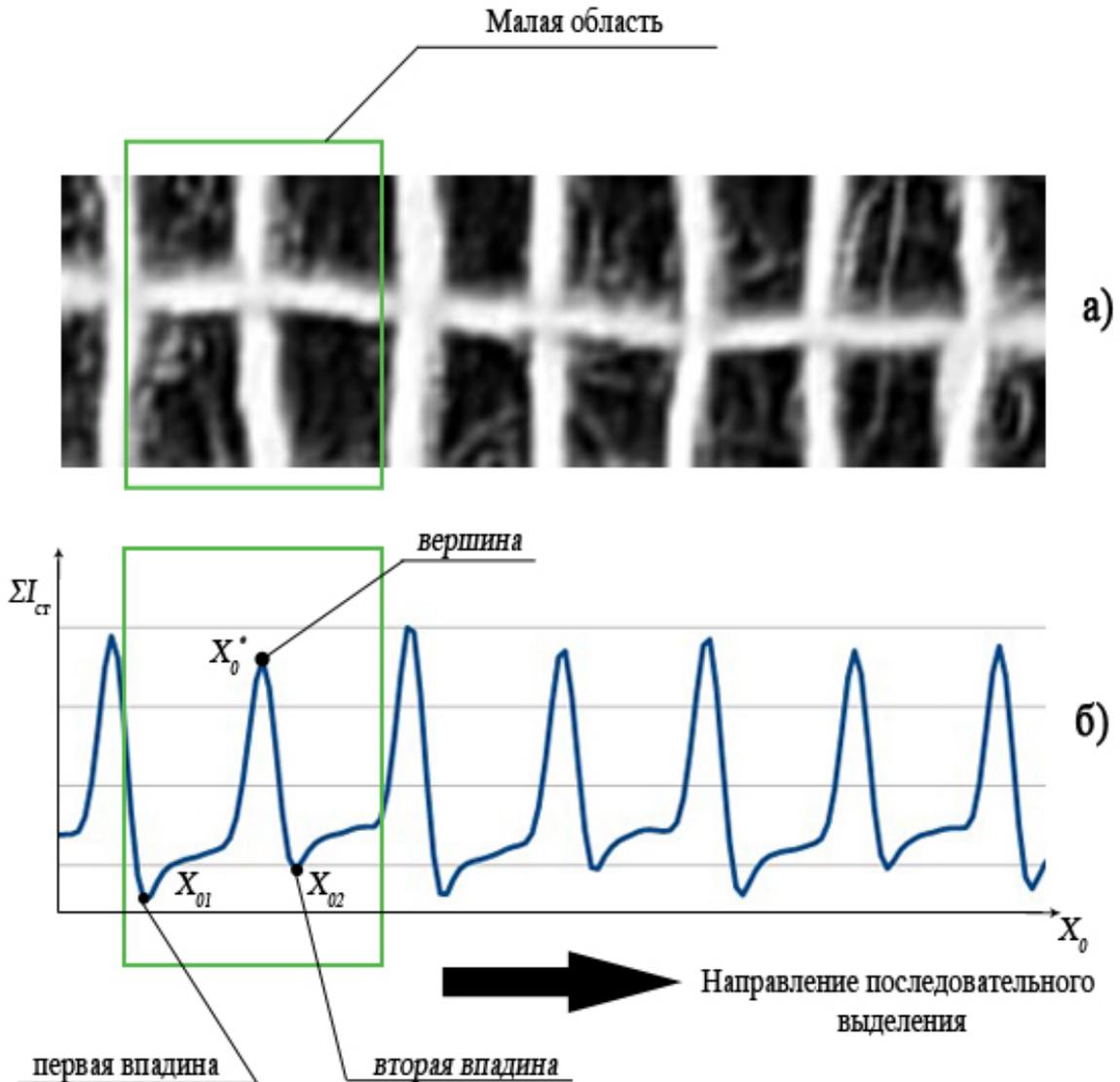


Рисунок 2.34 - Анализируемый участок с выделенной малой областью (а), область с одной нитью (б)

При построении алгоритма принята гипотеза, что измерение поперечника нити основы следует проводить в том месте, где гарантированно

отсутствует пересечение с нитью другой системы, а также отсутствуют дефекты и деформации нитей, искажающие результат. Таким образом, наиболее подходящее место для измерения будет соответствовать номеру строки в текущей малой области (рис. 2.35, а), в которой наблюдается минимальное значение суммарной яркости. Для этого необходимо построить профиль яркости по строкам (рис 2.35, б). Положение точки минимума (координата X_y^*) на профиле яркости по строкам соответствует месту замера поперечника (рис 2.35, в).

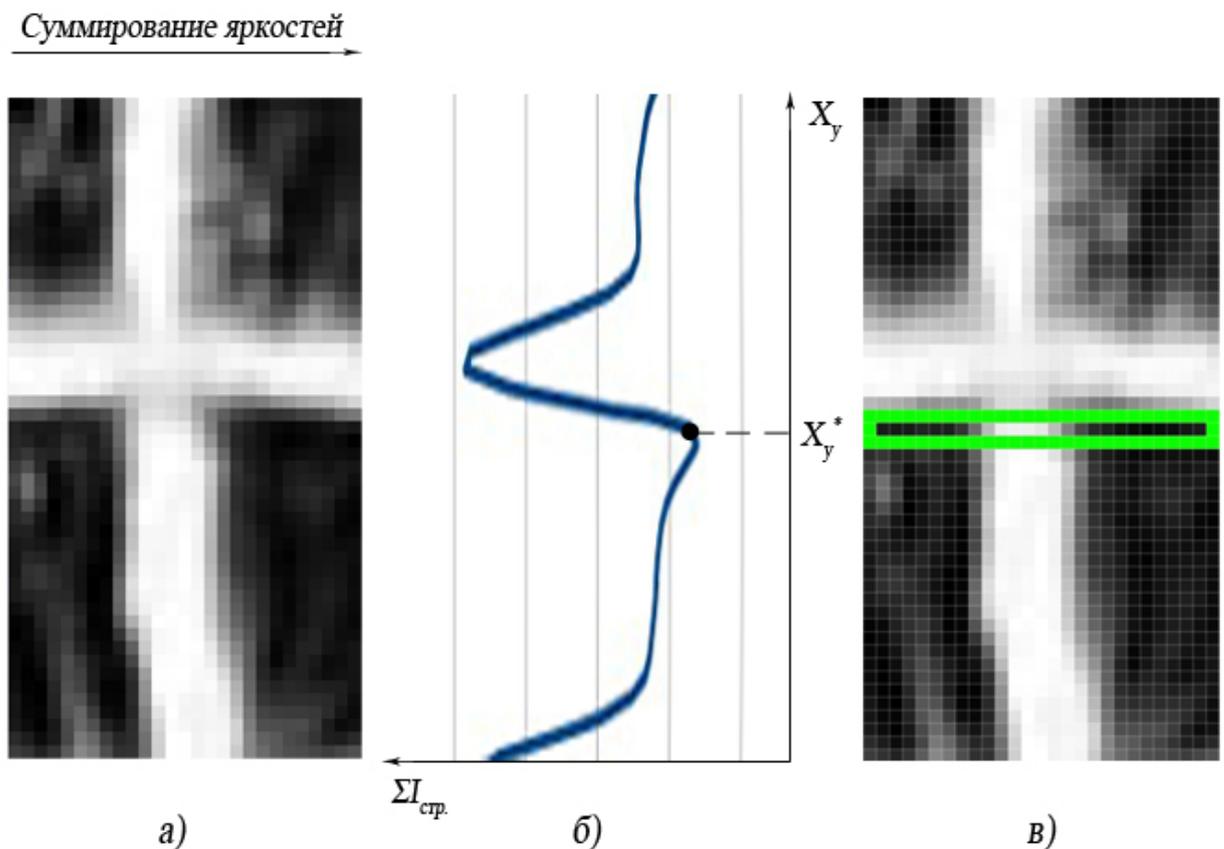


Рисунок 2.35 - Малая область (а), профиль яркости по строкам (б), место замера поперечника (в)

По результатам проведенного анализа из малой области осуществляется захват массива-строки во всю ширину данной области. Непосредственное измерение поперечника текущей нити производится на основе анализа пикселей в захваченном массиве-строке, который содержит

пиксели, принадлежащие как нити, так и порам (рис. 2.36). Надежная классификация пикселей на соответствующие группы должна осуществляться независимо от вида отделки, цвета, переплетения и плотности ткани. В этой связи способ отсечения по яркости с постоянным значением порога или алгоритм сбалансированного порогового отсечения гистограммы [54] дают неудовлетворительные результаты. Поэтому предложен гибкий критерий кластеризации, основанный на соотношении золотого сечения и его обратной характеристики φ [55]. Преимущество выбранного соотношения проявляется в том, что программа может определять критерии принадлежности пикселей поперечнику нити в виде абсолютных значений яркости индивидуально для каждой малой области, то есть для каждой измеряемой нити. Для этого выполняется проверка по условию:

$$I_{\text{нити}} = \frac{I}{I_{\text{верш}}} \geq 0,618, \quad (2.21)$$

где I_i - абсолютное значение яркости i - го пикселя в массиве-строке;

$I_{\text{верш.}}$ - абсолютное значение яркости пикселя в массиве-строке с наибольшим значением;

$I_{\text{нити}}$ - яркость пикселя выраженная в относительных единицах.

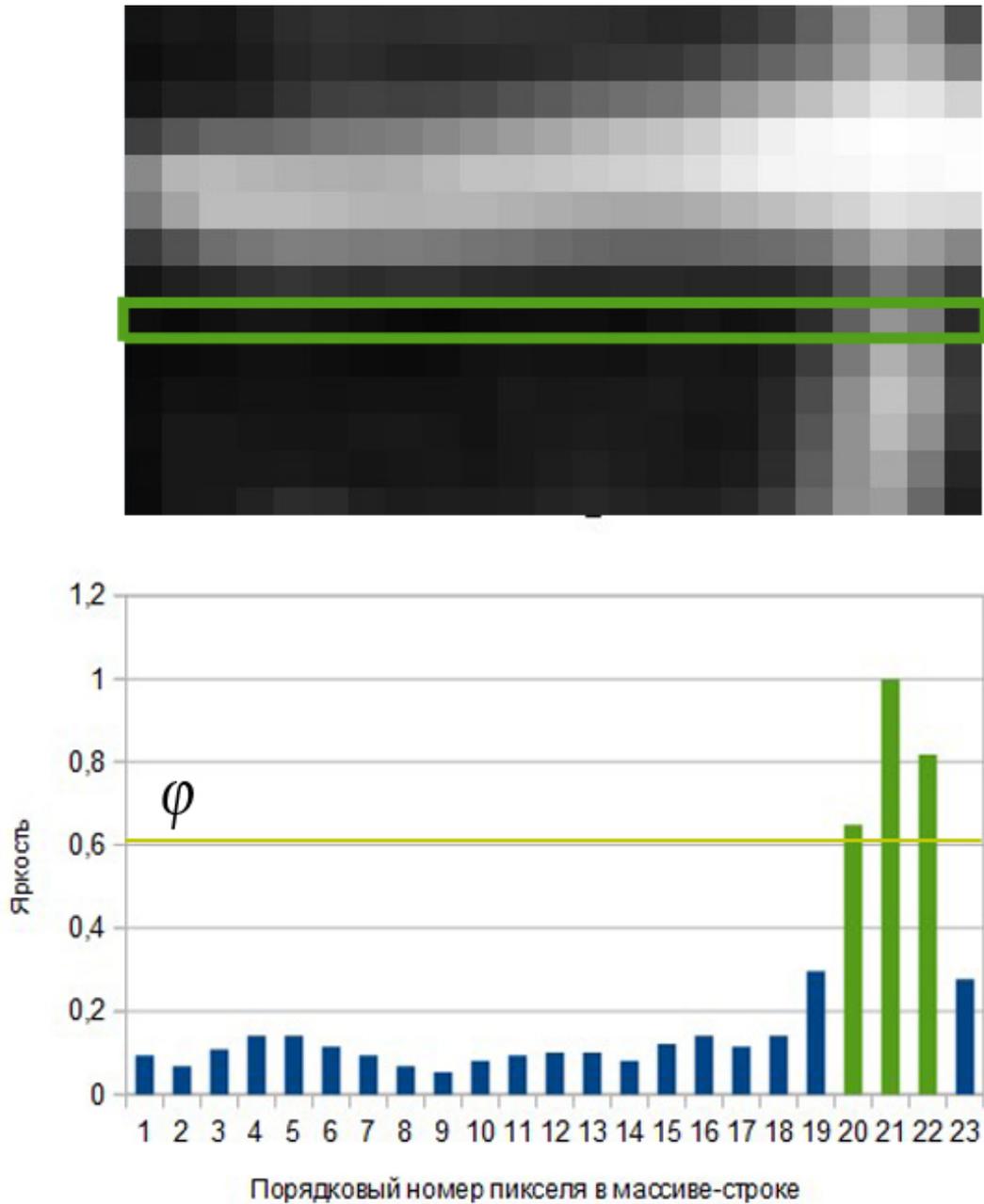


Рисунок 2.36 - Обнаружение пикселей, принадлежащих поперечнику нити

При этом учитывали, что нить, представляющая собой цилиндрическое тело, отражает падающий свет неравномерно по отношению к наблюдателю, находящемуся за источником света. Очевидно более освещены центральная часть нити расположенная ближе к наблюдателю, боковые части нити будут освещены слабее в связи с рассеиванием света, увеличивающимся от центра нити к краям.

Если яркость текущего пикселя X_i удовлетворяет соотношению (2.21), то программа считает, что он относится к нити и его называют «удачным». Таким образом определяется общее число N_0 «удачных» пикселей в массиве-строке. Работоспособность условия (2.21) подтверждается выборочными замерами (рис. 2.37).

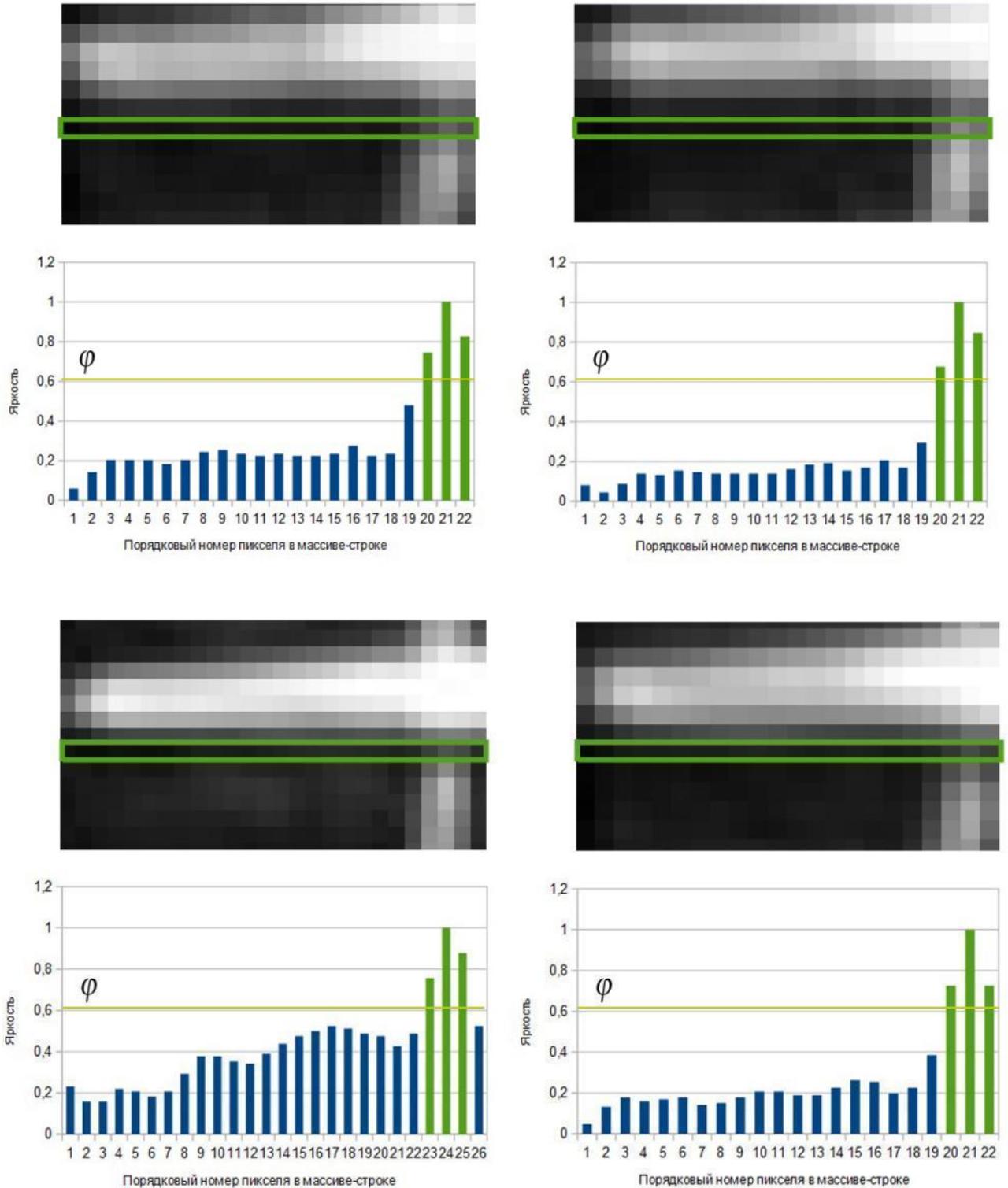


Рисунок 2.37 - Эмпирические результаты идентификации пикселей по условию (2.21)

Потери информации в определении поперечника, выраженного числом пикселей, связаны с разрешающей способностью проекционного

устройства. На данном этапе размеры поперечника эквивалентны 4...5 пикселям, что может повлечь систематическую погрешность до 25%.

Таким образом в каждом анализируемом участке идентифицируются и измеряются поперечники всех нитей в пикселях. Накопленный массив данных о размерах поперечников подлежит статистической обработке с целью выявления грубых погрешностей и определения усредненных значений размеров поперечников с оценкой достоверности.

Статистическая обработка предусматривает расчет предварительного значения среднего размера поперечника в пикселях по формуле

$$\bar{d}_{px\text{пред.}} = \frac{\sum N_o}{n}, \quad (2.22)$$

где $d_{px\text{пред.}}$ - предварительное значение среднего размера поперечника нити на измеряемом участке, px;

n - количество нитей на измеряемом участке.

Для дальнейшей фильтрации полученных значений поперечников нитей применяется критерий Райта [56]. Значение среднеквадратического отклонения рассчитаем по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d}_{px\text{пред.}})^2}{n}}, \quad (2.23)$$

где σ - среднеквадратическое отклонение размеров поперечника нитей,

px;

d_i - текущее значение поперечника нити, px;

Далее полученный массив значений поперечников нитей в пикселях проверяется по условию

$$(\bar{d}_{px\text{пред.}} - 3 \cdot \sigma) \leq d_i \leq (\bar{d}_{px\text{пред.}} + 3 \cdot \sigma). \quad (2.24)$$

Те элементы массива, которые не соответствуют условию (2.24)

считаются грубыми погрешностями и отбрасываются. По оставшимся элементам повторно вычисляется средняя величина (2.22), которую следует рассматривать как окончательный результат определения среднего поперечника нити в пикселях d_{px} на измеряемом участке. В завершении алгоритма выполняется перевод среднего поперечника нити из условных единиц (пикселей) в абсолютные единицы (мм) с помощью формулы

$$d_{мм}^- = d_{px}^- \frac{100}{AmountPx} , \quad (2.25)$$

где $d_{мм}^-$ - средний размер поперечника нити, мм;

d_{px}^- - средний размер поперечника нити на измеряемом участке, px;

AmountPx - масштабный коэффициент, численно равный количеству пикселей в реальном изображении 10 см полотна (см. раздел 2.1).

Разработанный алгоритм позволяет получить средний размер поперечника нити в мм на анализируемом участке с точностью до 0,027 мм.

Для подтверждения разработанного алгоритма был проведен контрольный эксперимент. С помощью разработанного проекционного устройства [45] было получено изображение сурового тканого полотна бязевой группы, выработанного на ООО "Тейковская Текстильная Компания" [57] (рис. 2.38).

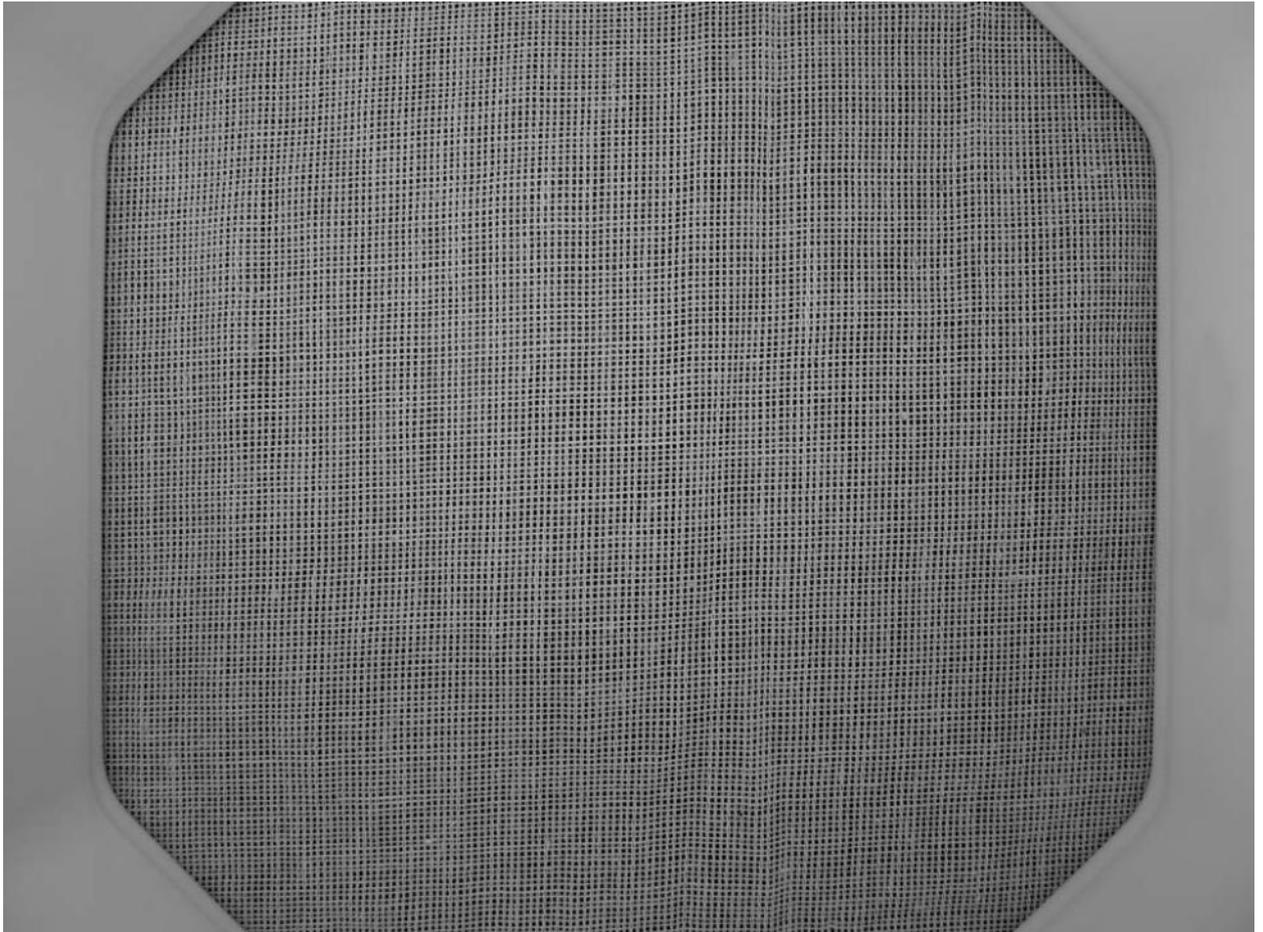


Рисунок 2.38 - Изображение пробы тканого полотна

Выделив произвольный анализируемый участок пробы для опыта (рис. 2.39), запустили анализ для определения среднего размера поперечника нити.



Рисунок 2.39 - Анализируемый участок изображения пробы

Проанализировав исследуемый участок тканого полотна получили массив из 187 значений размеров поперечников нитей в пикселях (табл. 2.20). Красным цветом помечены значения размеров поперечников нитей, не попадающие под условие (2.24), которые в дальнейшем будут удалены из статистической обработки.

Таблица 2.20 - Результаты определения текущих значений размеров поперечников нитей основы по анализируемому участку

№	Значение	№	Значение	№	Значение	№	Значение	№	Значение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	41	3	81	3	121	2	161	4
2	5	42	6	82	5	122	7	162	3
3	1	43	2	83	2	123	3	163	5
4	4	44	5	84	6	124	6	164	3
5	3	45	1	85	3	125	2	165	5
6	5	46	2	86	5	126	2	166	7
7	1	47	9	87	2	127	3	167	3
8	5	48	3	88	5	128	2	168	3
9	1	49	5	89	3	129	5	169	2
10	5	50	2	90	2	130	2	170	5
11	2	51	5	91	4	131	1	171	2
12	5	52	2	92	1	132	6	172	4
13	3	53	2	93	2	133	2	173	2
14	4	54	5	94	2	134	7	174	5
15	4	55	2	95	9	135	1	175	1
16	5	56	4	96	2	136	5	176	5
17	4	57	1	97	5	137	2	177	7
18	3	58	6	98	2	138	5	178	9
19	3	59	2	99	5	139	6	179	8
20	5	60	6	100	2	140	2	180	1
21	2	61	3	101	5	141	6	181	6
22	6	62	6	102	2	142	1	182	2
23	3	63	1	103	4	143	4	183	5
24	6	64	4	104	2	144	1	184	3
25	3	65	2	105	5	145	5	185	6
26	7	66	2	106	2	146	1	186	2
27	2	67	5	107	5	147	6	187	6
28	6	68	2	108	2	148	2		
29	2	69	4	109	4	149	4		
30	5	70	3	110	3	150	3		
31	1	71	6	111	3	151	4		

Окончание таблицы 2.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	5	72	2	112	4	152	2		
33	3	73	5	113	4	153	5		
34	5	74	6	114	1	154	2		
35	2	75	2	115	2	155	4		
36	4	76	4	116	4	156	2		
37	2	77	2	117	3	157	3		
38	5	78	5	118	4	158	2		
39	2	79	2	119	4	159	6		
40	5	80	4	120	7	160	2		

Также получены все остальные данные по исследуемому образцу представленные в таблице 2.21.

Таблица 2.21 - Данные по исследуемому образцу

Наименование характеристики	Обозначение	Значение
Количество нитей, шт	n	187
Предварительное значение размера поперечника нити, рх	$d_{рх\ пред.}$	3,61
Среднеквадратическое отклонение, рх	σ	1,7
Диапазон допустимых значений размера поперечника нити, рх	$-3\sigma...+3\sigma$	0...8,1
Количество грубых погрешностей, шт		3
Среднее значение размера поперечника нити, рх	$d_{рх}$	3,57
Среднее значение размера поперечника нити, мм	$d_{мм}$	0.09

В итоге, программа подсчета среднего размера поперечника нити вычисляет среднее значение размера поперечника нити по анализируемому участку и далее определяет общее среднее по всем анализируемым участкам для соответствующей системы нитей.

Разработанный алгоритм определения размера поперечника нити опытным путем подтвердил свою работоспособность и дал возможность проводить более глубокий анализ исследуемого полотна на основе

полученных данных.

2.6. Выводы по главе

В ходе проведенных исследований по разработке компьютерного метода определения показателей структуры тканых полотен получены следующие научные результаты:

- определены оптимальные конструктивные параметры технического средства (проекторного устройства) для получения первичной информации о структуре полотен, обеспечивающие стабильность масштабного коэффициента, связывающего реальный размер изображений с их угловым размером, а также равномерность освещения исследуемого объекта;

- разработан гибридный алгоритм анализа цифрового изображения тканого полотна, сочетающий два конкурирующих метода определения числа нитей на 10 см;

- на основе экспериментальных исследований подобраны наиболее подходящие режимы автоматизированного анализа цифровых изображений («порог амплитуды», «сглаживание» и «ширина участка анализа»);

- уточнен стандартный подход к определению числа нитей на заданной длине, что дало возможность точного соблюдения требований стандартов по позиционированию измеряемого участка и определению его размеров;

- разработан алгоритм автоматизированного определения среднего размера поперечника нитей основы и утка на основе статистической обработки многократных результатов измерений поперечника каждой нити.

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

3.1. Выявление последовательности операций компьютерного метода в среде «человек»-«информация»-«машина»

В современном производстве, на транспорте, в системах связи, в строительстве и сельском хозяйстве все шире применяются автоматы и вычислительная техника, происходит автоматизация многих производственных процессов.

Благодаря техническому перевооружению производства, существенно изменяются функции и роль человека. Многие операции, которые раньше были его прерогативой, сейчас начинают выполнять машины. Однако, каких бы успехов ни достигала техника, труд был и остается достоянием человека, а машины, как бы сложны они ни были, являются лишь орудиями его труда. В процессе труда человек, используя машины как орудия труда, осуществляет сознательно поставленные им цели.

Следовательно, с развитием и усложнением техники возрастает значение человеческого фактора на производстве. Необходимость изучения этого фактора и учета его при разработке новой техники и технологических процессов, при организации производства и эксплуатации оборудования становится все более очевидной. От успешности решения этой задачи зависит эффективность и надежность эксплуатации создаваемой техники, функционирование технических устройств и деятельность человека, который пользуется этими устройствами в процессе труда. Эта точка зрения привела к формированию понятия системы «человек - машина» (СЧМ). Под СЧМ понимается система, включающая человека-оператора (группу операторов) и машины, посредством которой осуществляется трудовая деятельность. Машиной в СЧМ называется совокупность технических средств, используемых человеком-оператором в процессе деятельности. СЧМ

является объектом инженерной психологии.

Одним из признаков классификации систем является степень участия человека в работе системы. С этой точки зрения различают автоматические, автоматизированные и неавтоматические системы. Работа автоматической системы осуществляется без участия человека. В неавтоматической системе работа выполняется человеком без применения технических устройств. В работе автоматизированной системы принимает участие как человек, так и технические устройства. Следовательно, такая система представляет собой систему «человек – машина».[58]

Система «человек - информация — машина» - система, в которой человек - оператор или группа операторов взаимодействует с техническим устройством в процессе производства материальных ценностей, управления, обработки информации и т.д.

Человеко – информационная - машинная система, или эргономическая система (от греч. *ergon* — работа), — сложная целеустремленная система, включающая:

- человека или группу людей (например, оперативный персонал лаборатории, цеха и т.п.);
- техническое устройство — средство деятельности (например, информационно-измерительный комплекс для контроля качества);
- объект деятельности (собственно продукция, оборудование);
- среду, в которой находится группа людей (ткацкий цех);
- информационную среду (комплекс документов определяющих порядок действий и взаимодействий, программное обеспечение для выполнения задач).[59]

Предлагаемая система определения числа нитей (см. разд. 5) также относится к СЧМ, в которой роль человека остается довольно значительной.

Для того что бы уменьшить негативное влияние человеческого фактора необходимо регламентировать все этапы процесса сбора и обработки

измерительной информации. Последовательные этапы процесса сбора проб, обработки и вывода результатов представлены на (рис. 3.1).

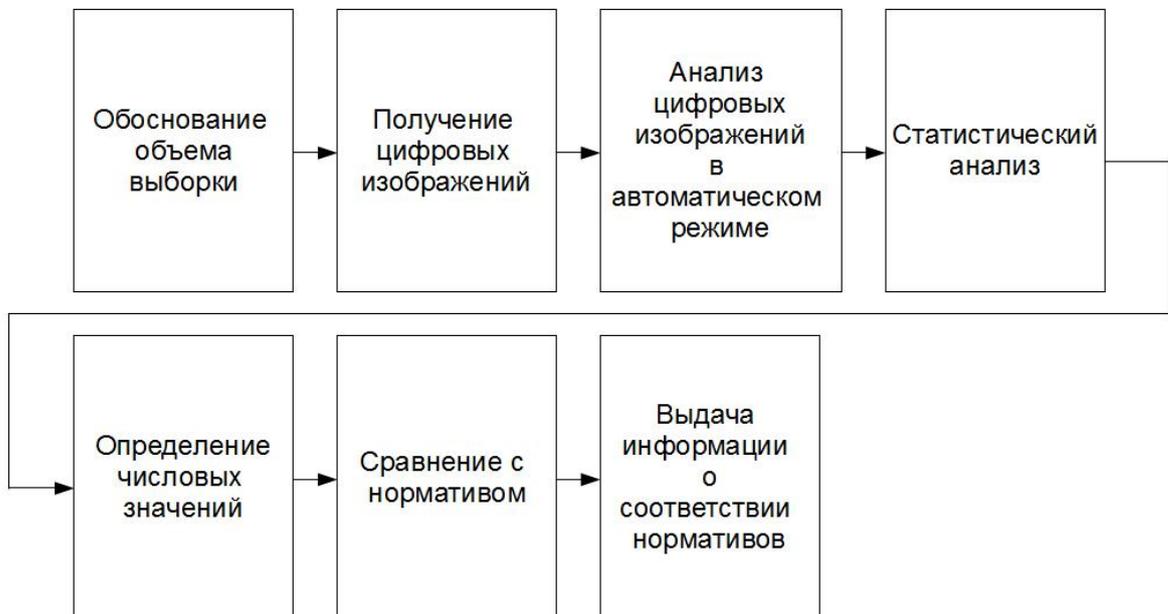


Рисунок 3.1 - Упрощенная схема анализа пробы

Каждый этап схемы выполняет важную роль в получении информации об исследуемом объекте и требует отдельного подробного рассмотрения.

3.2. Обоснование объема выборки и контрольных точек в процессе формирования тканых полотен

Возможности проекционного устройства определяют различные варианты его использования в процессе производства тканых полотен. Приоритетный сценарий предполагает обеспечение производственного контроля в ткацком производстве где главным этапом является формирование ткани на ткацких станках. В этом случае выбор контрольной точки непосредственно на работающем ткацком станке позволит: не останавливать производство - экономить ресурсы, успеть среагировать на отклонения, сделать наглядным каждый станок (рис. 3.2). Под контрольной точкой мы понимаем место позволяющее с помощью проекционного устройства

получать информацию о исследуемом процессе.

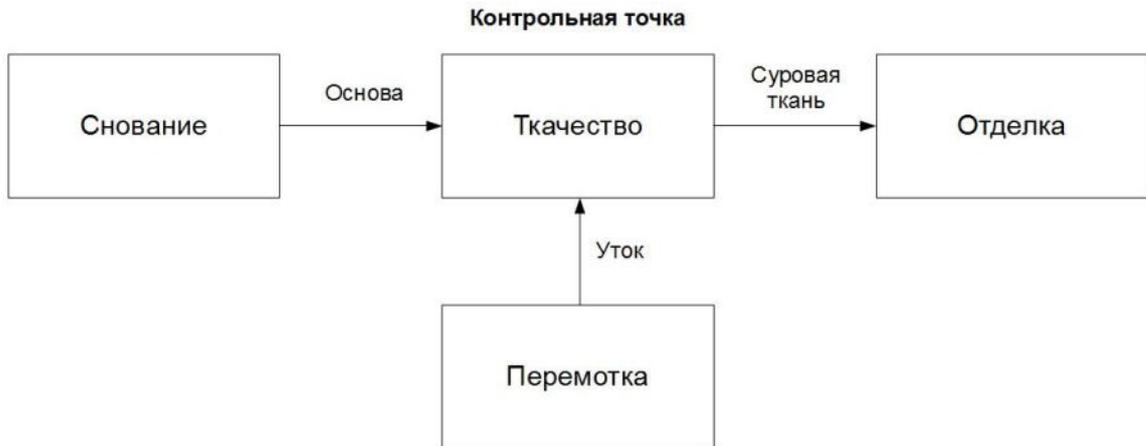


Рисунок 3.2 Контрольная точка в ткачестве

Контрольные точки также могут находиться на последующих этапах производства: в отделочном производстве - в доступных для обслуживания местах в отделочной линии, на складе - на рабочем месте контролера-разбраковщика.

Рассмотрим планирование контроля применительно к ткацкому производству. В качестве объекта исследования выберем действующее предприятие [7], где на производстве работают порядка 1000 станков. Установка проекционного устройства на каждое оборудование не рентабельна, т. к. стоимость текущего разработанного устройства не мала, а так же возможно обновление парка, что потребует переустановки или модификации устройства. Таким образом оптимальным способом получения данных является систематический обход оператором подлежащих контролю станков с использованием одного экземпляра проекционного устройства.

Работнику потребуется в течение рабочего времени выходить в производственные цеха по некоторому плану и получать изображения сформированной ткани с учетом конструктивных особенностей применяемых ткацких станков. Прототип траектории обхода с вовлечением нескольких производственных цехов приведен на рисунке 3.3.

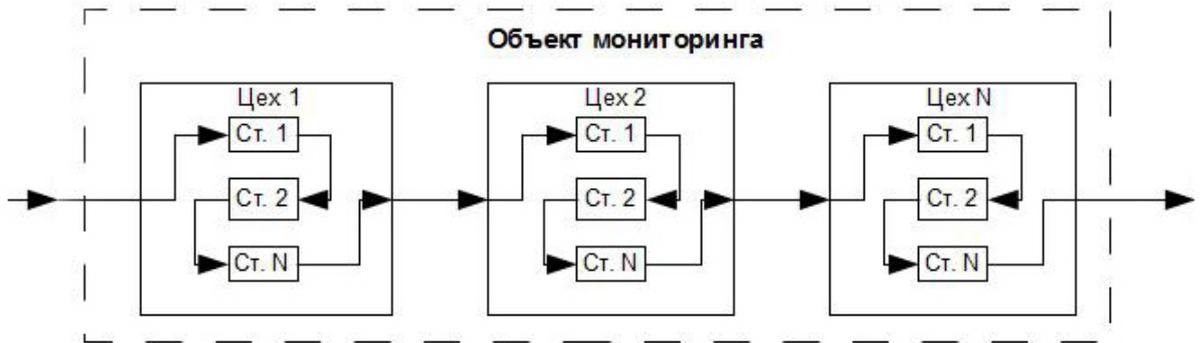


Рисунок 3.3 - Блок-схема обхода станков

Все рабочее время проекционное устройство находится в руках у контролера, поэтому устройство должно быть мобильным, удобным и максимально легким (рис. 3.4, 3.5). Стандартная рабочая смена длится восемь часов. Попробуем рассчитать приблизительное время на получение изображений тканых полотен для дальнейшего анализа. Из восьми рабочих часов около часа тратится на человеческий фактор (человеческие нужды), также около часа затрачивается на производственные факторы (отвлечение по другим вопросам, производственные собрания), оставшиеся пять часов работник непосредственно получает и программно обрабатывает изображения проб тканей.



Рисунок 3.4 – Получение фото ткани на ткацких станках типа СТБ или АТПР



Рисунок 3.5 – Получение фото ткани на ткацких станках типа П или АП

Количество исследуемых элементарных проб на одном станке, для получения достоверных данных, должно быть не менее двух [26], поэтому принято решение получать по три изображения исследуемой полотна ткани (рис. 3.6, 3.7, 3.8). Также количество измерений при определении количества нитей на 10 см ткани должно быть 3 по основе и 4 по утку, что реализовано программно.



Рисунок 3.6 – Порядок получения снимков при однополотенной заправке станка



Рисунок 3.7 – Порядок получения снимков при двухполотенной заправке станка

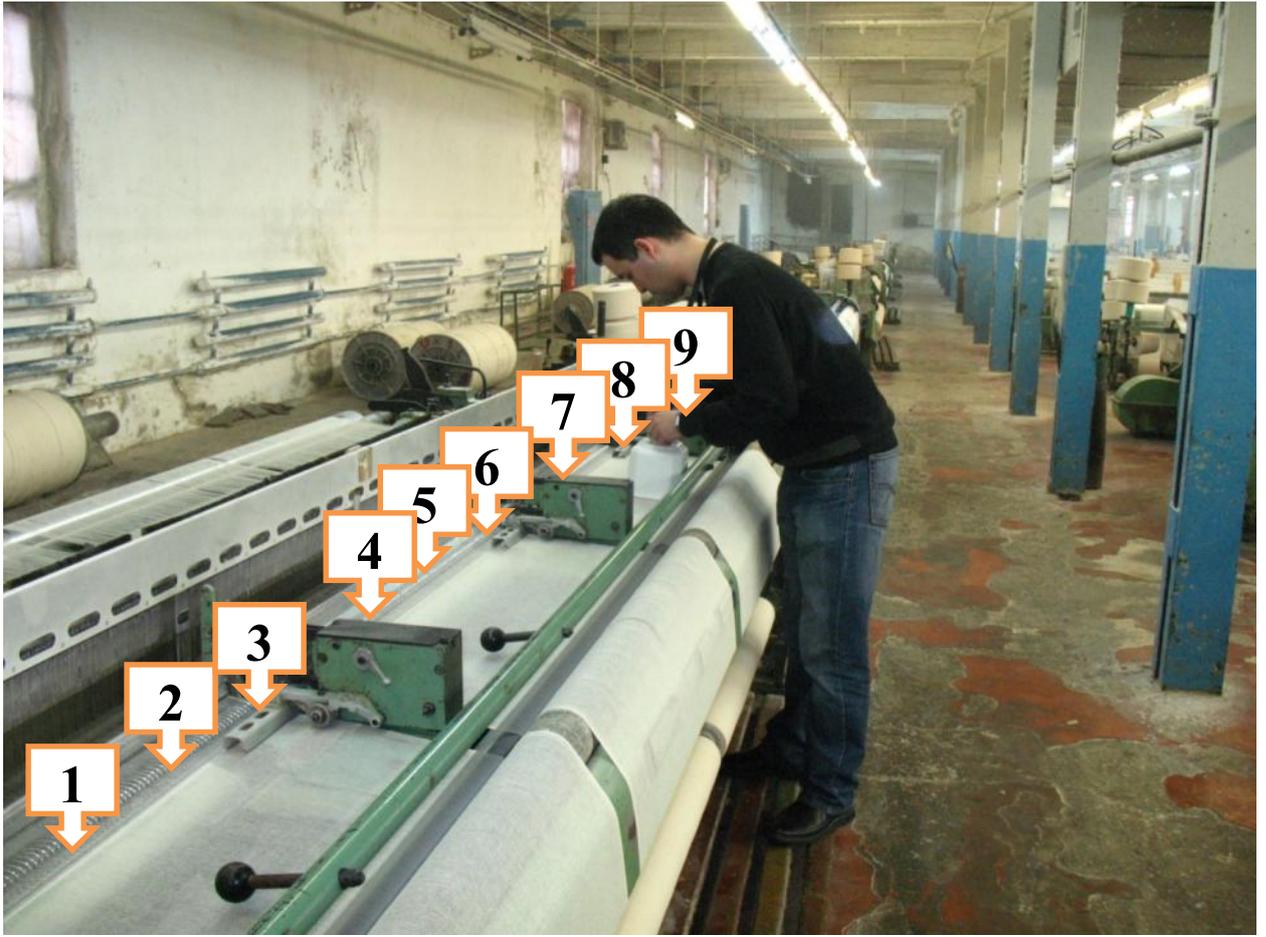


Рисунок 3.8 – Порядок получения снимков при трехполотенной заправке станка

Время получения трех точечных проб исследуемой ткани проекционным устройством составляет около одной минуты. Сбор проб происходит по времени около пяти часов, и оставшийся час затрачивается на загрузку и анализ собранных изображений. Следовательно за пять часов работник обойдет около 300 станков. На примере [7], имея в парке порядка 1000 станков, работник с помощью представленной системы проанализирует все производство за период трех-четырех дней.

Дополнительно мониторинг может проводиться после заправки нового артикула ткани по всем станкам, при обнаружении нарушений, при повторной проверке устраненных несоответствий, а также с повышенной частотой при исследованиях работы нового оборудования.

3.3. Выбор оптимальных режимов получения цифровых изображений в условиях ткацкого производства

Используемое проекционное устройство, относится к типу Plug and Play – включил и играй, это означает, что основная работа по настройке уже произведена и нам остается только включить устройство и использовать. Фотокамера Nikon - не программируется и не синхронизируется с ПК. Перед использованием фотокамеры необходимо установить фиксированные значения параметров, которые оказывают значительное влияние на качество и характеристики изображения.

Рассмотрим основные параметры влияющие на качество получаемых изображений.

Светочувствительность цифровой фотокамеры (ISO) - характеристика цифрового фотоаппарата, определяющая зависимость числовых параметров созданного им цифрового изображения от экспозиции, полученной светочувствительной матрицей. Светочувствительность цифровых фотоаппаратов принято выражать в единицах, эквивалентных светочувствительности ISO галогено-серебряных фотоэмульсий. Это позволяет пользоваться методами измерения экспозиции, свойственными классической плёночной фотографии.

Макросъёмка - вид кино и фотосъёмки, при котором изображаемые объекты снимаются в масштабе 1:1 или крупнее. Макросъёмка - это принцип формирования увеличенного изображения.

Диафрагма объектива (перегородка) в оптических приборах - разновидность апертурной диафрагмы, позволяющая регулировать относительное отверстие объектива, то есть диаметр проходящих через него пучков света. Такая регулировка используется для управления светопропусканием и глубиной резкости. Диафрагма объектива представляет собой непрозрачную перегородку с круглым отверстием переменного диаметра, центр которого совпадает с оптической осью. Основное

предназначение диафрагмы объектива - регулировка его относительного отверстия и светосилы, необходимая для точного дозирования проходящего света и получения правильной экспозиции.

Матрица или светочувствительная матрица - специализированная аналоговая или цифро-аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных элементов - фотодиодов. Предназначена для преобразования проецированного на неё оптического изображения в аналоговый электрический сигнал или в поток цифровых данных (при наличии АЦП непосредственно в составе матрицы). Является основным элементом цифровых фотоаппаратов, современных видео и телевизионных камер, фотокамер, встроенных в мобильный телефон, камер систем видеонаблюдения и многих других устройств. Применяется в оптических детекторах перемещения компьютерных мышей, сканерах штрих-кодов, планшетных и проекционных сканерах.

Выдержка - интервал времени, в течение которого свет падает на участок светочувствительного материала или светочувствительной матрицы.

Для определения оптимальных параметров настройки фотокамеры был проведен опыт. Для опыта были взяты три параметра: светочувствительность ISO, обозначим X1 со значениями 100(-) и 120(+); диафрагма, обозначим X2 со значениями 1.8(-) и 2.0(+); выдержка, обозначим X3 со значениями 1/80(-) и 1/100(+).

Таблица 3.1 - Определение оптимальных настроек фотоаппарата

Номер опыта	X1	X2	X3	Номер изображения	Экспертная оценка качества			
					1	2	3	среднее
1	-	-	-	1	1	2	1	1.3
2	-	-	+	2	3	5	2	3.3
3	-	+	-	3	5	4	5	4.6
4	-	+	+	4	4	4	3	3.6
5	+	-	-	5	5	2	2	3
6	+	-	+	6	4	2	3	3
7	+	+	-	7	4	4	2	3.3
8	+	+	+	8	1	4	2	2.3

По результатам эксперимента пришли к выводу, что оптимальными настройками фотоаппарата являются ISO при значении 100, диафрагма при значении 2 и выдержка 1/80 с.

3.4. Сравнительное тестирование компьютерного метода в условиях лаборатории и ткацкого производства

Целью работы является создания системы производственного контроля функционирующей в условиях ткацкого производства, поэтому следующим этапом исследований является оценка сходимости результатов измерений получаемых в различных условиях. С одной стороны предлагаемый метод определения числа нитей предназначен для непосредственного контроля технологического процесса на работающих ткацких станках с соответствующими параметрами натяжения, вибрации, освещенности и др. С другой стороны получаемые результаты должны отражать те условия испытаний, которые предусмотрены стандартом, то есть образец должен находится в свободном состоянии и в нормальных климатических условиях. Наблюдается явное расхождение условий для

проведения испытаний, которые необходимо оценить с точки зрения величины/знака отклонения результатов измерений и с точки зрения поиска управляемых факторов, с помощью которых возможно выровнить результаты в пределах допустимой погрешности.

В ходе исследований рассмотрены три типа станков который имеют наибольший удельный вес в парке оборудования базового предприятия ООО «ХБК Навтекс»: СТБ-2-330, АТПР-100-4, П-105. Результаты выборочных тестов проведенных на станках и в условиях лаборатории представлены в таблице

Таблица 3.2 - Результаты плотности по основе и утку выборочных тестов

№ станка	Тип станка	Артикул ткани	Результаты определения числа нитей на станке		Результаты определения числа нитей в лаборатории	
			по основе, н/дм	по утку, н/дм	по основе, н/дм	по утку, н/дм
1	2	3	4	5	6	7
10	СТБ-2-330	262-22 (норматив $P_o=224\pm 4$; $P_y=155\pm 4$)	225	144	226	152
61			225	145	224	154
7			222	146	226	156
74			226	148	228	154
62			226	143	226	154
81			225	143	226	154
84			224	144	226	152
89			225	146	228	156
87			226	146	226	152
94			226	145	226	152
Ср			225	145	226,2	153,6
717	П-105	6498/8-12 (норматив $P_o=93\pm 2$; $P_y=64\pm 2$)	94	61	96	62
728			94	62	96	64
514			95	58	96	62
697			95	60	96	64
707			95	66	96	68
727			95	64	96	66
740			95	62	96	62
593			96	62	96	60
726			95	66	96	68
614			94	62	96	62
Ср			94,8	62,3	96	63,8

Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7
1117	АТПР-100-4	6498-2	118	58	118	66
1213			118	57	120	62
1116			118	56	120	60
1102			118	58	120	62
1176			118	62	120	64
1214			118	57	120	62
1202			118	54	120	58
1109			118	60	120	60
1209			118	59	120	64
1118			118	62	120	66
Ср					118	58,3

Как видно из таблицы между результатами тестов в лабораторных и производственных условиях наблюдается систематическое отклонение в сторону уменьшения значений числа нитей. Это справедливо как в направлении основы, так и в направлении утка. Для исследования причин данного эффекта выполнены замеры заправочных параметров на соответствующих станках (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Оценки расхождения результатов и влияющих факторов

№ ст-ка	Тип станка	Расхождения результатов, %		Уработка, %	Усадка, %	Ширина ткани в месте съёмки, см	Ширина готовой ткани, см
		По основе	По утку				
1	2	3	4	5	6	7	8
10	СТБ-2-330	0,44	5,56	3,6	5,7	243	241,5
61		0,44	6,21	3,6	6	242,5	242
7		1,8	6,85	3,8	5,8	243,3	242
74		0,88	4,05	3,7	6,5	242,8	243
62		0	7,69	3,2	6,5	242,1	242
81		0,44	7,69	3,4	5,5	243,4	241
84		0,89	5,56	3,2	5,7	242,2	241
89		1,33	6,85	3,8	5,7	242,1	243
87		0	4,11	3	6,5	242,8	241
94		0	4,83	3,8	6,5	242,5	243,5

Окончание таблицы 3.3								
1	2	3	4	5	6	7	8	
Ср		0,53	5,93	3,5	6	242,7	242	
717	П-105	2,13	1,64	3	3,8	94,7	93	
728		2,13	3,23	3	3,8	94,7	94	
514		1,05	6,9	3	3,8	94	93,5	
697		1,05	6,67	3	3,8	94	93	
707		1,05	3,03	3	3,8	94	94	
727		1,05	3,13	3	3,8	94	93	
740		1,05	0	3	3,8	93,8	93,5	
593		0	3,23	3	3,8	93,8	93,5	
726		1,05	3,03	2,9	3	94	93,5	
614		2,13	0	2,9	3	93,8	93	
Ср			1,27	2,41	2,98	3,64	94,08	93,4
1117		АТПР-100-4	0	13,79	3,4	3,8	97	95,5
1213	1,69		8,77	3,8	3,6	96	95	
1116	1,69		7,14	3,4	3,4	96,6	94,5	
1102	1,69		6,9	3,4	3	97	96	
1176	1,69		3,23	3,8	3,8	96,5	95	
1214	1,69		8,77	3,6	3	96	95	
1202	1,69		7,41	3	2,8	97	96	
1109	1,69		0	3,6	2,9	95,8	95	
1209	1,69		8,47	3,4	3	96,5	95	
1118	1,69		6,45	3,8	3,8	95,7	95	
Ср			1,53	7,03	3,5	3,3	96,4	95,2

Можем предположить, что величина отклонения результатов по основе зависит от типа станка и, в свою очередь, определяется геометрическими параметрами заправки (шириной готовой ткани, шириной в заправке). Как видно заправочные параметры уработки коррелируют с отношением между заправочной шириной (рис. 3.9) и шириной готовой ткани, но фактические значения расхождения результатов не соответствуют значениям уработки. Дело в том, что процесс получения изображений выполняется на участке формирования полотна (линия прибора ткани — грудница), который показан на рисунке 3.9. Для этого участка характерно частичное сужение полотна, которое на данный момент не контролируется.



Рисунок 3.9 - Схема изменения геометрии ткани на станке и место получения изображения

Таким образом для выполнения корректирующих расчетов необходимо учесть дополнительную величину в параметрах заправки ткани на станке, а именно «ширину ткани в месте съёмки». Ее нужно определять на расстоянии примерно около семи сантиметров (половина основания штатива проекционного устройства) от внутренней стороны грудницы.

Схема получения скорректированных значений числа нитей по основе состоит в том, что оператор должен ввести в базу данных артикулов значение ширины готовой ткани (согласно техническому расчету), ширины в месте съёмки (измеряется на трех - пяти выборочных однотипных станках с данным артикулом). В ходе автоматизированного определения числа нитей по основе программа вычисляет скорректированное число нитей по основе по формуле

$$P_o^* = P_o \cdot \frac{Ш_{м.с.}}{Ш_{г.т.}}, \quad (3.1)$$

где P_o^* - пересчитанное число нитей по основе, нитей/10 см;

P_o - количество нитей по основе полученные в месте съемки, нитей/10 см;

$Ш_{м.с.}$ - ширина ткани в месте съемки, см;

$Ш_{г.т.}$ - ширина готовой ткани, см.

Работоспособность предлагаемой схемы корректировки

демонстрирует таблица 3.4.

Таблица 3.4 - Верификация схемы корректировки определения числа нитей на станках по основе

№ ст-ка	Тип станка	Результаты определения числа нитей, н/дм			Отклонение между контрольными и расчетными значениями по основе, %
		По расчету P_o^*	Лаборатория (контрольная) $P_o^л$	Лаборатория (контрольная) $P_o^л$	
1	2	3	4	5	6
10	СТБ-2-330	225	226	226	0
61		225	225	224	0,45
7		222	223	226	-1,33
74		226	226	228	0,88
62		226	226	226	0
81		225	227	226	0,44
84		224	225	226	-0,44
89		225	224	228	-1,75
87		226	228	226	0,88
94		226	225	226	-0,44
Ср		225	225,6	226,2	-0,27
717	П-105	94	96	96	0
728		94	95	96	-1,04
514		95	96	96	0
697		95	96	96	0
707		95	95	96	-1,04
727		95	96	96	0
740		95	95	96	-1,04
593		96	96	96	0
726		95	95	96	-1,04
614		94	95	96	-1,04
Ср		94,8	95,4	96	-0,62

Окончание таблицы 3.4					
1	2	3	4	5	6
1117	АТПР- 100-4	118	120	118	1,69
1213		118	119	120	-0,83
1116		118	119	120	-0,83
1102		118	119	120	-0,83
1176		118	120	120	0
1214		118	119	120	-0,83
1202		118	119	120	-0,83
1109		118	119	120	-0,83
1209		118	120	120	0
1118		118	119	120	-0,83
Ср			118	120	119,8

Как видно из величин отклонения между скорректированным числом нитей по основе и лабораторными тестами, данная схема может быть принята для доработки программного кода и пользовательского интерфейса автоматизированной системы мониторинга процесса формирования ткани.

В отношении измеряемого числа нитей по утку схема корректировки опирается на величину усадки (относительное изменения длины полотна при снятии натяжения). Вместе с тем использование значений усадки в соответствии с техническим расчетом не дает адекватных результатов. Поэтому необходимо ввести эмпирический поправочный коэффициент для соответствующих типов станков.

$$K = \frac{(P_y^n - P_y) 100}{P_y^n \cdot Y}, \quad (3.2)$$

где K - эмпирический поправочный коэффициент;

P_y^n - число нитей по лабораторным тестам в свободном состоянии, нитей/10 см;

P_y - количество нитей по утку полученные в месте съемки, нитей/10 см;

Y - усадка в соответствии с техническим расчетом, %.

Таким образом, вполне работоспособной является следующая формула

для корректировки:

$$P_y^* = P_y \cdot \left(\frac{100 + Y \cdot K}{100} \right), \quad (3.3)$$

где P_y^* – скорректированное число нитей по утку.

Подтверждение полученных результатов определения числа нитей по утку представлена в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Верификация схемы корректировки определения числа нитей на станках по утку

№ ст-ка	Тип станка	Результаты определения числа нитей, н/дм			Отклонение между контрольными и расчетными значениями по утку, %
		На станке P_y	По расчету P_y^*	Лаборатория (контрольная) P_y^1	
1	2	3	4	5	6
10	СТБ-2-330	144	151,5	152	-0,33
61		145	153,4	154	-0,39
7		146	155,3	156	-0,45
74		148	153,7	154	-0,19
62		143	153,2	154	-0,52
81		143	153,2	154	-0,52
84		144	151,5	152	-0,33
89		146	155,3	156	-0,45
87		146	151,7	152	-0,2
94		145	151,6	152	-0,26
Ср			145	153,1	153,6
717	П-105	61	61,9	62	-0,16
728		62	63,9	64	-0,16
514		58	61,7	62	-0,48
697		60	63,7	64	-0,47
707		66	67,9	68	-0,15
727		64	65,9	66	-0,15
740		62	62	62	0
593		62	59,9	60	-0,17
726		66	67,9	68	-0,15
614		62	62	62	0
Ср			62,3	63,7	63,8

Окончание таблицы 3.5					
1	2	3	4	5	6
1117	АТПР- 100-4	58	65	66	-1,52
1213		57	61,6	62	-0,65
1116		56	59,7	60	-0,5
1102		58	61,7	62	-0,48
1176		62	63,9	64	-0,16
1214		57	61,6	62	-0,65
1202		54	57,7	58	-0,52
1109		60	60	60	0
1209		59	63,6	64	-0,62
1118		62	65,7	66	-0,45
Ср			58,3	62,1	62,4

Использование полученных результатов состоит в том, что оператор должен выполнить выборочные замеры коэффициента K по имеющимся типам оборудования и ввести соответствующие значения в базу данных. В соответствии с предлагаемым решением погрешность вызванная различием в условиях выполнения измерений может быть снижена в среднем до 1-1,5%.

3.5. Выявление новых научных результатов

В результате выполненных исследований по разработке методики технологического контроля структурных характеристик тканых полотен получены следующие научные результаты:

- разработана методика и регламентированы этапы сбора и обработки измерительной информации в процессе технологического контроля с целью уменьшения негативного влияния человеческого фактора;
- определены оптимальные настройки фотокамеры проекционного устройства по критерию минимизации ошибок распознавания нитей;
- успешно протестирована методика, с помощью которой в пределах допустимой погрешности можно спрогнозировать результаты измерений числа нитей на 10 см на работающих ткацких станках.

4. РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

4.1. Разработка теоретических основ поверки компьютерного метода определения числа нитей в тканых полотнах и необходимых калибровочных стандартов

Результаты определения числа нитей в тканых полотнах следует рассматривать как физическую величину, получаемую в результате прямых измерений. Требования к измерениям и соответствующим средствам измерений установлены в статье 5 и статье 9 [60]. В частности, по пункту 2 статьи 5 установлено, что в эксплуатационную документацию на средства измерений должны вноситься методики измерений и подтверждения соответствия этих методик обязательным метрологическим требованиям осуществляется в процессе утверждения типов данных средств измерений. Под средством измерений понимают «техническое средство предназначенное для измерений» [60]. Согласно статье 9 [60] в состав обязательных требований к средствам измерений в необходимых случаях включаются требования к их составным частям, программному обеспечению и условиям эксплуатации. В нашем случае речь идет о разработке программно-аппаратного комплекса, эксплуатация которого подвержена множеству факторов. Основными факторами способными исказить результаты измерения являются:

- диапазон номинальных значений числа нитей, приемлемый для разрешающей способности измерительного комплекса;
- состояние проекционного устройства, используемого для получения изображений полотен;
- соблюдение правил эксплуатации проекционного устройства пользователями;

– отличия алгоритма вычислений от функции, строго связывающей действительное значение измеряемой величины с выходными данными компьютерной программы;

Для предупреждения критических отклонений результатов измерений от действительных значений необходимо с некоторой периодичностью проводить поверку метода получения и обработки изображений. Существует целый ряд приемов для проверки отдельных элементов измерительной системы. Проверку установленных параметров фотоаппарата возможно произвести с помощью EXIF [61] данных полученного изображения. Для проверки правильной работы программного кода и системы измерения в целом предлагается применять тесты физических объектов (эталонов), способных хранить и воспроизводить измеряемую величину с заранее известными метрологическими характеристиками. Анализ нормативной документации, применяемой в области обеспечения единства измерений [62] показал, что в отношении такого важного свойства тканей, как плотность нитей (число нитей на 10 см), какие-либо калибровочные стандарты не существуют. Таким образом, требуется их теоретическое обоснование, изготовление и тестирование. Техническое задание на разработку калибровочных стандартов числа нитей в тканых полотнах включало следующие требования:

1) возможность оптического распознавания. Это означает, что основной материал калибровочных стандартов должен обеспечивать цифровое изображение, соответствующее изображению имитируемых объектов измерения – тканей различного ассортимента. Материал должен располагаться на контрастном фоне матовой структуры, не дающей блеска при съемке в отраженном свете;

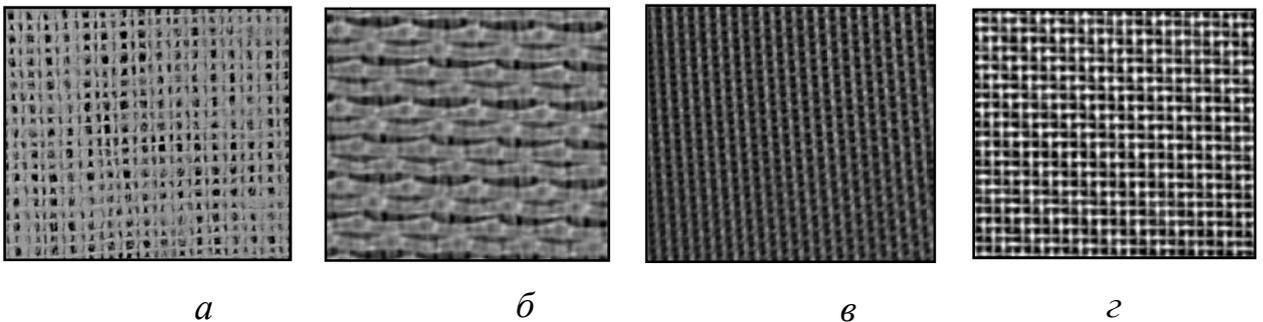
2) механическая прочность и жесткость конструкции калибровочных стандартов. То есть необходимо исключить искажение изображения по причине изменения геометрии калибровочного стандарта;

3) сохраняемость основного материала калибровочных стандартов

проявляющаяся в отсутствии повреждений от истирающих воздействий;

4) устойчивость материалов калибровочных стандартов к воздействию климатических факторов и их способность к чистке различными средствами.

Исходя из перечисленных требований, проведены поисковые научные исследования, при которых в качестве основного материала калибровочных стандартов первоначально рассматривались сетки тканых структур, состоящие из полимерных материалов (полиэфир), металлов (нержавеющая сталь, бронза и латунь). Цифровые изображения указанных материалов (рис. 4.1, б - г) в сравнении с изображением суровой хлопчатобумажной ткани (рис. 4.1, а) приведены для наглядного анализа имеющихся эффектов.



а – хлопчатобумажная ткань

б – тканая сетка из полиэфирных мононитей

в – тканая сетка из латунной (основа) и бронзовой (уток) проволоки

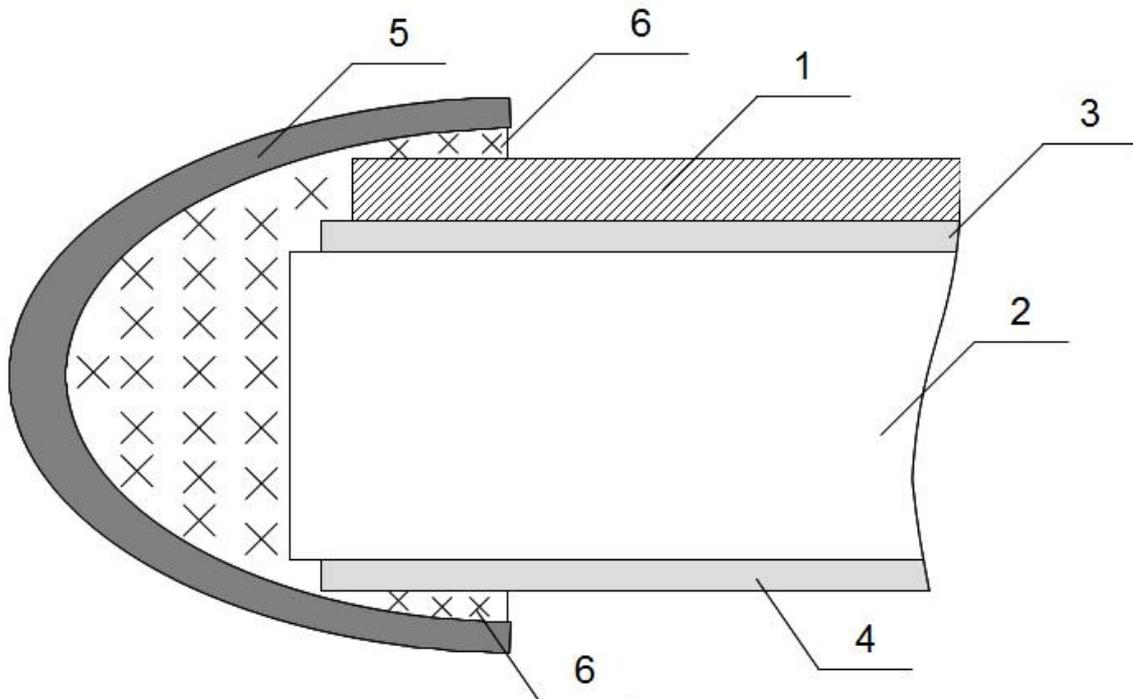
г – тканая сетка из нержавеющей стали

Рисунок 4.1 - Изображения тканых структур из различных материалов

Как можно видеть на рисунке 4.1, изображение тканой сетки из полиэфирных мононитей обладает выраженным эффектом отражающим местные деформации от сплющивания одной из систем нитей, это может привести к ошибочному распознаванию наличия нитей. Образцы из металлических нитей в целом пригодны по внешним признакам, однако сплавы цветных металлов менее устойчивы к механическим воздействиям и при этом обладают высокой стоимостью. Таким образом, исходя из установленных требований, наиболее оптимальным вариантом основного материала калибровочного стандарта признана металлическая тканая сетка из

нержавеющей стали.

Далее прорабатывалась идея конструкции калибровочных стандартов. В конечном итоге предложено и реализовано строение, показанное на рис. 4.2.



1 – тканая металлическая сетка (основной материал)

2 – металлическая пластина

3 – самоклеящаяся матовая пленка (контрастная по отношению к сетке)

4 – декоративная пленка

5 – защитные боковые крепления (профиль)

6 – клеевой слой

Рисунок 4.2 - Эскиз конструкции калибровочных стандартов по числу нитей в ткани

Для практического использования созданы калибровочные стандарты по плотности нитей в тканых полотнах в виде магазина мер в количестве семи штук с номинальным числом нитей от 52 до 435 (рис. 4.3). Указанный диапазон соответствует широкому ассортименту вырабатываемых полотен

(от марли до технических тканей).



Рисунок 4.3 - Набор калибровочных стандартов по плотности нитей в тканых полотнах

Предлагаемый прототип калибровочных стандартов должен быть интегрирован с производственной системой измерений числа нитей в режиме текущего (ежедневного) использования. Поэтому следующей задачей является определение точных метрологических характеристик этих стандартов, пределов отклонений результатов, которые являются допустимыми в ходе калибровки, а также разработка алгоритма автоматизированного анализа изображений калибровочных стандартов с целью определения работоспособности системы.

4.2. Нормирование пределов допустимой погрешности измерений числа нитей в тканых полотнах для целей калибровки

Следующей научной задачей является оценка метрологических характеристик, присущих созданным калибровочным стандартам, с тем чтобы в дальнейшем устанавливать критерии работоспособности измерительного алгоритма в ходе его калибровки. Объектом исследования являются созданные калибровочные стандарты и их основной параметр - число нитей на 10 см. Для оценки возможных вариаций данного параметра

необходим значительный объем статистических данных. Проблема заключается в том, что выходной результат измерений в единицах числа нитей на 10 см является нечувствительным с точки зрения колебаний геометрии внутренней структуры сетки. Поэтому применим методологический прием и будем использовать вместо числа нитей на 10 см обратную характеристику - межнитевое расстояние, выраженное в пикселях. Предварительный анализ показал, что в сетке наблюдаются естественные вариации по межнитевому расстоянию, обусловленные неоднородностью толщины нитей и погрешностями металлочастиц. Это позволяет выявить конкретные величины неоднородности структуры и перевести их в требуемые выходные характеристики плотности. Технически задача решалась путем автоматизированного извлечения массива межнитевых расстояний на участке калибровочного стандарта, ширина которого соответствует измеряемой длине 10 см. Программа исследований охватывала все семь калибровочных стандартов (№ 1 - № 7), результаты наблюдений по которым приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Выборочные результаты наблюдений и сводные характеристики структуры калибровочных стандартов

№ пластины	Число нитей на 10 см X , шт		Среднее межнитевое расстояние X_{px} , пиксели		Среднее квадратичное отклонение межнитевых расстояний σ , пиксели	
	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток
1	52	55	42,7	40,6	1,1	1,2
2	67	66	33,5	33,8	1,1	1,1
3	80	80	28,1	27,8	0,8	1
4	95	99	23,4	22,5	1,2	0,9
5	162	166	13,7	13,4	0,5	0,5
6	353	345	6,3	6,5	0,5	0,5
7	431	446	5,2	5	0,6	0,8

Для демонстрации действительного разброса межнитевых расстояний приведем распределения данного параметра для двух калибровочных стандартов (рис. 4.4).

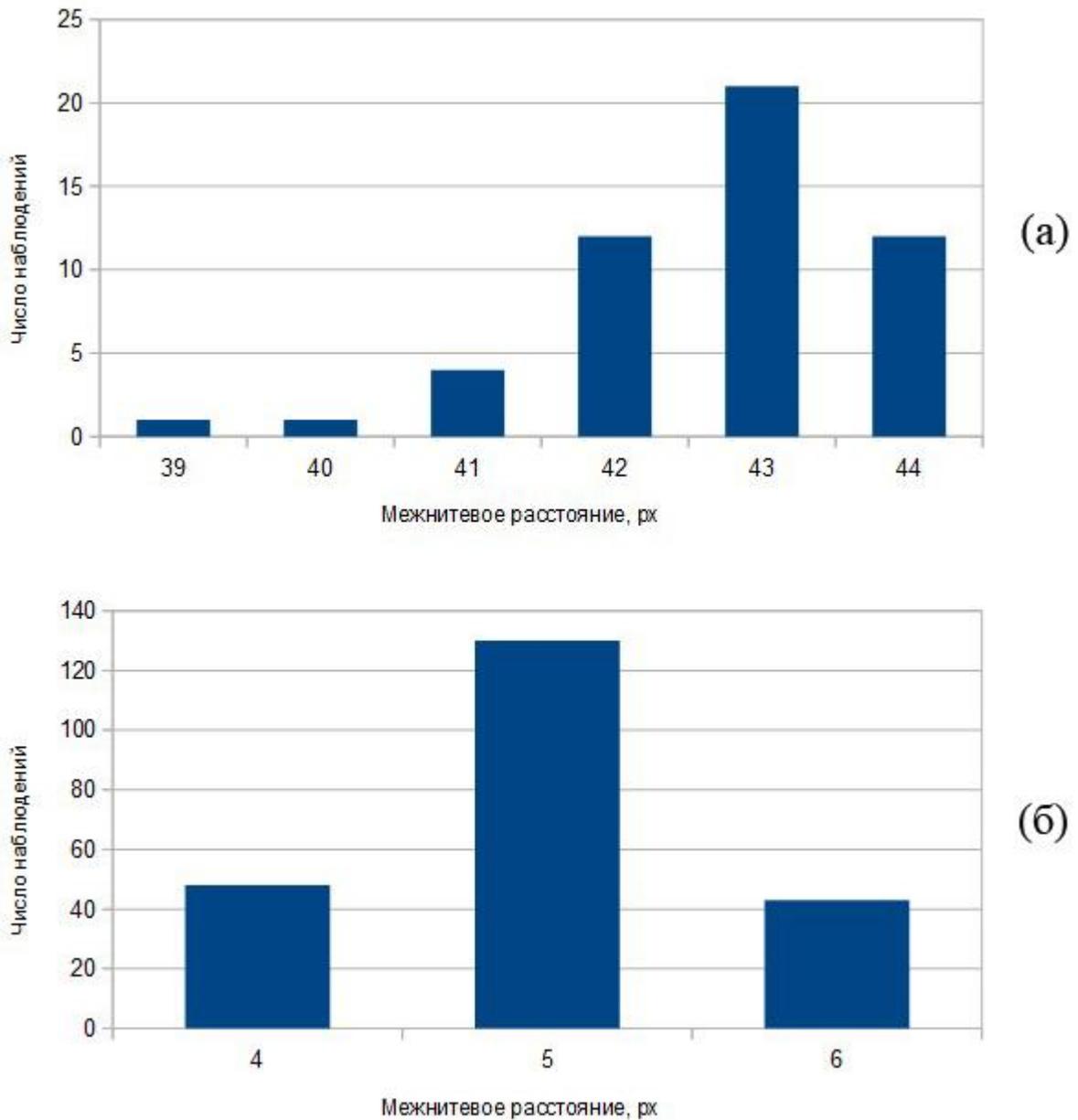


Рисунок 4.4 - Гистограмма результатов наблюдений по межнитевому расстоянию по основе для калибровочной пластины №1 (а) и для калибровочной пластины №7 (б)

Как видно каждый образец обладает определенной неоднородностью структуры на основе которой можно установить нижний предел допустимой погрешности межнитевого расстояния (числа нитей на 10 см). Для этого

необходимо вычислить случайную составляющую погрешности межнитевого расстояния, выраженную в пикселях

$$\Delta_{px} = \frac{\sigma \cdot t}{\sqrt{n}}, \quad (4.1)$$

где t – квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности

$P = 0,95$ и числе степеней свободы $f = n - 1$;

n – объем выборки (число межнитевых расстояний).

Затем полученную величину Δ_{px} выражаем в процентах относительно среднего межнитевого расстояния по выражению:

$$\delta = \frac{\Delta_{px} \cdot 100}{\bar{X}_{px}}. \quad (4.2)$$

В конечном итоге, используя пропорцию между числом нитей и межнитевым расстоянием преобразуем относительную погрешность в абсолютную в требуемых единицах (числе нитей на 10 см)

$$\Delta_n = \frac{\delta \bar{X}}{100}. \quad (4.3)$$

Результаты подобных преобразований сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты определения минимальной погрешности, обусловленной неоднородностью структуры калибровочных стандартов

№ пласт ины	Результаты по основе					Результаты по утку				
	n , шт	t	Δ_{px} , пиксе ли	δ , %	Δ_n , нитей на 10 см	n , шт	t	Δ_{px} , пиксе ли	δ , %	Δ_n , нитей на 10 см
1	52	2,01	0,31	0,72	0,37	55	2,01	0,33	0,8	0,44
2	67	2	0,27	0,8	0,54	66	2	0,27	0,8	0,53
3	80	2	0,18	0,64	0,51	80	2	0,22	0,8	0,64
4	95	1,99	0,25	1,05	1	99	1,99	0,18	0,8	0,79
5	162	1,98	0,08	0,57	0,92	166	1,98	0,08	0,57	0,95
6	353	1,97	0,05	0,83	2,93	345	1,97	0,05	0,82	2,83
7	431	1,96	0,06	1,09	4,7	446	1,96	0,07	1,48	6,6

Установленные величины погрешностей будут использованы для автоматизации процесса калибровки разрабатываемого программно-аппаратного комплекса путем их введения в программный код. В целях повышения вероятности успешной калибровки предполагается некоторое смягчение граничных условий, а именно введения поправочного коэффициента увеличивающего диапазон значений числа нитей, допустимых для дальнейшей работы компьютерного метода. Это необходимо для учета возможного влияния оператора в ходе калибровочных процедур.

4.3. Разработка автоматизированной методики калибровки компьютерного метода определения структурных характеристик тканых полотен

Анализ существующих компьютерных методов позволил выявить основные проблемы, затрудняющие возможность их поверки [63]:

- 1) отсутствие отечественных средств поверки (калибровки) – эталонов или стандартных образцов;
- 2) легкость несанкционированного изменения настроек средств получения первичной измерительной информации (фотокамер, видеокамер, сканеров) и/или использования средств, не предусмотренных методикой измерений;
- 3) возможность повторного использования цифровых изображений эталонов или стандартных образцов при поверке (калибровке);
- 4) риск изменения характеристик периферийных средств без явных отклонений в качестве выдаваемых цифровых изображений.

Для устранения указанных проблем при создании автоматизированной системы были предложены, разработаны и реализованы ряд решений. Для исключения возможности измерения искомых величин по изображениям, полученным с искаженными настройками или с других цифровых устройств, предложено использовать EXIF-данные графических файлов (от англ.

Exchangeable Image File Format), позволяющие сохранять дополнительную информацию, комментирующую медиа-файл, описывающую условия и способы его получения, авторство и т.п. В частности, интерес представляли такие параметры, как производитель и модель фотокамеры, чувствительность ISO, диафрагма и выдержка. Перед основным (измерительным) анализом изображения данные параметры контролируются и при выявлении отклонений соответствующий файл-изображение не анализируется, а процесс поверки (калибровки) прекращается.

Для устранения возможности повторного использования цифровых изображений предлагается несколько способов: – контроль даты и времени получения файла-изображения. Осуществляется также с помощью EXIF-данных. Критерий проверки – дата и время получения файлов при текущей поверке не должны быть раньше, чем при предыдущей калибровке; – отметка использованного файла-изображения. Легкость данного способа обеспечивается тем, что метод измерения работает с изображениями в палитре серых оттенков (координаты R, G и B имеют одинаковое значение), поэтому незначительное изменение даже одной координаты приведет к идентификации данного файла при отсутствии видимых глазу оператора изменений; – учет отличительных особенностей использованных файлов-изображений. Данный способ предусматривает определение и занесение в базу данных информации (например, средняя интенсивность) о нескольких участках использованных при предыдущих поверках изображений. В дальнейшем программа производит поиск и сравнение информации о текущих изображениях с базой данных и делает вывод о возможности их использования. С учетом риска изменения характеристик используемого оборудования предлагается проводить поверку ежедневно после запуска программного обеспечения. На основании вышеизложенного разработан следующий универсальный алгоритм периодической калибровки оптических компьютерных методов определения показателей качества (рис. 4.5).

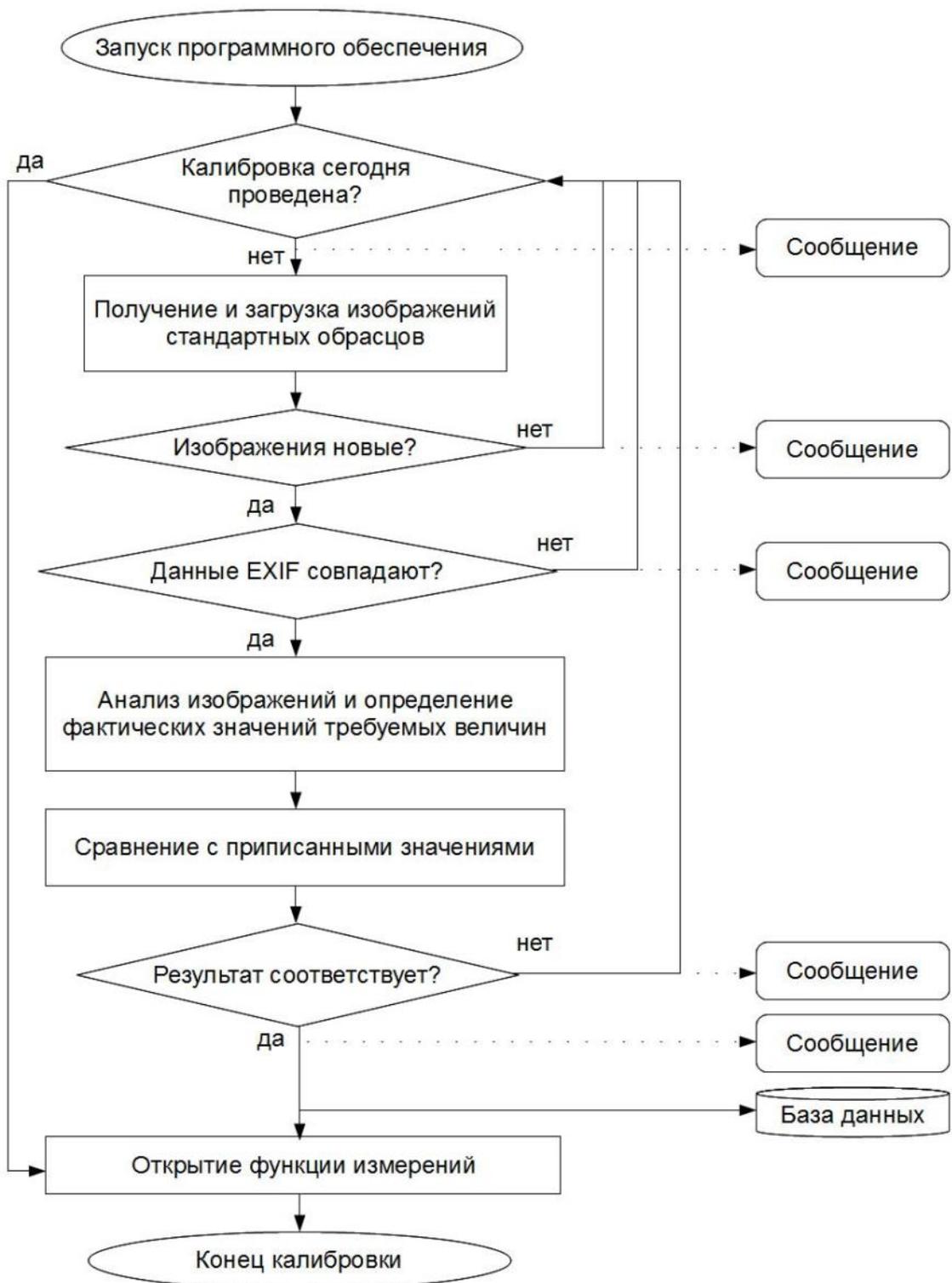


Рисунок 4.5 - Блок-схема калибровочного анализа

Сообщения, указанные в предлагаемом алгоритме, должны содержать исчерпывающую информацию о возможных причинах неудавшейся

калибровки и действиях, которые необходимо предпринять оператору компьютерного метода для исправления ситуации. Данный алгоритм был реализован в составе автоматизированной системы контроля плотности нитей в тканых полотнах "АСК-Ткачество" ООО "Навтекс" (г. Наволоки Ивановской области). Элементы интерфейса встроенного программного обеспечения для калибровки приведены на рисунке 4.6.

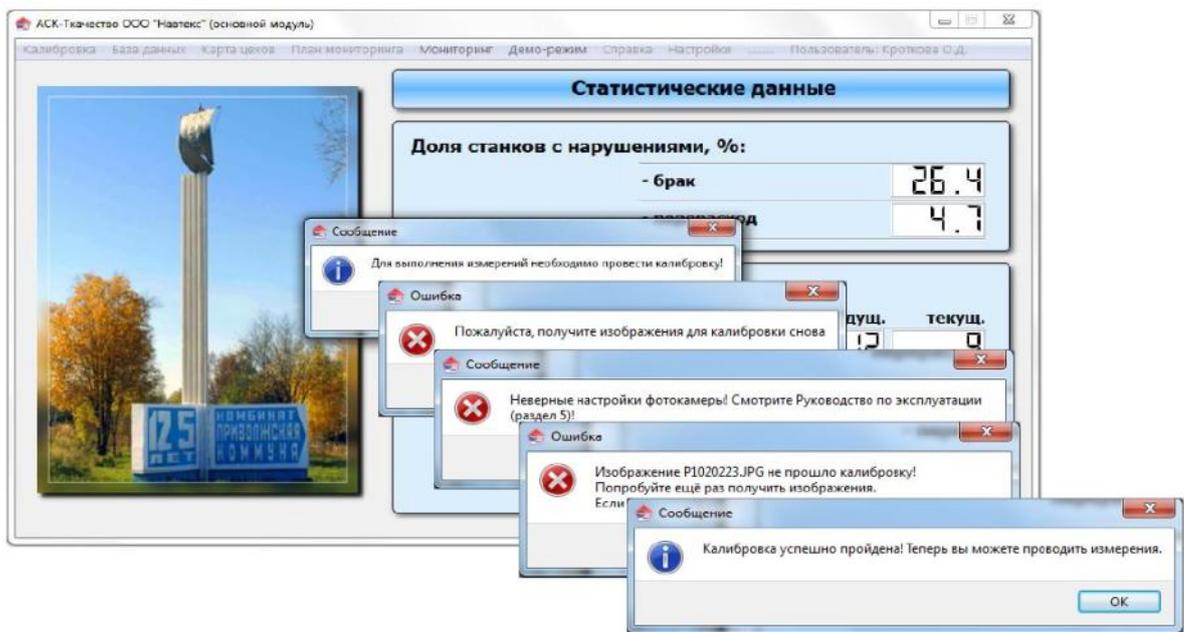


Рисунок 4.6 - Сообщения калибровочного анализа

В итоге выявлены основные проблемы, затрудняющие возможность проверки оптических компьютерных методов определения показателей качества продукции, предложены и реализованы ряд решений для их устранения. Разработан универсальный алгоритм периодической проверки оптических компьютерных методов определения показателей качества продукции. Создано встроенное программное обеспечение для калибровки в составе автоматизированной системы контроля плотности нитей в тканых полотнах.

4.4. Создание средств проактивной защиты компьютерного метода определения числа нитей в тканых полотнах

Наличие штатного модуля калибровки программно-аппаратного комплекса решает проблему выявления критических отклонений в результатах измерений, связанных с работоспособностью измерительной системы. Однако в функциях данной системы значительную роль играет человеческий фактор. Влияние человека может проявляться в недостаточной квалификации, в использовании непредусмотренного оборудования или в неправильной его настройке, в сбоях (невнимательности) при сборе данных, например, перекося проекционного устройства. Также не стоит исключать неопределенности, связанные со случайными факторами, искажающими отдельные результаты (дефекты изображений, грубые погрешности, высокая неоднородность результатов и др.). В отношении этих факторов необходимо обеспечить автоматическую защиту с использованием разных методов воздействия.

Предлагается комплекс решений которые действуют постоянно, то есть в каждой серии измерений.

Прежде всего, при запуске автоматизированной системы запускается алгоритм авторизации. Данный блок необходим для предоставления доступа к программному комплексу для персонала, работающего в системе технологического контроля и отвечающего за этот процесс производства. Сущность доступа состоит в выборе имени пользователя и вводе пароля (рис. 4.7).

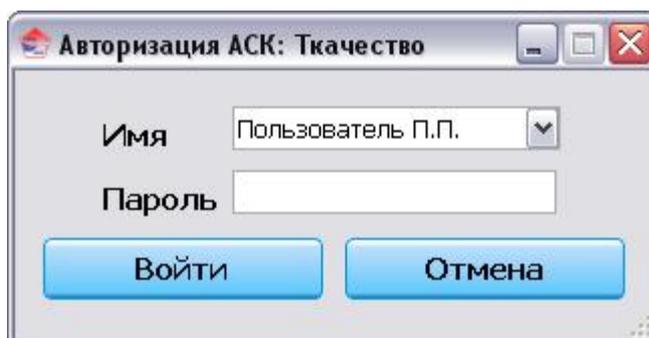


Рисунок 4.7 - Внешний вид окна для авторизации

Для обеспечения авторизации при настройке программного комплекса в базу данных вносятся сведения начальника отдела контроля качества, который становится основным лицом, отвечающим за работу модуля мониторинга. Начальник вправе инициировать последующие добавление, изменение, удаление из базы данных сведений о работниках через блок базы данных пользователей (рис. 4.8). В итоге данный блок защищает программный комплекс от несанкционированного доступа лиц, не прошедших специального обучения по использованию программного комплекса.

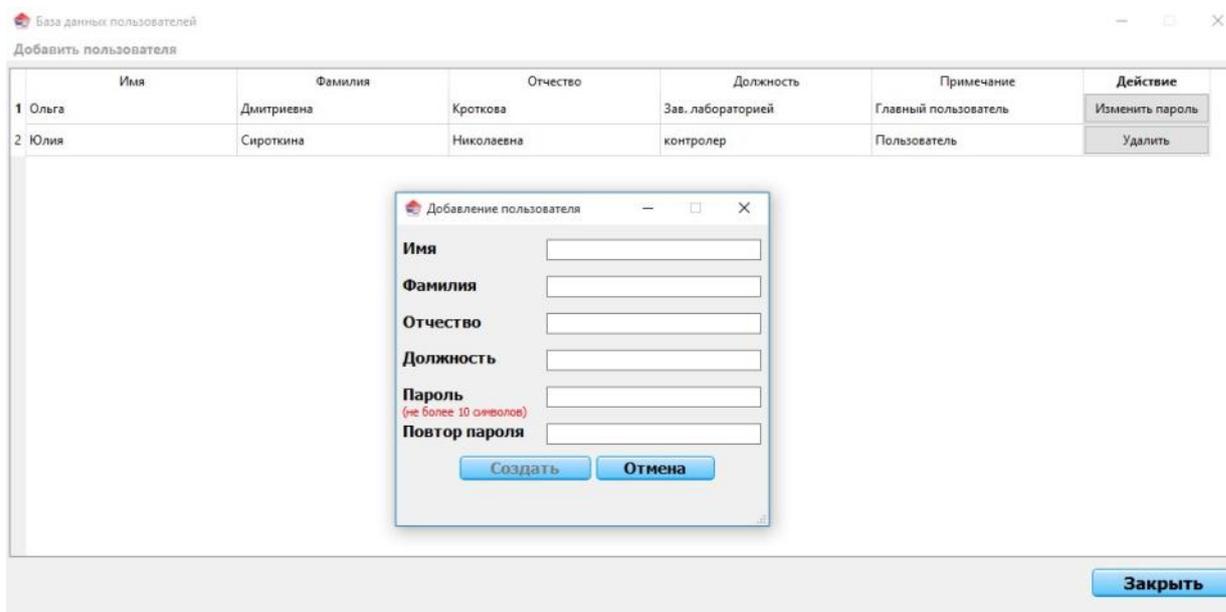


Рисунок 4.8 - База данных пользователей

В отношении используемого оборудования (проекторного устройства) установлена защита, срабатывающая на несоответствие типа фотокамеры, проекторного устройства, а также на ее несоответствующие

настройки. Во время загрузки каждого изображения проб для очередного анализа проводится проверка EXIF данных (марка и модель камеры, чувствительность ISO, выдержка, диафрагма) аналогично калибровке. При выявлении отклонений процесс анализа прекращается, соответствующий файл-изображение не анализируется а на экран выдается сообщение (рис. 4.9).

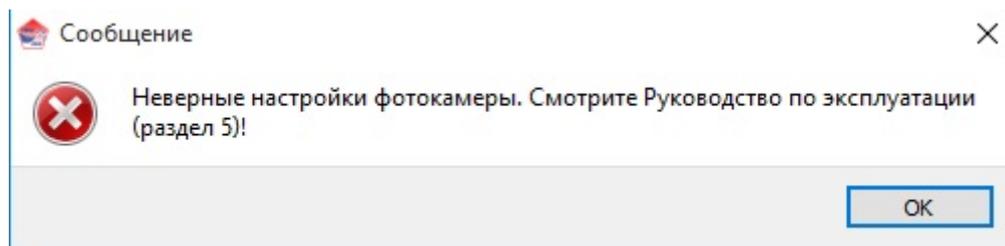


Рисунок 4.9 - Сообщение при неверных настройках фотокамеры

В том случае если в выбранном каталоге будут содержаться посторонние файлы то программа их проигнорирует и продолжит анализ. Данный механизм позволяет исключить излишние остановки в работе программного комплекса при генерировании временных файлов.

С другой стороны, если количество проб не будет соответствовать запланированному количеству изображений, программа выдаст сообщение об ошибке и процесс анализа будет прекращен (рис. 4.10).

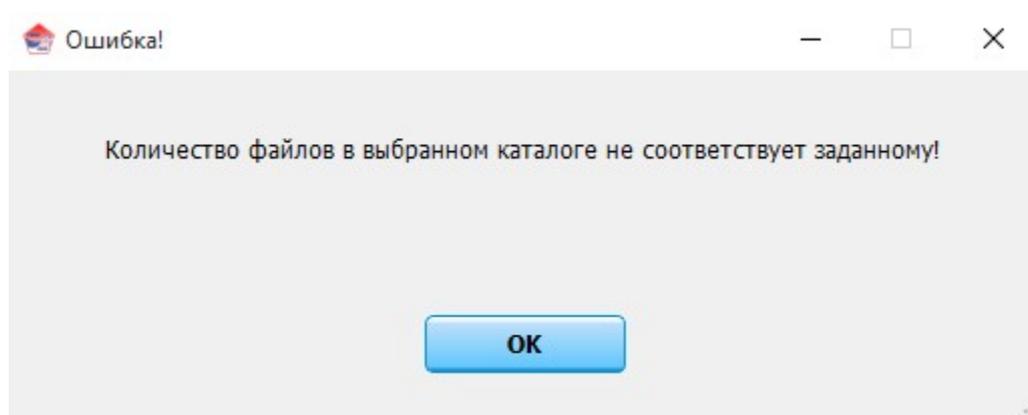


Рисунок 4.10 - Ошибка не соответствия количества проб

Существенную проблему в работе измерительного комплекса могут вызвать результаты измерений обладающие резкими колебаниями в пределах одного изображения или серий изображений. После автоматизированной

обработки всех изображений формируется сводная таблица с усредненными результатами измерения плотности ткани (рис. 4.11).

Результаты мониторинга плотности ткани по основе и утку

Статистическая информация
Папка с изображениями: C:\Documents and Settings\User\Рабочий стол\Test Суммарный объем файлов, МБ: 296.638 Количество файлов: 60 Время на анализ, сек: 79.3

По станкам								
Номер	Тип	Артикул ткани	По норма	По факт	Пу норма	Пу факт	Дополнительно	
1	5	СТБ-330	262/20	232±5	230	210±6	208	Подробнее...
2	6	СТБ-330	262/20	232±5	232	210±6	196	Подробнее...
3	39	СТБ-330	262P-1	226±5	226	115±3	116	Подробнее...
4	41	СТБ-330	262P-1	226±5	227	115±3	116	Подробнее...
5	74	СТБ-330	6498-50	100±2	100	65±2	64	Подробнее...
6	76	СТБ-330	262P-1	226±5	226	115±3	116	Подробнее...
7	78	СТБ-330	262P-1	226±5	226	115±3	115	Подробнее...
8	105	СТБ-330	203/9-5	210±4	209	175±5	177	Подробнее...
9	106	СТБ-330	203/9-5	210±4	209	175±5	181	Подробнее...
10	110	СТБ-330	6498-50	100±2	101	65±2	64	Подробнее... ⚠
11	478	П-105 2B-8	6498/22-1	93±2	62	48±2	27	Подробнее... ⚠
12	1334	П-105	6498/21-1	88±2	87	38±2	40	Подробнее... ⚠

По артикулам						
Артикул ткани	Тип станков	По норма	По факт	Пу норма	Пу факт	
1	6498/21-1	П-105 2B-8	88±2	87	38±2	40
2	6498-50	СТБ-330	100±2	100	65±2	64
3	6498/22-1	П-105 2B-8	93±2	62	48±2	27
4	262P-1	СТБ-330	226±5	226	115±3	116
5	203/9-5	СТБ-330	210±4	209	175±5	179
6	262/20	СТБ-330	232±5	231	210±6	202

Принять Сохранить (MS Excel) Закрыть

Рисунок 4.11 - Результаты мониторинга плотности ткани, усредненные по станкам и артикулам

Возможны ситуации, когда средние значение количества нитей по серии изображений попадают в допустимый интервал, но число нитей по одному изображению выходит за указанный предел. В этом случае программа отмечает соответствующие строки (станки) символом, например, знаком восклицания. Это означает, что пользователю необходимо рассмотреть данные результаты более подробно (кнопка «Подробнее...») с тем чтобы убедиться в корректном получении изображений и/или выполнении анализа (более подробно см. раздел 5). Данная функция помогает пользователю отобразить скрытые несоответствия и устранить их в ручном режиме.

4.5. Оценка итоговой погрешности результатов измерений на основе анализа выборочных данных

Внедрение любого средства или метода измерения требует подтверждения метрологических характеристик одной из которых является соотношение между допускаемым диапазоном значений для объекта измерений и итоговой погрешностью применяемого метода. Речь идет о проведении производственных испытаний системы измерений числа нитей с целью оценивания ее применимости в реальных условиях. Критерий применимости системы устанавливался с учетом «правила десяти» [64], то есть неопределенность системы измерений должна составлять не более одной десятой от величины диапазона допускаемых значений на контролируемые объекты. Объектом исследования является продукция, выпускаемая «ХБК Навтекс» - ныне ООО «Приволжская коммуна» (г. Наволоки, Кинешемский район, Ивановской области), а именно марля суровая артикул 6501/3 по ГОСТ 9412-93 [21], бязь суровая артикул 203/242/5 по ГОСТ 29298-2005 [43]. В целях апробации решений на более плотных тканях рассмотрена ткань техническая капроновая артикул 56002П по ГОСТ 16428-90 [70]. Допускаемое отклонение числа нитей на 10 см по основе и утку представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Данные о исследуемых объектах

№ объекта	Артикул	Нормативный документ	Ширина, см	Число нитей на 10 см		Допускаемое отклонения по числу нитей	
				Основа	Уток	Основа	Уток
1	6501/3	ГОСТ 9412-93	98	100	95	2	3
2	203/242/5	ГОСТ 29298-2005	242	232	180	5	5
3	56002П	ГОСТ 16428-90	90	470	440	10	15

Отсюда, пользуясь вышеуказанным правилом, установим требуемый предел допускаемой погрешности результата для применяемой

измерительной системы по числу нитей на 10 см, а именно для бязи: $\pm 0,5$ нити по основе и $\pm 0,5$ нити по утку; для марли $\pm 0,2$ нити по основе и $\pm 0,3$ нити по утку; для капроновой ткани ± 1 нити по основе и $\pm 1,3$ нити по утку.

Применим стандартную методику определения погрешности измеряемой величины на основе обработки результатов прямых многократных измерений, которую устанавливает ГОСТ Р 8.736-2011 [65]. Его можно использовать для нормирования величины погрешности новых типов средств измерений, аналогичных предлагаемой системе.

Целью исследования в первую очередь являлась оценка работоспособности (стабильности) измерительной системы, а не оценка качества полотна. Поэтому необходимо по-возможности исключить влияние неоднородности самого полотна на получаемые результаты. Для этого принято решение проводить анализ изображений, получаемых с участков полотна, содержащих в большинстве своем одни и те же нити. Таким образом неоднородность результатов, выраженная известными статистическими характеристиками, должна стремиться к нулю, любые отклонения будут характеризовать свойства применяемой системы измерений. Объем серии отдельных результатов измерений, достаточный для выполнения стандартной методики обработки, установлен равным 20. Важным параметром в проводимом исследовании является величина доверительной вероятности. Согласно [65] ее рекомендуемое значение должно составить 0,95.

Изображения были получены с одного места точечной пробы с небольшими вариациями (смещением), обусловленными влиянием человеческого фактора. Отдельные результаты измерений и вычисляемые статистические характеристики сведены в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 - Выборочные значения и сводные статистические характеристики числа нитей в тканых полотнах

№ пробы	Марля (6501/3)		Бязь суровая (203/242/5)		Ткань техническая капроновая (56002П)	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1	2	3	4	5	6	7
1	93	98	228	179	478	442

Продолжение таблицы 4.4						
1	2	3	4	5	6	7
2	93	98	228	179	476	440
3	93	98	227	180	474	442
4	93	98	228	178	474	442
5	93	100	228	179	474	442
6	93	98	228	179	476	442
7	94	98	228	179	474	442
8	93	99	227	179	477	439
9	94	97	227	178	477	441
10	93	99	228	179	477	441
11	93	99	228	178	477	441
12	94	98	228	179	475	438
13	92	98	227	179	477	437
14	94	98	228	178	481	439
15	93	99	228	178	475	442
16	93	99	228	179	477	439
17	93	99	228	179	477	441
18	93	98	228	179	474	442
19	93	99	227	178	476	439
20	94	98	228	179	477	441
x	93,2	98,4	227,7	178,7	479,9	440,1
S^*	0,51	0,66	0,43	0,54	0,87	0,83
d	0,780	0,874	0,860	0,830	0,875	0,834
Соответствие нормальному закону распределения	Да	Да	Да	Да	Да	Да
S	0,51	0,66	0,43	0,54	0,87	0,83
S_x	0,11	0,15	0,1	0,12	0,2	0,19
G_1	1,57	2,41	0,58	2,33	1,2	2,22
G_2	2,35	2,11	1,73	1,4	2,23	2,58
\mathcal{E}	0,24	0,31	0,2	0,25	0,41	0,39
Θ_1	0,045		0,103		0,211	

Окончание таблицы 4.4						
1	2	3	4	5	6	7
Θ_2	0,500		1,149		2,35	
Θ_Σ	0,545		1,252		2,561	
S_θ	0,31	0,31	0,72	0,72	1,48	1,48
S_Σ	0,33	0,35	0,73	0,73	1,49	1,49
K	1,83	1,85	1,77	1,78	1,77	1,77
Δ	0,61	0,64	1,29	1,31	2,65	2,64
<i>Запись результата измерения</i>	93,2 ± 0,6; 0,95	98,4 ± 0,6; 0,95	227,7 ± 1,3; 0,95	178,7 ± 1,3; 0,95	479,9 ± 2,65; 0,95	440,1 ± 2,64; 0,95

Согласно [65] оценку измеряемой величины \bar{x} , за которую принимают среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений, вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4.4)$$

где x_i - i -й результат измерений количества нитей;

n - число результатов измерений (наблюдений).

Среднее квадратическое несмещенное отклонение S серии (далее - группы) результатов измерений, содержащей n значений, вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (4.5)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценки измеряемой величины) S_x вычисляют по формуле

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (4.6)$$

Для исключения грубых погрешностей используют критерий Граббса. Статистический критерий Граббса исключения грубых погрешностей основан на предположении о том, что группа результатов измерений принадлежит нормальному распределению. Для этого вычисляют критерии Граббса G_1 и G_2 , предполагая, что наибольший x_{\max} или наименьший x_{\min} результат измерений вызван грубыми погрешностями:

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S}, \quad G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S} \quad (4.7)$$

Полученные значения G_1 и G_2 сравнивают с теоретическим значением $G_T=2,709$ критерия Граббса (Приложение А в [65]) при выбранном уровне значимости $q=5\%$.

Если $G_1 \leq G_T$ и/или $G_2 \leq G_T$, то x_{\max} и/или x_{\min} не считают промахом и сохраняют в ряду результатов измерений. Если $G_1 > G_T$ и/или $G_2 > G_T$, то из выборки, соответственно, исключают x_{\max} и/или x_{\min} как маловероятные значения.

Также проведем проверку гипотезы о нормальности распределения результатов измерений с использованием составного критерия d и m

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n S^*}, \quad (4.8)$$

где S^* - смещенное среднее

$$\text{квадратическое отклонение } S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (4.9)$$

Результаты измерений в ряду считают распределенными нормально, если

$$d_{1-q/2} \leq d \leq d_{q/2}, \quad (4.10)$$

где $d_{1-q/2}$ и $d_{q/2}$ - квантили распределения, получаемые из таблицы Б.1 [65], $q_1/2$ и $1-q_1/2$, причем q_1 - заранее выбранный уровень значимости 5%.

Табличные значения квантилей представлены диапазоном

$$0,7291 \leq d \leq 0,8791. \quad (4.11)$$

Таким образом оценка распределений по критерию d позволяют сделать предварительный вывод о соответствии результатов нормальному закону.

Далее считают, что результаты измерений принадлежат нормальному распределению, если не более m разностей $|x_i - \bar{x}|$ превышают значение $z_{p/2} * S$,

$$|x_i - \bar{x}| \geq Z_{p/2} S, \quad (4.12)$$

где $z_{p/2}$ - верхний квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающий вероятности $P/2$.

Значения вероятности P определяют из таблицы Б.2 [65] по выбранному уровню значимости q_2 , %, и числу результатов измерений n . Для текущей задачи значение квантиля $z_{p/2} = 2,33$, а предельное значение $m_T = 1$.

В результате проверки по критерию m можно сделать окончательный вывод о соответствии результатов наблюдений нормальному закону распределения.

На основании сделанных предварительных заключений рассчитаем доверительной границы погрешности оценки измеряемой величины.

Доверительные границы случайной погрешности ε (без учета знака) оценки измеряемой величины вычисляют по формуле

$$\varepsilon = t S_{\bar{x}}, \quad (4.13)$$

где t - коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности $P = 0,95$ и числе степеней свободы $n-1 = 19$, равный $t = 2,0935$.

Рассматривая применяемую измерительную систему, можно также предположить наличие источников неисключенной систематической погрешности (НСП). Ее границу Θ_{Σ} при наличии менее трех составляющих ($z < 3$), каждая из которых представлена границами Θ_i , оценивают по формуле

$$\Theta_{\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^z |\Theta_i|, \quad (4.14)$$

При числе составляющих НСП ($z \geq 3$) ее доверительные границы вычисляют путем построения композиции по формуле

$$\Theta_{\Sigma}(P) = \pm k \sum_{i=1}^z \Theta_i^2, \quad (4.15)$$

где Θ_i - граница i -й НСП;

k - коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью, числом составляющих НСП и их соотношением между собой.

В рассматриваемом случае в первую очередь будем учитывать составляющую НСП, вызванную ограниченной разрешающей способностью средства измерения. При стандартных размерах оптической матрицы проекционного устройства (3000×4000 пикселей) измеряемая длина (равна 100 мм) эквивалентна 2220 пикс. Это соответствует размеру пикселя, равному 0,045 мм. Выразим этот параметр в единицах числа нитей, сопоставив его с размером минимального элемента структуры ткани, включающим пору и нить. Учитывая номинальное число нитей (100 - для марли, 230 - для бязи, 470 - для технической капроновой ткани), получим размер минимального элемента ткани, равный, соответственно, 1,0 мм - для марли, 0,435 мм - для бязи и 0,213 мм для технической капроновой ткани. Выразим полученные размеры погрешности (пикселя) в единицах числа нитей, она составит $\Theta_{1м} = 0,045$ - для марли, $\Theta_{1б} = 0,103$ - для бязи и $\Theta_{1тк} = 0,211$ - для технической капроновой ткани. Данная погрешность будет линейно увеличиваться при

увеличении числа нитей в измеряемой ткани.

Во вторых следует учесть стандартную погрешность в определении измеряемой длины участка ткани, которая согласно [23] составляет 0,5 мм. Выразив ее в единицах числа нитей получим вторую составляющую погрешности $\Theta_{2м} = 0,5$ - для марли, $\Theta_{2б} = 1,149$ - для бязи и $\Theta_{2тк} = 2,35$ - для технической капроновой ткани.

Расчет доверительной границы НСП проведем по выражению (4.15). Таким образом, неисключенная погрешность Θ_{Σ} , выраженная в единицах числа нитей, составит $\Theta_{\Sigma} = 0,545$ - для марли, $\Theta_{\Sigma} = 1,252$ - для бязи и $\Theta_{\Sigma} = 2,561$ - для технической капроновой ткани.

Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины Δ (без учета знака) вычисляют по формуле

$$\Delta = KS_{\Sigma}, \quad (4.16)$$

где K - коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП.

Суммарное среднее квадратическое отклонение S_{Σ} оценки измеряемой величины вычисляют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_x^2}, \quad (4.17)$$

где S_{Θ} - среднее квадратическое отклонение НСП, которое оценивают в зависимости от способа вычисления НСП по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}, \quad (4.18)$$

Коэффициент K для подстановки в формулу (4.16) определяют по эмпирической формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_x + S_{\Theta}}, \quad (4.19)$$

В результате определены доверительные границы погрешности

оценки измеряемой величины для каждой группы результатов (см. табл. 4.4). Запись результатов дана в интервальной форме. Как видно из табл. 4.4, фактические результаты по видам ткани имеют различную оценку погрешности, которая коррелирует с номинальным числом нитей в исследуемом образце. В дальнейшем будем рассматривать численные оценки погрешности в качестве приписанной характеристики для данных объектов и условий измерений.

Основываясь на полученных результатах, рассчитаем коэффициент N_{Δ} , показывающий отношение величины допускаемого отклонения, предусмотренного нормативным документом на ткань, к величине приписанной погрешности.

$$N_{\Delta} = D / \Delta, \quad (4.20)$$

где D - допускаемое отклонение по числу нитей (по основе и утку) для соответствующего артикула.

Расчеты показывают, что в пределах допускаемых отклонений числа нитей найденная величина погрешности Δ укладывается более трех раз (табл. 4.5).

Таблица 4.5 - Сопоставление фактической погрешности и требований к качеству ткани

№ объекта	Артикул	Соотношение N_{Δ}	
		Основа	Уток
1	6501/3	3,3	5
2	203/242/5	3,8	3,8
3	56002П	3,8	5,9

Данный запас точности можно считать достаточным для рекомендации системы к использованию для производственного контроля тканей с данными характеристиками структуры.

4.6. Выявление новых научных результатов

Разработаны технические средства и реализован программный модуль автоматизированного контроля точности предлагаемой измерительной системы в процессе эксплуатации. Показано, что предлагаемый метод измерения числа нитей в тканых полотнах обладает абсолютной погрешностью, не превышающей $\pm 1,0$ нить в диапазоне плотностей до 100 нитей, $\pm 2,0$ нити при плотности до 167 нитей и $\pm 5,0$ нитей при плотности до 450 нитей. Доказано, что точность измерительной системы приемлема с учетом требований к исследуемым артикулам тканей. Разработаны и реализованы средства метрологического обеспечения (калибровочные стандарты) для автоматизированного подтверждения точности результатов контроля числа нитей на заданной длине тканей.

5. РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

5.1. Разработка структурной модели информационно-измерительной системы контроля

Тканые полотна (суровые и готовые) относятся к категории продукции с высокой добавленной стоимостью, поэтому несоответствия, возникающие на конечном этапе формирования тканей, резко снижают эффективность всего технологического цикла «волокно-ткань». Особую роль в обеспечении качества тканей и в повышении технико-экономических показателей текстильного производства играет соблюдение проектных нормативов по такой структурной характеристике, как число нитей на 10 см (раздельно в направлении нитей основы и в направлении нитей утка).

Контроль числа нитей на заключительных этапах изготовления по-прежнему остается актуальным, при этом речь должна идти не только о разовой проверке правильности настройки технологического оборудования (ткацких станков, отделочных линий), но и об оперативном контроле стабильности соответствующих параметров в процессе работы. Причинами потенциальных отклонений структурных характеристик тканей являются:

- вариации качества сырья (в первую очередь толщины нитей утка);
- изменения климатических условий при производстве тканей;
- неправильный выбор/установка технологических режимов станков.

Эффективное решение проблемы оперативного выявления отклонений и их причин может быть найдено в рамках предлагаемой информационно-управляющей системы (далее «АСК-Ткачество») для автоматизированного определения числа нитей в тканых полотнах и удаленного мониторинга технологических процессов [49]. Согласно [66] измерительная система представляет собой совокупность измерительных, связующих,

вычислительных компонентов, образующих измерительные каналы, и вспомогательных устройств (компонентов измерительной системы), функционирующих как единое целое. Важным признаком отнесения технических средств к измерительным системам является их назначение. Выделяют следующие функции:

– получение первичной информации о состоянии объекта с помощью измерительных преобразований в общем случае множества изменяющихся во времени и распределенных в пространстве величин, характеризующих это состояние, например, получение цифровых изображений тканого полотна с помощью разработанного проекционного устройства;

– машинная обработка результатов измерений, например, распознавание образов нитей и пор в тканом полотне с помощью гибридного алгоритма;

– регистрация и индикация результатов измерений и результатов их машинной обработки, например, визуализация обнаруженных нитей на цифровом изображении тканого полотна и сохранение протоколов результатов измерений;

– преобразование этих данных в выходные сигналы системы в разных целях, например, отображение состояния формируемого тканого полотна на соответствующих станках и передача данных в модуль оперативной информации (удаленного мониторинга).

Система включает в себя необходимые технические средства, программное обеспечение и организационные меры, направленные на достижение целей мониторинга. Принципиальная схема «АСК-Ткачество», представленная на рисунке 5.1, содержит аппаратную и программную части.

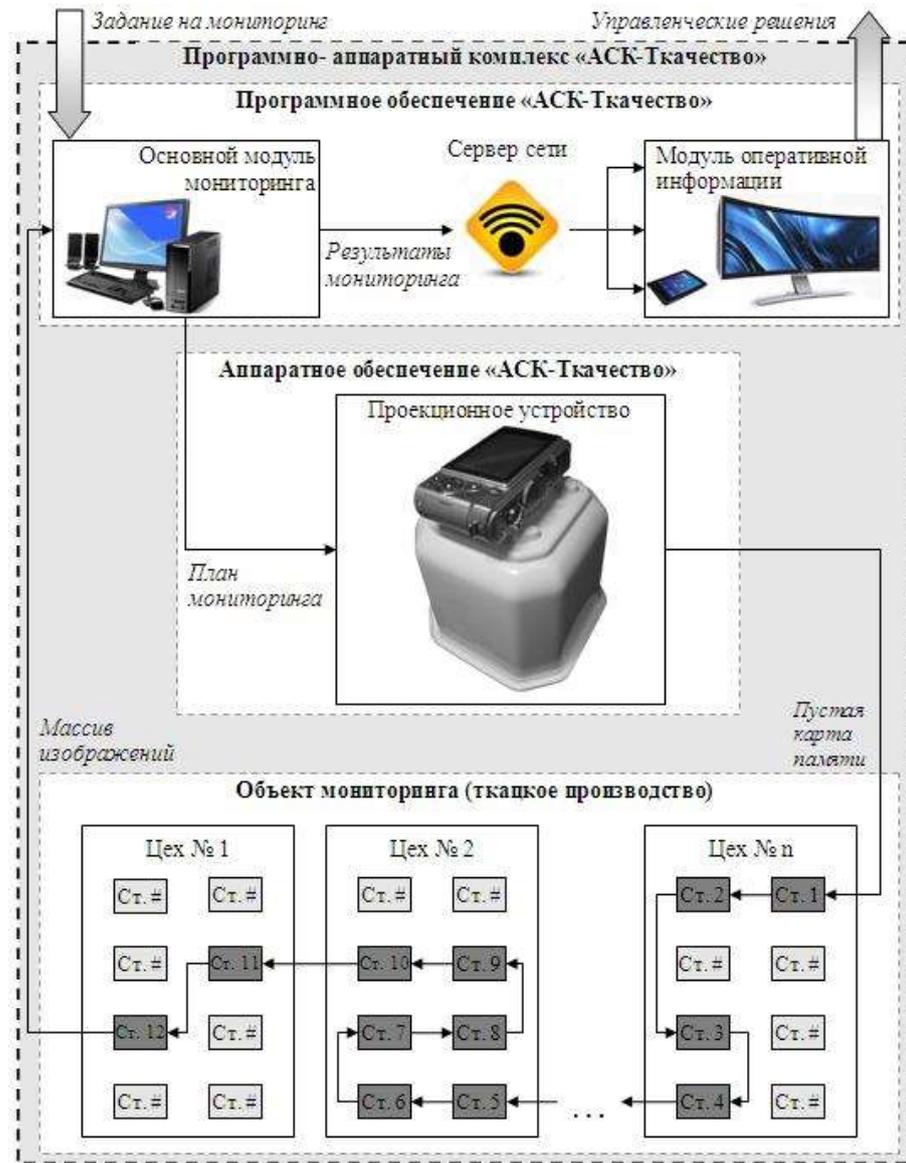


Рисунок 5.1 - Принципиальная схема «АСК-Ткачество»

Определим ключевые функции предлагаемой системы. К ним относятся:

- 1) Построение карт цехов;
- 2) Заполнения базы данных артикулов;
- 3) Планирование мониторинга;
- 4) Получение изображений полотен;
- 5) Калибровка системы;
- 6) Определение числа нитей (ядро системы);
- 7) Сравнение полученных значений с нормами;
- 8) Отображение статусов станков;

- 9) Внесение изменений в базу данных станков;
- 10) Передача данных в электронные таблицы (формирование отчета);
- 11) Передача данных в модуль оперативной информации (удаленного мониторинга).

Часть функций (1, 2, 3, 4), обеспечивающих работу системы, выполняется с участием оператора. Тем не менее они являются звеньями общей логической цепи (рис. 5.2).

Рассмотрим архитектуру выполняемых функций с помощью методологии документирования информационных систем IDEF3 [67]

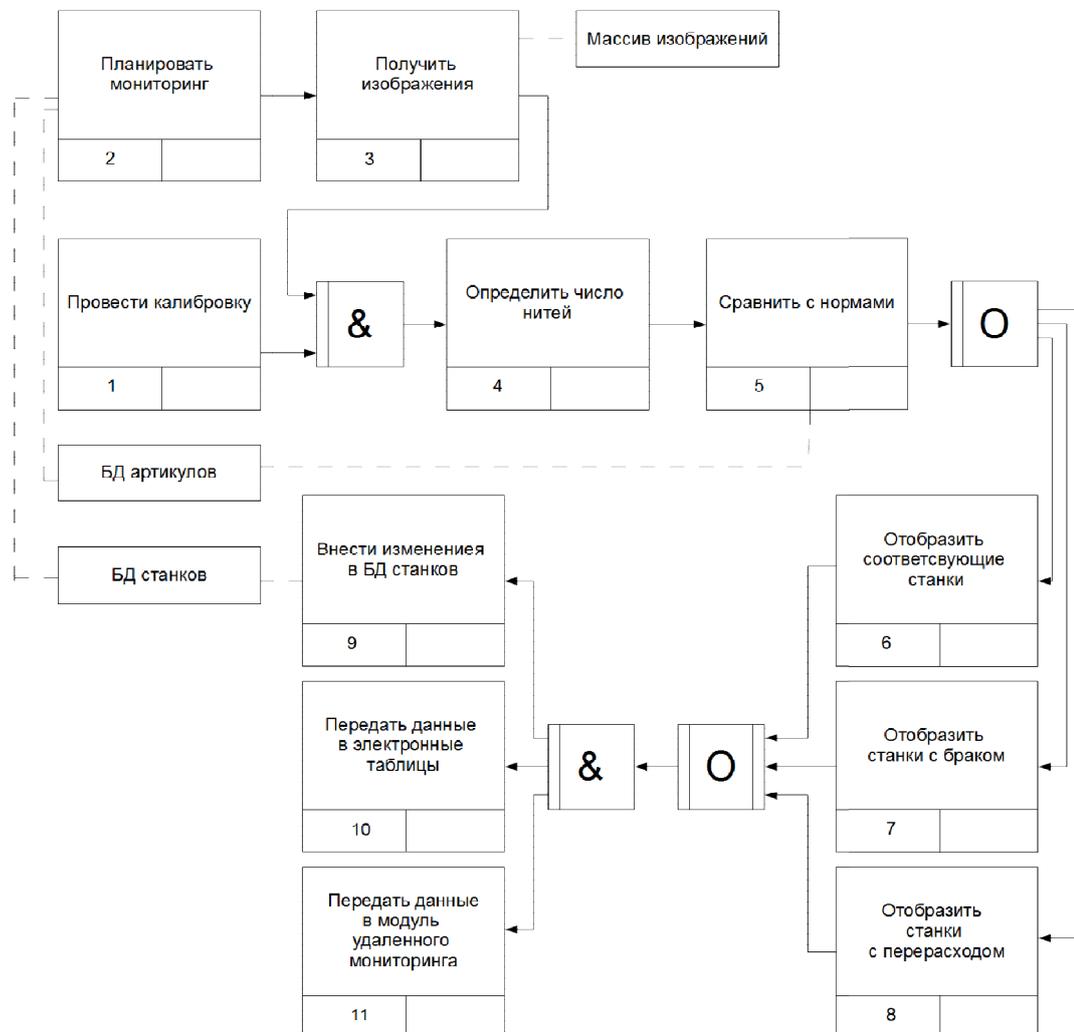


Рисунок 5.2 - Структурно-функциональная схема системы «АСК-Ткачество»

Как видно из рисунка результатом функционирования

информационной системы является актуальная информация о состоянии объектов контроля (станков) в текущий момент времени, которая отображается на экране главного терминала (в лаборатории ОТК) и передается по каналам связи на модуль (модули) удаленного мониторинга для принятия решений ответственными сотрудниками. Модуль удаленного мониторинга территориально может находиться в различных местах в соответствии с потребностями конкретной организации.

5.2. Составление компьютерной программы автоматизированного определения показателей структуры тканых полотен

Основным функциональным элементом (ядром) информационно-измерительной системы производственного контроля является модуль подсчета числа нитей в ткани. С учетом выполненных научных исследований появилась возможность полностью автоматизировать процесс подсчета с помощью оригинального программного обеспечения [50]. Разработка программного обеспечения исходит из потребностей пользователей в проведении контроля производимой продукции как в лаборатории, так и в производственных условиях силами работников отдела технического контроля, без привлечения других технических служб. Таким образом ядро системы может функционировать с различными надстройками, не требуя доработки.

Проанализировав необходимые потребности пользователей разработан перечень функций, реализуемых программой, а именно: загрузка изображений, анализ (обработка) изображений, отображение и возможность сохранения обработанного изображения, экспортирование результатов анализа в формате электронных таблиц, передача результатов анализа на пульт диспетчера.

Для удобства и повышения эффективности контроля разработаны два варианта загрузки изображений проб тканых полотен. Первый способ -

«Единый режим», для загрузки одного изображения, второй способ - «Пакетный режим» (рис. 5.3), для анализа массива изображений.



Рисунок 5.3 - Главное окно программы анализа изображений и подсчета числа нитей в реализации лабораторного модуля (АСК-Лаборатория)

Для запуска единого режима необходимо нажать на кнопку «Открыть файл». После однократного нажатия по ней откроется системное окно выбора изображения, листинг подпрограммы «Открытие, проверка и загрузка изображения» представлен в приложении А.

После выбора изображения пробы программа загрузит его в область для предварительного просмотра, чтобы обеспечить идентификацию и дополнительный визуальный контроль пробы, а также выделит участок ткани 10 на 10 см (рис. 5.4). Справа от области предварительного просмотра в окне отображается имя и дата съемки файла и активируется кнопка запуска автоматического анализа показателей структуры. Если оператор не выявил

дефекты визуальным осмотром, он нажимает кнопку «Определить».

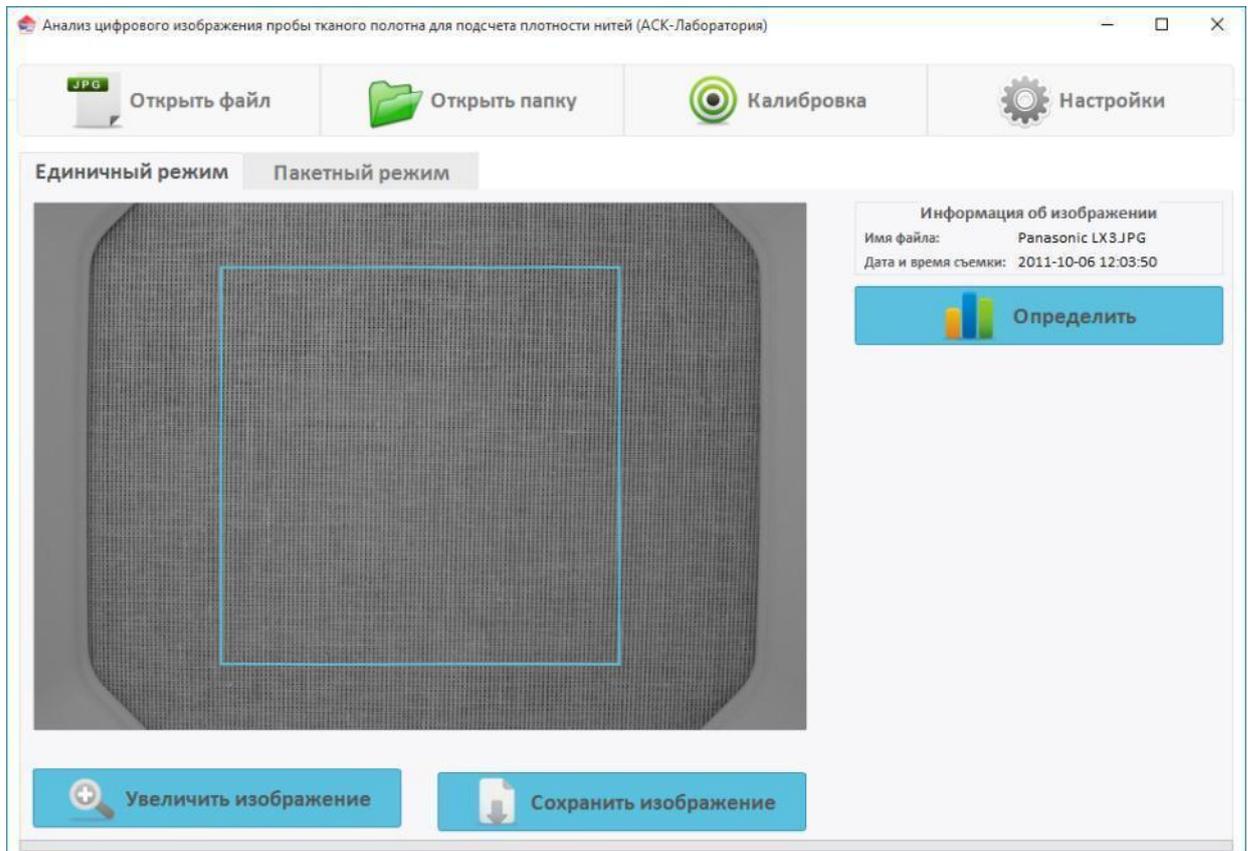


Рисунок 5.4 - Основной вид программы с загруженным изображением анализируемого тканого полотна

Дополнительно для визуальной проверки результата измерений количества нитей, найденные нити по основе и утку отмечены цветными маркерами (рис. 5.5). Также становятся активными кнопки увеличения и сохранения изображения с маркированными нитями.

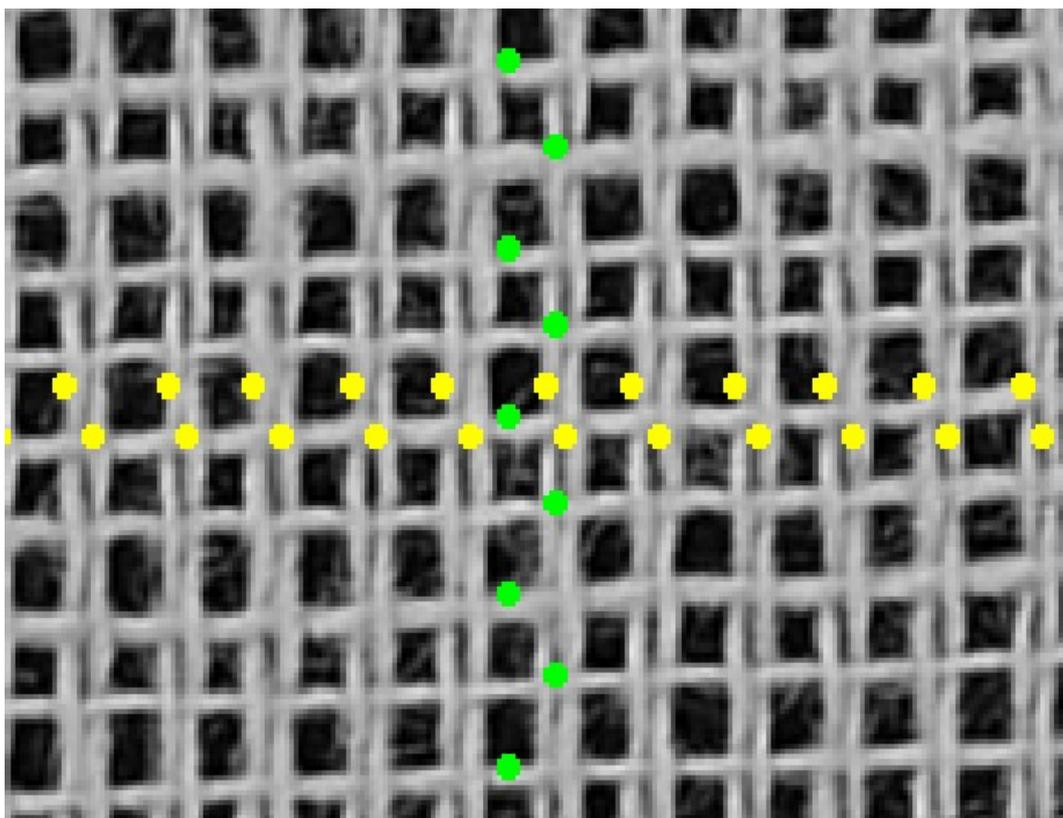


Рисунок 5.5 - Маркировка найденных нитей, желтыми маркерами помечены нити основы, зелеными маркерами помечены нити утка

Для запуска пакетного режима необходимо нажать на кнопку «Открыть папку». Кликнув по ней, откроется стандартное окно выбора папки с изображениями проб. Листинг подпрограммы «Запуск пакетного режима» представлен в приложении Б.

Дополнительной опцией пакетного режима является сортировка и распознавание файлов содержащих графическую информацию. Программа проверит присутствуют ли в выбранной директории изображения, в которых параметры Exif соответствуют установленным настройкам. Если таковых изображений не будет или отдельные графические файлы получены с отклонениями от требуемых параметров, алгоритм прервется, в противном случае программа проанализирует подходящие под условие изображения, игнорируя неграфические файлы. Более подробно о возможностях проактивной защиты материал представлен в разделе 4.4.

Проведя анализ, программа отобразит результат в табличном виде

(рис. 5.6). По каждому исследуемому изображению в таблице отобразится имя файла, дата и время съемки, количество найденных нитей по основе (P_o), количество найденных нитей по утку (P_y), доверительные пределы поверхностной плотности. При необходимости более подробного рассмотрения результатов предусмотрена кнопка «Просмотр», нажав на которую запустится единичный режим анализа для данного изображения.

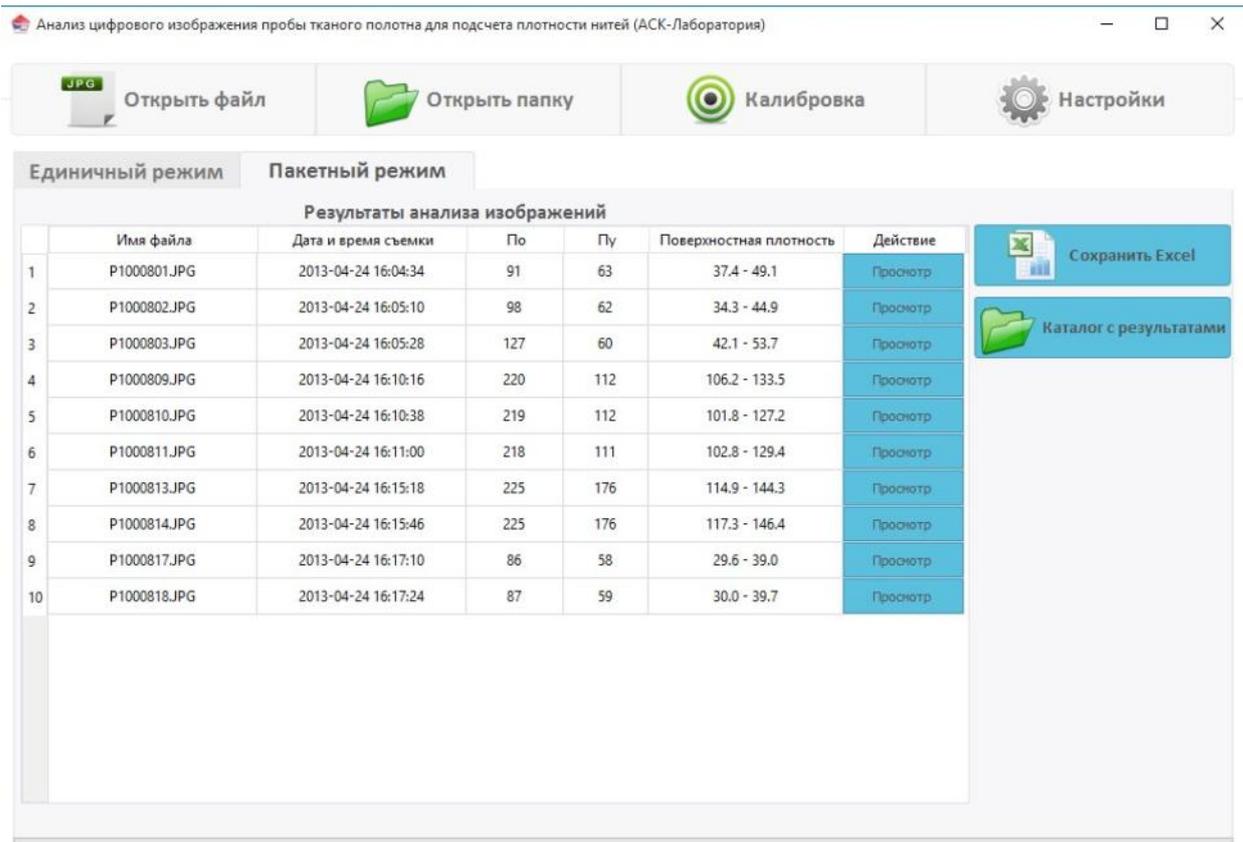


Рисунок 5.6 - Основной вид программы с выполненным пакетным анализом

Во вкладке пакетного режима с результатами анализа становятся доступны кнопка «Сохранить Excel» и «Каталог с результатами». Кнопка «Сохранить Excel» позволяет сохранить результат анализа пакетного режима в файл формата Excel. В документе отчета на первом листе формируется массив итоговых результатов по всей выборке (рис. 5.7), а также подробная информация о числе нитей в каждом исследуемом изображении тканого полотна в отдельности (рис. 5.8).

	A	B	C	D	E
1	Имя файла	Дата и время съемки	По	Пу	Расчетная поверхностная плотность ткани, г/м ²
2	P1020224_бязь198.JPG	2013-08-09 10:01:02	378	239	323.0 - 425.2
3	P1020230_бязь198.JPG	2013-08-09 10:02:22	402	239	219.8 - 290.2
4	P1020243_бязь198.JPG	2016-02-07 22:12:29.719436	355	241	367.5 - 485.5

Рисунок 5.7 - Результаты анализа в пакетном режиме (общие)

	A	B	C	D	E
1	Файл - P1000801.JPG				
2					
3	№	По*	Пу*	По	Пу
4	1	49	32	98	63
5	2	42	32	83	63
6	3	42	32	83	63
7	4	55	31	110	62
8	5	41	31	82	62
9					
10					
11	Среднее:	46	32	91	63
12	По*, Пу* - непосредственно на изображении (на 5 см)				
13					
14	Файл - P1000802.JPG				
15					
16	№	По*	Пу*	По	Пу
17	1	44	31	87	62
18	2	49	33	97	66
19	3	50	30	99	60
20	4	59	31	118	62
21	5	43	31	86	61
22					
23					
24	Среднее:	49	31	98	62
25	По*, Пу* - непосредственно на изображении (на 5 см)				
26	Файл - P1000802.JPG				

Рисунок 5.8 - Подробная информация изображений пакетного режима

По результатам пакетного анализа программа автоматически сохраняет в папку пользователя текущей учетной записи изображения, подвергнутые анализу, и файлы отчета (все файлы передаются в папку, имя которой совпадает с именем выбранной папки с исходными изображениями). Для просмотра этой папки в процессе работы программы предусмотрена кнопка «Каталог с результатами» (рис. 5.6).

По завершении анализа пробы в единичном режиме программа выдает результат измерения числа нитей (основы и утка) и их размеров поперечников (рис. 5.9). В области просмотра изображения отобразится

только область анализируемого участка, размер которой устанавливается в зависимости от количества нитей найденных при предварительном анализе на измеряемой длине 10 см согласно [23]. Алгоритм автоматически установит размер области анализа в 5 см, если количество нитей окажется в пределах от 125 до 1200, или изменит размер области до 2,5 см, если количество нитей окажется больше 1200. В приведенном примере (рис. 5.9), алгоритм в предварительном анализе определил на 10 см 370 нитей основы и 334 нитей утка, и соответственно установил размеры измеряемой области 5 x 5 см.

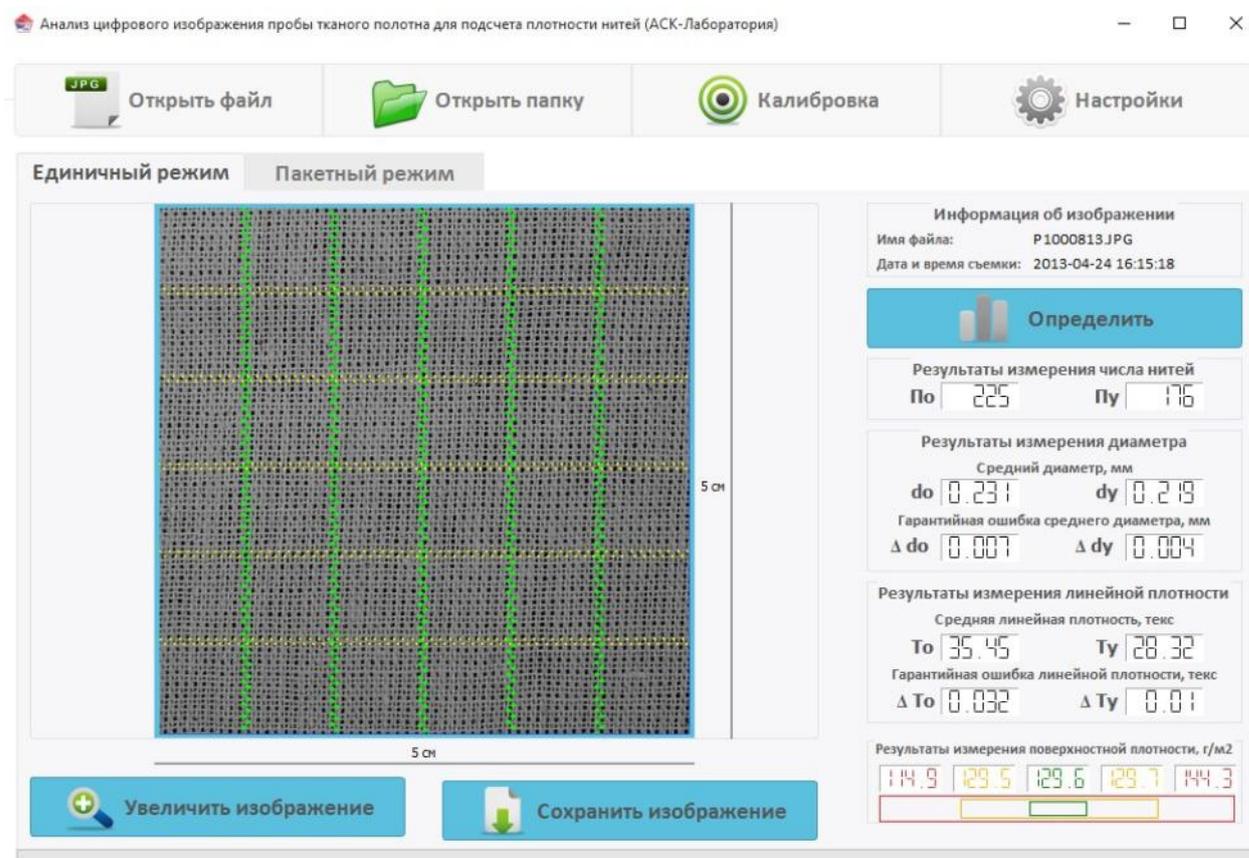


Рисунок 5.9 - Основной вид программы с результатом анализа

В отношении размеров поперечников нитей приводятся гарантийные ошибки, вычисленные на основе [65] (см. раздел 2.5). Также выходными данными программы являются расчетные значения линейной плотности нитей основы и утка и поверхностной плотности полотна. Поверхностная плотность представлена диапазонами значений, определяющих погрешность

измерительной системы (оранжевые цифры), и границы приемлемости контролируемого полотна (красные цифры). Результаты измерений линейной плотности нитей, поверхностной плотности полотна являются информационными, для их подтверждения необходимы дополнительные исследования.

Дальнейшее развитие данной системы связано с расширением перечня контролируемых показателей. Наибольший интерес у потенциальных пользователей вызывает функция автоматизированного определения поверхностной плотности [68]. При реализации этой функции возникла существенная проблема, которая проявилась в нехарактерном разбросе результатов, полученных на изображениях с одного образца хлопчатобумажной ткани арт. 262 (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Значение поверхностной плотности

№ Изображения	Значение поверхностной плотности по предлагаемому методу	Действительное значение поверхностной плотности
1	105,1	117,3
2	77,5	117,3
3	109,7	117,3
4	111,3	117,3
5	132,9	117,3
Среднее	107,3	117,3

Анализ причин данного несоответствия привел к выводу о наличии сильной положительной корреляционной связи между получаемыми результатами измерения размеров поперечников нитей и, как следствие, поверхностной плотности полотна и уровнем яркости изображений (коэффициент корреляции составляет $R = 0,989$).

Достаточно очевидным решением данной локальной проблемы является введение поправочной функции, связывающей яркость изображения

в некоторых стационарных областях изображения с результирующей поверхностной плотностью. Под стационарной областью понимается часть изображения штатива, наблюдаемая в поле зрения фотокамеры (рис. 5.10).

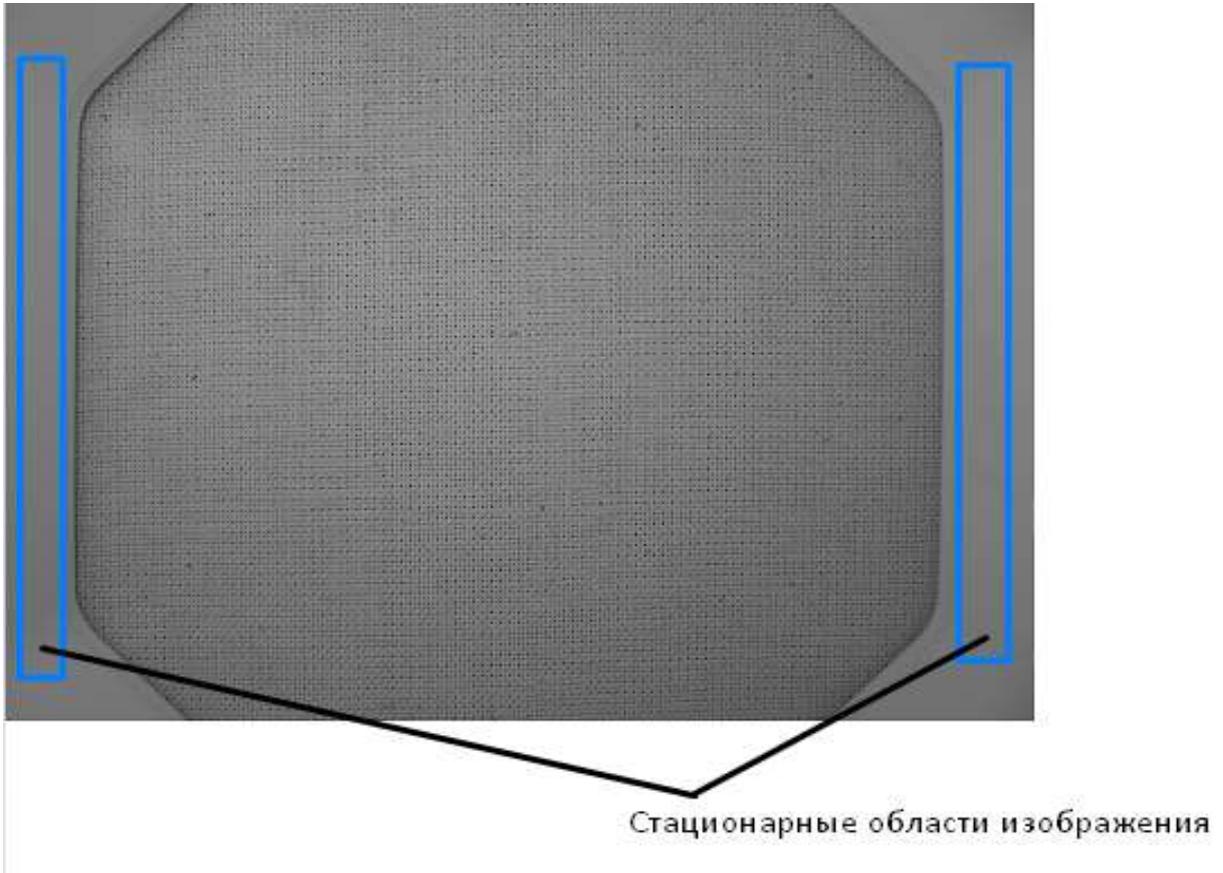


Рисунок 5.10 - Поле зрения фотокамеры

Выбор данных областей связан с тем, что цвет штатива всегда остается постоянным и яркость этих областей зависит только от интенсивности освещения вспышкой в момент съемки.

Статистический анализ выборочных данных позволил получить зависимость вида

$$Y = 38,78 \cdot 1,01^x, \quad (5.1)$$

где Y - расчетное значение поверхностной плотности, $г/м^2$;

x - среднее значение яркости в стационарных областях изображения.

Рассмотрим схему применения выражения (5.1). Предварительно определяется выборочный ряд значений Y , соответствующих непрерывной

последовательности X в характерном диапазоне (от 60 до 150 единиц). Затем устанавливается «оптимальное» значение яркости в стационарных областях $X^* = \log_{1,01} 3,025 \approx 125,04$, соответствующее действительному значению $Y^* = 117,3 \text{ г/м}^2$.

В ходе измерений по текущему файлу на основе величины X по формуле (5.1) вычисляется расчетная поверхностная плотность $Y(X)$. Ее значение сопоставляется с «оптимальным» выборочным значением Y^* с помощью отношения $G = Y(X) / Y^*$. Коэффициент G , в свою очередь, используется для корректировки измеренных ранее размеры поперечников нитей основы (утка) посредством выражения

$$d_{\text{корр}} = \frac{d_{\text{изм}}}{\sqrt{G}}, \quad (5.2)$$

где $d_{\text{корр}}$ - скорректированный размер поперечника нити, мм;

$d_{\text{изм}}$ - измеренный ранее размер поперечника нити, мм.

После проведенной корректировки размера поперечника автоматизированный расчет поверхностной плотности повторяется с выдачей результатов на экран монитора. Результаты измерений поверхностной плотности по тем же изображениям приведены в (табл. 5.2).

Таблица 5.2 - Результаты измерений поверхностной плотности

№ Изображения	Значение поверхностной плотности по предлагаемому методу
1	112,1
2	116,7
3	116,9
4	115,2
5	118,4
Среднее	115,9

Таким образом введение избыточного информационного элемента в измерительную схему позволило существенно снизить влияние

неконтролируемого фактора связанного с нестабильной работой вспышки фотокамеры.

Функционирование ядра отличается высокой производительностью. Выполнение алгоритма требует затрат времени, которые зависят от фактического количества нитей в полотне и от производительности ЭВМ. Данные о производительности процесса анализа для процессора Intel Core i5-2430M CPU 2.40GHz приведены в таблице (5.3).

Таблица 5.3 - Значения продолжительности автоматического анализа

№ опыта	Длительность обработки для изображения полотна, с		
	< 100 шт/дм	100 - 400 шт/дм	> 400 шт/дм
1	2,42	2,52	3,05
2	2,36	2,46	3,02
3	2,36	2,45	3,04
4	2,34	2,44	3,04
5	2,33	2,43	3,09

Данные характеристики позволяют использовать данное программное обеспечение для оснащения системы производственного контроля в значительных масштабах (мощность производства порядка 1000 станков).

5.3. Формирование баз данных об объектах и субъектах производственного контроля структурных характеристик тканых полотен

Необходимость обработки и синхронизации данных, необходимых для выполнения функций информационно-измерительной системы контроля в масштабах крупного производства, потребовала создания структуры реляционных баз данных. Установлен перечень основных объектов (сущностей) участвующих в обмене данными (таблица 5.4).

Таблица 5.4 - Список таблиц (баз данных), ассоциируемых с «АСК-Ткачество»

Наименование базы данных	Обозначение базы данных	Назначение
База данных станков	Looms.db	Хранение текущей информации о составе, размещении и параметрах парка оборудования ткацкого производства
База данных артикулов	Articles.db	Предоставление данных для расчета выходных параметров мониторинга; обеспечение возможности сопоставления текущих результатов контроля с заправочными параметрами (требованиями)
База данных планов мониторинга	Plans.db	Синхронизация получаемых изображений полотен с конкретными единицами оборудования; визуализация маршрута оператора при проведении контроля
База данных пользователей	Users.db	Учет исполнителей выполняемых функций и закрепление ответственности

Реализация баз данных выполнена с помощью менеджера баз данных SQLiteStudio (рис. 5.11).

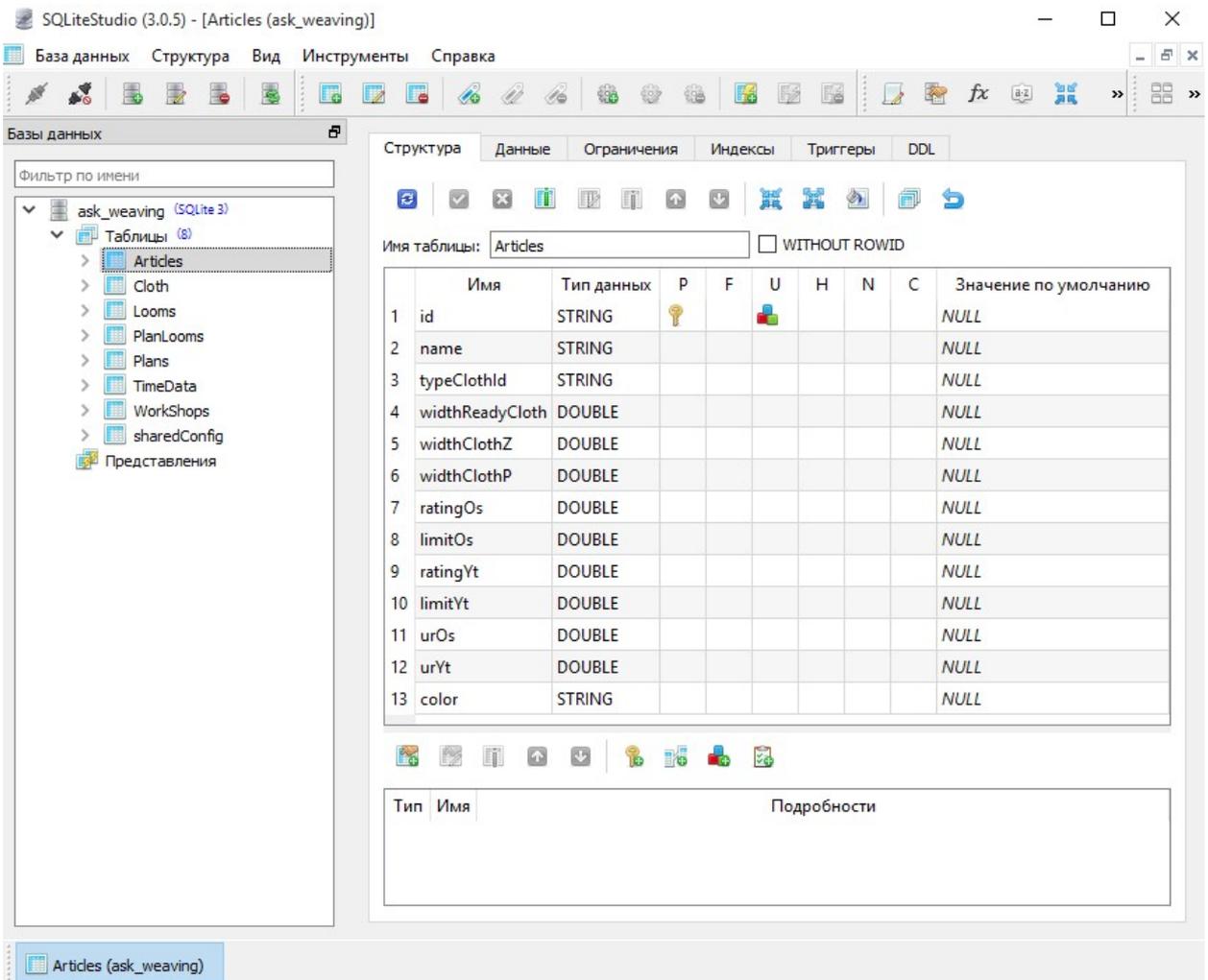


Рисунок 5.11 - Интерфейс редактора баз данных

Первичной базой данных является таблица содержащая сведения о единицах технологического оборудования (станках). Предусмотрены такие поля: марка станка «Type», рабочая ширина станка «Width», имя (инвентарный номер) станка «Name», номер цеха «Workshop», статус активности станка «Status», идентификатор запрошенного артикула «Article», статус наличия брака и перерасхода «StatusOs» и «StatusYt», статус простоя станка «NonWorking», номер виртуального станка в последовательности обработки «Number», координаты виртуального станка в поле виртуального цеха «MarginX» и «MarginY». Указанные поля объединяются под уникальным идентификатором «id», который также позволяет связать данный станок с другими базами.

База данных артикулов необходима для хранения данных об артикулах

тканей как выпускаемых в настоящее время, так и временно приостановленных. Ключевым полем этой базы данных является «id» которое связывает между собой такие сведения как: принятое наименование артикула «name», тип ткани «typeClothId», ширина готовой ткани «widthReadyCloth», ширина ткани в заправке «widthClothZ», ширина ткани в месте съемки «widthClothP», номинальное число нитей основы и утка на 10 см «ratingOs» и «ratingYt», допускаемые пределы отклонения по числу нитей на 10 см «limitOs» и «limitYt», уработка по основе «urOs», усадка по утку «urYt», цветовое оформление на виртуальной карте цехов «color».

Для просмотра базы данных артикулов разработано функциональное окно «База данных артикулов», которое может быть просмотрено нажатием опции «База данных» в позиции меню «Артикулы» главного окна модуля мониторинга. Вид окна «База данных артикулов» представлен на (рис. 5.12).

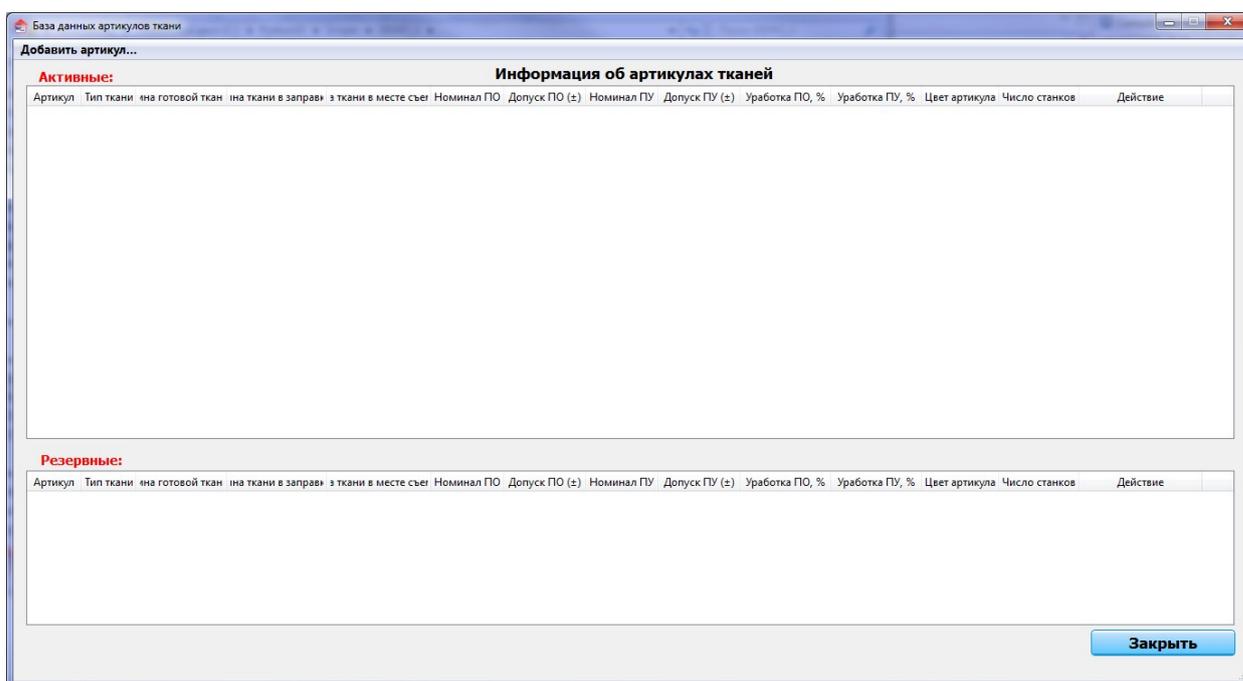


Рисунок 5.12 - Внешний вид окна «База данных артикулов» без записей

Для пополнения базы данных артикулов необходимо выбрать опцию «Добавить артикул». Далее извлекается форма запроса (рис. 5.13) в виде таблицы, в которую необходимо внести все существенные параметры

артикула (номер или наименование, тип ткани, ширина, нормативы плотности, значения уработки, а также цветовую индикацию).

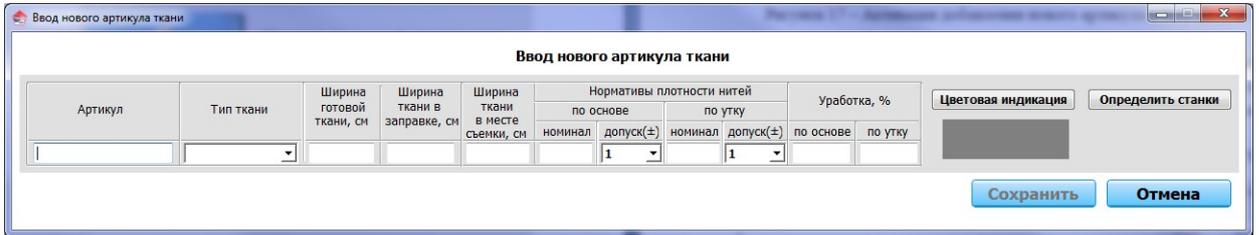


Рисунок 5.13 - Внешний вид окна «Ввод нового артикула ткани»

При выборе цветовой индикации артикула (рис. 5.14) у пользователя есть возможность выбрать цвет и оттенок, кроме монохроматических цветов – белого, черного, серого, а также чистых хроматических цветов – в т.ч. красного, зеленого и синего). Рекомендуется использовать гамму светлых пастельных цветов, не напрягающих зрение пользователей (12 оптимальных цветов предложены в поле «Custom colors»). Для удобства выбора в отдельном окне показываются уже используемые цвета.

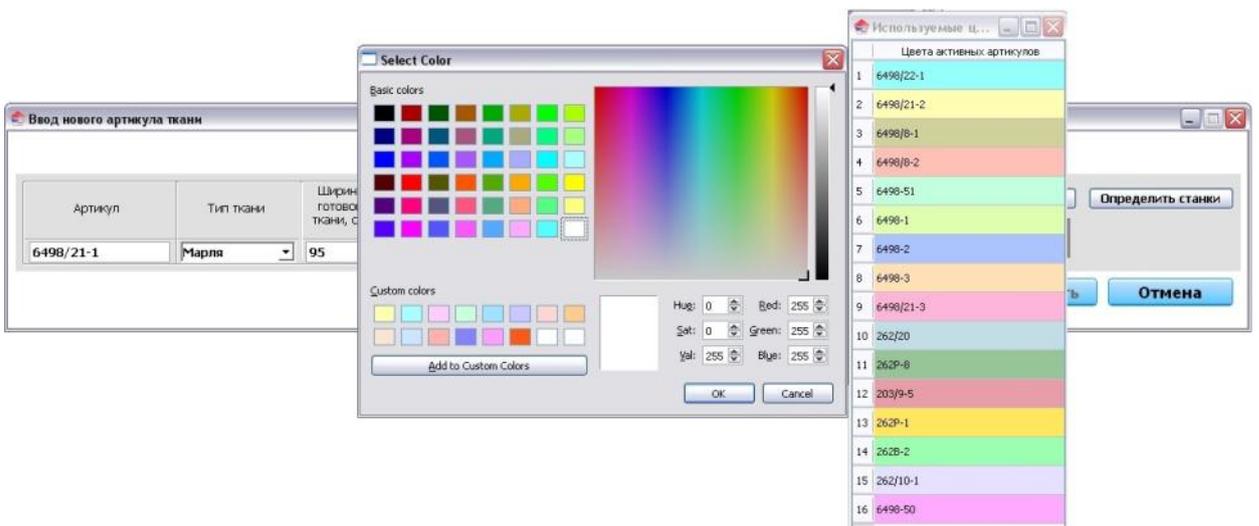


Рисунок 5.14 - Выбор цветовой индикации артикула

Блок-схема функционирования блока определения дозванного цвета представлен на (рис. 5.15). После выбора цвета пользователем, блок выбора цвета артикула разбивает цвет на каналы RGB для дальнейшей работы с ними. Если выбран не разрешенный цвет, программа выдаст сообщение об ошибке.

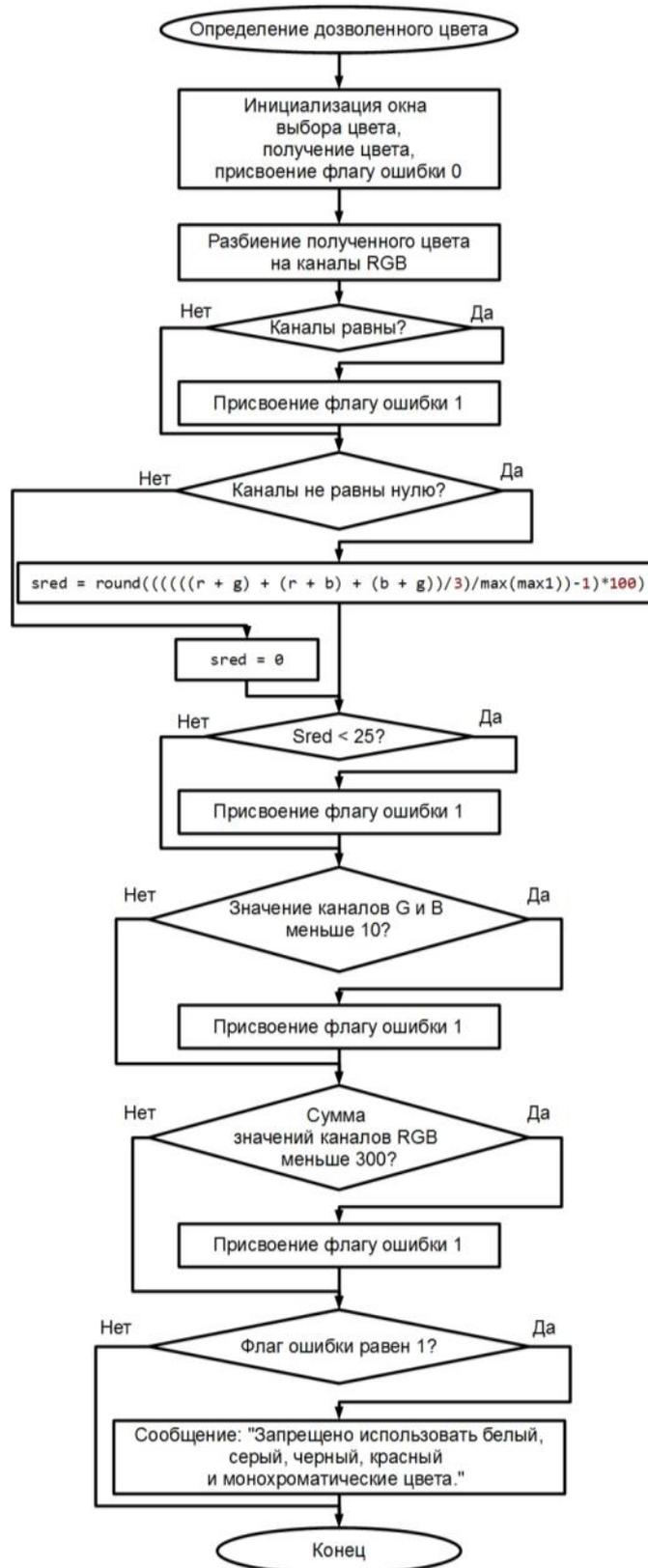


Рисунок 5.15 - Блок-схема функционирования блока определения дозволенного цвета

Выбранная цветовая индикация отображается в виде цветного

прямоугольника в окне ввода нового артикула (рис. 5.16). Если какие-либо поля введены некорректно (например, дробная часть отделена запятой, а не точкой), то на экране появится сообщение об ошибке, а поля с некорректными данными окрасятся в розовый цвет.

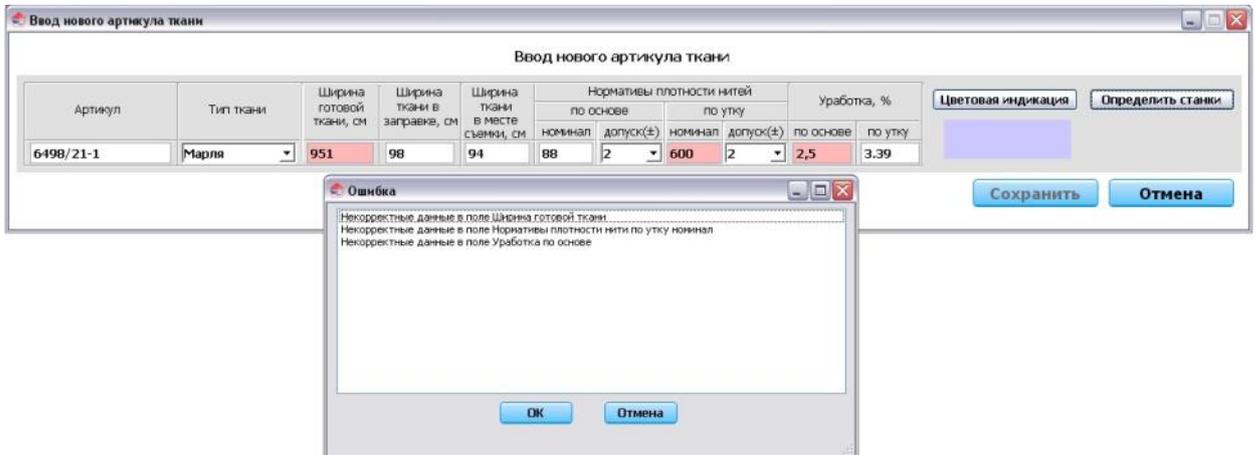


Рисунок 5.16 - Информирование о некорректно введенных данных

После внесения данных во всех полях соответствующему артикулу необходимо сопоставить станки, находящиеся в цехах предприятия и учтенные в базе Looms.db. Нажатием кнопки «Определить станки» предварительно активируется окно запроса выбора нужных цехов (рис. 5.17).

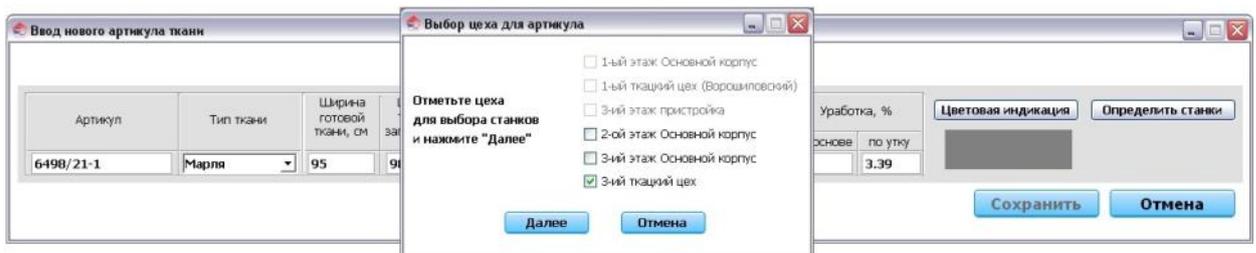


Рисунок 5.17 - Запрос цехов для определения станков с заданным артикулом

Необходимо отметить, что блок определения цехов позволит выбрать цеха в которых имеются незаправленные станки. Маркеры цехов, в которых все станки заняты, будут неактивны.

Отметив цеха, в которых имеются незаправленные станки нужно нажать кнопку «Далее» для связывания каждого выбранного виртуального

станка с данным артикулом. Рабочее окно для выбора станков представлено на рисунке 5.18.



Рисунок 5.18 - Виртуальная карта цехов для определения станков для артикула

Программа в реальном времени подсчитывает количество выбранных виртуальных станков, подписывая под ними номера. Виртуальные станки которые были заняты другими артикулами будут неактивны.

Для выбора виртуальных станков артикула в других отмеченных цехах необходимо нажать активизировавшуюся кнопку «Далее», после чего на экране появится следующий из отмеченных ранее цехов.

Пройдя по всем отмеченным цехам и нажав кнопку «Сохранить» в последнем из них, пользователь возвращается к окну ввода артикула, в котором кнопка «Сохранить» становится активной (рис. 5.19).

Рисунок 5.19 - Заполненная форма запроса для ввода значений существенных параметров артикула

Нажатие кнопки «Сохранить» добавляет запись о соответствующем артикуле в базу данных артикулов.

В результате выполнения данной процедуры по всем активным артикулам формируется база данных, которая может быть просмотрена в окне «База данных артикулов» (рис. 5.20).

Информация об артикулах тканей													
Артикул	Тип ткани	Ширина готовой ткани, см	Ширина ткани в запасе, см	Ширина ткани в месте стыков, см	Нормал ПО	Допуск ПО (±)	Нормал ПВ	Допуск ПВ (±)	Уработка ПО, %	Уработка ПВ, %	Цвет артикула	Число станков	Действие
2	6498/21-2	Марля	90.0	93.0	90.0	88.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.29	68	Выберите действие
3	6498/9-1	Марля	95.0	100.29	93.57	93.0	2.0	64.0	2.0	2.2	3.29	71	Выберите действие
4	6498/9-2	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	70.0	2.0	2.5	3.29	56	Выберите действие
5	6498-51	Марля	98.0	104.26	99.33	95.0	2.0	70.0	2.0	3.0	6.0	6	Выберите действие
6	6498-1	Марля	95.0	98.0	94.0	118.0	2.0	86.0	2.0	2.5	3.0	10	Выберите действие
7	6498-2	Марля	95.0	98.0	95.0	118.0	2.0	60.0	2.0	2.5	3.0	126	Выберите действие
8	6498-3	Марля	95.0	98.0	95.0	87.0	2.0	62.0	2.0	4.5	3.2	18	Выберите действие
9	6498/21-3	Марля	95.0	100.0	96.0	88.0	2.0	44.0	3.0	2.5	3.0	93	Выберите действие
10	262/20	Белье	245.0	258.8	248.0	232.0	5.0	210.0	6.0	6.0	5.3	8	Выберите действие
11	262/8	Белье	166.0	173.32	168.6	219.0	4.0	90.0	3.0	3.5	4.2	20	Выберите действие
12	202/9-5	Белье	242.0	255.4	246.6	210.0	4.0	175.0	5.0	5.0	5.2	66	Выберите действие
13	262/1	Белье	157.0	163.0	157.0	226.0	5.0	115.0	3.0	4.5	3.97	21	Выберите действие
14	262/2	Белье	154.0	173.0	163.0	222.0	4.0	210.0	5.0	6.0	5.35	70	Выберите действие
15	262/10-1	Белье	166.0	178.95	169.0	224.0	4.0	150.0	5.0	5.0	5.91	20	Выберите действие
16	6498-90	Марля	98.0	104.26	100.5	100.0	2.0	65.0	2.0	3.0	6.0	7	Выберите действие
17	6498/21-1	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.29	26	Выберите действие

Рисунок 5.20 - Окно базы данных артикулов ткани с активными артикулами

Окно базы данных артикулов позволяет не только просматривать, но и корректировать записи об активных артикулах с одновременным отражением изменений в виртуальной карте цехов. Возможны следующие варианты действий с записями об артикулах: «Скорректировать», «Перенести в резерв», «Удалить» (рис. 5.21).

При необходимости можно либо снова активировать резервный артикул («Восстановить»), либо окончательно его удалить. Опция «Скорректировать» позволяет открыть форму запроса для того, чтобы исправить данные о существенных параметрах артикула, а также изменить «цвет» артикула и состав связанных с ним виртуальных станков. Таким образом, программа управления базой данных об артикулах тканей позволяет

многokrатно осуществлять актуализацию базы данных артикулов на любом этапе функционирования системы. Основанием для этого могут быть любые технологические потребности ткацкого производства (перезаправка станков, приостановка выпуска артикула ткани, корректировка существенных параметров артикула).

База данных артикулов тканей

Добавить артикул...

Активные:

Информация об артикулах тканей

Артикул	Тип ткани	Ширина готовой ткани, см	Ширина ткани в заправке, см	Ширина ткани в месте сывалки, см	Нормал ПО	Допуск ПО (±)	Нормал ПУ	Допуск ПУ (±)	Уработка ПО, %	Уработка ПУ, %	Цвет артикула	Число станков	Действие
2 6498/21-2	Марля	90.0	93.0	90.0	88.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.29		68	Выберите действие
3 6498/9-1	Марля	95.0	100.29	93.57	93.0	2.0	64.0	2.0	2.2	3.29		71	Выберите действие
4 6498/9-2	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	70.0	2.0	2.5	3.29		56	Выберите действие
5 6498-51	Марля	98.0	104.26	99.33	95.0	2.0	70.0	2.0	3.0	6.0		6	Выберите действие
6 6498-1	Марля	95.0	98.0	94.0	118.0	2.0	86.0	2.0	2.5	3.0		10	Выберите действие
7 6498-2	Марля	95.0	98.0	95.0	118.0	2.0	60.0	2.0	2.5	3.0		126	Выберите действие
8 6498-3	Марля	95.0	98.0	95.0	87.0	2.0	62.0	2.0	4.5	3.2		18	Выберите действие
9 6498/21-3	Марля	95.0	100.0	96.0	88.0	2.0	44.0	2.0	2.5	3.0		93	Выберите действие
10 262/20	Белье	245.0	258.8	248.0	232.0	5.0	210.0	6.0	6.0	5.3		8	Выберите действие
11 262P-8	Белье	166.0	173.32	168.6	219.0	4.0	90.0	3.0	3.5	4.2		20	Выберите действие
12 203/9-5	Белье	242.0	255.4	246.6	210.0	4.0	175.0	5.0	5.0	5.2		66	Выберите действие
13 262P-1	Белье	157.0	163.0	157.0	226.0	5.0	115.0	3.0	4.5	3.97		21	Выберите действие
14 262P-2	Белье	164.0	173.0	163.0	222.0	4.0	210.0	6.0	6.0	5.35		70	Выберите действие
15 262/10-1	Белье	166.0	176.95	169.0	224.0	4.0	190.0	5.0	5.0	5.91		20	Выберите действие
16 6498-90	Марля	98.0	104.26	100.5	100.0	2.0	65.0	2.0	3.0	6.0		7	Выберите действие
17 6498/21-1	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.39		26	Выберите действие

Резервные:

Артикул	Тип ткани	Ширина готовой ткани, см	Ширина ткани в заправке, см	Ширина ткани в месте сывалки, см	Нормал ПО	Допуск ПО (±)	Нормал ПУ	Допуск ПУ (±)	Уработка ПО, %	Уработка ПУ, %	Цвет артикула	Число станков	Действие
---------	-----------	--------------------------	-----------------------------	----------------------------------	-----------	---------------	-----------	---------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------

Скрыть
Перенести в резерв
Удалить

Закреть

Рисунок 5.21 - Выбор действия по управлению артикулами ткани

Опция «Перенести в резерв» сохраняет информацию о существенных параметрах артикула в специальный массив (рис. 5.22). При этом виртуальные станки и «цвет» артикула также автоматически освобождаются. При необходимости можно либо снова активировать резервный артикул («Вернуть»), либо окончательно его удалить.

База данных артикулов тканей

Добавить артикул...

Активные:

Информация об артикулах тканей

Артикул	Тип ткани	Ширина готовой ткани, см	Ширина ткани в заправке, см	Ширина ткани в месте сываки, см	Нормал. ПО	Допуск ПО (±)	Нормал. ПУ	Допуск ПУ (±)	Уработка ПО, %	Уработка ПУ, %	Цвет артикула	Число станков	Действие
1 6498/22-1	Марля	95.0	100.0	94.0	93.0	2.0	48.0	2.0	2.2	3.29		69	Выберите действие
2 6498/21-2	Марля	90.0	93.0	90.0	85.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.29		68	Выберите действие
3 6498/9-1	Марля	95.0	100.29	93.57	93.0	2.0	64.0	2.0	2.2	3.29		71	Выберите действие
4 6498/9-2	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	70.0	2.0	2.5	3.29		56	Выберите действие
5 6498-51	Марля	98.0	104.26	99.33	95.0	2.0	70.0	2.0	3.0	6.0		6	Выберите действие
6 6498-1	Марля	95.0	98.0	94.0	118.0	2.0	86.0	2.0	2.5	3.0		10	Выберите действие
7 6498-2	Марля	95.0	98.0	95.0	118.0	2.0	60.0	2.0	2.5	3.0		126	Выберите действие
8 6498-3	Марля	95.0	98.0	95.0	87.0	2.0	62.0	2.0	4.5	3.2		18	Выберите действие
9 6498/21-3	Марля	95.0	100.0	96.0	85.0	2.0	44.0	2.0	2.5	3.0		93	Выберите действие
10 262/20	Белье	245.0	258.8	248.0	232.0	5.0	210.0	6.0	6.0	5.3		8	Выберите действие
11 262/8	Белье	166.0	173.32	168.6	219.0	4.0	90.0	3.0	3.5	4.2		20	Выберите действие
12 203/9-5	Белье	242.0	255.4	246.5	210.0	4.0	175.0	5.0	5.0	5.2		66	Выберите действие
13 262/1	Белье	157.0	163.0	157.0	226.0	5.0	115.0	3.0	4.5	3.97		21	Выберите действие
14 262/2	Белье	164.0	173.0	163.0	222.0	4.0	210.0	6.0	6.0	5.35		70	Выберите действие
15 262/1/9-1	Белье	166.0	176.95	169.0	224.0	4.0	150.0	5.0	5.0	5.91		28	Выберите действие
16 6498-90	Марля	98.0	104.26	100.5	100.0	2.0	65.0	2.0	3.0	6.0		7	Выберите действие

Резервные:

Артикул	Тип ткани	Ширина готовой ткани, см	Ширина ткани в заправке, см	Ширина ткани в месте сываки, см	Нормал. ПО	Допуск ПО (±)	Нормал. ПУ	Допуск ПУ (±)	Уработка ПО, %	Уработка ПУ, %	Цвет артикула	Число станков	Действие
1 6498/21-1	Марля	95.0	98.0	94.0	88.0	2.0	38.0	2.0	2.0	3.39		0.0	Выберите действие Восстановить Удалить

Закреть

Рисунок 5.22 - Окно базы данных артикулов с резервным артикулом

Опция «Удалить» полностью удаляет из базы данных запись об артикуле и освобождает от него соответствующие виртуальные станки.

Дополнительный контроль распределения артикулов ткани по станкам в каждом цехе обеспечивается возможностью просмотра виртуальной карты цехов. Эта функция реализована с помощью пункта меню «Карта цехов» главного окна системы мониторинга. При нажатии появляется окно с виртуальными цехами в соответствующих вкладках. После этого активируется окно с изображением выбранного виртуального цеха (рис. 5.23).



Рисунок 5.23 - Окна просмотра виртуальных карт цехов

При просмотре виртуальной карты цехов все виртуальные станки будут некликабельны. Все незанятые (не заправленные артикулом ткани) виртуальные станки обозначены серым цветом, остальные окрашены в цвет заправленного в него артикула. Для дополнительного информирования пользователя в окне виртуальной карты цехов сделана табличка «Артикулы» с прямоугольниками, закрашенными в цвета выпускаемых артикулов и содержащими имя соответствующего артикулу (рис. 5.24).

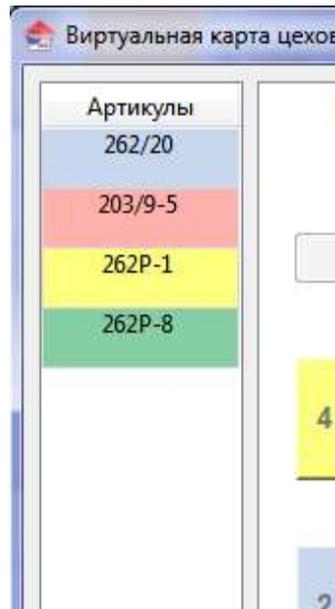


Рисунок 5.24 - Табличка с именами и цветами артикула

Табличка «Артикулы» показывает только те артикулы, которые находятся в просматриваемом виртуальном цехе, при переходе на другую вкладку (выбора другого виртуального цеха) табличка обновляется информацией, собранной о новом выбранном виртуальном цехе.

При наведении курсора мыши на виртуальный станок всплывает подсказка, в ней показывается дополнительная информация о станке (тип станка, тип ткани и дата мониторинга) (рис. 5.25).



Рисунок 5.25 - Выпадающая подсказка о виртуальном станке

Использование прочих баз данных рассмотрено в разделах 4.4 и 4.5.

5.4. Реализация функций планирования контроля структурных характеристик тканых полотен

Следующим этапом в реализации системы мониторинга является составление нового или загрузка сохраненного ранее плана мониторинга. Назначение плана мониторинга заключается в том, чтобы оператор, получив такой план, смог выполнить заданный маршрут мониторинга. Кроме того, на этапе автоматизированной пакетной обработки цифровых изображений программа (и оператор) должен связать полученный пакет файлов с конкретным планом.

Важно, в случае нарушения запланированного маршрута, а также в случае неверной идентификации плана и пакета изображений результат измерений будет искажен относительно реальной и виртуальной карт цехов.

Внешний вид окна базы данных планов мониторинга представлен на (рис. 5.26).

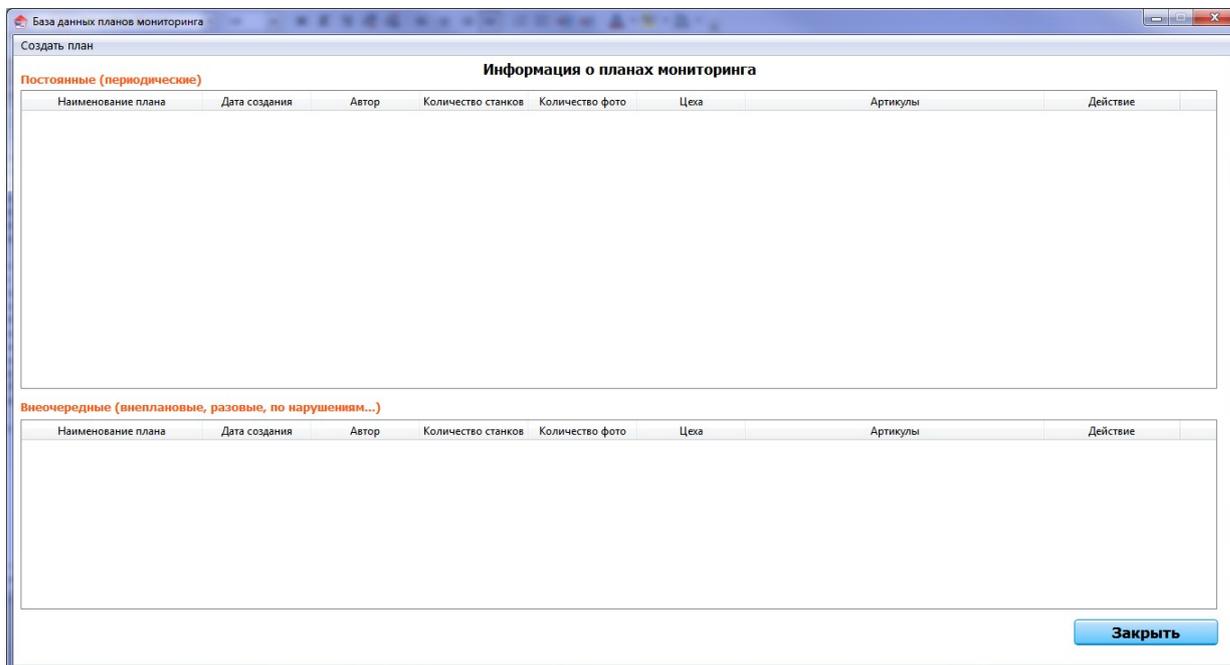


Рисунок 5.26 - Окно базы данных планов мониторинга

Действия по созданию плана (опция «Создать план») сводятся к:

- выбору типа плана (постоянный или внеочередной);
- присвоению имени плана;
- выбору цехов, где расположены контролируемые станки;
- выбору станков (нажатию кнопок), к которым оператор должен будет подойти для получения цифровых изображений (рис. 5.27). Процедура выбора станков облегчается за счет кнопок быстрого выделения рядов, расположенных внизу цеха, а также кнопок быстрого выделения артикулов, расположенных в левой части цеха.

Важно, что рядом с выделенными виртуальными станками появляется число, обозначающее порядковый номер данного станка в последовательности будущего плана мониторинга. Причем эта последовательность является сквозной для всех цехов, вошедших в область мониторинга. Для ускорения задачи составления плана мониторинга в окнах с картами виртуальных цехов введена кнопка выделения станков одного

артикула – в том же окне, слева.

Важным параметром, ограничивающим планирование объема мониторинга в рамках одного цикла является емкость аккумулятора фотокамеры. Исследования показали, что за один цикл зарядки можно гарантированно получить около 300 изображений. В связи с этим в один цикл (план) мониторинга рекомендуется включать не более 100 полотен (соответствует 300 изображениям). Количество получаемых цифровых изображений отсчитывается при составлении плана мониторинга внизу окна на зеленом поле.



Рисунок 5.27 - Схема создания нового плана мониторинга

Сохранение подготовленного плана мониторинга в базу данных

осуществляется с помощью кнопки «Сохранить», которая станет активной только после выделения хотя бы одного виртуального станка в виртуальной карте последнего цеха, включенного в область мониторинга.

После сохранения плана мониторинга появляется возможность печати виртуальных карт цехов, вошедших в план, с отмеченными станками. При печати с помощью стандартного интерфейса принтера внешний вид виртуального цеха изменяется для более удобного восприятия информации (рис. 5.28).

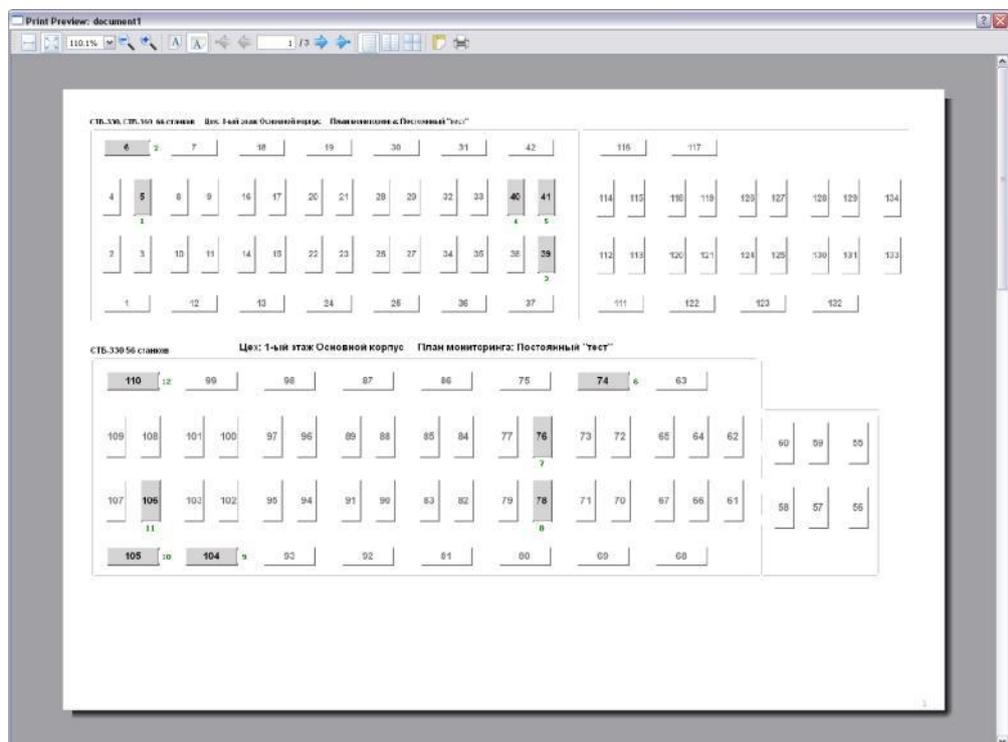


Рисунок 5.28 - Внешний вид плана мониторинга для печати первого и второго цеха

Таким образом, формируется база данных периодических и внеочередных планов мониторинга (рис. 5.29).

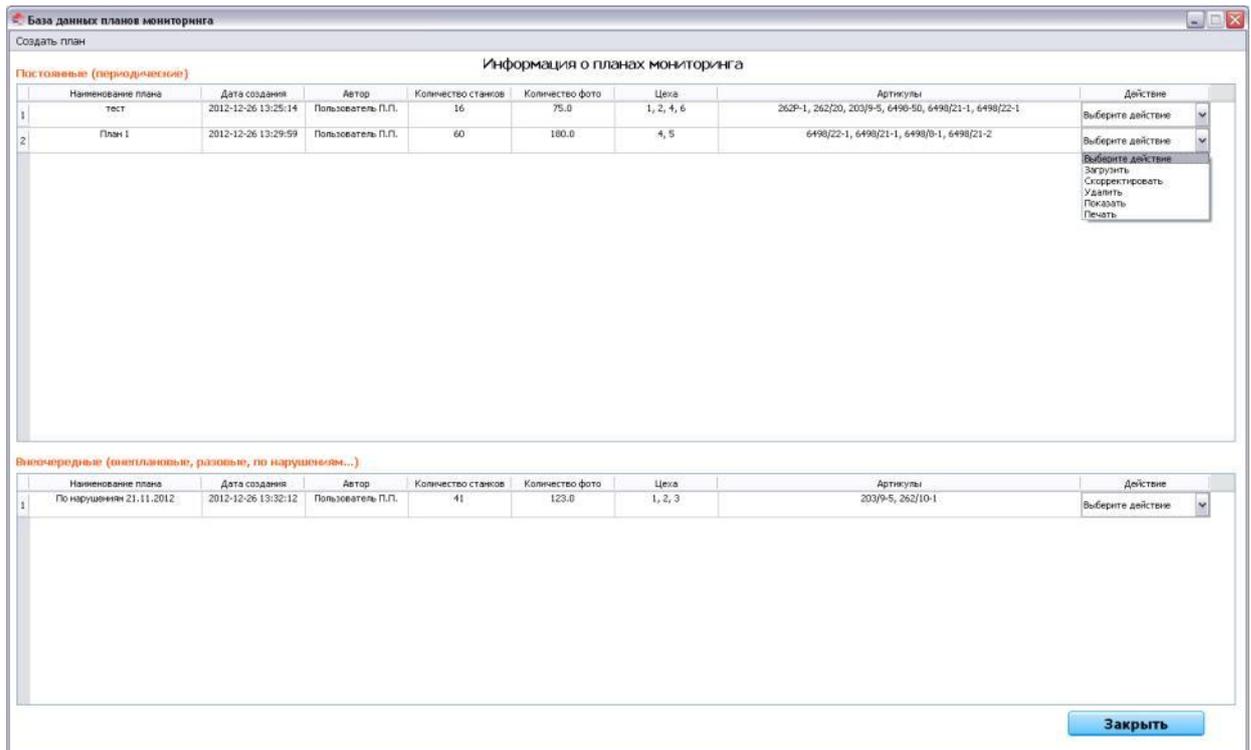


Рисунок 5.29 - Окно базы данных планов мониторинга

Для того чтобы изменить записи в планах мониторинга, необходимо выбрать действие «Скорректировать» в окне базы данных планов мониторинга, при этом план сохранит свое первоначальное имя.

Выбор действия «Скорректировать» предусматривает предварительное открытие окна просмотра цехов с выделенными виртуальными станками, вошедшими в план, а также исключение тех или иных виртуальных станков. Исключение станка(ов) из плана мониторинга осуществляется нажатием левой кнопки мыши на уже нажатый виртуальный станок. Сохранение внесенных изменений производится нажатием кнопки «Сохранить» внизу окна просмотра последнего выбранного виртуального цеха.

Удаление планов мониторинга целесообразно при изменениях базы данных артикулов. При этом открывать окно просмотра виртуальных цехов не требуется, а соответствующие записи из базы данных полностью удаляются.

5.5. Автоматизация изменений элементов главного терминала информационно-измерительной системы

На начальном этапе использования автоматизированной системы мониторинга в условиях производства выявился ряд проблем, таких как замена парка станков, изменение их количества и типов, изменение конфигурации цехов. В целях совершенствования процесса обслуживания системы в целом разработан и реализован конструктор-конфигуратор объектов контроля, а именно их виртуальных отображений на экране главного терминала. Конструктор предусматривает:

- оперативное создание виртуального цеха в соответствии с реальным состоянием на производстве;
- создание и размещение объекта контроля (станка) в необходимом цеху, в произвольном месте;
- установление и изменение типа станка и других параметров;
- перемещение и удаление станков из виртуального цеха.

Модуль конструктора-конфигуратора является неотъемлемой частью системы и представлен на рисунке 5.30.

Добавление станков

Количество строк

Количество столбцов

Id цеха

Имя цеха

Тип станка

Ширина станка

Добавление станка

X Y

№ станка

Рисунок 5.30 - Окно конструктора-конфигуратора виртуальных цехов

Конструктор позволяет в кратчайшие сроки создать и сконфигурировать виртуальные цеха со станками под любое производство.

Для создания нового цеха необходимо заполнить необходимые поля: имя цеха, идентификатор цеха, количество рядов со станками, количество станков в каждом ряду, также можно задать тип и ширину станков. После заполнения всех данных и нажав кнопку «Создать» программа генерирует виртуальные станки по заданным данным (рис. 5.31).

The screenshot shows a software interface for creating a virtual workshop. On the left, there are several input fields and buttons:

- Добавление станков** (Add machines):
 - Количество строк (Number of rows): 6
 - Количество столбцов (Number of columns): 8
 - Id цеха (Workshop ID): Workshop_6
 - Имя цеха (Workshop name): Цех 1
 - Тип станка (Machine type): СТБ-330
 - Ширина станка (Machine width): 330
 - Buttons: Загрузить цех по ID, Создать
- Добавление станка** (Add machine):
 - X: [input field]
 - Y: [input field]
 - № станка (Machine number): [input field]
 - Button: Добавить станок

On the right, there is a grid of 48 machine slots arranged in 6 rows and 8 columns. Each slot contains a number from 1 to 48, representing the machine's position. Above the grid are two buttons: **Очистить цех** (Clean workshop) and **Сохранить цех** (Save workshop).

Рисунок 5.31 - Окно конструктора-конфигуратора при создании виртуального цеха

Во время генерации цеха станки именуются и нумеруются по порядку сверху вниз, слева направо. После заполнения цеха станками пользователь может изменить имя любого станка, переместить или удалить станок. Например, в цехе отключены станки с восьмого по одиннадцатый включительно (рис. 5.32).

Добавление станков

Количество строк

Количество столбцов

Id цеха

Имя цеха

Тип станка

Ширина станка

Добавление станка

X Y

№ станка

Рисунок 5.32 - Сконфигурированный цех

После нажатия кнопки «Сохранить цех» цех запишется в базу данных станков и сразу станет доступным для работы системы.

5.6. Разработка средств удаленного мониторинга структуры полотен для принятия оперативных решений

Потребителями информации о состоянии ткацкого производства в том числе являются лица принимающие ответственные решения. Доведение необходимой информации осуществляется с помощью модуля удаленного мониторинга (рис. 5.33), который отображается в виде виртуальных карт цехов с сопутствующей статистической информацией.

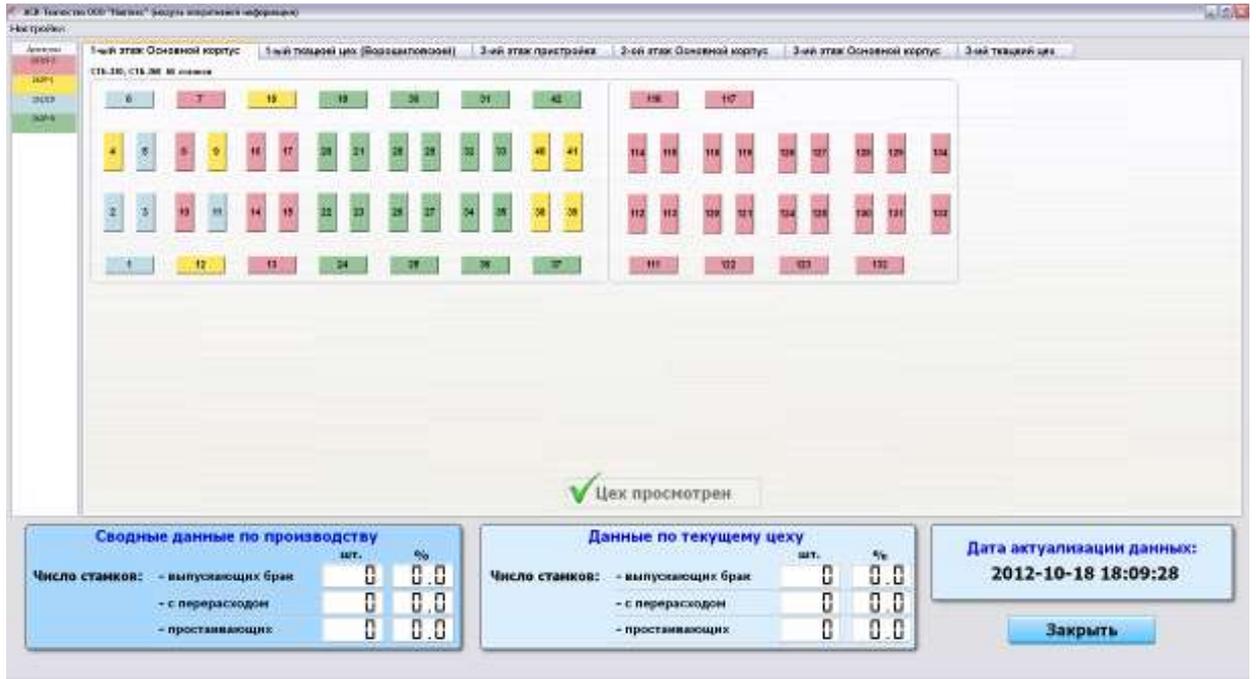


Рисунок 5.33 - Исходное состояние окна модуля оперативной информации

Все запрограммированные станки отображаются в виде активных цветных элементов, каждый из которых может быть нажат для просмотра последних результатов мониторинга в виде таблицы (рис. 5.34). Если мониторинг станка ни разу не проводился, то вместо таблицы пользователь увидит окно-сообщение «Мониторинг не проводился». Также имеются всплывающие подсказки, которые содержат информацию о типе станка, выпускаемом артикуле и дате последнего мониторинга.



Рисунок 5.34 - Детальная информация по станку № 6

Активация модуля удаленного мониторинга и обновление отображаемой информации происходит после проведения в лаборатории анализа изображений полученных в соответствии с созданным планом мониторинга. Оператор, выполнивший все процедуры мониторинга, удостоверившись в правомочности полученных результатов, должен нажать кнопку «Принять» на экране главного терминала (рис. 4.11). После принятия результатов мониторинга на экране модуля удаленного мониторинга синхронно появляется сообщение в сопровождении звукового сигнала о том, что база данных обновлена. Возможные изменения окна виртуальных цехов отображены на рисунке 5.35.

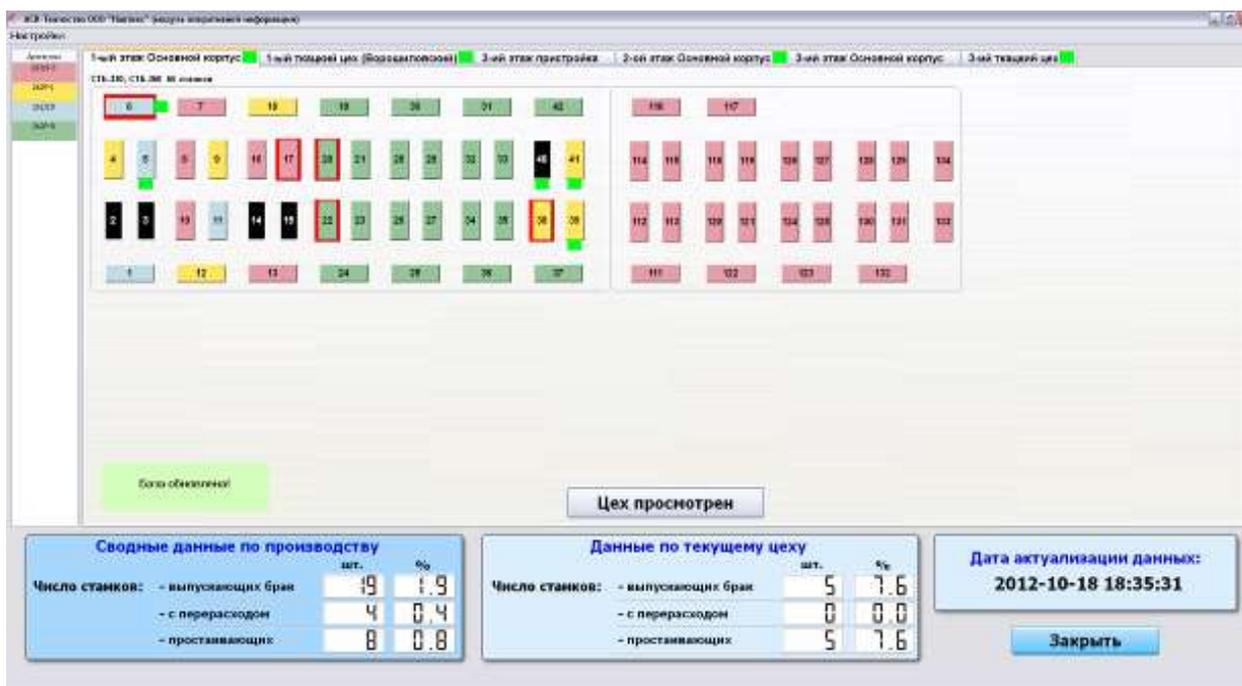


Рисунок 5.35 - Окно модуля оперативной информации после обновления

Мерцающими зелеными прямоугольниками отмечены станки (и цеха), в которых произошли какие-либо изменения, которые можно просмотреть. В соответствии с принятой в системе цветовой идентификацией красными рамками обозначены станки, выпускающие брак, черными рамками - станки с перерасходом сырья. Черным цветом окрашены простаивающие станки. Для просмотра подробных результатов любого станка достаточно нажать на соответствующую кнопку на экране (рис. 5.34).

По желанию пользователя модуля можно просмотреть каждый изменившийся станок или нажать кнопку «Цех просмотрен», после чего мерцающие прямоугольники со всех элементов открытого цеха будут сняты.

Предназначение данного модуля состоит в обеспечении оперативной информацией лиц, территориально удаленных от ткацкого производства, при принятии ими административных решений, которые касаются текущей деятельности (координация служб по ремонту и наладке оборудования, обратная связь с производственными мастерами по вопросам качества, анализ статистических данных о работе производства в целом и в разрезе по

цехам).

5.7. Расширение возможностей контроля технологических параметров с использованием информационно-измерительной системы

Применение модулей информационно-измерительной системы может выходить за рамки традиционного контроля процесса формирования ткани по показателю числа нитей на 10 см.

Одной из дополнительных возможностей является обнаружение такого скрытого дефекта в работе ткацкого станка, как «неровный бой». Он проявляется в периодических колебаниях числа нитей на 10 см с интервалом от 0,5 до 5,0 м ткани. Данный эффект на работающем станке практически не возможно выявить при выборочных испытаниях в соответствии со стандартными методиками. При этом он создает значительные риски при приемке продукции со стороны потребителя. Поэтому выявление подобных станков является важной технологической задачей.

Для достижения необходимого результата предлагается применить имеющийся модуль анализа изображений, полученных с некоторым интервалом времени на одном и том же станке. Пакетный анализ позволит установить среднее число нитей по выборке, минимальное и максимальное значения и размах варьирования числа нитей между изображениями, сопоставление размаха варьирования R и среднего числа нитей на 10 см X позволит установить наличие «неровного боя» по заранее установленным критериям (соотношение R/X не должно превышать эмпирическую границу в 0,05). Реализация данной функции возможно в пакетном режиме анализа изображений с привязкой к конкретному станку.

Другой сферой применения модуля подсчета числа нитей в ткани является определение величины усадки/притяжки полотна в отделочном производстве и связанное с этим определение фактического метража полотна.

Проблема заключается в недостаточной степени контроля изменения метража партии полотна, которое возникает в результате комплексного воздействия механических, химических и временных факторов. Классические контактные методы определения метража не в полной мере учитывают величину проскальзывания полотна по направляющим поверхностям, так как они основываются на измерениях угловой скорости вращающихся органов. Предлагаемый принцип измерения основывается на сравнении числа нитей на 10 см в контрольной точке полотна до начала отделочных операций с числом нитей на 10 см в той же контрольной точке после отделки. Для этого необходимо в специально обозначенном месте получить изображение полотна на входе в отделочную линию и на выходе из отделочной линии. Относительное отклонение между результатами анализа до и после отделочного производства покажет с высокой степенью достоверностью величину усадки или притяжки. Ограничением в точности определения усадки/притяжки является величина итоговой погрешности числа нитей, оценка которой проводится согласно методике (раздел 4.5). Данный подход позволяет решать технологические задачи контроля качества и количества выпускаемой продукции не зависимо от состава отделочных операций и вида отделочного оборудования.

Третьей функциональной возможностью предлагаемой системы является статистический контроль за производственными единицами (станками) с использованием контрольных карт средних и размахов ($\bar{x} - R$). Группировка данных во времени по конкретным станкам позволит построить временной ряд по выбранному показателю. Методика анализа временных рядов и контрольные нормативы установлены [69] и может быть автоматизировано с помощью одного из функциональных модулей «АСК-Ткачество».

5.8. Выявление новых научных результатов

Разработана интегрированная программная среда, реализующая функции планирования, управления базами данных объектов контроля, проактивной защиты от ошибок. Сформирована подсистема визуализации результатов, обеспечивающая эффективное применение предлагаемой методики автоматизированного контроля результатов процесса формирования тканых полотен в условиях промышленных предприятий. Разработаны средства удаленного мониторинга структуры полотен для принятия оперативных решений. Создана обслуживающая программа для автоматизации изменений элементов главного терминала информационно-измерительной системы, что повышает адаптивность и сокращает затраты времени на обслуживание системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования:

1. Разработаны теоретические основы идентификации элементов структуры тканых полотен, в том числе определены информативные признаки цифровых сигналов, позволяющие надежно идентифицировать нити на цифровых изображениях тканых полотен.

2. Предложен способ подготовки цифровых изображений тканых полотен к анализу, предусматривающий установление оптимальных режимов получения изображений и алгоритмы их преобразования, что позволило обеспечить равномерное освещение объекта измерений и четкость границ элементов изображения независимо от внешних условий.

3. Реализован надежный алгоритм распознавания образов нитей в тканых полотнах с использованием принципов гибридной обработки цифровых сигналов, позволивший обеспечить оперативное (не более 1,5 секунд) и безошибочное нахождение нитей на измеряемой длине.

4. Разработана интегрированная программная среда, реализующая функции планирования, управления базами данных объектов контроля, проактивной защиты от ошибок, удаленного контроля и визуализации результатов, обеспечивающая эффективное применение предлагаемой методики автоматизированного контроля характеристик структуры тканых полотен в условиях промышленных предприятий.

5. Разработаны технические средства и реализован программный модуль автоматизированного контроля точности предлагаемой измерительной системы в процессе эксплуатации.

6. Показано, что предлагаемый метод измерения плотности нитей в тканых полотнах обладает приписанной относительной погрешностью, равной 1% от измеренной величины. Доказано, что точность измерительной системы приемлема с учетом требований к исследуемым артикулам тканей.

7. На основе промышленного применения доказаны повышение

производительности контроля до 200 тестов в час и экономическая эффективность предлагаемой системы. Экономический эффект достигнут за счет устранения необходимости в отборе и подготовке точечных проб и снижения доли дефектной продукции, обнаруженной на последующих этапах с 7% до 4% от объемов выпуска продукции.

8. Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры «Материаловедение, товароведение, стандартизация и метрология» ИВГПУ (акт о внедрении от 18.01.2017, приложение Д) и в производстве тканей для медицинских изделий и домашнего текстиля на ООО «Приволжская Коммуна» г. Наволоки Кинешемского района Ивановской области (акт о внедрении от 28.09.2016, приложение Е).

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

Материалы, изложенные в рамках проведенного исследования, могут служить основой для замены традиционных трудоемких методов субъективного контроля, регламентируемых стандартами, на высокопроизводительные технологии информационного обслуживания процессов ткацкого, отделочного и швейного производства. Результаты работы могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ при проектировании и оценке качества новых материалов.

Дальнейшая разработка технологии автоматизированного контроля на базе предлагаемых алгоритмов позволит создать комплексную систему диспетчирования и управления процессами жизненного цикла текстильной продукции, которую могут массово применять отечественные предприятия независимо от используемого промышленного оборудования и ассортимента выпускаемой продукции.

Список используемых источников

1. Об утверждении Стратегии развития легкой промышленности России на период до 2020 года и Плана мероприятий по ее реализации [Электронный ресурс]: Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 24.09.2009 № 853. – Доступ из справочной правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92737/2ff7a8c72de3994f30496a0ccb1ddafdaddf518/.

2. Доклад Всемирной торговой организации о мировой торговле по итогам 2014 года (World Trade Report 2014) [Электронный ресурс]: ежегодный отчет / Центр экспертизы по вопросам ВТО. – Женева: ВТО, 2014. – 224 с. – Режим доступа: [http://www.wto.ru/wp-](http://www.wto.ru/wp-content/uploads/2015/08/world_trade_report14_e.pdf)

[content/uploads/2015/08/world_trade_report14_e.pdf](http://www.wto.ru/wp-content/uploads/2015/08/world_trade_report14_e.pdf).

3. Фомченкова Л. Современный рынок тканей отечественного производства [Электронный ресурс]: Информационный портал ЛегПромБизнес.рф // Директор. – 2014. – № 2. – Режим доступа: <http://lpbinfo.ru/index.php/199-direktor-2-2014/1004-sovremennyj-rynok-tkanej-otechestvennogo-proizvodstva>.

4. Экономика России, цифры и факты. Часть 11. Легкая промышленность [Электронный ресурс]: Финансовый словарь трейдера (литера «Э») / Портал трейдеров Utmagazine. – 2015. – Режим доступа:

<http://utmagazine.ru/posts/10564-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-11-legkaya-promyshlennost>.

5. Стратегическая программа исследований Технологической платформы «Текстильная и легкая промышленность» [Электронный ресурс]: проект для обсуждения. - Электронные текстовые данные / Официальный портал Союза предпринимателей текстильной и легкой промышленности Республики Татарстан. – Казань: Технологическая платформа «Текстильная и легкая промышленность», 2013. – 71 с. – Режим доступа:

http://sptl.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_165329.docx.

6. Основные результаты работы Министерства промышленности и торговли Российской Федерации за 2014 год [Электронный ресурс]: правительственная информация в контексте работы министерств и ведомств. - Электронные текстовые данные / Официальный портал Правительства РФ. – М.: 2015. - Режим доступа: http://government.ru/dep_news/17702/.

7. Информация для потребителей ООО «ХБК «Навтекс» [Электронный ресурс]: официальный сайт Общества с ограниченной ответственностью «Хлопчатобумажный комбинат «Навтекс». – г. Наволоки, Кинешемского района, Ивановской области, 2013. - Режим доступа: <http://navteks.narod.ru/news/informacija/2013-07-10-1>.

8. О прогнозе социально-экономического развития региона на 2017 год и плановый период 2018 и 2019 годов [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Ивановской области от 10.11.2016 № 374-п / официальный сайт Правительства Ивановской области; комплекс экономического развития Ивановской области. – Иваново, 2016. - Режим доступа: <http://www.ivanovoobl.ru/department.aspx?part=48>.

9. Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Ивановской области до 2020 года [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Ивановской области от 27.05.2016 № 146-п / официальный сайт Правительства Ивановской области; комплекс экономического развития Ивановской области. – Иваново, 2016. - Режим доступа: <http://www.ivanovoobl.ru/department.aspx?part=48>.

10. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы) [Текст]: Учебник для вузов. 2-е издание, переработано и дополнено. – Москва: Легпромбытиздат, 1985.-216 с.

11. ГОСТ 4.3-78. Система показателей качества продукции. Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные и смешанные бытового назначения. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 6

с.

12. ГОСТ 4.6-85. Система показателей качества продукции. Ткани шелковые и полушелковые бытового назначения. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 6 с.

13. ГОСТ 4.51-87. Система показателей качества продукции. Ткани и штучные изделия бытового назначения из химических волокон. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 9 с.

с.

14. ГОСТ 4.36-84. Система показателей качества продукции. Ткани фильтровальные. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 6 с.

15. ГОСТ 12.4.073-79. Система стандартов безопасности труда. Ткани для спецодежды и средств защиты рук. Номенклатура показателей качества [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 7 с.

16. РД 17-03-024-89. Система показателей качества продукции. Ткани и штучные тканые изделия чистошерстяные, шерстяные и полушерстяные. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Госстандарт СССР, 1989. – 8 с.

17. РД 17-05-038-90. Система показателей качества продукции. Ткани чистольняные, льняные, полульняные и смешанные бытового назначения. Номенклатура показателей [Текст]. – М.: Госстандарт СССР, 1990. – 7 с.

18. ГОСТ 10641-88. Ткани и штучные изделия текстильные. Нормы допускаемых отклонений по показателям поверхностной плотности и числу нитей на 10 см [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 1 с.

19. ГОСТ 5665-77. Ткани бортовые льняные и полульняные. Общие технические условия [Текст]. - М.: Издательство стандартов, 1992. – 5 с.

20. ГОСТ 13090-90. Ткани технические каркасные. Технические условия [Текст]. - М.: Издательство стандартов, 1990. – 10 с.

21. ГОСТ 9412-93. Марля медицинская. Общие технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.

22. ГОСТ 27541-87. Ткани камвольные чистошерстяные и полушерстяные ведомственного назначения. Технические условия [Текст]. - М.: Издательство стандартов, 1988. – 13 с.

23. ГОСТ 3812-72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения плотности нитей и пучков ворса [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 4 с.

24. ГОСТ 6943.15-94. Стекловолокно. Ткани. Нетканые материалы. Метод определения количества нитей на единицу длины основы и утка [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 4 с.

25. ГОСТ 16218.4-93. Изделия текстильно-галантерейные. Метод определения плотности. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 8 с.

26. ГОСТ 29104.3-91. Ткани технические. Метод определения количества нитей на 10 см [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 4 с.

27. Сташева М.А. Разработка методов проектирования и оценивания качества тканых полотен [Текст]: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.19.02, 05.19.01. – Иваново: ИГТА, 2004. – 156 с.

28. ГОСТ 3811-72. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 15 с.

29. Пат. 680536 Швейцария, МКИ 5 G 01 N 33/36. Устройство для контроля качества текстильных материалов [Текст] / Toedtli Sergej, Siegfried Peuer. – Оpubл. 15.09.92.

30. Биленко М.С., Серов А.В., Рожков С.А., Буглов О.А. Многоканальная система контроля качества текстильных материалов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://aaecs.org/bilenko-ms-serov-av-rojkov-sa-buglov-oa-mnogokanalnaya-sistema-kontrolya-kachestva-tekstilnih-materialov.html>.

31. Пат. 2131605 РФ, МКИ 6G 01 N 33/36. Бесконтактный способ анализа

структуры ткани [Текст] / Н.В. Лустгартен, Г.Г. Сокова, А.С. Сергеев. – Оpubл. 10.06.99.

32. Пат. 431546 ФРГ, МКИ 5 G 01 N 21/84. Способ определения равномерности периодически структурированных текстильных полотен [Текст] / Adam Rene, Horner Bernd. Оpubл. 17.11.94.

33. Козлов А.Б. Проблемы контроля волокнистых материалов в текстильной технологии и пути их решения [Текст] // Автоматизированные системы в текстильной промышленности. – М.: МГТА, 1993. – С. 3...4.

34. Радзивильчук Л.И. Оптический метод исследования строения ткани [Текст] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1989. - №6. – С. 27...30.

35. Пат. 431245 ФРГ, МКИ 5 G 01 N 33/36. Способ бесконтактного измерения качественных параметров поверхности текстильных полотен и устройство для его осуществления [Текст] / Massen Robert, Brau Yurgen. – Оpubл. 20.10.94.

36. Hinze D., Virteil E. Система контроля качества текстильных полотен. [Текст] // Melliand Textilber. – 1991. - №11. – С. 958...962. – Нем.

37. Roze W. Способ и прибор для исследования структуры текстильных материалов [Текст] / W. Roze, Y. Scharffenberg // Techn. Textil Forum. – 1993. – №2. – С. 22...23. – Нем.

38. Сташева М.А. Сравнительный анализ компьютерных методов измерения структурных свойств тканей [Текст] // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс 2002): Тез. докл. межд. научно-технич. конф. 27-29 мая 2002. – Иваново, ИГТА, 2002. – С. 196.

39. ГОСТ 18321-73. Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции [Текст]. – М.: Стандартиформ, 2008. – 8 с.

40. ГОСТ 10681-75. Материалы текстильные. Климатические условия

для кондиционирования и испытания проб и методы их определения [Текст].
- М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 28 с.

41. ГОСТ 20023-89. Ткани технические «Эксцельсиор». Технические условия [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.

42. ASTM D 3775-05a. Standard Test Method for Fabric Count of Woven Fabric [Текст]. / Copyright © ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United State. – 3 p.

43. ГОСТ 29298-2005. Ткани хлопчатобумажные и смешанные бытовые. Общие технические условия [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 12 с.

44. ГОСТ 11209-2014. Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.

45. Пат. 2494428 РФ МПК7 G03B 15/06 Проекционное устройство для оперативного получения изображений поверхности текстильных материалов [Текст] / Шаломин О.А., Гусев Б.Н., Коробов Н.А., Рыбакова Д.А. Оpubл. 27.09.2013. – 15 с.

46. GNU Image Manipulation Program (сокращённо GIMP) - мощный и многоцелевой графический редактор [Электронный ресурс]: техническое описание редактора / официальный сайт разработчика. - Режим доступа: <http://gimp.ru/>.

47. Python Imaging Library [Электронный ресурс]: библиотека языка Python для работы с растровой графикой / материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Python_Imaging_Library.

48. Скользящая средняя [Электронный ресурс]: описание семейства функций / материал из Википедии - свободной энциклопедии. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Скользящая_средняя.

49. Баженов С.М., Вахонина С.А., Тарасов Н.В., Матрохин А.Ю. Информационно-управляющая система для автоматизированного

мониторинга технологических процессов производства тканей [Текст] // Автоматизация в промышленности, №12. - 2015, С. 50..54.

50. Баженов С.М., Шаломин О.А., Матрохин А. Ю. Автоматизированный анализ цифрового изображения пробы тканого полотна с целью подсчета числа нитей по основе и утку [Текст] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611790 от 05 февраля 2013 г.

51. ГОСТ Р 51814.5-2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2005. – 54 с.

52. Анализ измерительных систем. MSA [Текст] / ссылочное руководство (3-е изд., испр.) - Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2002. – 252 с.

53. ГОСТ Р 50779.21-2004. Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение [Текст]. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 47 с.

54. Anjos A., Shahbazkia H. Bi-Level Image Thresholding - A Fast Method [Текст] // BIOSIGNALS. - 2008. - Vol: 2. - P:70-76.

55. Савин А. Число Фидия - золотое сечение [Текст] // Квант: Научно-популярный физико-математический журнал. - 1997. - № 6. – С.32...33.

56. Севостьянов П.А. Математические методы обработки данных [Текст] / П.А. Севостьянов — М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. - 256 с.

57. Каталог продукции ООО «Тейковская Текстильная Компания» [Электронный ресурс]: официальный сайт Общества с ограниченной ответственностью «Тейковская Текстильная Компания». - г. Тейково, Ивановской области, 2016.-Режим доступа: <http://teikovo.com/>.

58. Основы инженерной психологии [Текст] / Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин, Б.А.Смирнов. Под ред. Б. Ф. Ломова. - 2-е изд., доп. и перераб.: - М.: Высшая школа, 1986. - 448 с.

59. Система «Человек-машина» [Электронный ресурс] / единая

коллекция цифровых образовательных ресурсов. - Режим доступа: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/39131575-5991-11da-8314-0800200c9a66/index.htm>.

60. Об обеспечении единства измерений [Текст] / Федеральный Закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ / Собрание законодательства Российской Федерации, №26 от 30.06.2008, ст. 3021.

61. EXIF [Электронный ресурс]: стандарт управления метаданными медиафайлов / материал из Википедии - свободной энциклопедии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/EXIF>.

62. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - Режим доступа - <http://www.fundmetrology.ru>.

63. Шаломин О.А., Баженов С.М. Особенности калибровки средств измерений оптических компьютерных методов определения показателей качества материалов и изделий легкой промышленности [Текст] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2014. - № 2. – С. 145 .. 148.

64. Правило десяти [Электронный ресурс]: Анализ измерительных систем – measurement system analyses (MSA). – Режим доступа: http://www.prostokachestvo.ru/index.php?catid=32:2010-05-19-09-18-45&id=53:-measurement-system-analyses-msa&Itemid=94&option=com_content&view=article.

65. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2013. – 24 с.

66. ГОСТ Р 8.596-2002. Метрологическое обеспечение измерительных систем [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 15 с.

67. Черемных С.В, Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии [Текст]: практикум. - М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.

68. Баженов С.М., Матрохин А.Ю., Тарасов Н.В. О влиянии неконтролируемых факторов на результаты косвенной оценки материалоемкости тканых полотен [Текст] // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: Сб. материалов докладов международной научно-технической конференции (26-27 ноября 2014 г.). – Витебск: ВГТУ. – 2014. – С. 421..422.

69. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 36 с.

70. ГОСТ 16428-89. Ткани технические из натурального шелка и химических нитей. Технические условия [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1990. - 14 с.

Открытие, проверка и загрузка изображения

Листинг подпрограммы

```
# выбрать изображение
def openImage(self):
    # проверка калибровки
    calibration = self.checkCalibration()
    if (calibration == False):
        pass
    # открыть диалоговое окно для выбора файла
    image_path = QtGui.QFileDialog.getOpenFileName
        (self, 'Открыть файл...', "", "Изображение JPEG (*.jpg)")
    # приводим к необходимому виду адресс
    image_path = image_path.replace("/", "\\")
    # если адресс выбран
    if (image_path == ""):
        pass
    # получаем экземпляр класса для работы с exif
    exif = Exif(image_path)
    result = exif.checkExif()
    # если ошибка при проверки Exif
    if (result):
        self.errorMessage(result)
    else:
        # записываем адресс обрабатываемого изображения
        self.data['image_path'] = image_path
        # инициализируем единичный режим
        self.initOneMode()
        # делаем не активной вкладку режима каталога
```

```
self.tabWidget.setTabEnabled(1, 0)  
# делаем активной вкладку единичного режима  
self.tabWidget.setTabEnabled(0, 1)
```

Запуск пакетного режима

Листинг подпрограммы

```
# выбор папки с изображениями проб
def openFolder(self):
    # проверка калибровки
    calibration = self.checkCalibration()
    if (calibration == False):
        pass
    # открыть диалоговое окно для выбора каталога
    folder_path = QtGui.QFileDialog.getExistingDirectory
    (self, 'Загрузка папки с изображениями проб...', '')
    if (folder_path == ""):
        pass
    # получаем экземпляр класса для работы с exif
    exif = Exif(folder_path)
    result = exif.checkExif()
    # если ошибка при проверке Exif
    if (result):
        self.errorMessage(result)
    else:
        # записываем адрес обрабатываемого каталога
        self.data['folder_path'] = folder_path
        # инициализируем единичный режим
        self.initFolderMode()
```

**Автоматизированный анализ цифрового изображения пробы тканого
полотна с целью подсчета числа нитей по основе и утку**

Полный исходный текст программы

```
# -*- coding=cp1251 -*-  
  
# Подключение графического интерфейса  
from ui_py.win_demo import Ui_MainWindow12  
  
# Подключение библиотек для работы с графическим интерфейсом  
from PyQt4 import QtGui, QtCore  
import sys  
  
# Подключение библиотек для работы с изображением  
from PIL import Image, ImageDraw, ImageTk  
  
# Подключение математической библиотеки  
import math  
  
  
# Основной класс программы для подсчета нитей по основе и утка  
  
class Thread1(QtCore.QThread):  
    def __init__(self):  
        QtCore.QThread.__init__(self)  
  
    def run(self):  
        Image.open('image.bmp').show()  
        stopped = True  
  
  
class demo_Show(QtGui.QMainWindow):  
    def __init__(self,parent=None):  
        QtGui.QWidget.__init__(self,parent)
```

```

self.imeg = Ui_MainWindow12()
self.imeg.setupUi(self)
self.path = "
f = open('rodo.dll','r')
fn = f.read()
f.close()
fn = fn.split(' ')
self.xx = int(fn[0])
self.yy = int(fn[1])

```

Функция подключение сигналы кнопок к необходимым функциям

Создание заголовков таблицы

```

def preparations(self,path):
    self.path = path
    self.flag1 = 0
    self.p = 0
    self.file = "
    QtCore.QObject.connect(self.imeg.pushButton_3,
QtCore.SIGNAL("clicked()"),self.openImage)
    QtCore.QObject.connect(self.imeg.pushButton_2,
QtCore.SIGNAL("clicked()"),self.processing)
    self.imeg.tableWidget.setColumnCount(2)
    self.imeg.tableWidget.setHorizontalHeaderLabels(["По","Пу"])

self.imeg.tableWidget.setVerticalHeaderLabels(["1","2","3","4","5","Среднее"])

# Функция запуска обработки изображения

```

```
def processing(self):
    self.imeg.pushButton_2.setEnabled(0)
    self.p = 0
    self.imeg.tableWidget.clear()
    self.imeg.tableWidget.setColumnCount(2)
    self.imeg.tableWidget.setHorizontalHeaderLabels(["По", "Пу"])
    self.oblast(self.path)
```

```
self.imeg.tableWidget.setVerticalHeaderLabels(["1", "2", "3", "4", "5", "Среднее"])
```

```
# Функция запуска встроенного просмотрщика
```

```
def openImage(self):
    if (hasattr(self, 'OpIm')):
        del(self.OpIm)
    self.OpIm = Thread1()
    self.OpIm.start()
```

```
# Функция загрузки изображения в графический интерфейс
```

```
def prepar(self, path):
    im = Image.open(path)
    im.save("image.bmp")
    draw = ImageDraw.Draw(im)
    draw.rectangle((705, 249, 707+self.xx, 250+self.yy), outline = "#3389ff")
    draw.rectangle((704, 248, 708+self.xx, 251+self.yy), outline = "#3389ff")
    draw.rectangle((703, 247, 709+self.xx, 252+self.yy), outline = "#3389ff")
    draw.rectangle((702, 246, 710+self.xx, 253+self.yy), outline = "#3389ff")
```

```

draw.rectangle((701,245,711+self.xx,254+self.yy),outline = "#3389ff")
draw.rectangle((700,244,712+self.xx,255+self.yy),outline = "#3389ff")
im = im.resize((800,592))
im.save("img.png")
imag1 = QtGui.QImage("img.png")
r = QtGui.QPixmap.fromImage(imag1)
if (r.isNull()):
    self.imeg.label.setText('Ошибка при показе изображения')
    return
self.imeg.label.setPixmap(QtGui.QPixmap.fromImage(imag1))

```

Функция загрузки обработанного изображения в графический интерфейс

```

def preparation(self,path):
    imag1 = QtGui.QImage(path)
    r = QtGui.QPixmap.fromImage(imag1)
    if (r.isNull()):
        self.imeg.label.setText('Ошибка при показе изображения')
        return
    self.imeg.label.setPixmap(QtGui.QPixmap.fromImage(imag1))

```

Функция обработки изображения

```

def oblast(self,path):
    progress = QtGui.QProgressDialog("Пожалуйста, подождите...", "Отмена",
0, 100, self)
    progress.setWindowModality(QtCore.Qt.WindowModal)
    progress.setAutoReset(True)
    progress.setAutoClose(True)

```

```
progress.setMinimum(0)
progress.setMaximum(100)
progress.resize(800,100)
progress.setWindowTitle("Анализ изображения...")
progress.show()
progress.setValue(0)
self.srednee = 0
im = Image.open(path )
mi = im.crop((706,250,705+self.xx,249+self.yy))
self.ii = 0
self.porog = 20
self.pp = 0
self.oblast_gor_n(mi,im)
progress.setValue(25)
self.flag1 = 0
if (self.srednee >= 200):
    self.kolNit = 1
if (self.srednee < 200):
    self.kolNit = 2
if (self.srednee <= 100):
    self.kolNit = 3
self.porog = (40 * math.exp(-0.01 * self.srednee))
self.srednee = 0
self.flag1 = 1
progress.setValue(35)
self.oblast_gor(mi,im)
progress.setValue(50)
znach = []
znach.append(self.srednee)
```

```
self.imeg.tableWidget.setRowCount(self.p+1)
qitem = QtGui.QTableWidgetItem(str(round(self.srednee)))
qitem.setTextAlignment(4)
self.imeg.tableWidget.setItem(self.p,0,qitem)
self.p = 0
self.srednee = 0
self.pp = 1
self.flag1 = 0
self.porog = 20
self.oblast_ver_n(mi,im)
if (self.srednee >= 200):
    self.kolNit = 1
if (self.srednee < 200):
    self.kolNit = 2
if (self.srednee <= 100):
    self.kolNit = 3
progress.setValue(70)
self.porog = (40 * math.exp(-0.01 * self.srednee))
self.srednee = 0
self.flag1 = 1
progress.setValue(79)
self.oblast_ver(mi,im)
progress.setValue(85)
znach.append(self.srednee)
qitem = QtGui.QTableWidgetItem(str(round(self.srednee)))
qitem.setTextAlignment(4)
self.imeg.tableWidget.setItem(self.p,1,qitem)
self.p = 0
```

```

self.emit(QtCore.SIGNAL('printStat1(PyQt_PyObject)'),'UpDate')
im.save("image.bmp")
im = Image.open("image.bmp")
im = im.resize((800,592))
im.save("img.png")
progress.setValue(100)
self.preparation("img.png")

```

Функция для определения значений для порога по горизонтали

```

def oblast_gor_n(self,mi,im):
    oblast_y = [[0,1093,self.xx,1128]]
    self.nomerY = oblast_y[0][1] + 5
    pol_gor1 = mi.crop(oblast_y[0])
    self.ii+=5
    self.summaY(pol_gor1,im)

```

Функция для определения значений для порога по вертикали

```

def oblast_ver_n(self,mi,im):
    oblast_y = [[1093,0,1128,self.yy]]
    self.nomerX = oblast_y[0][1] + 5
    pol_gor1 = mi.crop(oblast_y[0])
    self.ii+=5
    self.summaX(pol_gor1,im)

```

Функция получения участков для подсчета нитей по горизонтали

```

def oblast_gor(self,mi,im):

```

```

    oblast_y =
[[0,205,self.xx,240],[0,649,self.xx,684],[0,1093,self.xx,1128],[0,1537,self.xx,1572
],[0,1981,self.xx,2016]]
    for i in range(0,5):
        self.nomerY = oblast_y[i][1] + 5
        pol_gor1 = mi.crop(oblast_y[i])
        self.ii+=5
        self.summaY(pol_gor1,im)
    self.srednee = self.srednee / 5

```

Функция получения участков для подсчета нитей по вертикали

```

def oblast_ver(self,mi,im):
    oblast_y =
[[205,0,240,self.yy],[649,0,684,self.yy],[1093,0,1128,self.yy],[1537,0,1572,self.yy
],[1981,0,2016,self.yy]]
    for i in range(0,5):
        self.nomerX = oblast_y[i][0] + 5
        pol_gor1 = mi.crop(oblast_y[i])
        self.ii+=5
        self.summaX(pol_gor1,im)
    self.srednee = self.srednee / 5

```

Функция получения значений пикселей

```

def summaX(self,pol_gor1,im):
    matrix = pol_gor1.load()
    massiv = self.iter(self.xx, 35,matrix)
    self.sglajiv(massiv,im)

```

Функция подсчета значений столбцов пикселей по горизонтали

```
def iter(self,width,height,matrix):
    massiv = []
    for i in range(0,width):
        sum = 0
        for j in range(0,height):
            p = matrix[j,i]
            sum = sum + int(p[1])
        massiv.append(sum)
    return massiv
```

Функция подсчета значений столбцов пикселей по вертикали

```
def summaY(self,pol_gor1,im):
    matrix = pol_gor1.load()
    massiv = []
    p = 0
    for i in range(0,self.yy):
        sum = 0
        for j in range(0,35):
            p = matrix[i,j]
            sum = sum + int(p[1])
        massiv.append(sum)
    self.sglajiv(massiv,im)
```

Функция сглаживания полученного массива яркостей пикселей

```

def sglajiv(self,massiv,im):
    le = len(massiv)
    mass = []
    for i in range(3,le):
        sum = (massiv[i-3] + massiv[i-2] + massiv[i-1] + massiv[i])/4
        mass.append(sum)
    mass.append((massiv[le-3] + massiv[le-2] + massiv[le-1])/3)
    mass.append((massiv[le-2] + massiv[le-1])/2)
    mass.append(massiv[le-1])
    self.piki(mass,im)

```

ФУНКЦИЯ ПОИСКА ПИКОВ

```

def piki(self,mass,im):
    lee = len(mass)
    spad = 0
    p = 0
    piki = []
    nom = 0
    shet = 0
    for i in range(2,lee):
        if (mass[i-2]<mass[i-1]>=mass[i]):
            nom = i-1
            p = 1
        if (mass[i-2]>mass[i-1]<=mass[i]):
            pik = (mass[nom] - mass[spad]) + (mass[nom] - mass[i-1])
            spad = i-1
            piki.append([])
            piki[shet].append([pik,nom])

```

```

    p = 0
    shet = shet + 1
if (p == 1):
    pik = (mass[nom] - mass[spad]) + (mass[nom] - mass[lee-1])
    piki.append([])
    piki[shet].append([pik,nom])
maxx = max(piki)
maxx = (maxx[0][0]/100)*self.porog

mas = []
lenn = len(piki)
shet = 0
for i in range(0,lenn):
    p = piki[i][0][0]
    if (p>maxx):
        mas.append([])
        mas[shet].append(piki[i][0])
        shet = shet + 1
p = 0
self.srednee = self.srednee + len(mas)
if (self.flag1 == 1):
    if (self.pp == 0):
        self.draw_x(mas, im)
        self.imeg.tableWidget.setRowCount(self.p+1)
        qitem = QtGui.QTableWidgetItem(str(len(mas)))
        qitem.setTextAlignment(4)
        self.imeg.tableWidget.setItem(self.p,0,qitem)
        self.p += 1
    if (self.pp == 1):

```

```

self.draw_y(mas, im)
qitem = QtGui.QTableWidgetItem(str(len(mas)))
qitem.setTextAlignment(4)
self.imег.tableWidget.setItem(self.p,1,qitem)
self.p += 1

```

Функция маркировки найденных нитей по вертикали

```

def draw_y(self,mas,im):
    e = 0
    draw = ImageDraw.Draw(im)
    for i in range(1,self.yy):
        for ii in mas:
            if (int(ii[0][1]) == i):
                if (self.kolNit == 1):
                    if (e == 0):
                        draw.ellipse((self.nomerX + 714, i+249, self.nomerX + 718,
i+253), fill="#ff3d3d", outline="#ff3d3d")
                    if (e == 1):
                        draw.ellipse((self.nomerX + 734, i+249, self.nomerX + 738,
i+253), fill="#00d2ff", outline="#00d2ff")
                    if (self.kolNit == 2):
                        if (e == 0):
                            draw.ellipse((self.nomerX + 712, i+247, self.nomerX + 720,
i+255), fill="#ff3d3d", outline="#ff3d3d")
                        if (e == 1):
                            draw.ellipse((self.nomerX + 732, i+247, self.nomerX + 740,
i+255), fill="#00d2ff", outline="#00d2ff")
                    if (self.kolNit == 3):

```

```

        if (e == 0):
            draw.ellipse((self.nomerX + 710, i+245, self.nomerX + 722,
i+257), fill="#ff3d3d", outline="#ff3d3d")
        if (e == 1):
            draw.ellipse((self.nomerX + 730, i+245, self.nomerX + 742,
i+257), fill="#00d2ff", outline="#00d2ff")
        if (e == 0):
            e = 1
        else:
            e = 0

```

Функция маркировки найденных пиков по горизонтали

```

def draw_x(self,mas,im):
    e = 0
    draw = ImageDraw.Draw(im)
    for i in range(1,self.xx):
        for ii in mas:
            if (int(ii[0][1]) == i):
                if (self.kolNit == 1):
                    if (e == 0):
                        draw.ellipse((i+706, self.nomerY + 258,i+711,self.nomerY +
263), fill="yellow", outline="yellow")
                    if (e == 1):
                        draw.ellipse((i+706, self.nomerY + 278,i+711,self.nomerY +
283), fill="#36ff00", outline="#36ff00")
                if (self.kolNit == 2):
                    if (e == 0):
                        draw.ellipse((i+704, self.nomerY + 256,i+713,self.nomerY +

```

```

265), fill="yellow", outline="yellow")
        if (e == 1):
            draw.ellipse((i+704, self.nomerY + 276,i+713,self.nomerY +
285), fill="#36ff00", outline="#36ff00")
            if (self.kolNit == 3):
                if (e == 0):
                    draw.ellipse((i+702, self.nomerY + 254,i+715,self.nomerY +
267), fill="yellow", outline="yellow")
                    if (e == 1):
                        draw.ellipse((i+702, self.nomerY + 274,i+715,self.nomerY +
287), fill="#36ff00", outline="#36ff00")
                    if (e == 0):
                        e = 1
                    else:
                        e = 0

                draw.rectangle((705,249,707+self.xx,250+self.yy),outline = "#3389ff")
                draw.rectangle((704,248,708+self.xx,251+self.yy),outline = "#3389ff")
                draw.rectangle((703,247,709+self.xx,252+self.yy),outline = "#3389ff")
                draw.rectangle((702,246,710+self.xx,253+self.yy),outline = "#3389ff")
                draw.rectangle((701,245,711+self.xx,254+self.yy),outline = "#3389ff")
                draw.rectangle((700,244,712+self.xx,255+self.yy),outline = "#3389ff")

```

```
# Проверка запуска приложения
```

```
# Открытие окна выбора файла
```

```
# Запуск основнх функций
```

```

if __name__ == "__main__":
    app = QtGui.QApplication(sys.argv)
    im = demo_Show()

```

```
argv = sys.argv
if len(argv) < 2:
    filter_types = "JPEG (*.jpg)"
    direct = QtGui.QFileDialog.getOpenFileName(im, 'Open File', "", filter_types)
    direct = direct.replace("/", "\\")
    if (direct != ""):
        im.preparations(direct)
        im.prepar(direct)
        im.setWindowModality(2)
        im.show()
        sys.exit(app.exec_())
else:
    im.preparations(sys.argv[1])
    im.prepar(sys.argv[1])
    im.setWindowModality(2)
    im.show()
    sys.exit(app.exec_())
```

Анализ основанный на преобразовании Фурье

Листинг подпрограммы

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Data;
using System.Windows.Documents;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using System.Windows.Media.Imaging;
using System.Windows.Shapes;
using System.Threading;

using System.IO;
using System.Collections.ObjectModel;
using Microsoft.Research.DynamicDataDisplay;
using Microsoft.Research.DynamicDataDisplay.DataSources;
using Microsoft.Research.DynamicDataDisplay.PointMarkers;

namespace ASK_Weaving {
    public partial class Fourier : WindowBase {

        private ProgressBar progressW = null;
        private Thread threadCore = null;
```

```
public List<ToolkPoint> ChardataOs = new List<ToolkPoint>();  
public List<ToolkPoint> ChardataYt = new List<ToolkPoint>();
```

```
// исходное изображение
```

```
private bool isOriginal = false;
```

```
// массивы исходного изображения
```

```
private List<float> A1_os = new List<float>();
```

```
private List<float> A2_os = new List<float>();
```

```
private List<float> A3_os = new List<float>();
```

```
private List<float> A1_yt = new List<float>();
```

```
private List<float> A2_yt = new List<float>();
```

```
private List<float> A3_yt = new List<float>();
```

```
// массивы обработанного изображения
```

```
private List<float> B1_os = new List<float>();
```

```
private List<float> B2_os = new List<float>();
```

```
private List<float> B3_os = new List<float>();
```

```
private List<float> B1_yt = new List<float>();
```

```
private List<float> B2_yt = new List<float>();
```

```
private List<float> B3_yt = new List<float>();
```

```
// массив усредненных сумм
```

```
List<float> Sr_os = new List<float>();
```

```
List<float> Sr_yt = new List<float>();
```

```
public Fourier() {
```

```
InitializeComponent();  
this.SetCenterPosition();  
}
```

```
private void LoadOriginalImageBtn(object sender, RoutedEventArgs e) {  
    loadOriginalImageBtn.IsEnabled = false;  
    isOriginal = true;  
    LoadImage();  
    loadNextImageBtn.IsEnabled = true;  
    resetBtn.IsEnabled = true;  
}
```

```
private void LoadImageBtn(object sender, RoutedEventArgs e) {  
    isOriginal = false;  
    LoadImage();  
}
```

```
private void LoadImage() {  
    // создаем объект изображения  
    ImageHelper image = new ImageHelper();  
    // загрузка и проверка изображения  
    if (!image.LoadImage())  
        return;  
    ASKImage analysImage = new ASKImage();  
    analysImage.SetNumberAnalysis(3);  
    analysImage.SetImage(image.GetImageBitmap());  
    Analysis(analysImage);  
}
```

```
private void Analysis(ASKImage analysImage) {
    ASKCore core = new ASKCore(analysImage);
    core.CoreEvent += CoreEvents;
    threadCore = new Thread(core.AnalysisImage);
    threadCore.Start();
    progressW = new ProgressBar();
    progressW.ShowDialog();
}
```

```
private void ResetBtn(object sender, RoutedEventArgs e) {
    loadNextImageBtn.IsEnabled = false;
    resetBtn.IsEnabled = false;
    isOriginal = false;
    A1_os.Clear();
    A2_os.Clear();
    A3_os.Clear();
    A1_yt.Clear();
    A2_yt.Clear();
    A3_yt.Clear();
    loadOriginalImageBtn.IsEnabled = true;
    Sr_os.Clear();
    Sr_yt.Clear();
    UpdateChart();
}
```

```
public void CoreEvents(object dat) {
    Dictionary<string, object> data = (Dictionary<string, object>)dat;
    if (data.ContainsKey(ASKCore.PROGRESS_KEY)) {
        Dispatcher.BeginInvoke(new Action(delegate() {
```

```

progressW.SetValue(Convert.ToInt32(data[ASKCore.PROGRESS_KEY]));
    });
}
if (data.ContainsKey(ASKCore.SMOOTH_PROFILE_BRIGHTS)) {
    Dispatcher.BeginInvoke(new Action(delegate) {

SetLineAnalysis((ASKCore.LineAnalysis)data[ASKCore.LINE_ANALYSIS]);

FourierAnalysis((List<int>)data[ASKCore.SMOOTH_PROFILE_BRIGHTS]);
    });
}
if (data.ContainsKey(ASKCore.OS_KEY) &&
data.ContainsKey(ASKCore.YT_KEY)) {
    Dispatcher.BeginInvoke(new Action(delegate) {
        progressW.SetValue(100);
        progressW.Hide();
    });
}
}

private int countAnalysis = -1;
private ASKCore.LineAnalysis lineAnalysis;

private void SetLineAnalysis(ASKCore.LineAnalysis la) {
    lineAnalysis = la;
}

private void FourierAnalysis(List<int> smoothProfile) {

```

```

//Console.WriteLine(smoothProfile.Count + " " + smoothProfile);
// threadCore.Abort();

List<float> resArr = new List<float>();

int lengthAnalysis = 300;
try {
    lengthAnalysis = System.Convert.ToInt32(countPixels.Text);
} catch { }

float e = 0.0f;
int count = 1;
float min = 0;
float max = 0;
int pxCountMax = 0;
int pxCountMin = 0;
countAnalysis++;
for (int i = 3; i < (lengthAnalysis); i += 1) {
    e = 0.0f;
    count = 1;
    for (int j = 1; j < lengthAnalysis; j += 1) {
        int bright = smoothProfile[j];
        e += (bright) * Convert.ToSingle(Math.Sin((2 * Math.PI * count / i) -
(Math.PI / 2)));
        count += 1;
    }
    float val = e / i;
    if (val < min) {
        pxCountMin = i;
    }
}

```

```

        min = val;
    }
    if (val > max) {
        pxCountMax = i;
        max = val;
    }

    // запоминаем значение в массив
    AddAnalisysValue(val);
}

if (!isOriginal) {
    if (countAnalysis == 2) {
        Tuple<float, float> tuple = Analisys();
        Sr_os.Add(tuple.Item1);
        Sr_yt.Add(tuple.Item2);
        UpdateChart();
        countAnalysis = -1;
    }
} else if (countAnalysis == 2) {
    countAnalysis = -1;
}

progressW.SetValue(100);
progressW.Hide();
}

private void AddAnalisysValue(float val) {
    if (lineAnalysis == ASKCore.LineAnalysis.OS) {

```

```
switch (countAnalysis) {
  case 0:
    if (isOriginal)
      A1_os.Add(val);
    else
      B1_os.Add(val);
    break;
  case 1:
    if (isOriginal)
      A2_os.Add(val);
    else
      B2_os.Add(val);
    break;
  case 2:
    if (isOriginal)
      A3_os.Add(val);
    else
      B3_os.Add(val);
    countAnalysis = -1;
    break;
}
} else {
  switch (countAnalysis) {
    case 0:
      if (isOriginal)
        A1_yt.Add(val);
      else
        B1_yt.Add(val);
      break;
```

```

    case 1:
        if (isOriginal)
            A2_yt.Add(val);
        else
            B2_yt.Add(val);
        break;
    case 2:
        if (isOriginal)
            A3_yt.Add(val);
        else
            B3_yt.Add(val);
        break;
    }
}
}

private Tuple<float, float> Analisys() {
    // преобразование
    List<float> A1_i_os = Transformation(A1_os);
    List<float> A2_i_os = Transformation(A1_os);
    List<float> A3_i_os = Transformation(A1_os);
    List<float> A1_i_yt = Transformation(A1_yt);
    List<float> A2_i_yt = Transformation(A1_yt);
    List<float> A3_i_yt = Transformation(A1_yt);

    List<float> B1_i_os = Transformation(B1_os);
    List<float> B2_i_os = Transformation(B1_os);
    List<float> B3_i_os = Transformation(B1_os);
    List<float> B1_i_yt = Transformation(B1_yt);
}

```

```
List<float> B2_i_yt = Transformation(B1_yt);
```

```
List<float> B3_i_yt = Transformation(B1_yt);
```

```
// отклонения
```

```
List<float> delta_1_os = GetDelta(A1_i_os, B1_i_os);
```

```
List<float> delta_2_os = GetDelta(A2_i_os, B2_i_os);
```

```
List<float> delta_3_os = GetDelta(A3_i_os, B3_i_os);
```

```
List<float> delta_1_yt = GetDelta(A1_i_yt, B1_i_yt);
```

```
List<float> delta_2_yt = GetDelta(A2_i_yt, B2_i_yt);
```

```
List<float> delta_3_yt = GetDelta(A3_i_yt, B3_i_yt);
```

```
A1_i_os.Clear();
```

```
A2_i_os.Clear();
```

```
A3_i_os.Clear();
```

```
A1_i_yt.Clear();
```

```
A2_i_yt.Clear();
```

```
A3_i_yt.Clear();
```

```
B1_i_os.Clear();
```

```
B2_i_os.Clear();
```

```
B3_i_os.Clear();
```

```
B1_i_yt.Clear();
```

```
B2_i_yt.Clear();
```

```
B3_i_yt.Clear();
```

```
B1_os.Clear();
```

```
B2_os.Clear();
```

```
B2_os.Clear();
```

```
B1_yt.Clear();
```

```
B2_yt.Clear();
```

```

B2_yt.Clear();

// СУММА ОТКЛОНЕНИЙ
float S1_os = GetSumma(delta_1_os);
float S2_os = GetSumma(delta_2_os);
float S3_os = GetSumma(delta_3_os);
float S1_yt = GetSumma(delta_1_yt);
float S2_yt = GetSumma(delta_2_yt);
float S3_yt = GetSumma(delta_3_yt);

delta_1_os.Clear();
delta_2_os.Clear();
delta_3_os.Clear();
delta_1_yt.Clear();
delta_2_yt.Clear();
delta_3_yt.Clear();

// Усредняем суммы
float Sr_i_os = (S1_os + S2_os + S3_os) / 3;
float Sr_i_yt = (S1_yt + S2_yt + S3_yt) / 3;
return Tuple.Create(Sr_i_os, Sr_i_yt);
}

// преобразование
private List<float> Transformation(List<float> massiv) {
    List<float> newMassiv = new List<float>();
    for (int i = 0; i < massiv.Count; i++) {
        newMassiv.Add(Math.Abs(i != 0 ? massiv[i] / i : massiv[i]));
    }
}

```

```

    return newMassiv;
}

// ОТКЛОНЕНИЯ
private List<float> GetDelta(List<float> massivA, List<float> massivB) {
    List<float> newMassiv = new List<float>();
    for (int i = 0; i < massivA.Count; i++) {
        newMassiv.Add(Math.Abs(massivA[i] - massivB[i]));
    }
    return newMassiv;
}

// СУММА ОТКЛОНЕНИЙ
private float GetSumma(List<float> massiv) {
    float summa = 0;
    for (int i = 0; i < massiv.Count; i++) {
        summa += massiv[i];
    }
    return summa;
}

// ОБНОВИТЬ ГРАФИК
private void UpdateChart() {
    ChardataOs = new List<ToolkPoint>();
    ChardataYt = new List<ToolkPoint>();
    int minAxis = 1000000;
    int maxAxis = 0;
    for (int i = 0; i < Sr_os.Count; i++) {
        ChardataOs.Add(new ToolkPoint { Y = Sr_os[i], X = i });
    }
}

```

```

    if (minAxis > Sr_os[i])
        minAxis = System.Convert.ToInt32(Sr_os[i]);
    if (maxAxis < Sr_os[i])
        maxAxis = System.Convert.ToInt32(Sr_os[i]);
}
for (int i = 0; i < Sr_yt.Count; i++) {
    ChardataYt.Add(new ToolkPoint { Y = Sr_yt[i], X = i });
    if (minAxis > Sr_yt[i])
        minAxis = System.Convert.ToInt32(Sr_yt[i]);
    if (maxAxis < Sr_yt[i])
        maxAxis = System.Convert.ToInt32(Sr_yt[i]);
}
if (Sr_os.Count != 0) {
    AxisY.Minimum = minAxis - 100;
    AxisY.Maximum = maxAxis + 100;
    AxisX.Maximum = Sr_os.Count;
}
ChartAverageOs.ItemsSource = ChardataOs;
ChartAverageYt.ItemsSource = ChardataYt;
}
}
public class ToolkPoint {
    public float Y { get; set; }
    public int X { get; set; }
}
}
}

```



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе, к.э.н.

В.В. Шутенко

« 18 » сентября 2017 г.

АКТ

**внедрения в учебный процесс результатов диссертационного исследования
соискателя Баженова С.М., направленных на разработку информационно-
измерительной системы производственного контроля характеристик структуры
тканых полотен**

Настоящим удостоверяем, что исследование выполнено на кафедре «Материаловедение товароведение, стандартизация и метрология» Текстильного института ФГБОУ ВО «ИВГПУ» в связи с подготовкой диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.02 Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья.

Проведенные научные исследования позволили разработать необходимое аппаратное и программное обеспечение информационно-измерительной системы, реализующей функции производственного контроля основных характеристик структурных свойств тканых полотен различного ассортимента: число нитей на 10 см по основе и утку, размеры поперечника (диаметр) нитей основы и утка, расчетная поверхностная плотность полотна.

Полученные научные и практические результаты в качестве технических средств обучения включены в УМКД «Информационно-измерительные системы» для направления подготовки бакалавров 27.03.01 Стандартизация и метрология, в УМКД «Программно-аппаратные средства мониторинга качества текстильной продукции» для направления подготовки бакалавров 27.03.02 Управление качеством, а также в УМКД «Проектирование и анализ измерительных систем» для направления подготовки магистров 27.04.02 Управление качеством.

Соискатель ученой степени

С.М. Баженов

Заведующий кафедрой МТСМ, д.т.н., доц.

А.Ю. Матрохин

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета текстильных технологий
и индустрии моды, к.т.н., доц.

Н.В. Евсеева

Директор центра планирования
и организации учебного процесса

Е.В. Зиновьева

Первый проректор –
директор Текстильного института, д.т.н., проф.

Н.А. Кулида

«УТВЕРЖДАЮ»
 Генеральный директор
 ООО «Приволжская коммуна»
 Н.О. Кавин
 «28» сентября 2016 г.



АКТ

о внедрении информационно-измерительной системы
 производственного контроля процесса формирования тканых полотен
 «АСК-Ткачество»

Настоящий акт составлен о том, что в условиях ткацкого производства «ХБК «Навтекс» (в настоящее время ООО «Приволжская коммуна»), насчитывающего более 1200 единиц ткацкого оборудования, внедрена и успешно функционирует с 2014 года система производственного контроля процесса формирования тканых полотен «АСК-Ткачество».

Система включает в себя основной модуль, размещенный в ОТК ткацкого производства, предназначенный для планирования мониторинга, ведения баз данных ткацкого производства и выполнения измерительных функций. Система также включает модуль удаленного мониторинга, размещенный у главного инженера, предназначенный для отображения оперативной информации о состоянии ткацкого производства относительно качества выпускаемой продукции. Основным параметром, регистрируемым системой, является число нитей на 10 см.

По результатам функционирования указанной системы за период с 11.01.2014 г. по настоящее время установлены следующие преимущества:

- увеличение производительности контроля по числу нитей на 10 см до 200 тестов в час (проверяется метраж эквивалентный 22400 м в месяц);
- устранение необходимости в отборе образцов и подготовке точечных проб (экономия суровой ткани до 500 м в месяц);
- увеличение объемов контроля по числу нитей на 10 см с 3% до 50% от наличного парка оборудования в течении рабочего дня;
- снижение доли дефектной продукции, обнаруженной на последующих этапах с 7% до 4%.

Начальник производственной лаборатории  О.Д. Кроткова

Заместитель директора по качеству  Н.И. Замыслова