

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

На правах рукописи



ЛЫСОВА Марина Александровна

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
НА ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ
ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Специальность:

2.6.16 – Технология производства изделий
текстильной и лёгкой промышленности

Диссертация
на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:

доктор технических наук, доцент

Грузинцева Наталья Александровна

Иваново 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. Анализ современного состояния научной проблемы по обеспечению качества текстильных изделий, используемых в различных областях строительства.....	16
1.1. Выделение направлений обеспечения качества и конкурентоспособности при производстве промышленной продукции.....	16
1.2. Анализ ассортимента геотекстильных материалов для производства различных строительных изделий.....	19
1.3. Обзор современной нормативной базы по обеспечению, использованию и оценке качества геотекстильных материалов.....	25
1.4. Установление существующих подходов в проектировании и обеспечении качества промышленной продукции.....	30
1.5. Анализ существующих методов мониторинга параметров технологических процессов производства геотекстильных материалов и методов количественной оценки их показателей качества.....	32
1.6. Постановка задач научных исследований.....	36
1.7. Обоснование выбора методов и средств научного исследования....	39
ГЛАВА 2. Развитие методологии проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов на основе выполняемых ими функций в строительном изделии.....	43
2.1. Обеспечение качества геотекстильных материалов на основе требований специалистов в области строительства.....	43
2.2. Разработка обобщённого алгоритма проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах.....	48
2.3. Установление взаимосвязи выполняемых функций геотекстильных материалов в строительном объекте с технологическими воздействи-	

ямы на них.....	51
2.4. Формирование базы данных по свойствам и единичным показателям качества геотекстильных материалов.....	59
2.5. Установление номенклатуры показателей качества нетканого геотекстильного материала с учётом его эксплуатационной принадлежности.....	65
2.6. Осуществление процесса нормирования единичных показателей качества геотекстильных материалов с применением вероятностного метода.....	68
2.7. Определение нормативных значений показателей качества с использованием метода интерполяции.....	72
2.8. Определение нормативных значений показателей качества методами линейного корреляционно-регрессионного анализа.....	77
2.9. Совершенствование процесса нормирования единичных показателей качества геотекстильных материалов при помощи построения аппроксимирующей функции.....	81
2.10. Информатизация процесса проектирования качества геотекстильных материалов.....	85
2.11. Выделение и обсуждение новых результатов по главе.....	86
ГЛАВА 3. Совершенствование методологии комплексной оценки качества геотекстильных материалов.....	89
3.1. Обоснование и формирование алгоритма комплексной оценки качества геотекстильных материалов на основе приоритетности групп показателей качества.....	89
3.2. Разделение показателей качества геотекстильных материалов по группам назначения, надёжности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности.....	94
3.3. Разработка аналитического метода ранжирования показателей качества геотекстильных материалов.....	97
3.4. Ранжирование показателей качества геотекстильных полотен на ос-	101

нове теории нечётких множеств.....	
3.5. Развитие методов ранжирования показателей качества геотекстильных материалов	105
3.6. Построение обобщенной оценки качества геотекстильных материалов и определение уровней градации качества	111
3.7. Выделение и обсуждение новых результатов по главе.....	115
ГЛАВА 4. Практическое использование комплексной оценки качества геотекстильных материалов при определении эффективности и конкурентоспособности промышленного предприятия.....	116
4.1. Оценка уровня конкурентоспособности геополотен на основе комплексной оценки качества	116
4.2. Количественная оценка конкурентного преимущества текстильного предприятия	122
4.3. Установление конкурентоспособного ассортимента геотекстильной продукции.....	127
4.4. Разработка методики оценки результативности предприятия по производству геотекстильных полотен	132
4.5. Определение структуры затрат на обеспечение качества геотекстильной продукции.....	141
4.6. Выделение и обсуждение новых результатов по главе.....	145
ГЛАВА 5. Развитие методов мониторинга параметров технологических процессов производства геотекстильных материалов и совершенствование методов оценки их показателей качества	147
5.1. Установление критериев мониторинга процессов производства геотекстильных полотен и контроля их качества.....	147
5.2. Построение методики определения результативности технологических процессов производства нетканых геотекстильных материалов.....	150
5.3. Разработка метода определения перерасхода уточных нитей в процессе производства геотекстильных тканых сеток.....	154

5.4.	Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых геополотен.....	159
5.5.	Разработка компьютерного метода оценки уровня кольматации геотекстильных материалов.....	165
5.6.	Автоматизация метода испытания геотекстильных полотен на ударную прочность.....	170
5.7.	Развитие метода испытания геотекстильных полотен на динамическое продавливание.....	177
5.8.	Выделение и обсуждение новых результатов по главе.....	185
ГЛАВА 6. Решение проблем стандартизации и сертификации качества геотекстильных материалов.....		188
6.1.	Унификация системы классификации и кодирования геотекстильной продукции.....	188
6.2.	Формирование обобщённой базы показателей качества геотекстильных полотен с учётом действующих нормативных документов.....	194
6.3.	Решение проблем стандартизации и подтверждения соответствия качества (сертификации) геотекстильной продукции.....	199
6.4.	Использование геотекстильных полотен в композитных материалах.....	212
6.5.	Выделение и обсуждение новых результатов по главе.....	215
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		218
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		223
ПРИЛОЖЕНИЯ		
	Приложение 1. Листинг программы установления взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него.....	245
	Приложение 2. Листинг программы проектирования качества геотекстильных материалов.....	250
	Приложение 3. Акт ООО «ТРАКТ» о внедрении НИР.....	257

Приложение 4. Акт ООО «ИЦ ТЛП» приемки научно-исследовательской работы.....	258
Приложение 5. Акт ООО «РемСтрой-Т» о практическом применении результатов научно исследовательской работы.....	259
Приложение 6. Акт ООО «Технострой» приемки научно-исследовательской работы.....	260
Приложение 7. Справка о внедрении результатов диссертационного исследования в научный процесс ФГБОУ ВО «ИВГПУ».....	261
Приложение 8. Справка о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс ФГБОУ ВО «ИВГПУ».....	262

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Качество продукции представляет собой материальную основу удовлетворения как производственных, так и личных потребностей конкретных потребителей, и этим определяется его уникальная общественная, экономическая и социальная значимость. Экономическое содержание понятия «качество продукции» базируется на том, что качество продукции формируется в процессе её изготовления. Поэтому как экономическая категория качество продукции рассматривается овеществлённым результатом производственной деятельности, сопряжённым с соответствующими затратами. Так как качество продукции определяется совокупностью её свойств, то они определяют её техническое совершенствование, которое закладывается при проектировании и обеспечивается в технологических процессах производства. Таким образом, качество является технической категорией и поэтому изучается именно техническими дисциплинами.

Рынок технического текстиля в сравнении с другими видами текстильной продукции является самым перспективным. При этом сегодня меняется и само понятие «технический текстиль». Это, прежде всего, геотекстильные полотна, геосетки и сита, ткани со специальной пропиткой, отделкой, дублированием и термообработкой, супертяжелые (объёмные) ткани, ткани с токопроводящими нитями и другие изделия. При этом на рынке строительных материалов и изделий особое место занимают композиционные материалы, армированные различными анизотропными элементами в виде волокон, ровингов, нитей различного строения, текстильных полотен плоской и пространственной формы.

При строительстве автомобильных и железных дорог, а также других строительных объектах, наиболее востребованными материалами являются геотекстильные изделия. Они используются также для создания гибких и в то же время надежных фильтрующих прослоек для разделения грунтов различной фракции, поддержания стабильной работы дренажной системы, укрепления грунтов, защиты строительных конструкций. Геополотно (тканое, трикотажное, нетканое) позволяет уменьшить толщину слоя основания автомобильных дорог, а значит, сэко-

номить время и средства. Также широко применяется стеклянная и полиэфирная геосетки, которые укладывают между слоями асфальтобетона для предотвращения колееобразования. В результате чего повышается сопротивляемость дорожного покрытия механическим нагрузкам.

Применяя названные геотекстильные материалы (ГТМ) для различных строительных объектов тем не менее возникает ряд научных и практических проблем по обеспечению необходимого качества как в процессах их производства, так и при эксплуатации, в направлениях: проектирования требуемого уровня качества ГТМ на основе выполняемых ими функций в строительном изделии; совершенствования процесса нормирования и ранжирования показателей качества ГТМ; проведения комплексной оценки качества выпускаемых ГТМ; определения эффективности и конкурентоспособности промышленного производства ГТМ; организации и технического обеспечения мониторинга параметров технологических процессов производства ГТМ; совершенствования номенклатуры показателей качества и методов их количественной оценки; решения отдельных проблем кодирования, стандартизации и сертификации качества ГТМ; расширения технологических возможностей использования ГТМ в композитных теплоизоляционных изделиях. В связи с этим развитие методологии управления качеством на этапах как производства, так и потребления геотекстильных материалов представляется актуальной проблемой.

Степень разработанности темы исследования. Методические решения по обеспечению качества при производстве текстильных изделий технического назначения опубликованы в трудах отечественных ученых: Н.А. Грузинцевой, Б.Н. Гусева, Т.Ю. Каревой, Н.А. Коробова, А.Ю. (ИВГПУ); А.П. Гречухина, М.В. Киселёва, А.Р. Корабельникова, П.Н. Рудовского, Г.Г. Соковой (КГУ); А.Ф. Плеханова, К.Э. Разумеева, Ю.С. Шустова, С.С. Юхина (РГУ им. А.Н. Косыгина); М.Ю. Трещалина, Ю.М. Трещалина (МГУ им. М.В. Ломоносова); О.Н. Столярова (С-ПбПУ им. Петра Великого); Г.К. Мухамеджанова (ООО «НИИНМ»); О.Г. Циркиной (ИПСА ГПС МЧС России); Э.А. Хамматовой (КНИТУ); Г.И. Легезиной (СПбГУПТД). Проведенный анализ известных научно-исследовательских работ

по обозначенной тематике позволил выявить актуальные проблемы в совершенствовании методологии управления качеством при проектировании, производстве, контроле качества и стандартизации ГТМ.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является обеспечение высокого качества геотекстильных материалов путём развития методологических основ (комплекса научно обоснованных методик, алгоритмов, методов мониторинга технологических процессов, количественной оценки качества и конкурентоспособности с использованием информационных технологий, результативности системы менеджмента качества (СМК), унификации системы классификации и кодирования) управления качеством на этапах их производства и потребления в различных областях строительства. Для реализации данной цели поставлены следующие задачи диссертационного исследования:

- разработать обобщённый алгоритм проектирования требуемого уровня качества ГТМ с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах;
- предложить эффективные методики по формированию нормативных (базовых) показателей качества.
- осуществить информатизацию процесса проектирования качества ГТМ;
- усовершенствовать методологию комплексной оценки качества геосинтетических материалов с учётом дальнейшего развития методов ранжирования показателей качества;
- разработать методику оценки конкурентного преимущества предприятия по производству геотекстильных полотен;
- предложить методы количественной оценки при формировании конкурентоспособного, а также оптимального ассортимента промышленного предприятия по производству ГТМ, учитывающие качество производимой продукции и соответствующие затраты на обеспечение его требуемого уровня;
- развить методы компьютерного мониторинга параметров технологических процессов производства ГТМ;
- усовершенствовать методы количественной оценки механических характеристик на продавливание ГТМ как определяющих показателей качества;

– решить отдельные проблемы унификация системы классификации и кодирования текстильной и геосинтетической продукции, формирования обобщённой базы показателей качества геотекстильных полотен с учётом действующих нормативных документов, определить направления стандартизации компьютерных методов измерений показателей качества;

– предложить новые решения промышленного применения ГТМ в теплоизоляционных строительных изделиях.

Объектом исследования являются текстильные материалы технического назначения: геополотна (тканые, нетканые, вязаные) и текстильные композитные изделия с использованием геотекстильных полотен.

Предметом исследования является управление качеством ГТМ в процессах их проектирования, производства, выходного контроля и практического применения.

Области исследования включают в себя: ассортимент и свойства ГТМ, применяемых в строительных изделиях; системы менеджмента качества предприятия по производству геотекстильной продукции; методы проектирования качества ГТМ и композитных материалов на их основе с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах; методы и средства мониторинга параметров технологических процессов производства ГТМ; методы контроля показателей качества ГТМ; стандартизацию и сертификацию системы качества и методы оценки показателей качества ГТМ; качество как основной фактор в повышении эффективности и конкурентоспособности промышленного производства.

Научная новизна исследования заключается в разработке методологического и информационного обеспечения управлением качеством геотекстильных материалов при их производстве и потреблении, позволяющего повысить качество выпускаемой продукции. В работе впервые разработаны:

– обобщённый алгоритм проектирования требуемого уровня качества ГТМ с учетом выполняемых ими функций в конкретных строительных изделиях;

– методики установления нормативных значений показателей качества ГТМ;

- методика комплексной оценки качества ГТМ на основе приоритетности групп их показателей качества;
- методика оценки конкурентного преимущества предприятия по производству геотекстильных полотен, которая позволяет объективно оценить его конкурентоспособность с учетом влияния различных факторов;
- методика количественной оценки результативности деятельности промышленного предприятия – производителя ГТМ;
- метод количественной оценки при формировании конкурентоспособного, а также оптимального ассортимента промышленного предприятия по производству ГТМ;
- методика определения структуры затрат на обеспечение качества геотекстильной продукции, позволяющая выявить необходимые направления по уменьшению данных затрат на все операции по обеспечению требуемого уровня качества ГТМ;
- способ матричного кодирования ГТМ с дополнительной информацией о производителе и качестве продукции в рамках двухмерного штрих-кода;
- новая классификация показателей качества ГТМ, необходимая для разработки соответствующих технических условий при формировании как национальных стандартов, так и стандартов организаций.

Практическая значимость работы. В результате проведённых исследований предложены и внедрены:

- программное обеспечение, позволяющее осуществить информатизацию всех этапов процесса проектирования качества ГТМ;
- методы и программное обеспечение мониторинга технологических процессов, а именно: метод определения перерасхода уточных нитей в процессе производства тканых сеток, метод исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых геополотен и метод оценки уровня кольматации ГТМ;
- новое техническое решение для автоматизации процесса измерения на ударную прочность различных видов геосинтетических материалов, которое от-

носителем стандартного метода измерения позволяет повысить быстродействие и точность процесса измерения;

– новое техническое решение для определения усилия геотекстильных материалов при их динамическом продавливании, которое относительно технического средства стандартного метода измерения позволяет расширить функциональные возможности процесса испытания геотекстильных полотен, а также проводить оценивание дополнительных параметрических и функциональных характеристик, для чего также был разработан проект предварительного национального стандарта на усовершенствованный метод определения прочности при динамическом продавливании конической, цилиндрической или сферической насадкой;

– технические решения, связанные с применением листового волокнистого теплоизоляционного материала с использованием различных по виду геотекстильных полотен, предназначенных для теплоизоляции стен зданий и сооружений, а также трубопроводов со сложной конфигурацией (например, углового, радиального, торцового соединения как наиболее часто встречающихся в системах холодного и горячего водоснабжения).

Используемые в работе методы исследования основаны на методах квалитметрии, статистического управления процессами, корреляционного и регрессионного анализа, аппроксимации данных, применения экспертных методов, теории измерительных шкал, матричного исчисления и других. Отдельные применяемые в работе теоретические методы исследования развиты в опубликованных автором учебных пособиях. В работе широко использованы современные информационные технологии при разработке новых методов проектирования, мониторинга технологических процессов и контроля качества ГТМ с применением языков программирования: MathCad 14, MathLab 6.5, Python 3.11, Java 8, Visio.

Положения, выносимые на защиту:

– алгоритмы и новые методы проектирования требуемого уровня качества ГТМ с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах;

- сформированные базы данных по свойствам и единичным показателям качества ГТМ, необходимых для установления номенклатуры показателей качества ГТМ с учётом их эксплуатационной принадлежности;
- методики ранжирования показателей качества ГТМ;
- способы оценки конкурентоспособности ГТМ, оптимального ассортимента, конкурентного преимущества и СМК предприятия по производству геотекстильных полотен;
- установленные критерии мониторинга процессов производства геотекстильных полотен и контроля их качества
- усовершенствованная методика определения результативности процесса производства нетканых геотекстильных полотен;
- новый способ определения перерасхода уточных нитей в процессе производства геотекстильных тканых сеток;
- методика и программное обеспечение для оценки уровня кольматации геотекстильных материалов;
- усовершенствованные и автоматизированные методы испытания геополотен на ударную прочность и динамическое продавливание;
- обобщённая номенклатура показателей качества ГТМ;
- технические решения по использованию ГТМ в композитных текстильных изделиях.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Достоверность результатов обеспечена применением основных теоретических (анализ, систематизация и др.), эмпирических (измерение, наблюдение, экспертные методы) и математических методов (вероятностно-статистические, методы теории нечетких множеств, методы корреляционно-регрессионного анализа данных, интерполяции и др.), а также методов управления качеством (квалиметрия, развертывание функции качества и др.).

Основные результаты, выводы и положения диссертационного исследования докладывались на международных, российских и региональных научных конференциях и семинарах, в том числе: Международной научно-практической

конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (Курск, 2014); V Международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век» (Курск, 2015); 5-й Международной научно-практической конференции «Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты» (Курск, 2015); Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического форума «Первые международные Косыгинские чтения» (Москва, 2017); межвузовской (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции «Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2018)» (Иваново, 2018); Международной молодежной научно-практической конференции «Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование» (Курск, 2018); XXII Международном научно-практической форуме «SMARTEX-2019 (Иваново, 2019).

Внедрение результатов исследования осуществлялось на промышленных предприятиях и ИВГПУ. Методика проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов на основе выполняемых ими функций в строительном изделии внедрена и используется ООО «Тракт» (г. Тейково, Ивановская область). Способ и компьютерная программа по мониторингу технологических процессов ткачества ГТМ, позволяющие определить перерасход уточных нитей, внедрены в деятельность ООО «Инжиниринговый центр текстильной и легкой промышленности» (г. Иваново). Метод определения усилия геосинтетических материалов при их динамическом продавливании применяется на ООО «РемСтрой-Т» (с. Ново-Талицы, Ивановская область). Для ООО «ТехноСтрой» (г. Иваново) предложено новое техническое решение, связанное с применением листового волокнистого теплоизоляционного материала, предназначенного для теплоизоляции сложных элементов теплообменного оборудования». Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлениям «Управление качеством и «Стандартизация и метрология».

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликованы 45 научных работ, в том числе 23 работы в ведущих российских периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных исследований, из них 15 статей в журналах, индексируемых в международной цитатно-аналитической базе данных Web of Science и Scopus, монография и три учебных пособия, три патента РФ на изобретения и полезную модель, четыре свидетельства на программы для ЭВМ, размещённых в федеральном и отраслевом фондах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы (176 наименований), приложений. Работа изложена на 262 страницах машинописного текста, включая 60 рисунков, 84 таблицы и 8 приложений на 20 страницах.

Содержание диссертации соответствует п. 2. в части прогнозирования показателей свойств и качества материалов и ИТЛП, **п. 4.** в части организации производства материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные показатели ИТЛП и их конкурентоспособность, **п. 29.** Стандартизация, сертификация, организация производства и управление качеством материалов и ИТЛП паспорта специальности 2.6.16 Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности.

Автор выражает глубокую благодарность за оказанную помощь и научные консультации по диссертационной работе доктору технических наук, профессору кафедры МТСМ ИВГПУ Гусеву Борису Николаевичу.

ГЛАВА 1

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НАУЧНОЙ ПРОБЛЕМЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1. Выделение направлений обеспечения качества и конкурентоспособности при производстве промышленной продукции

Качество продукции представляет собой материальную основу удовлетворения как производственных, так и личных потребностей конкретных потребителей, и этим определяется его уникальная общественная, экономическая и социальная значимость. Экономическое содержание понятия «качество продукции» базируется на том, что качество продукции формируется в процессе её изготовления. Поэтому как экономическая категория качество продукции рассматривается овеществлённым результатом производственной деятельности, сопряжённым с соответствующими затратами.

Так как качество продукции определяется совокупностью её свойств, то они определяются её техническим совершенством, которое закладывается при проектировании и обеспечивается при производстве. Таким образом, как совокупность свойств качество является технической категорией и изучается именно техническими дисциплинами. Нормативный документ [1] даёт качеству следующее определение: «Качество продукции – это совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением». Определение качества как совокупности свойств продукта, направленных на удовлетворение определённых потребностей, можно отнести и к потребительной стоимости. Между тем это взаимосвязанные, но не тождественные категории.

Под потребительной стоимостью понимается полезность продукции (товара), то есть его способность удовлетворять общественные потребности (личные или производственные). Производимая продукция обладает множеством свойств,

однако потребительную стоимость формируют только те из них, которые обуславливают полезность, т.е. служат удовлетворению определённых потребностей потребителей.

Такому пониманию качества соответствует определение, даваемое международным стандартом [2], где «качество – степень соответствия присущих характеристик объекта требованиям». В то же время, в работе [3], показано, что трансформация самого определения «качество» в различных по годам изданиях международных стандартов относительно ГОСТ 15467-79 постепенно трансформировалось из понятия «качество» в понятие «оценивание качества», т.к. «степень соответствия» можно отождествить с метрологической операцией «контроль», состоящей, в свою очередь, из операций «измерение» и «сравнение с нормативным значением». Разность полученных от этих операций показаний и отражает понятие «степень соответствия». А сами свойства заменены понятием «характеристики», которые чаще всего отождествляют с количественными показателями (физическими величинами) свойств.

Таким образом, качество продукции в дальнейшем рассматриваем как меру конструктивного и эксплуатационного её совершенства, проявляющегося в полезных свойствах, совокупность и значение которых отражают сложившиеся на данном этапе требования общества к ней, то есть как к средству удовлетворения определённых потребностей.

В современных условиях объективная необходимость повышения уровня качества продукции обусловлена несколькими причинами:

- 1) качество продукции становится одним из решающих факторов повышения эффективности производства и интенсивного развития экономики в целом;
- 2) выпуск некачественной продукции наносит большой экономический ущерб как отдельным предприятиям, так и всей национальной экономике;
- 3) изменяется психология потребителя и его требования к качеству продукции;
- 4) качество является одним из важнейших факторов конкурентоспособности продукции в условиях усиления конкурентной борьбы за рынки сбыта.

Повышение качества продукции является важнейшим путём увеличения эффективности производства. Эффективность производства определяется соотношением полученных результатов и производственных затрат. Повысить эффективность можно двумя путями: снижением издержек производства или повышением общественной значимости результатов труда, которая может возрасти не только за счёт увеличения количества продукции, но и вследствие повышения её качества. Первый путь имеет определённые границы, второй – практически не ограничен.

Повышение качества продукции есть процесс, ориентированный на наиболее полное удовлетворение потребностей в данной продукции, который может осуществляться по двум направлениям: улучшение значений показателей качества уже освоенной продукции, а также создание и освоение качественно новых её видов.

Таким образом, проблема качества является комплексной, то есть её можно решить только при проведении одновременно соответствующей политики в сферах законодательства, стандартизации, экономики, науки и техники [4].

В условиях глобализации экономики и постоянного роста требований и ожиданий потребителей к качеству производимой продукции предприятия вынуждены постоянно адаптировать и улучшать организацию своего производства. Концепция бережливого производства (БП) [5] может содействовать предприятиям в повышении их конкурентоспособности и достижения эффективного производства, предлагая комплекс методов и инструментов по всем направлениям деятельности, позволяющий производить продукцию в минимальные сроки и с минимальными затратами с требуемым потребителем качеством. Применение методов БП предполагает определенный способ технологического мышления, рассматривая любую производственную деятельность с точки зрения ценности для потребителя и сокращения всех видов потерь. Таким образом, концепция БП охватывает все уровни цепочки создания ценности, начиная с взаимодействия организаций в цепи поставок и заканчивая уровнем конкретных операций. В настоящее время существует ряд основных методов БП [6], в частности: стандартиза-






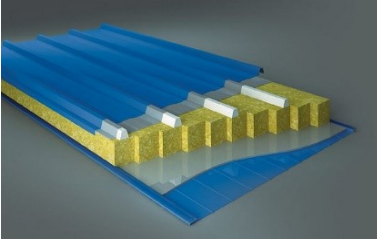
ция работы, организация рабочего пространства (5S), картирование потока создания ценности (VSM), визуализация, быстрая переналадка (SMED), защита от непреднамеренных ошибок (рока-йоке), канбан, всеобщее обслуживание оборудования (TPM).

1.2. Анализ ассортимента геотекстильных материалов для производства различных строительных изделий

Рынок технического текстиля в сравнении с другими видами текстильной продукции является самым перспективным. При этом сегодня меняется и само понятие «технический текстиль». Это прежде всего геотекстильные полотна, геосетки и сита, ткани со специальной пропиткой, отделкой, дублированием и термообработкой, супертяжелые (объемные) ткани, ткани с токопроводящими нитями и другие изделия [7, 8].

При этом на рынке строительных материалов и изделий особое место занимают композиционные материалы, армированные различными анизотропными элементами в виде волокон, ровингов, нитей различного строения, текстильных полотен плоской и пространственной формы [9, 10]. Отдельные виды этих строительных материалов и изделий, а также выполняемые в них функции технического текстиля, приведены в табл. 1.1. Повышенный спрос на подобные материалы и изделия обусловлен увеличением сложности и обеспечением надёжности архитектурных и строительных проектов при производстве различных зданий и сооружений.

Таблица 1.1 – Технологические функции текстильных материалов в строительных изделиях

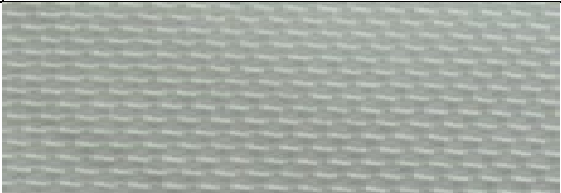
Строительные изделия (объекты)		Текстильные материалы	Технологические функции
Газобетонные изделия		Волокна (искусственные, стеклянные, базальтовые, углеродистые, иные)	Армирование (для повышения прочности на сжатие и изгиб)
Фибробетон,		Волокна/фибра (искусственные, стеклянные, базальтовые, углеродистые, иные)	Армирование (для повышения прочности на растяжение)
Трубы для транспортировки жидкостей и газов, текстильно-армированные бетонные конструкции		Ровинги (жгуты из комплексных нитей)	Армирование (для повышения прочности на изгиб)
Бетонное полотно (рулонный бетон) (для укрепления откосов, прокладки рвов, траншей, гидроизоляции бассейнов)		Объёмные полотна (тканые, вязаные, прошивные)	Армирование (для придания целостности и гибкости)
Дороги (автомобильные, железные), взлётные полосы аэродромов		Геополотно (нетканое, тканое, трикотажное)	Разделение Армирование Защита Фильтрация
Сэндвич-панели (для возведения и утепления стен и кровли зданий и сооружений)		Волокнистые теплоизоляционные материалы, маты	Теплоизоляция

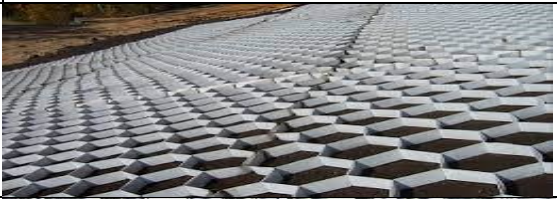
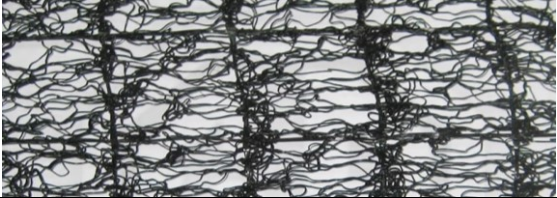
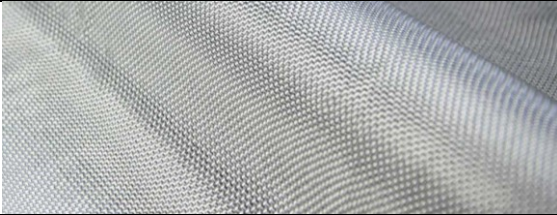


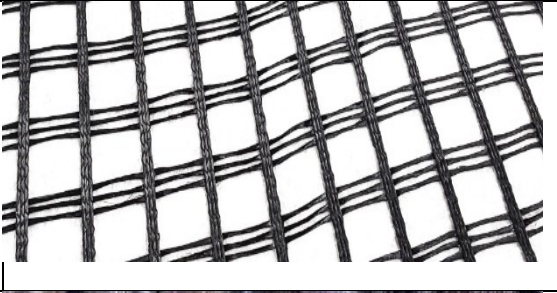

Рассмотрим более подробно использование геосинтетических материалов, а также одного из его основных ответвлений (типов), а именно геотекстильного материала в различных строительных объектах.


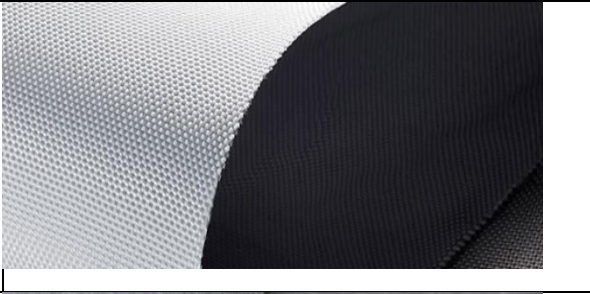

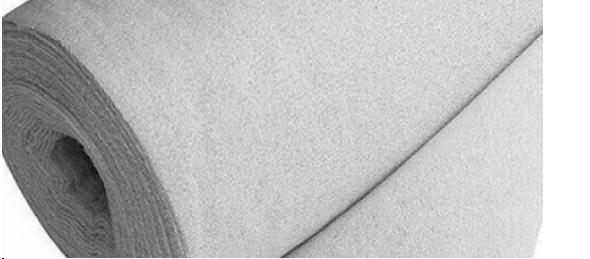

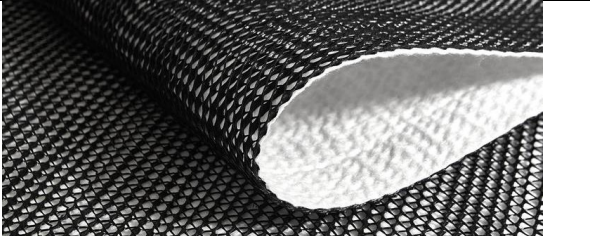

Ведущую роль промышленности Российской Федерации в применении геосинтетики играет Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), которое в последнее десятилетие формирует техническую политику в этой области. Кроме того, Росавтодор занимает ведущие позиции с точки зрения внедрения геосинтетических материалов в различные строительные проекты. В частности, за последние годы объём использования геосинтетики, например, в дорожной отрасли, увеличился более чем на 30% [11].


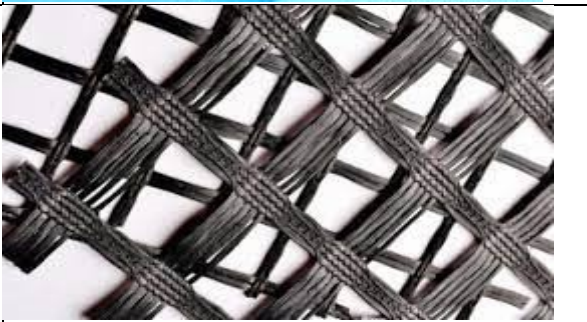
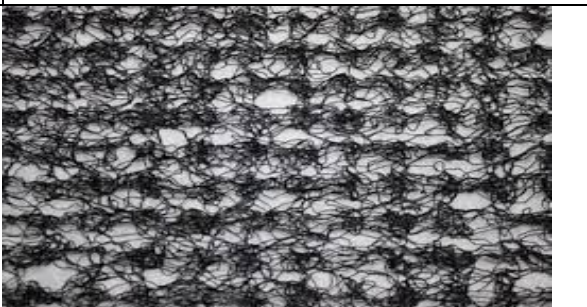
При строительстве автомобильных и железных дорог, а также других строительных объектов, наиболее востребованными материалами являются геотекстильные изделия. Они используются также для создания гибких и в то же время надежных фильтрующих прослоек для разделения грунтов различной фракции, поддержания стабильной работы дренажной системы, укрепления грунтов, защиты строительных конструкций. Геополотно (тканое, трикотажное, нетканое) позволяет уменьшить толщину слоя основания автомобильных дорог, а значит, сэкономить время и средства. Широко также применяется стеклянная и полиэфирная геосетки, которые укладывают между слоями асфальтобетона для предотвращения колееобразования. В результате повышается сопротивляемость дорожного покрытия механическим нагрузкам [12]. В табл. 1.2 приведены различные виды геотекстильных материалов (тип «геотекстиль»), применяемые для дорожного строительства в соответствии с ГОСТ Р 55028-2012 [13].

Таблица 1.2 – Виды геотекстильных материалов
для дорожного строительства в соответствии с ГОСТ Р 55028-2012

Класс	Вид	Изображение
1	2	3
Геотекстиль тканый	Геополотно тканое	

1	2	3
	Георешетка тканая	
	Геомат тканый	
	Геооболочка тканая	
	Геополоса тканая	
Геотекстиль вязаный	Геополотно вязаное	
	Георешетка вязаная	
	Геосетка вязаная	

1	2	3
	Геомат вязаный	
	Геооболочка вязаная	
	Геополоса вязаная	
Геотекстиль нетканый	Геополотно нетканое	
	Георешетка нетканая	
	Геосотовый материал нетканый	
	Геомат нетканый	

1	2	3
	Геополоса нетканая	
Геотекстиль плетеный	Геосетка плетеная	
	Геомат плетёный	

В работе [14] в рамках совершенствования классификации геосинтетических материалов (ГСМ) относительно формы табл. 1.2 предложено ввести дополнительную категорию «подтип» (см. рис. 1.1)

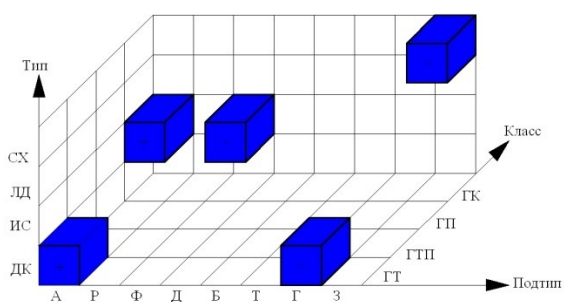


Рис. 1.1 – Трёхмерная модель классификационных признаков геосинтетических материалов

Наряду с позитивными тенденциями в развитии производства и использования геотекстильных материалов есть и нерешенные проблемы, которые пока сдерживают широкое распространение данной продукции в различных отраслях строительства. Основными из них являются:

- несовершенство нормативной и методической базы производства и при-

менения ГТМ на основе отечественного опыта и зарубежной практики;

- отсутствие идентификационных кодов ГТМ в ОКПД 2 и ТН ВЭД;
- недостаточное количество фундаментальных научно-исследовательских работ в области обеспечения качества и конкурентоспособности геотекстильных (геосинтетических) материалов;
- слабая техническая оснащенность испытательных лабораторий промышленных предприятий по производству геотекстильной продукции, а также специализированных испытательных и сертификационных центров;
- отсутствие (в большинстве случаев) отечественной приборной базы для мониторинга параметров технологических процессов и контроля качества готовой геотекстильной продукции;
- отсутствие методик по проектированию и комплексному оцениванию качества различных видов геотекстильной продукции.

1.3. Обзор современной нормативной базы по обеспечению, использованию и оценке качества геотекстильных материалов

В России при выполнении геотехнических расчетов для различных сооружений зачастую отсутствует опыт проектирования и моделирования конструкций с применением геосинтетики в современных программных комплексах, в связи с чем, инженеры-проектировщики стараются не использовать такие материалы [12].

Еще одна не маловажная проблема, с которой сталкиваются строительные организации на этапе закупки материалов, это контрафактная и некачественная продукция, применение которой нивелирует все преимущества ГТМ и дает повод для сомнений в их надежности и эффективности [15].

Проведённые исследования современного состояния нормативно-технической документации (НТД) в части применяемых в строительстве геотекстильных материалов, показывают, что система НТД в области применения ГТМ в

дорожном строительстве является одним из важных аспектов, регулирующих как конкуренцию на рынке, так и уровень качества используемой продукции, а, в конечном итоге, и качество автомобильных дорог [11].

Постепенно решаются проблемы по разработке национальных и отраслевых стандартов на методики испытания ГТМ. Существующие национальные стандарты (см. табл. 1.4), внесенные ТК 412 «Текстиль» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, в большей мере относились к геотекстилю, и решали только проблему отбора проб, определения толщины, поверхностной плотности, водопроницаемости и характеристик открытых пор.

Поэтому Росавтодор, проявив соответствующую инициативу, создал соответствующие недостающие для отрасли дорожные методические документы. На сегодняшний день в дорожном хозяйстве действуют следующие отраслевые дорожные методические документы (ОДМ), приведённые в табл. 1.3.

Необходимо отметить, что отдельные из действующих ОДМ (см. табл. 1.3) на сегодняшний день уже морально устарели в связи с внедрением новых технологий и методов в дорожном строительстве. В то же время ОДМ не является обязательным к исполнению нормативным документом и его положения носят рекомендательный характер. Положительным аспектом стандартов ОДМ является и то, что они явились базой для разработки стандартов, внесенных ТК 418 «Дорожное хозяйство». Параллельно с ТК 418 в эти же годы ТК 465 «Строительство» внес 5 стандартов на геосинтетические материалы, применяемые в строительстве. Основная разница этих двух блоков стандартов на методы испытаний заключается в том, что ГОСТы, внесенные ТК «Дорожное хозяйство», распространяются на геосинтетики, применяемые при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте автомобильных дорог и сооружений на них. Между тем в редакции ТК 465 «Строительство» они распространяются на ГСМ независимо от области их применения, что представляется вполне логичным [16].

Таблица 1.3 – Отраслевые дорожные методические документы

Номер	Наименование	Оценка актуальности
ОДМ 218.5.002-2008	Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов	Актуально
ОДМ 218.5.001-2009	Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте автомобильных дорог»	Требуется пересмотр методических рекомендаций
ОДМ 218.5.003-2010	Рекомендации по применению материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог	Актуально
ОДМ 218.5.005-2010	Классификация, термины и определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству	Требуется уточнения классификационных признаков
ОДМ 218.5.006-2010	Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли	Требуется расширение функций и номенклатуры показателей
ОДМ 218.2.046-2014	Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве	Требуется пересмотр рекомендаций
ОДМ 218.2.047-2014	Методика оценки геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве	Требуется усовершенствование метода
ОДМ 218.2.055-2015	Рекомендации по расчету дренажных систем дорожных конструкций	Требуется пересмотр рекомендаций

Проведённый нами подробный анализ состояния нормативного обеспечения в Российской Федерации на объекты, связанные с применением или испытанием геотекстильной продукции, приведён в табл. 1.3 и 1.4.

Таблица 1.4 – Анализ нормативной базы по геотекстильным материалам

Номер	Наименование	Оценка актуальности
1	2	3
Межгосударственные		
ISO 10318-1:2005	Geosynthetics. Terms and definitions	Применяются определения геосинтетических материалов, актуальные на дату введения ISO
EN 15381:2008	Geotextiles and geotextile-related products. Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays	Требуется расширение номенклатуры показателей
ISO 12960:2020	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 1. Общие положения	Актуально
ISO/TR 18228-2:2021	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 2. Разделение	Актуально
ISO/TR 18228-3:2021	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 3. Фильтрация	Актуально

1	2	3
ISO/TR 18228-4:2022	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 4. Дренаж	Актуально
ISO/TR 18228-7:2021	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 7. Армирование	Актуально
ISO/TR 18228-9:2022	Конструкции с использованием геосинтетических материалов. Часть 9. Барьеры	Актуально
Национальные		
ГОСТ 4.34-84	Система показателей качества. Полотна нетканые и штучные нетканые изделия бытового назначения	Требуется расширение номенклатуры показателей
ГОСТ Р ИСО 10005-2007	Руководящие указания по планированию качества	Требуется пересмотр указаний
ГОСТ Р 53225-2008	Материалы геотекстильные. Термины и определения	Применяются определения геотекстильных материалов, актуальные на дату введения ГОСТ
ГОСТ Р 55028-2012	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения	Применяются определения геосинтетических материалов для дорожного строительства, актуальные на дату введения ГОСТ
ГОСТ Р 55029-2012	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования асфальтобетонных слоёв дорожной одежды. Технические требования	Требуется расширение функций и номенклатуры показателей
ПНСТ 20-2014	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дренирования. Общие технические условия	Требуется усовершенствование методики
ГОСТ Р ИСО 9000-2015	Система менеджмента качества. Основные положения и словарь	Актуально
ГОСТ Р ИСО 9001-2015	Система менеджмента качества. Требования	Актуально
ГОСТ Р ИСО 10006-2015	Руководство по менеджменту качества при проектировании	Актуально
ГОСТ Р 56338-2015	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для армирования нижних слоёв основания дорожной одежды. Технические требования	Требуется расширение функций и номенклатуры показателей
ГОСТ Р 56337-2015	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения прочности при динамическом продавливании (испытание падающим конусом)	Применяемое испытательное оборудование не позволяет определить усилие продавливания
ГОСТ Р 56419-2015	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для разделения слоев дорожной одежды из минеральных материалов. Технические требования	Требуется расширение функций и номенклатуры показателей

1	2	3
ПНСТ 503-2020	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Общие технические условия	Актуально
ГОСТ Р 59692-2021	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для борьбы с эрозией на откосах. Общие технические условия	Актуально
Отраслевые		
МДС 12-1.98	Рекомендации по созданию систем качества в строительномонтажных организациях	Рекомендации морально устарели
ТР 128-01-2002	Технические рекомендации по технологии строительства дорог с применением Дорнита и других геотекстильных материалов и геосеток	Требуется пересмотр технических рекомендаций
ОДМ 218.5.002-2008	Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожных одежд из зернистых материалов	Требуется пересмотр методических рекомендаций
ОДМ 218.5.001-2009	Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте автомобильных дорог	Требуется пересмотр методических рекомендаций
ОДМ 218.5.003-2010	Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог	Требуется пересмотр рекомендаций
ОДМ 218.5.005-2010	Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству	Требуется расширение функций и номенклатуры показателей
ОДМ 218.2.046-2014	Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве	Требуется пересмотр рекомендаций
ОДМ 218.2.047-2014	Методика оценки геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве	Требуется усовершенствование метода
ОДМ 218.2.055-2015	Рекомендации по расчету дренажных систем дорожных конструкций	Требуется пересмотр рекомендаций
Стандарты организации		
ТУ 63.032-19-89	Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства	Требуется расширения номенклатуры показателей качества
СТП 008-99	Применение геосеток при строительстве и ремонте жестких дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием	Требуется расширения номенклатуры показателей качества
СТО 00205009-001-2005	Геосетки и геокомпозиты из стекловолокна	Требуется расширения номенклатуры показателей качества
СТО 78179460.004-2009	Решетка геосинтетическая марки «СЛАВРОС ГР»	Требуется расширения номенклатуры показателей качества
СТО 78179460.005-2009	Материал геотекстильный нетканый иглопробивной марок «ПП» и «ПН»	Требуется расширения номенклатуры показателей качества

1	2	3
СТО 78179460.006-2009	Материал объёмный композитный для дренажа (геодрена) марки «СЛАВРОС-ДРЕНАЖ»	Требует расширения номенклатуры показателей качества
СТО 78179460.010-2009	Рулонный полимерный изолирующий материал геомембрана «СЛАВРОС»	Требует расширения номенклатуры показателей качества
СТО 63165618-002-2010	Полотна нетканые геотекстильные марок «Геоманит» для дорожного строительства. Технические условия	Требует расширения номенклатуры показателей качества
СТО НОСТРОЙ 2.35.2-2011	Система менеджмента качества. Руководство по применению стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008 в строительных организациях	Требуется пересмотр руководства по применению стандарта СМК
СТО 1.1.1.04.004.0214-2013	Руководство по обеспечению качества	Требуется пересмотр руководства по обеспечению качества
СТО НОСТРОЙ 2.35.122-2013	Система контроля качества «НОСТРОЙ». Требования и руководство по применению в строительных организациях	Требуется пересмотр требований и руководства по применению системы контроля качества

Анализ данных, представленных в таблице 1.4, показывает, что большинство международных нормативных документов актуальны и лишь единичные из них требуют небольшой доработки, тогда как российские нормативные документы большинство либо не актуально, либо требует внесения изменений в части пересмотра номенклатуры показателей качества, доработки существующих методов измерений и контроля, пересмотра рекомендаций.

1.4. Установление существующих подходов в проектировании и обеспечении качества промышленной продукции

Наиболее распространенной методикой проектирования качества потребительской продукции является процесс [17] под названием «Развертывание Функции Качества» (Quality Function Deployment – QFD), основные операции которого связаны с необходимостью:

- выявления требований потребителей к качеству продукции;

- перевода требований потребителей в количественные характеристики (показатели) продукции;
- установление необходимых значений показателей качества продукции.

Выделенный подход в проектировании качества потребительской продукции имеет определенные недостатки, связанные с тем, что, во-первых, потребители не владеют информацией о свойствах продукции и раскрывают свои суждения в абстрактных понятиях, отличающихся от установленной номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК), которая в каждом отдельном случае для соответствующих объектов должна быть уточнена. Во-вторых, требуется комплексная оценка качества проектируемой продукции, необходимая для подтверждения достигнутого уровня качества.

По этим причинам методология QFD требует совершенствования на следующих её этапах: переводе абстрактных мнений потребителей продукции в ЕПК; установлении базовых (нормативных) значений; ранжировании ЕПК и комплексной оценке качества продукции.

Что касается существующей методологии в оценке качества геотекстильных материалов [18], то она основана на выделении номенклатуры показателей качества (X_i), их измерении (x_i) и сравнении с нормативными значениями $\|x_i\|$. В формализованном виде данная процедура выглядит следующим образом:

$$\Delta x_i = |x_i - \|x_i\|| \quad (1.1)$$

При $\Delta x_i \leq \Delta x_i^{don}$ – соответствует требуемому уровню качества; $\Delta x_i > \Delta x_i^{don}$ – не соответствует требуемому уровню качества.

При соответствии фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества.

Существующий подход имеет свои достоинства и недостатки. Среди достоинств можно отметить работоспособность данного подхода, а также анализ полученных результатов открывает новые перспективы в области совершенствования качества промышленной продукции. Однако, у данного подхода имеется ряд недостатков, а именно:

– существующая номенклатура показателей качества (ПК) по отдельным видам ГТМ сформирована на основании номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК) родственных материалов;

– в формировании номенклатуры ЕПК не используются рекомендации РД-50-64-84 [19] по существующим группам показателей: назначения, надежности, эксплуатационные, безопасности и экологичности;

– не осуществлена возможность дальнейшего ранжирования ЕПК по их важности и приоритетности;

– отсутствуют четкие рекомендации по общей оценке качества ГТМ (например, в случае, если по одному ЕПК идет снижение относительно нормативного значения);

– не предусмотрена комплексная оценка качества ГТМ.

В последние годы большой поток научных публикаций [20, 21, 22, 23] в оценке качества потребительской продукции связан с использованием методов квалиметрии [24]. Однако многие авторы в решении данной проблемы не учитывают специфические особенности производимых геотекстильных материалов и действующие нормативные документы. Попытка соединения традиционного и квалиметрического подходов в оценке качества тканых [25] и нетканых полотен [26] совершенствует общую методологию в оценке качества данной продукции.

1.5. Анализ существующих методов мониторинга параметров технологических процессов производства геотекстильных материалов и методов количественной оценки их показателей качества

Отдельные запатентованные методы мониторинга параметров технологических процессов при производстве различных видов геотекстильных материалов приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Методы контроля параметров технологических процессов производства ГТМ

Номер патента	Наименование	Заявитель и патентообладатель
Патент 469086 СССР, МПК G01N 33/36. Опублик. 30.04.75, Бюл. №16	Способ определения параметров строения ткани	Кануасский политехнический институт им. А. Снечкуса
Патент 2151393 Р Ф, МПК G01N 33/36, D06H 3/08, D03C 19/00. Опублик. 20.06.2000	Способ распознавания компьютерного изображения текстильных изделий	Костромской государственный технологический университет
Патент 2131605 Р Ф, МПК G01N 33/36. Опублик. 10.06.99	Бесконтактный способ анализа структуры ткани	Костромской государственный технологический университет
Патент 2164679С2 РФ, МПК G01N21/89. Опублик. 2021	Способ контроля структурных геометрических параметров тканых материалов	С.-Пб университет технологии и дизайна
Патент 2633956 С1 РФ, МПК D03D 13/00. Опублик. 19.10.2017. Бюл. № 29	Способ определения перерасхода нитей утка при изготовлении тканых геосинтетических сеток	Ивановский государственный химико-технологический университет
Патент RU 2164686 С1 МПК G 01 N 33/36 Опублик. 27.03.2001.	Способ анализа геометрических структурных параметров ткани	Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Патент RU2463578С1 МПК G01N 21/00 Опублик. 10.10.2012.	Способ контроля анизотропии углового распределения волокон в структуре плоского волокнистого материала	Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Патент CN111855503А Опублик. 30.10.2020	Waterproof geotextile production detection system and detection method thereof	
Патент DE10314071В3 Опублик. 30.09.2004	Verfahren zur qualitativen Beurteilung eines Materials mit mindestens einem Erkennungsmerkmal	Koenig and Bauer AG
Патент US6987867В1 Опублик. 17.01.2006	Process for evaluating data from textile fabrics	Uster Technologies AG
Патент EP0728295А1 Опублик. 28.08.1996	System and method for electronically displaying yarn qualities	LAWSON-HEMPHILL Inc
EP0728295В1 Опублик. 29.09.2000	System for electronically displaying yarn qualities	LAWSON-HEMPHILL Inc

Действующие стандартные методы измерения показателей качества геотекстильных материалов приведены в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Стандартные методы оценки показателей качества ГТМ

Номер	Наименование	Оценка актуальности
1	2	3
Международные		
ISO 9864:2005	Геосинтетические материалы. Метод испытания для определения поверхностной плотности геотекстильных материалов и относящихся к ним изделий	Требуется усовершенствование метода
ISO 10318-1:2005	Geosynthetics. Terms and definitions	Применяются для определения геосинтетических материалов, актуальные на дату введения ISO
ISO 13433:2006	Материалы геосинтетические. Испытания перфорации при динамической нагрузке (испытание падающим конусом)	Требуется усовершенствование метода
ISO 12236:2006	Геосинтетика. Сопротивление статическому продавливанию (Испытание CBR)	Требуется усовершенствование метода
EN 15381:2008	Geotextiles and geotextile-related products. Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays	Требуется расширение номенклатуры показателей
ISO 13427:2014	Материалы геосинтетические. Имитация абразивного износа (Испытание скользящим блоком)	Требуется усовершенствование метода
ISO 10319:2015	Материалы геосинтетические. Испытание на растяжение с применением широкой полосы	Требуется усовершенствование метода
ISO 13438:2018	Материалы геосинтетические. Скрининг-тест для определения стойкости к окислению геосинтетических материалов и относящихся к ним изделиям	Требуется усовершенствование метода
ISO 12957-1:2018	Материалы геосинтетические. Определение фрикционных свойств. Часть 1. Испытание на прямой сдвиг	Требуется усовершенствование метода
ISO 12956:2019	Материалы геосинтетические и относящиеся к ним изделия. Определение характеристики пор	Требуется усовершенствование метода
ISO 9863-1:2016/Amd.1:2019	Материалы геосинтетические и изделия из них. Метод определения толщины при заданных значениях давления. Часть 1. Однослойные материалы. Изменение 1	Требуется усовершенствование метода
ISO 10722:2019	Материалы геосинтетические. Процедура индексного испытания для оценки механического повреждения под повторяемой нагрузкой. Повреждение, вызванное гранулированным материалом (лабораторный метод испытания)	Актуально
ISO 13437:2019	Материалы геосинтетические. Метод размещения и извлечения образцов на месте и оценка прочности	Актуально
ISO 22182:2020	Материалы геосинтетические и относящиеся к ним изделия. Определение показателя абразивной стойкости во влажных гидравлических условиях	Актуально

1	2	3
ISO 12960:2020	Материалы геосинтетические и относящиеся к ним изделия. Методы определения стойкости к кислым и щелочным жидкостям	Актуально
Национальные		
ГОСТ 13587-77	Полотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб	Методика устарела
ГОСТ 4.34-84	Система показателей качества. Полотна нетканые и штучные нетканые изделия бытового назначения	Требуется расширение номенклатуры показателей
ГОСТ Р 50277-92	Материалы геотекстильные. Метод определения поверхностной плотности	Методика устарела
ГОСТ Р 50276-92	Материалы геотекстильные. Метод определения толщины при определенных давлениях	Методика устарела
ГОСТ 15902.2-2003	Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик	Методика устарела
ГОСТ Р 52608-2006	Материалы геотекстильные. Методы определения водопроницаемости	Методика устарела
ГОСТ Р 53226-2008	Полотна нетканые. Методы определения прочности	Методика устарела
ГОСТ Р 53238-2008	Материалы геотекстильные. Метод определения характеристики пор	Методика устарела
ГОСТ Р 55030-2012	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении	Применяемое испытательное оборудование морально устарело
ГОСТ Р ИСО 13433-2014	Материалы геосинтетические. Метод определения перфорации при динамической нагрузке (испытание падающим конусом)	Применяемое испытательное оборудование морально устарело
ГОСТ Р 56337-2015	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения прочности при динамическом продавливании (испытание падающим конусом)	Применяемое испытательное оборудование не позволяет определить усилие продавливания
ГОСТ Р 58830-2020	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Методика определения устойчивости геосинтетических материалов к микробиологическому воздействию	Актуально
ГОСТ Р 70037-2022	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Методика испытаний по определению сопротивления вытягиванию геосинтетических материалов из грунта	Актуально
ГОСТ Р 70060-2022	Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Методы испытаний на долговечность	Актуально

Дублирование отдельных стандартов на методы испытаний показателей качества является следствием несогласованности в работе технических комитетов

Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, что приводит, с одной стороны, к лишним материальным затратам, связанными с разработкой и изданием документации, а с другой стороны, ставит производителей ГСМ перед необходимостью проводить испытания своей продукции по одному и тому же показателю по одной и той же методике, но изложенной в разных ГОСТах [16]. Большим недостатком стандартов является отсутствие конкретных требований к испытательному оборудованию, либо это словесные описания, как, например, в ГОСТ Р 55030-2012 [27] на определение ползучести при растяжении, либо дается принципиальная схема установки, которую никто в РФ не выпускает, как в [28] на определение характеристики пор.

Таким образом, разработка комплекса новых нормативных документов, с учетом существующих и отменой уже устаревших, позволяет перевести отечественную нормативную базу по геосинтетическим (геотекстильным) материалам на новый качественный уровень национальных стандартов в части технических требований и методов испытаний, гармонизированных с зарубежными нормативными документами.

1.6. Постановка задач научных исследований

На основании анализа выявленных направлений обеспечения качества и конкурентоспособности при производстве промышленной продукции, рассмотрения существующей ассортиментной характеристики (линейки) в производстве строительных изделий на основе текстильных материалов, оценки современной нормативной базы по обеспечению, использованию и оценки качества геотекстильных материалов, анализа существующих подходов в проектировании и обеспечении качества промышленной продукции, а также существующих методов мониторинга параметров технологических процессов производства геотекстильных материалов и методов количественной оценки показателей качества геотек-

стильных материалов, в итоге определены направления и соответствующие научные проблемы, которые необходимо решать для повышения качества и конкурентоспособности при производстве геотекстильных материалов.

1. По направлению, связанному с развитием методологии проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов на основе выполняемых ими функций в строительном изделии, необходима:

- разработка обобщённого алгоритма проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах;

- установление взаимосвязи выполняемых функций ГТМ в строительном объекте с технологическими воздействиями на них;

- установление номенклатуры показателей качества ГТМ с учётом их эксплуатационной принадлежности;

- осуществление процесса нормирования единичных показателей качества геотекстильных материалов с применением различных математических методов;

- проведение комплексной информатизации процесса проектирования качества геотекстильных материалов для автоматизации данного процесса.

2. По направлению, связанному с совершенствованием методологии комплексной оценки качества геотекстильных материалов, необходимо:

- проведение обоснования и формирование алгоритма комплексной оценки качества тканых и нетканых геоматериалов на основе приоритетности групп показателей качества;

- установление приоритетности между показателями надёжности геотекстильных материалов;

- развитие аналитических методов ранжирования показателей качества на основе применения регрессионного анализа;

- проведение ранжирования показателей качества на основе применения теории нечётких множеств;

- установление нормативных значений показателей качества на основе испытания опытных образцов геотекстильных материалов;

– информатизация процесса комплексной оценки качества геотекстильных материалов.

3. По направлению, связанному с практическим использованием комплексной оценки качества геотекстильной продукции при определении эффективности и конкурентоспособности промышленного производства, необходимо:

– разработать методику определения уровня конкурентоспособности геополотен на основе комплексной оценки качества, а также установить уровень конкурентной цены производимых геополотен;

– осуществить оценку конкурентного преимущества промышленного предприятия по производству геотекстильных материалов;

– провести оценку конкурентного потенциала промышленного предприятия по производству геотекстильных полотен;

– определить структуру затрат на обеспечение качества готовой геотекстильной продукции;

– разработать методику оценки результативности СМК предприятия по производству геотекстильных полотен.

4. По направлению, связанному с развитием методов мониторинга параметров технологических процессов производства геотекстильных материалов и совершенствованием методов количественной оценки показателей качества геотекстильных материалов, необходимо:

– установить критерии мониторинга технологических процессов на примере производства нетканых геотекстильных материалов;

– построить методику определения результативности процесса производства нетканых геотекстильных полотен;

– разработать способ определения перерасхода уточных нитей в процессе производства тканых сеток;

– построить методику цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых геотекстильных материалов;

– создать методику компьютерной оценки уровня кольматации геосинтетических материалов в процессе их эксплуатации в строительных изделиях;

– автоматизировать техническое средство для метода испытания геополотен на определение их показателей по свойству ударной прочности;

– усовершенствовать техническое средство для метода испытания геополотен на определение характеристик на динамическое продавливание.

5. По направлению, связанному с решением проблем стандартизации и сертификации качества геотекстильных материалов, необходимо:

– провести унификацию системы классификации и кодирования текстильной и геосинтетической продукции;

– сформировать обобщённую базу показателей качества геотекстильных полотен с учётом действующих нормативных документов;

– усовершенствовать национальный стандарт на методы измерения механических характеристик геосинтетических материалов;

– рассмотреть особенности и проблемы стандартизации компьютерных методов измерения показателей качества текстильных и геотекстильных материалов;

– выявить и обозначить проблемы по разработке отраслевых стандартов и стандартов организаций по внедрению национальных стандартов по менеджменту качества;

– показать новые технологические возможности использования геотекстильных полотен в композитных и теплоизоляционных материалах.

1.7. Обоснование выбора методов и средств научного исследования

Характеристика и возможности теоретических и экспериментальных методов исследования, используемых в диссертационной работе, приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7 – Методы управления качеством продукции

Наименование и источник информации	Область применения	Основные операции
1	2	3
Метод применения функции развёртывания качества (QFD) [29]	Преобразование нужд и пожеланий потребителей в целевые значения характеристик продукции и процессов жизненного цикла	<ul style="list-style-type: none"> - сбор пожеланий потребителя в абстрактной (удобной для потребителя) форме; - перевод пожеланий потребителя в качественные и количественные характеристики продукции; - выявление тесноты связи между конкретными пожеланиями потребителя и количественными характеристиками продукции; - выбор целевых значений параметров качества создаваемой продукции, которые, по мнению производителя, будут соответствовать ожиданиям потребителя; - установление рейтинга важности отдельных параметров качества на основе рейтинга важности потребительских предпочтений и выявленной тесноты связи
Методика оценки качества и конкурентоспособности (QuaD) [30]	Количественная оценка эффективности процессов и продукции с учётом ценности объекта от значений оценочных параметров	<ul style="list-style-type: none"> - выбор объекта для исследования; - определение выборочных значений оценочных параметров для данного объекта; - расчёт стоимости выбранного объекта при различных вариациях оценочных показателей; - установление математической зависимости между стоимостью объекта исследования и значениями оценочных показателей
Статистическое управление процессами (SPC) [31]	Наблюдение, сбор и интерпретация информации о технологических процессах для последующего предупреждения значительных отклонений характеристик процесса от целевых значений	<ul style="list-style-type: none"> - выбор наиболее важных и ответственных параметров процесса; - решение организационных и технических вопросов, связанных с проведением измерений выбранных параметров (определение частоты измерений, объёма выборки, измерительного инструмента, составление форм бланков); - определение общей управляемости процессом, установление периодичности и характера особых причин вариаций на основе контрольных карт; - оценка возможностей процесса на основе индексов пригодности и индексов воспроизводимости (рассчитываются на основе построенных гистограмм с учётом допускаемых границ параметра); - выработка единого подхода к решению проблемы по стабилизации процесса; - улучшение процесса (опытное внедрение мероприятий, уточнение контрольных границ регулирования) и повторная оценка управляемости процессом

1	2	3
Методы квалитметрии [24]	Количественная оценка качества продукции (услуг)	<ul style="list-style-type: none"> - выделение, нормирование, ранжирование и измерение единичных показателей качества; - относительное сравнение фактических и нормативных значений единичных показателей качества; - построение комплексного показателя качества
Методы корреляционного и регрессионного анализа [32, 33, 34, 35]	Аналитические методы ранжирования единичных показателей качества.	<ul style="list-style-type: none"> - сбор информации и ее первичная обработка; - построение модели (уравнения регрессии); - оценка статистической значимости полученного уравнения; - прогнозирование развития анализируемых параметров.
Методы интерполяции данных [36, 37]	Установление нормативных значений единичных показателей качества новых видов продукции	<ul style="list-style-type: none"> - сбор и систематизация данных; - построение интерполяционной функции; - нахождение значений интерполяционной функции в требуемых промежутках; - оценка погрешности найденных значений.
Экспертные методы. Метод анализа иерархий [38]	Ранжирование единичных показателей качества, ранжирование свойств и групп свойств	<ul style="list-style-type: none"> - выделение проблемы, определение цели; - выделение основных критериев и альтернатив; - построение иерархии; - построение матрицы парных сравнений; - применение методики анализа полученных результатов; - определение весов альтернатив по системе иерархии.
Теория измерительных шкал [24]	Построение комплексного показателя качества. Перевод качественных характеристик в количественные.	<ul style="list-style-type: none"> - определение типа используемой шкалы (наименований, порядка, отношений и др.); - перевод одной шкалы в другую.
Вероятностно-статистические методы [34, 39, 40]	Установление границ нормативных значений единичных показателей качества	<ul style="list-style-type: none"> - получение ряда данных путем многократных измерений; - построение статистического интервального ряда; - проверка гипотезы о нормальном распределении; - построение доверительного интервала для математического ожидания.
Оптимизационные методы [41]	Минимизация затрат	<ul style="list-style-type: none"> - выделение признаков - построение экстремальной функции; - формирование системы ограничений; - решение оптимизационной задачи; - интерпретация полученных результатов.

Кроме того, в работе используются и другие методы, в том числе теория нечетких множеств с целью обработки экспертных оценок, позволяющая исключить несоответствие оценок строгим математическим зависимостям.

Анализ операций различных методов научного исследования показывает, что они могут успешно применяться для решения проблем проектирования и оценивания качества геотекстильной продукции. Однако в отдельных элементах необходима их модернизация в соответствии с особенностями процессов производства и оценки качества геотекстильной продукции.

ГЛАВА 2

РАЗВИТИЕ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕБУЕМОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ИМИ ФУНКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬНОМ ИЗДЕЛИИ

2.1. Обеспечение качества геотекстильных материалов на основе требований специалистов в области строительства

В разд. 1.4 было показано, что для геотекстильных материалов, как отдельной группы технического текстиля, по существу ещё не разработаны эффективные методики по проектированию (прогнозированию) требуемого уровня качества, то есть такая проектная документация, которая необходима и для обеспечения последующих жизненных циклов производства продукции. В этом плане при создании соответствующей методики [42] прежде всего представляет интерес мнение о необходимом уровне качества ГТМ непосредственно специалистов строительной отрасли, к которой используются соответствующие материалы.

В качестве объекта исследования был выбран нетканый геотекстильный материал с торговым названием "Дорнит", основные характеристики которого согласно классификации [14] представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики и назначение полотна «Дорнит»

Характеристика	Наименование
Вид полотна	Нетканое
Вид сырья	Полипропиленовое Полиэфирное
Поверхностная плотность	250 г/м ²
Технология производства	Термоскрепленное Сухое холстоформирование
Область применения	Дорожное строительство Ландшафтный дизайн
Функциональное назначение	Разделение слоев дорожных конструкций Армирование (усиление дорожных конструкций) Фильтрация Дренаж

На первом этапе исследования для выявления наиболее значимых показателей качества геотекстильных материалов проводили опрос специалистов в области дорожного строительства, работающих на кафедре автомобильных дорог ИВГПУ. Эксперты оценивали значимость свойств (качественных характеристик) по шкале порядка от 1 до 12, где оценка 12 соответствовала наиболее значимому показателю. Использование на первом этапе качественных характеристик (свойств) позволяло в какой-то мере уравнивать квалификацию экспертов и повысить достоверность их оценок (см. табл. 2.2).

Таблица 2.2 – Оценки экспертов

Свойства		Эксперты (Э)						
		Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7
Дефектность	X ₁	5	3	1	2	1	2	8
Ширина	X ₂	6	8	2	9	3	5	7
Толщина	X ₃	11	12	3	11	7	7	7
Плотность (поверхностная плотность)	X ₄	11	11	10	10	7	8	12
Фильтрующая способность	X ₅	12	12	9	12	10	11	12
Прочность (при деформации растяжения)	X ₆	12	12	12	12	10	11	12
Деформация (удлинение)	X ₇	8	6	11	8	11	11	5
Изотропность	X ₈	9	8	6	9	10	10	11
Водопроницаемость (капиллярность)	X ₉	12	12	8	11	12	12	11
Водопоглощаемость	X ₁₀	10	9	7	7	11	11	5
Теплостойкость	X ₁₁	7	5	5	3	8	9	5
Морозостойкость	X ₁₂	7	5	4	4	9	8	5

В дальнейшем воспользовались методом определения компетентности экспертов и обобщенной оценки объектов [43]. Для этого ввели обозначения: $A = (a_{ij})$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ (где n – количество оцениваемых показателей; m – количество экспертов; a_{ij} – оценка i -го свойства j -м экспертом).

Вычислим матрицу $C = A^T \cdot A$, где A^T – матрица, транспонированная к матрице A . Коэффициенты компетентности экспертов – это есть компоненты собственного вектора матрицы C , соответствующего максимальному собственному значению этой матрицы:

$$C\bar{\omega} = \lambda_C \bar{\omega}, \quad \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \quad (2.1)$$

где λ_C – максимальное собственное значение матрицы C ; $\bar{\omega}$ – собственный вектор матрицы C , соответствующий собственному значению λ_C и условию нормировки.

Для нахождения собственного вектора $\bar{\omega}$ матрицы C предварительно вычисляли вектор:

$$c = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt[n]{c_{11}c_{12}\dots} \\ \sqrt[n]{c_{21}c_{22}\dots} \\ \dots \\ \sqrt[n]{c_{n1}c_{n2}\dots} \end{pmatrix}.$$

Тогда собственный вектор матрицы C , соответствующий максимальному собственному значению и условию нормировки, приближенно равен следующему вектору:

$$C^T = \begin{pmatrix} \frac{c_1}{\sum_{i=1}^n c_i} & \frac{c_2}{\sum_{i=1}^n c_i} & \dots & \frac{c_n}{\sum_{i=1}^n c_i} \end{pmatrix}.$$

Собственный вектор матрицы C (коэффициенты компетентности экспертов): $\bar{\omega} = (0,16 \quad 0,15 \quad 0,12 \quad 0,14 \quad 0,14 \quad 0,15 \quad 0,14)$.

На следующем этапе построили матрицы ранжировок экспертов:

$$Y^j = (y_{ik}^j), \quad j = \overline{1,7}, \quad i, k = \overline{1,12},$$

где $y_{ik}^j = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{ij} \geq a_{ik}, \\ 0, & \text{если } a_{ij} < a_{ik}, \end{cases}$ a_{ij}, a_{ik} – ранги, присваиваемые j -м экспертом i -му и k -

му признакам.

Обобщенную ранжировку показателей с учетом компетентности экспертов определяли по формуле:

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } p_{ij} \geq \frac{1}{2}, \\ 0, & \text{если } p_{ij} < \frac{1}{2}, \end{cases}$$

где $p_{ik} = \sum_{j=1}^m \omega_j y_{ik}^j$ – вероятность того, что i -й объект предпочтительнее k -го объекта.

В дальнейшем на основе обобщенной матрицы подсчитывали количество положительных элементов в каждой строке, где итоговая оценка представлена в табл. 2.3.

Таким образом, показатели (свойства) расположились в следующем порядке (начиная с наиболее значимых):

$$(X_5 = X_6) > X_9 > X_4 > X_3 > \\ > (X_8 = X_{10}) > X_7 > X_{11} > X_{12} > X_2 > X_1.$$

Определенные числовые значения нормированной и приведенной весомости свойств приведены в табл.2.3.

Таблица 2.3 – Значения весомости свойств

Показатели	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
Итоговая оценка	1	2	7	8	12	12	9	5	10	5	4	3
Исправленная оценка	1	2	7	8	11,5	11,5	9	5,5	10	5,5	4	3
Нормированная весомость	0,01	0,03	0,09	0,10	0,15	0,15	0,12	0,07	0,13	0,07	0,05	0,03
Весомость, приведённая к условию $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$	-	-	0,12	0,14	0,20	0,20	0,16	-	0,18	-	-	-

Коэффициент конкордации (W) находили по методике [44]. В результате его значение соответствовало $W = 0,66$, что свидетельствует о хорошей согласованности мнений экспертов.

Для установления требуемого уровня качества исследуемого геотекстильного материала на следующем этапе осуществляли переход от качественных характеристик (свойств) к их количественным показателям. В научной литературе нередко смешивают данные характеристики и в соответствующих технических условиях наименования их могут совпадать. Поэтому в табл. 2.4 приведены наименования наиболее значимых количественных показателей свойств, которым в дальнейшем присвоен статус показателей качества. Кроме этого, в случае отражения отдельного свойства вместо одного показателя качества двумя (тремя) по-

казателями качества, необходимо осуществить корректировку коэффициентов весомостей.

Таблица 2.4 – Значения и весомость показателей качества

Кодированное обозначение свойства	Показатель качества, единица измерения	Откор. коэффициент весомости	Значение показателя качества	
			нормативное	требуемое
X ₃	Показатель толщины, мм	0,12	2,0	2,2
X ₄	Поверхностная плотность, г/м ²	0,14	243	257
X ₅	Коэффициент фильтрации в плоскости полотна, м/сут	0,10	130	130
	Коэффициент фильтрации в нормативной плоскости полотна, м/сут	0,10	130	130
X ₆	Разрывная нагрузка в продольном направлении, кН/м	0,10	280±8	300
	Разрывная нагрузка в поперечном направлении, кН/м	0,10	380±13	400
X ₇	Условный модуль деформации в продольном направлении, кН/м	0,08	71	85
	Условный модуль деформации в поперечном направлении, кН/м	0,08	60	71
X ₉	Показатель водопроницаемости в нормальной плоскости полотна, м/сут	0,18	20	20

Далее осуществляли проверочный расчет полученного уровня качества по ранее созданной нами методике [45]. В результате получили оценку качества, равную 0,94 при максимальном значении 1,00.

В случае неудовлетворенности уровнем качества геотекстильного материала, основанного на мнении специалистов в области дорожного строительства, необходимо внести соответствующие корректирующие действия в технологию его производства.

2.2. Разработка обобщённого алгоритма проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов с учётом выполняемых ими функций в строительных объектах

Требования к качеству производимой продукции определяются через системы менеджмента качества промышленных предприятий, которые создаются на основе реализации национальных стандартов ГОСТ Р ИСО серий 9000 и 10000. В этих стандартах в соответствии с жизненным циклом продукции выделены основные процессы обеспечения её качества, а именно: планирование; проектирование; производство; контроль (текущий и выходной) качества продукции.

На этапе проектирования качества выбранного текстильного материала определяющей (ключевой) задачей является установление рациональной номенклатуры показателей качества, нахождение их расчётных значений и сравнение с базовыми, необходимыми для использования в строительных изделиях или объектах. Отдельные методики в проектировании качества текстильных материалов и изделий бытового назначения ранее нами были сформулированы и реализованы в монографии [46] и других работах [47, 48, 49]. Для текстильных материалов технического назначения, используемых в различных строительных изделиях и объектах, необходимы другие подходы, связанные, прежде всего, с анализом выполняемых функций этих материалов в строительных изделиях и объектах.

Как было отмечено в п. 1.3, наиболее распространенным подходом в проектировании качества промышленной продукции является метод QFD [29]. Однако данный метод имеет ряд недостатков (см. п. 1.3.), в частности не учитывает функции, выполняемые ГТМ в строительном объекте, и требует совершенствования.

Поэтому методология проектирования требуемого уровня качества (как совокупности свойств) технического текстиля должна прежде всего определяться теми функциями, которые выполняются искомыми текстильными материалами в конкретном строительном изделии или объекте (см. табл. 1.1). Исходя из принятого подхода, на кафедре МТСМ ИВГПУ разработан и реализован ряд методик по проектированию требуемого уровня качества нетканых и тканых геотекстильных

полотен, предназначенных для строительства федеральных автомобильных дорог [50].

Последовательность операций проектирования качества геотекстильных материалов (рис. 2.1), используемых в строительных изделиях, осуществляется следующим образом:

- установление выполняемых функций ГТМ в строительном изделии (СИ);
- определение видов технологического воздействия на ГТМ со стороны строительного изделия;
- выделение определяющих свойств ГТМ;
- определение количественных показателей определяющих свойств ГТМ;
- придание количественным показателям статуса ЕПК;
- формирование нормативных (базовых) значений ЕПК;
- расчёт комплексного показателя качества.

Разработанная методика внедрена на ООО «ТРАКТ» (Приложение 3).

Отдельными операциями в проектировании качества являются формирование базы данных по видам технологического воздействия на ГТМ, группам и отдельным свойствам ГТМ, а также количественным показателям свойств. Общие принципы формирования базы данных с учетом видов строительных изделий приведены в табл. 2.5.

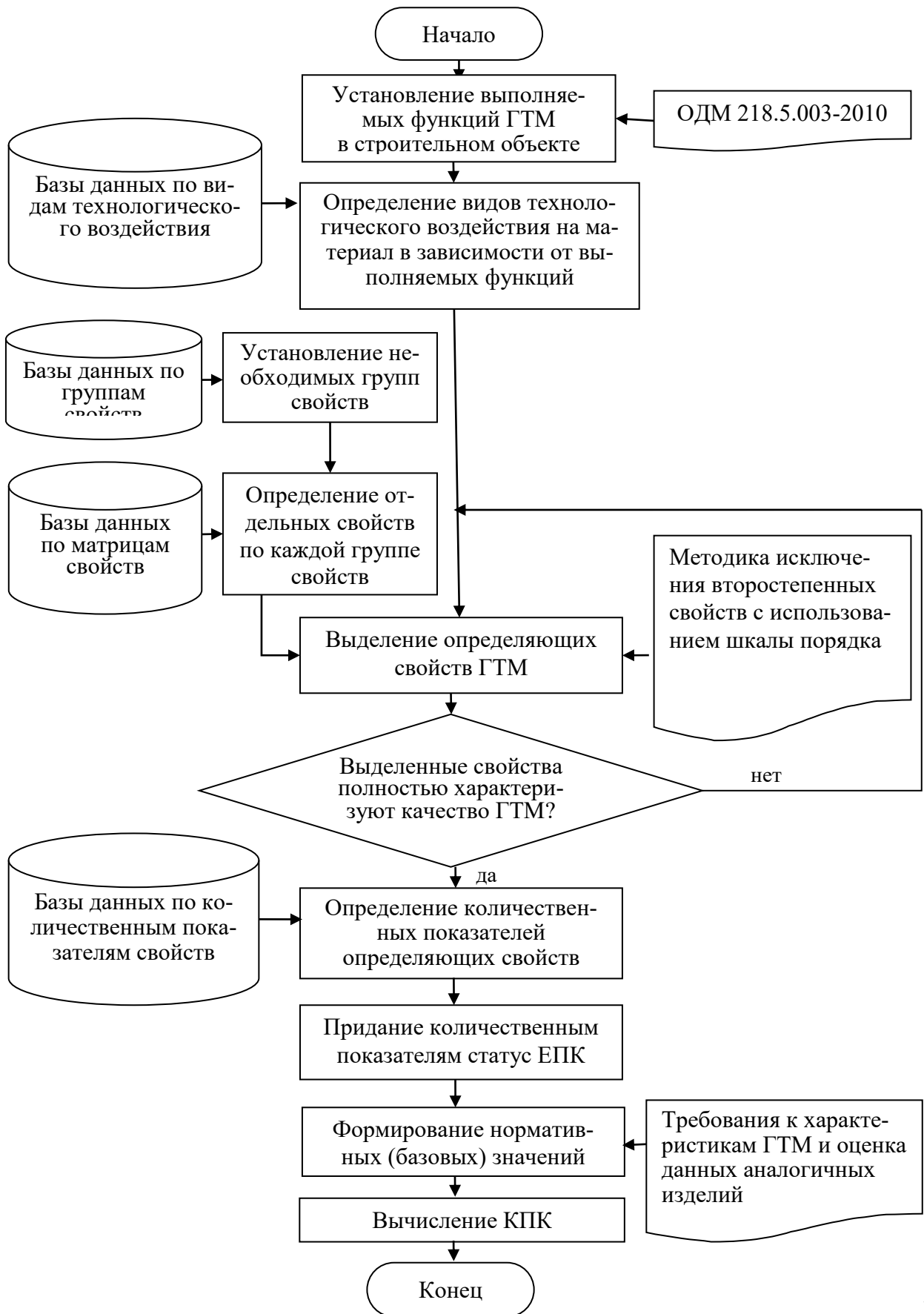


Рис. 2.1 – Блок-схема алгоритма проектирование качества ГТМ

Таблица 2.5 – Последовательность формирования базы данных для установления номенклатуры показателей качества ГТМ

Виды строительных изделий с использованием ГТМ	База данных по выполняемым функциям ГТМ в СИ	База по видам технологического воздействия на ГТМ	База матриц по группам свойств ГТМ	Свойства ГТМ по отдельным группам
Автомобильные дороги	Армирование Разделение Защита Фильтрация	Усилие на растяжение, продавливание и другие	Геометрические Структурные Механические и другие	Ширина Толщина Дефектность и другие
Бетонное полотно	Армирование	Усилие на растяжение и изгиб	Структурные Механические и другие	Плотность Прочность и другие
Текстильно-армированные бетонные конструкции (трубы для транспортировки жидкостей и газа)	Армирование	Усилие на изгиб	Структурные Механические	Толщина Прочность Растяжимость и другие

Для создания базы данных по количественным показателям свойств в зависимости от выполняемой функции ГТМ в строительном объекте первоначально определим взаимосвязь выполняемых функций материала с его технологическими воздействиями в земляном полотне при строительстве автомобильных дорог.

2.3. Установление взаимосвязи выполняемых функций геотекстильных материалов в строительном объекте с технологическими воздействиями на них

Как было сказано в разд. 2.1, проектирование необходимого уровня качества (как совокупности эксплуатационных свойств) геотекстильной продукции, предназначенной для применения её в конкретном строительном изделии (объекте), требует, в первую очередь, выявления всех возможных технологических воздействий на данную продукцию, для обеспечения предусмотренными соответствующими нормативными или другими документами базовых (нормативных)

значений показателей качества [42, 51, 52]. Особенно эти требования относятся к строительным объектам, которые активно подвергаются производственной эксплуатации, а именно к автомобильным дорогам.

Технологические процессы строительства автомобильных дорог [53, 54] предусматривают использование в дорожной одежде нетканых (например, при разделении прослоек и в качестве дренажа) и тканых (например, при армировании грунтовых оснований) геотекстильных полотен. Ввиду того, что они выполняют неодинаковые функции в дорожной одежде, то по этой причине будут подвергаться различным технологическим воздействиям [55].

В качестве объекта исследования выбрано геосинтетическое нетканое полотно (ГПТ-НТ) [53] марки «Геоманит ДТ 5с 300» с поверхностной плотностью 300 г/м², произведённое ООО «Нипромтекс» (г. Железногорск, Курская область) из полиэфирного волокна и предназначенное для строительства автомобильных дорог в основании дорожной одежды и дополнительных её слоях.

Для решения выявленной проблемы использовали метод экспертных оценок [38], который основан на декомпозиции задачи и представлении ее в виде иерархической структуры, что позволяет включить в иерархию все решения и знания по решаемой проблеме, а также последующей обработке данных.

При определении необходимого количества экспертов использовали рекомендации [56], где число экспертов m (в случае, если оно заведомо меньше 30 человек) зависит от дисперсии возможных значений выборочной средней μ^2 и дисперсии генеральной совокупности σ^2 и определяется выражением:

$$m = \frac{\sigma^2}{\mu^2} + 1. \quad (2.2)$$

В [56] приводятся рекомендуемые численные значения количества экспертов в составе рабочей группы, полученные из выражений (2.2) для ряда типовых значений отношения $\frac{\mu^2}{\sigma^2}$, обозначающего уровень значимости принимаемого решения. Поскольку в методе анализа иерархий для выражения уровня значимости используется отношение согласованности (ОС), значение которого допустимо до

0,15, то получаем, что наиболее приемлемое количество экспертов в составе группы должно быть восемь человек.

В результате было выбрано и опрошено восемь экспертов из числа специалистов в области дорожного строительства, работающих на кафедре автомобильные дороги ИВГПУ.

При применении метода анализа иерархий, на первом этапе исследуемая проблема представлена в виде иерархической структуры (рис. 2.2).

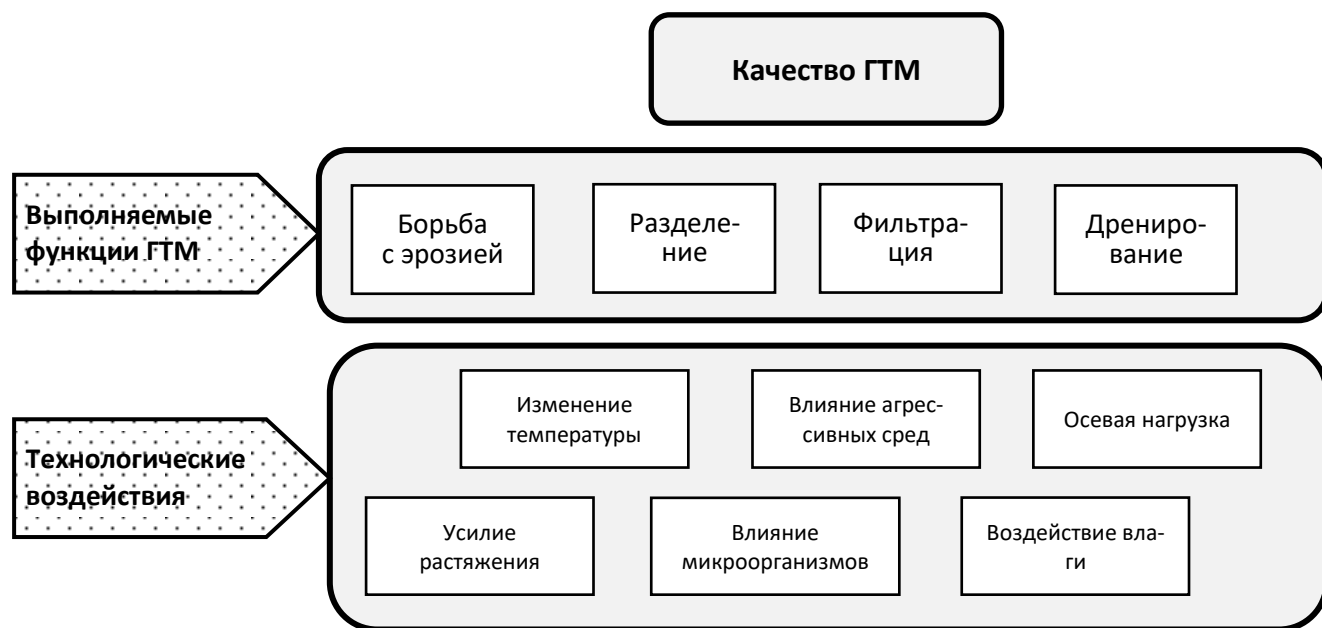


Рис. 2.2 – Выполняемые функции и технологические воздействия на ГТМ в строительных изделиях

Нулевой (верхний) уровень отражает общую цель исследования по проектированию качества ГТМ на основе выполняемых им функций. На первом уровне расположены функции геосинтетического материала, на втором – возможные технологические воздействия на него в дорожной одежде.

Вариантам в иерархическом представлении проблемы исследования соответствуют функции геотекстильного материала, а альтернативам – технологические воздействия. Функции и технологические воздействия (табл. 2.6) были выделены с использованием нормативной литературы [53, 54].

Таблица 2.6 – Выполняемые функции и технологические воздействия на ГТМ

Функции	Технологические воздействия
Разделение Борьба с эрозией Фильтрация Дренажное	Воздействие влаги Изменение температуры Влияние микроорганизмов Влияние агрессивных сред Осевая нагрузка Усилие растяжения

На втором этапе метода анализа иерархий проводили установление приоритетов вариантов (функции) и альтернатив (технологические воздействия). С этой целью было составлено пять матриц парных сравнений (в табл. 2.7 представлен пример одной из матрицы парных сравнений для функции «разделение»), в которых эксперты отмечали свои суждения о значимости одной альтернативы по сравнению с другой или одного варианта по сравнению с другим по отношению к их влиянию на общую для них характеристику.

Таблица 2.7 – Матрица парных сравнений

Функция «разделение»	Воздействие влаги	Изменение температуры	Влияние микроорганизмов	Влияние агрессивных сред	Осевая нагрузка	Усилие растяжения
Воздействие влаги						
Изменение температуры						
Влияние микроорганизмов						
Влияние агрессивных сред						
Осевая нагрузка						
Усилие растяжения						

В каждой из таблиц эксперты заполняли только клетки над главной диагональю. Так как варианты и альтернативы сравниваются на уровне качественных характеристик, то для оценки вариантов по этим критериям необходимо прибегнуть к какому-нибудь способу квантификации, например, к бальным оценкам в соответствии с табл. 2.8.

Таблица 2.8 – Соотношение шкалы наименований и порядка

Оценка	Смысл оценки
1	Одинаковая значимость
3	Слабое преобладание
5	Существенное преобладание
7	Очевидное или очень сильное преобладание
9	Абсолютное доминирование
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения
Обратные величины	Если эксперт отдает предпочтение второму критерию, то он пользуется обратными величинами

Сравнивая набор альтернатив (вариантов) друг с другом, получаем следующую матрицу суждений:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

где a_{ij} – оценка, выставленная экспертом согласно табл. 2.8 при заполнении матрицы парных сравнений, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}$.

С целью выявления относительной ценности каждого элемента вычисляем среднее геометрическое для каждой строки матрицы суждений:

$$\omega_i = \sqrt[n]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdot \dots \cdot a_{in}}. \quad (2.3)$$

Далее проводим нормализацию полученных чисел: $q_{2i}^k = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$, $i = \overline{1, n}, k = \overline{1, n}$,

где k – номер матрицы;

i – номер строки матрицы;

(цифра 2 обозначает уровень матрицы в иерархической структуре).

А затем вычисляем приоритеты каждого варианта по формуле:

$$q_j = \sum_{i=1}^n q_{2j}^i \cdot q_{1i}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.4)$$

Метод анализа иерархий дает возможность осуществить оценку степени согласованности мнений экспертов. Для этого вычисляется оценка степени откло-

нения от согласованности. Когда такие отклонения превышают установленные пределы, тем, кто проводит решение задачи, необходимо их пересмотреть. С этой целью определяют индекс согласованности и отношение согласованности. Индекс согласованности (*ИС*) в каждой матрице и для всей иерархии может быть выражен следующим способом:

– определяется сумма каждого *j*-го столбца матрицы суждений:

$$s_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}, j = \overline{1, n};$$

– полученный результат умножается на *j*-ю компоненту нормализованного вектора приоритетов q_2 , т.е. сумму суждений первого столбца на первую компоненту, сумму суждений второго столбца - на вторую и т.д.:

$$p_j = s_j \cdot q_{2j}, j = \overline{1, n};$$

– сумма чисел p_j отражает пропорциональность предпочтений, чем ближе эта величина к *n* (числу объектов и видов действия в матрице парных сравнений), тем более согласованны суждения:

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n p_j.$$

– в итоге индекс согласованности (*ИС*) определяется по формуле:

$$ИС = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (2.5)$$

Для определения того, насколько точно индекс согласованности *ИС* отражает согласованность суждений его необходимо сравнить со случайным индексом (*СИ*) согласованности, который соответствует матрице со случайными суждениями, выбранными из шкалы, представленной в табл. 2.8, при условии равной вероятности выбора любого из приведённых чисел.

Для матрицы суждений шестого порядка значение индекса согласованности составляет 1,24 [56].

Отношение индекса согласованности *ИС* к среднему значению случайного индекса согласованности *СИ* называется отношением согласованности (*ОС*).

$$ОС = \frac{ИС}{СИ}. \quad (2.6)$$

Значение OC меньше или равно 0,15 считается приемлемым, однако допустимо и значение до 0,2.

Используя свойство матриц парного сравнения

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n},$$

для табл. 2.7 получаем следующую матрицу парных сравнений:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 3 & 1/5 & 1/5 \\ 1 & 1 & 5 & 3 & 1/5 & 1/5 \\ 1/5 & 1/5 & 1 & 1/3 & 1/7 & 1/7 \\ 1/3 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 & 1/5 \\ 5 & 5 & 7 & 5 & 1 & 1 \\ 5 & 5 & 7 & 5 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.7)$$

В дальнейшем вычисляем числа $\omega_i, i = \overline{1, 6}$ по формуле (2.3) и их сумму:

$$\omega_1 = \sqrt[6]{1 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 3 \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5}} = 0,918; \dots \omega_6 = \sqrt[6]{5 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 1 \cdot 1} = 3,093; \sum_{i=1}^6 \omega_i = 8,763.$$

По формуле (2.4) проводим нормализацию полученных чисел:

$$q_{21}^1 = 0,105; \quad q_{22}^1 = 0,105; \quad q_{23}^1 = 0,029; \quad q_{24}^1 = 0,056; \quad q_{25}^1 = 0,353; \quad q_{26}^1 = 0,353.$$

Аналогичные вычисления проводим для остальных таблиц вариантов и альтернатив. Результаты вычислений приоритетов и альтернатив представлены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Результаты вычислений

Технологические воздействия	Разделение	Борьба с эрозией	Фильтрация	Дренаживание	Приоритет
	0,276	0,319	0,243	0,162	
Воздействие влаги	0,105	0,271	0,329	0,475	0,272
Изменение температуры	0,105	0,067	0,037	0,099	0,075
Влияние микроорганизмов	0,029	0,271	0,180	0,099	0,154
Влияние агрессивных сред	0,058	0,033	0,339	0,099	0,124
Осевая нагрузка	0,353	0,271	0,073	0,206	0,335
Усилие растяжения	0,353	0,087	0,042	0,021	0,139

Аналогичные вычисления проводим для матриц парных сравнений, сформированных суждениями остальных экспертов и по формуле (2.4) вычисляем приоритеты каждого технологического воздействия (табл. 2.9). Вычислив, среднее геометрическое приоритетов каждого из экспертов, получили ранги технологических воздействий, представленные на рис. 2.3.

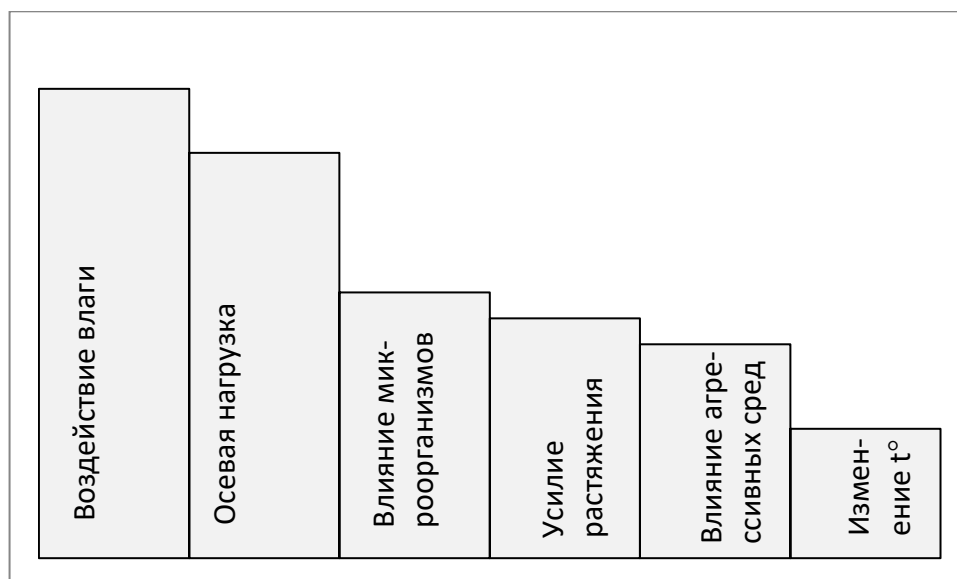


Рис. 2.3 – Ранжирование технологических воздействий

По формулам (2.5) и (2.6) вычислим значение отношения согласованности мнений экспертов на примере матрицы (2.7). Имеем:

$$p = (1,31; 1,31; 0,81; 0,96; 0,97; 0,97); \lambda_{\max} = 6,34; IC = \frac{6,34 - 6}{5} = 0,068;$$

$$OC = \frac{0,068}{1,24} = 0,05.$$

Значение $OC < 0,15$ свидетельствует о согласованности мнений экспертов.

Для автоматизации данного процесса разработана программа на языке Python 3.11 [57], окно которой представлено на рис. 2.4.

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ГТМ

Данные

Строительный Объект: Автомобильная дорога

Геотекстильный материал (ГТМ): Нетканое

Функции ГТМ: эрозией; Фильтрация; Дренаживание

Технологические воздействия: рганизмов; Осевая нагрузка; Усилие растяжения

Результат

	Разделение	Борьба с эрозией	Фильтрация	Дренаживание	Приоритет
	0.276	0.319	0.243	0.162	
Воздействие влаги	0.105	0.1	0.161	0.292	0.147
Изменение температуры	0.105	0.079	0.089	0.101	0.092
Влияние микроорганизмов	0.029	0.017	0.014	0.01	0.018
Влияние микроорганизмов	0.056	0.027	0.014	0.006	0.028
Осевая нагрузка	0.353	0.134	0.05	0.014	0.154
Усилие растяжения	0.353	0.106	0.027	0.005	0.139

Рис. 2.4. – Программа установления взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него

Листинг данной программы приведен в приложении П1.

2.4. Формирование базы данных по свойствам и единичным показателям качества геотекстильных материалов

Как было сказано в п.2.1 отдельным этапом проектирования качества ГТМ является формирование базы данных сначала по свойствам, а затем по количественным показателям. С этой целью сложное свойство «качество» необходимо дифференцировать (рис. 2.5), а именно: выделить группу свойств; определить простые свойства; выделить количественные показатели по отдельным свойствам; придать установленным количественным показателям статус единичных показателей качества (ЕПК).

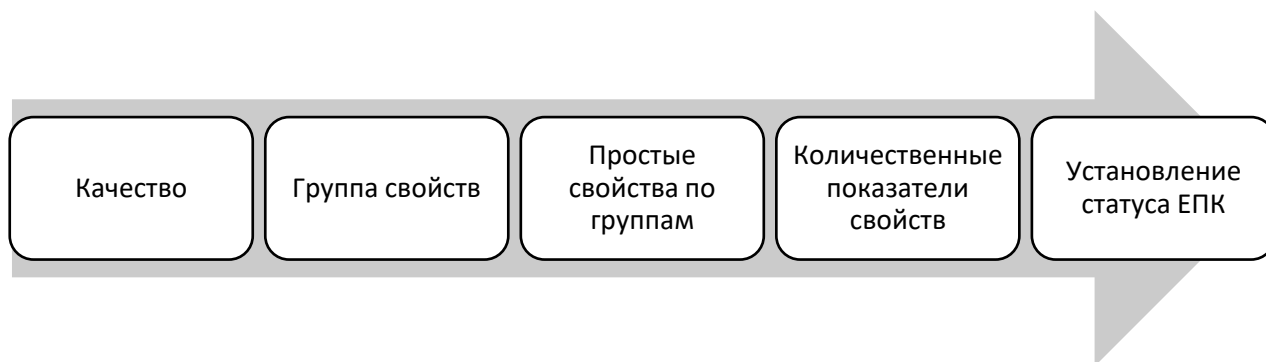


Рис. 2.5 – Этапы декомпозиции сложного свойства «Качество продукции»

Для успешной реализации данного этапа необходимо поставить и решить следующие задачи:

- сформировать базу данных по группам свойств геотекстильных материалов, используемых в дорожном строительстве;
- сформировать базу данных по количественным показателям свойств геотекстильных материалов;
- разработать методики по установлению нормативных значений показателей качества геотекстильных материалов;
- решить проблему комплексной количественной оценки качества геотекстильных материалов.

Проектирование качества продукции (в том числе строительного назначения) требует применения как качественных характеристик (свойств), так и количественных показателей. Однако, практика показывает, что проектировщики используют только количественные характеристики [29], что усложняет процесс проектирования. Это связано с тем, что отсутствует база данных по свойствам, а в нормативных документах используются только количественные показатели (физические величины).

Базу данных по простым свойствам целесообразно создавать по различным группам, используя предметный или функциональный признак классификации. Отдельные группы качественных характеристик можно классифицировать по наиболее общим признакам [42], которые приведены в табл. 2.10.

Таблица 2.10 – Классификация групп качественных характеристик (свойств)

Классификационный признак	Наименование групп
В зависимости от назначения	Предметные
	Функциональные
В зависимости от принадлежности к группе предметных свойств	Геометрические
	Гигроскопические
	Механические
	Оптические
	Структурные
	Тепловые
	Электрические
	Химические
В зависимости от принадлежности к группе функциональных свойств	Биологические
	Назначения
	Надежности
	Технологичности
	Эстетичности
	Эргономичности
	Экологичности
В зависимости от характера сложности	Безопасности
	Простые
По виду проявляемого свойства	Сложные
	Позитивные
	Негативные

Для отдельных групп свойств исследуемого материала желательно формировать соответствующие справочные таблицы (примеры таких таблиц представлены в табл. 2.11, 2.12, 2.13) не только с уточнённым наименованием простого свойства, но и с соответствующим состоянием и характером взаимодействия элементов строения материала.

Таблица 2.11 – Таблица простых структурных свойств нетканых ГТМ

Состояние и характер взаимодействия элементов строения в материале	Наименование свойства
Взаимное расположение элементов	Пористость Опорность (поверхности) Ориентируемость (волокон)
Взаимосвязь элементов	Смешанность
Включение посторонних элементов	Засоренность Загрязненность Запыленность
Нарушение структуры элементов	Порочность Дефектность

Таблица 2.12 – Таблица простых гигроскопических свойств геотекстильных материалов

Характер взаимодействия с влагой	Наименование свойства
В воздушной среде	Влажность
Частичный контакт	Капиллярная впитываемость Смачиваемость
Полный контакт	Водопроницаемость Водопоглощенность (намоченность) Водоупорность

Таблица 2.13 – Таблица простых механических свойств ГТМ при деформации растяжения

Характер взаимодействия на пробу	Наименование свойства при виде испытания		
	полуцикловое	одноцикловое	многоцикловое
Без разрушения (неразрывные характеристики)	Жесткость Податливость Напряженность Ползучесть Деформация	Упругость Эластичность Пластичность	Усталость
С разрушением (разрывные характеристики)	Прочность		Выносливость Долговечность

Формирование базы данных по количественным показателям отдельных свойств прежде всего зависит от принадлежности искомого свойства к определённой группе свойств, характера его изменчивости, а также других факторов.

При этом под количественными показателями отдельного свойства ГТМ в дальнейшем рассматриваем физические величины, которые классифицированы в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 8.417-2002 [58] на основные, производные и производные, имеющие специальные наименования.

При изменчивости исследуемой физической величины в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р 8.563-96 [59] осуществляют статистическую обработку результатов наблюдений по следующим операциям:

- исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;
- вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;

- вычисляют оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения;
- вычисляют оценку среднего квадратического отклонения результата измерения;
- проверяют гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению;
- вычисляют доверительные границы случайной погрешности (случайной составляющей погрешности) результата измерения;
- вычисляют границы не исключенной систематической погрешности (не исключенных остатков систематической погрешности) результата измерения;
- вычисляют доверительные границы погрешности результата измерения.

Таким образом, при многократном измерении физической величины, имеющей характер изменчивости (неравномерности) в конкретном объекте исследования, дополнительно используют статистические характеристики, систематизированные и приведенные в табл. 2.14.

Таблица 2.14 – Статистические характеристики показателя качества как физической величины

Положения	Рассеяния (вариации)	Формы
Арифметическая	Размах	Коэффициент асимметрии
Геометрическая	Среднее линейное отклонение	
Квадратическая	Дисперсия	
Кубическая	Среднее квадратическое отклонение	
Гармоническая	Коэффициент вариации	

Поэтому в технических условиях (см., например, [60]) на отдельные виды ГТМ в разделе «Показатели качества» для оценки показателя и его изменчивости используют совместно статистические характеристики положения и рассеяния, положения и формы, а также другие сочетания.

В соответствии с ГОСТ 22851-77 [61] показатели качества продукции классифицируют по признакам, представленным в табл. 2.15.

Таблица 2.15 – Классификация показателей качества

Признак классификации	Наименование
По способу выражения	Абсолютные Относительные Удельные
По количеству характеризующих свойств	Единичные Комплексные (групповые, интегральные)
По стадии применения	Прогнозируемые Базовые (нормативные) Проектные Производственные Эксплуатационные
По характеризующим свойствам	(см., например, табл. 2.16 по классификация геометрических характеристик химических волокон в нетканом ГТМ)

Таблица 2.16 – Классификация геометрических характеристик химических волокон в нетканом ГТМ

Наименование подгруппы показателей	Наименование отдельных показателей
Параметрические	
События (абсолютные)	Количество неповреждённых волокон Количество повреждённых волокон Число точек пересечения волокон Количество дефектных участков полотна
События (относительные)	Доля неповреждённых волокон Доля повреждённых волокон Доля дефектных участков полотна
События (удельные)	Количество неповреждённых волокон по массе Количество повреждённых волокон по массе
Толщины (абсолютные)	Средний диаметр волокна
Толщины (относительные)	Показатель текущего диаметра волокна относительно его среднего значения
Толщины (удельные)	Линейная плотность волокна
Протяженности (абсолютные)	Геометрическая длина волокон
Протяженности (относительные)	Отклонение длины волокон относительно нормативного значения
Плотности полотна (абсолютные)	Поверхностная плотность
Плотности полотна (относительные)	Изменение поверхностной плотности относительно нормативного значения
Функциональные	
Развернутые	Относительная плотность расположения волокон в продольном направлении Относительная плотность расположения волокон в поперечном направлении
Свернутые (дифференциальные, интегральные)	Распределение количества волокон на фиксированной длине полотна Распределение дефектов полотна на его фиксированной площади

Таким образом, в данном разделе показаны направления формирования базы данных по свойствам ГТМ и их количественным показателям, а именно в табл. 2.11...2.13 приведены примеры баз данных по свойствам, а в таблице 2.16 приведен пример по количественным показателям свойств волокон в нетканом геополотне.

2.5. Установление номенклатуры показателей качества нетканого геотекстильного материала с учётом его эксплуатационной принадлежности

В качестве объекта исследования выбрано геотекстильное нетканое полотно марки «Геоманит ДТ 5с 300» с поверхностной плотностью 300 г/м², произведённое ООО «Нипромтекс» (г. Железногорск, Курская область) из полиэфирного волокна и предназначенное для строительства автомобильных дорог.

Согласно [53], для геотекстильных нетканых полотен, применяемых в дорожном строительстве, основными функциями являются разделение, фильтрация и дренирование. В табл. 2.17 приведена взаимосвязь указанных функций ГТМ с возможными видами технологического воздействия на него при эксплуатации данного объекта, выделенной из соответствующей базы данных.

Таблица 2.17 – Определение взаимосвязи выполняемых функций ГТМ в дорожном полотне на его технологическое воздействие

Выполняемая функция материала	Вид технологического воздействия								
	Усилие на растяжение	Усилие на изгиб	Усилие на продавливание	Воздействие циклических нагрузок	Воздействие влаги	Изменение температуры	Влияние микроорганизмов	Влияние агрессивных сред	Воздействие дневного света
Разделение	+	-	+	-	+	-	+	+	-
Фильтрация	-	-	+	-	+	-	+	+	-
Дренирование	-	-	-	-	+	-	+	+	-

Примечание: «+» - наличие взаимосвязи; «-» - отсутствие взаимосвязи.

Из табл. 2.17 видно, что ГТМ, выполняющее в дорожном полотне функцию разделения, имеет наибольшее количество связей с представленными видами технологического воздействия.

Для иллюстрации схемы перехода от конкретного вида технологического воздействия к отдельным свойствам нетканого ГТМ используем только группу свойств эксплуатационной надёжности, приведённой в табл. 2.18. При выделении данных групп свойств за основу взят нормативный документ РД-50-64-84 [19]. При этом для установления тесноты статистической связи между ними применяем шкалу порядка в баллах: 9 – сильная; 5 – средняя; 1 – слабая.

Таблица 2.18 - Выделение свойств ГТМ
в зависимости от вида на него технологического воздействия

Вид технологического воздействия	Свойства эксплуатационной надёжности				
	Прочность при растяжении	Прочность при продавливании	Прочность при ударе	Удлинение при растяжении	Просачиваемость грунта
Усилие на растяжение	9	9	1	9	5
Усилие на продавливание	5	5	5	5	5
Воздействие влаги	5	9	5	5	5
Влияние микроорганизмов	9	1	5	5	5
Влияние агрессивных сред	9	1	5	5	5

В итоге в табл. 2.19 представлены отдельные (простые) свойства ГТМ, распределённые по соответствующим группам, которые в совокупности определяют его качество.

Таблица 2.19 – Распределение определяющих свойств ГТМ по соответствующим группам

Группа свойств	Отдельные (простые) свойства
Назначения	Вид синтетического волокна Ширина Плотность
Эксплуатационной надёжности	Прочность при растяжении Прочность при продавливании Прочность при ударе Удлинение при растяжении Просачиваемость грунта (фильтруемость)
Стойкости к внешним воздействиям	Водопроницаемость Грибоустойчивость Устойчивость к агрессивным средам Устойчивость к циклическим нагрузкам

Следующим этапом алгоритма проектирования качества является формирование состава количественных характеристик выделенных свойств из соответствующей базы данных и присвоение им статуса «Показатель качества ГТМ» (см. табл. 2.20) по определенным критериям (достижения наибольшей информативности при применении данного показателя, имеющегося соответствующий национальный (отраслевой) стандарт на методику измерения данного показателя и т.д.).

Таблица 2.20 – Количественные характеристики определяющих свойств ГТМ

Свойство	Количественные характеристики свойств и их единица измерения
Группа свойств «Назначения»	
Вид синтетического волокна	Полиэфирное
Ширина	Ширина полотна в рулоне, см
Плотность	Поверхностная плотность, г/м ² Объемная плотность, г/м ³
Группа свойств «Эксплуатационной надежности»	
Прочность (при растяжении, ударе, продавливании)	Абсолютная разрывная нагрузка (по длине, по ширине), кН/м Удельная разрывная нагрузка (по длине, по ширине), кН/м ² Разрывное напряжение (по длине, по ширине), кН/м ² Абсолютная работа разрыва (по длине, по ширине), Дж Показатель прочности при продавливании, кН Показатель ударной прочности, мм
Деформируемость (удлинение)	Абсолютное удлинение (по длине, по ширине), мм Относительное удлинение при максимальной нагрузке (по длине, по ширине), %
Просачиваемость грунта (фильтруемость)	Коэффициент фильтрации в направлении вертикальном (перпендикулярном) к плоскости полотна, м/сут Размер пор, мкм Максимальный размер частиц грунта проходящий через поры, мм
Группа свойств «Стойкость к внешним воздействиям»	
Водопроницаемость	Показатель водопроницаемости, дм ³ /(м ² с)
Грибоустойчивость	Показатель стойкости к микроорганизмам, %
Устойчивость к воздействию агрессивных сред (щелочных и кислотных дождей)	Показатель стойкости к действию агрессивных сред, %
Устойчивость к циклическим нагрузкам	Показатель устойчивости к циклическим нагрузкам, %

Согласно приведенному алгоритму (см. рис. 2.1) на следующем этапе осуществляют ранжирование ЕПК по методике [45]. Конечной целью процесса проектирования качества помимо определения номенклатуры ЕПК является установление их нормативных значений.

Таблица 2.21 – Фактические и базовые значения ЕПК

Показатели	Значения	
	фактические	нормативные
Группа назначения		
Ширина, см	521	520
Толщина, мм	4,2	4,2
Поверхностная плотность, г/м ²	302	300
Группа эксплуатационной надежности		
Разрывная нагрузка (по длине), кН/м	85	80
Разрывная нагрузка (по ширине), кН/м	78	80
Относительное удлинение (по длине), %	16	16
Относительное удлинение (по ширине), %	17	16
Показатель ударной прочности, мм	26	28
Прочность при продавливании, кН	2,4	1,5...3,0
Коэффициент фильтрации в горизонтальном направлении к плоскости полотна, м/сут	32	32
Группа стойкости к внешним воздействиям		
Показатель стойкости к микроорганизмам, %	90	90
Показатель стойкости к действию агрессивных сред, %	90	90

Таким образом, в табл. 2.21 приведена номенклатура показателей качества геосинтетического нетканого полотна «Геоманит ДТ 5с 300» с учетом его эксплуатационных функций, а именно, разделение, фильтрация и дренирование, необходимая для последующих операций по проектированию и оцениванию качества продукции.

2.6. Осуществление процесса нормирования единичных показателей качества геотекстильных материалов с применением вероятностного метода

При производстве новых видов текстильных материалов (изделий) и создании на них соответствующих технических условий (ТУ) в виде стандарта организации (СТО) основной проблемой является установление объективных нормативных значений показателей качества. Проектируемые (прогнозируемые) нормативные значения [62, 63] могут быть не достоверными по различным причинам: из-за

не совершенной методики проектирования, изменения сырьевого состава изделия и технологической цепочки при его производстве и ряда других причин. В этом случае наиболее достоверные результаты можно получить только на основе проведённых экспериментальных исследований опытных образцов произведённого изделия и созданием соответствующей методики обработки полученных данных [64].

Объектом исследования являлось геополотно тканое «Ультрастаб 350», выработанное на станке СТБУ-540-1, изготовленным ВТФ «Текстильмаш» (г. Чебоксары) и размещённым на предприятии ООО «Ультрастаб» (пос. Грозиллово Тейковского р-на Ивановской обл.). Предметом исследования являлась абсолютная разрывная нагрузка геополотна при его деформации на растяжение в продольном и поперечном направлениях на разрывной машине марки «Линтел РМ-20» (Россия) согласно метода измерения [65, 27]. Всего было исследовано $n = 40$ проб. Полученная выборка случайной величины $X = (x_1, x_2, \dots, x_{40})$ подвергалась статистической обработке в следующей последовательности.

Первоначально был составлен интервальный ряд распределения (рис. 2.6), где выделяли минимальное и максимальное значения в выборке, вычисляли размах и по формуле Стерджесса [66] определили количество частичных интервалов, затем частоту появления случайной величины X в каждом частичном интервале (n_i), относительную частоту и плотность относительной частоты (y_i).

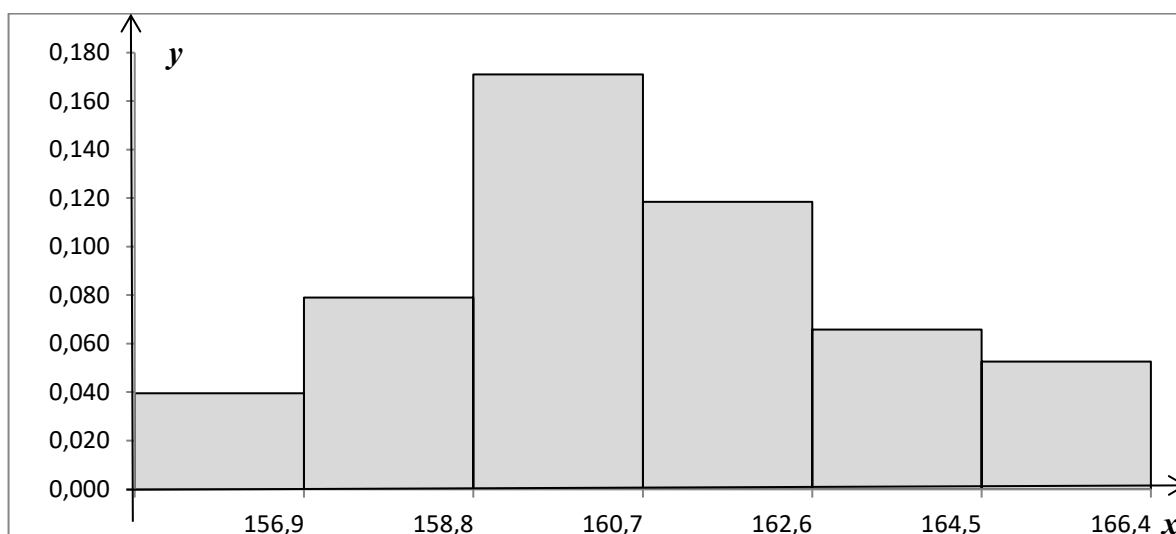


Рис. 2.6 – Гистограмма распределения экспериментальных данных

В дальнейшем на основе полученных данных вычисляли характеристики: среднее выборочное: $\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \cdot n_i = 160,31$ кН; выборочную дисперсию:

$$D_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i^2 \cdot n_i - (\bar{x}_g)^2 = 6,73 \text{ кН}^2; \text{ исправленную выборочную дисперсию}$$

$$S^2 = \frac{n-1}{n} \cdot D_g = 6,56 \text{ кН}^2; \text{ исправленное выборочное среднее квадратичное отклонение: } s = \sqrt{S^2} = 2,56 \text{ кН.}$$

По виду гистограммы относительных частот (см. рис. 2.6) выдвигаем нулевую гипотезу (H_0) о подчинении случайной величины X (разрывная нагрузка геополотна при растяжении в продольном направлении) нормальному закону распределения с параметрами $a = 160,31$ кН и $\sigma = 2,56$ кН, а именно, теоретический закон в виде $f(x) = \frac{1}{2,56\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-160,31)^2}{2 \cdot 2,56^2}}$ соответствует данному эмпирическому распределению (рис. 2.6).

С целью проверки нулевой гипотезы используем критерий согласия Шапиро-Уилка [32] при уровне значимости $\alpha = 0,01$. Данный критерий является наиболее приемлемым для обработки заданной случайной величины, так число испытаний незначительно ($n=40$). Кроме того, изучение мощности критерия Шапиро-Уилка [40] показало, что это один из наиболее эффективных критериев проверки нормальности распределения случайных величин. Статистика критерия имеет вид:

$$W = \frac{n}{D_g} \left[\sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2, \quad (2.8)$$

где коэффициенты a_{n-i+1} берутся из таблицы [37], $k = \left[\frac{n}{2} \right]$ – целая часть.

Критические точки критерия $W(\alpha)$ рассчитываются по таблице [32] в зависимости от уровня значимости α и числа испытаний n . Если $W > W(\alpha)$, то нулевая гипотеза нормальности распределения принимается. Приближенную вероятность получения эмпирического значения W при H_0 можно вычислить по формуле:

$$z = \gamma + \eta \ln\left(\frac{W - \varepsilon}{1 - W}\right), \quad (2.9)$$

где γ , η , ε – коэффициенты, приведенные в [32].

Рассчитаем наблюдаемое значение критерия Шапиро-Уилка по формуле (2.8). Все вычисления представлены в табл.2.22.

Таблица 2.22 – Расчет наблюдаемого значения критерия Шапиро-Уилка

i	x_i	x_{n-i+1}	$x_{n-i+1} - x_i$	a_{n-i+1}	$a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$
1	155,112	166,214	11,102	0,3964	4,4008
2	156,135	165,258	9,123	0,2737	2,4970
3	156,213	165,129	8,916	0,2368	2,1113
...
18	159,874	160,214	0,340	0,0244	0,0083
19	160,005	160,214	0,209	0,0146	0,0031
20	160,014	160,078	0,064	0,0049	0,0003
Сумма					16,1989

Тогда $\left[\sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \right]^2 = 262,403$, а наблюдаемое значение критерия

$W = \frac{262,403}{40 \cdot 6,73} = 0,975$. По таблице критических точек критерия для $n = 40$ и $\alpha = 0,01$

находим $W(\alpha) = 0,919$. Так как $W > W(\alpha)$, то принимаем гипотезу о нормальном распределении случайной величины X – разрывной нагрузка геополотна при растяжении в продольном направлении.

Вычислим точную вероятность получения значения $W = 0,975$ при условии справедливости нулевой гипотезы. Из таблицы [32] для $n = 40$ находим $\gamma = - 6,961$, $\eta = 2,075$, $\varepsilon = 0,1612$. По формуле (2.9) получаем $z = 0,25$, а соответствующая этой квантили стандартного нормального распределения вероятность $\Phi(0,25) \approx 0,6$, что существенно превышает принятый уровень значимости $\alpha = 0,01$, что позволяет уверенно принять нулевую гипотезу нормальности.

Заключительной операцией при установлении нормативного значения исследуемого показателя качества является определение его соответствующих доверительных границ.

Доверительный интервал для полученного нормативного значения X_g осуществляем по формуле:

$$\bar{x}_g - t_\gamma \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} < X_g < \bar{x}_g + t_\gamma \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}. \quad (2.10)$$

Для заданной надежности 0,99 и числа степеней свободы $n = 40$ по таблице значений критерия Стьюдента [66] найдем значение $t_\gamma = t_\gamma(0,99; 40) = 2,71$; тогда границы доверительного интервала соответственно равны: $160,31 - 2,71 \cdot \frac{2,56}{\sqrt{40}} = 159,21$ и $160,31 + 2,71 \cdot \frac{2,56}{\sqrt{40}} = 161,41$, то есть с вероятностью 0,99 нормативное значение разрывной нагрузки тканого геополотна при растяжении его в продольном направлении находится в интервале (159,21; 161,41) кН.

Аналогичную статистическую обработку для данного показателя качества проводили и для результатов испытания образцов в поперечном направлении геополотна. В итоге получили, что с $P = 0,99$ среднее значение прочности геополотна при растяжении в поперечном направлении находится в интервале (90,54; 91,94) кН.

Необходимо иметь в виду, что при заданной $P = 0,99$ получают максимальные (истинные) доверительные границы распределения. При необходимости уменьшения вероятности до $P = 0,95$ (наиболее часто используемый уровень надежности при установлении нормативных значений показателей качества) происходит сужение доверительного интервала, что вносит погрешность в установление доверительных границ.

2.7. Определение нормативных значений показателей качества с использованием метода интерполяции

Показатели качества (технические характеристики) производимой предприятием продукции содержатся в технических условиях на данную продукцию, которые, чаще всего, представлены соответствующим стандартом организации. В

этом же документе указаны нормативные значения показателей качества, обеспечивающие требуемый уровень качества продукции.

Для реализации производимой продукции предприятие должно постоянно расширять или обновлять её ассортимент и, следовательно, корректировать установленные ранее нормативные значения показателей качества для поддержания конкурентоспособности продукции [67].

Научные и методические основы установления конкурентоспособных нормативных значений показателей качества производимой текстильной продукции постоянно совершенствуются [68, 69] и зависят от вида материала, способа его производства, весомости отдельно взятого показателя качества в комплексной оценке [70, 71, 72] и других факторов. Одним из дополнительных путей проведения этой работы может быть прогнозирование нормативных значений путём экстраполяции уже имеющихся на предприятии данных, для чего необходимо разработать соответствующую методику.

При проведении исследований воспользовались базой данных по имеющимся нормативным значениям определяющих показателей качества нетканого геотекстильного материала торговой марки «ЭМИТЕКС», выработанного иглопробивным способом с применением полиэфирных волокон и производимого предприятием ООО «ЭМИЛИ Групп» (г. Москва), а именно, по показателям прочности при испытании материала на растяжение [73]. При аналитическом исследовании решаемой проблемы воспользовались методом экстраполяции исходных данных [36].

Предприятие производит широкий ассортимент нетканых материалов различной поверхностной плотности, по которым в технических условиях на определённый вид материала установлены нормативные значения по определяющим единичным показателям качества. Для класса геотекстильных полотен, вырабатываемых на предприятии из химических (полиэфирных) волокон, также установлены соответствующие нормативные значения по показателям качества, которые для характеристик прочности при деформации на растяжение приведены в табл. 2.23.

Таблица 2.23 – Результаты значений показателей качества

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Прочность при растяжении в продольном направлении, кН/м ²	1,5	3,0	4,8	7,0	9,8	13,1
Прочность при растяжении в поперечном направлении, кН/м ²	2,1	4,2	7,5	11,0	14,3	18,0

Примечание: для данного показателя качества приведены минимально допустимые нормативные значения.

Для установления промежуточных значений по показателям прочности в интервалах уже известных нормативных значений поверхностной плотности, а также за их пределами по минимальному и максимальному значениям, воспользуемся методом экстраполяции исходных данных [36], а именно между поверхностной плотностью (x) и прочностью при растяжении нетканого геотекстильного материала в продольном (поперечном) направлении (y). Первоначально рассмотрим случай прогнозирования нормативных значений, которые не входят в диапазон имеющихся значений.

Пусть в точках x_0, x_1, \dots таких, что $a \leq x_0 < \dots$, известны значения функции $y = f(x)$. Удобным методом экстраполирования является полином Ньютона [36]:

$$P_n(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{h}(x - x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2! \cdot h^2}(x - x_0)(x - x_1) + \frac{\Delta^3 y_0}{3! \cdot h^3}(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n! \cdot h^n}(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1}), \quad (2.11)$$

где $h = x_{i+1} - x_i$ – выбранный шаг, $\Delta^k y_i = \Delta^{k-1} y_{i+1} - \Delta^{k-1} y_i$ – конечная разность k -го порядка.

Предположим, что прочность при деформации растяжения в продольном направлении (y) исследуемого материала функционально зависит от его поверхностной плотности (x), и эта зависимость задана рядом числовых значений (см. данные таблицы 2.29). Определим значение прочности при деформации растяжения в продольном направлении при условии, если поверхностная плотность равна $x = 0,05$ кг/м² (меньше нижнего предела). Для этого рассчитаем конечные разности по формуле $\Delta^k y_i = \Delta^{k-1} y_i - \Delta^{k-1} y_{i-1}$ и поместим их в табл. 2.24.

Таблица 2.24 – Результаты промежуточных расчётов

i	x_i	y_i	Δy_i	$\Delta^2 y_i$	$\Delta^3 y_i$	$\Delta^4 y_i$	$\Delta^5 y_i$
0	0,1	1,5	1,5	0,3	0,1	0,1	- 0,4
1	0,2	3,0	1,8	0,4	0,2	- 0,3	
2	0,3	4,8	2,2	0,6	- 0,1		
3	0,4	7,0	2,8	0,5			
4	0,5	9,8	3,3				
5	0,6	13,1					

Построим полином Ньютона четвёртой степени, т. е. в формуле (2.11) полагаем, что $n = 4$. Все вычисления производим в программном пакете MathCad (рис. 2.7), где в итоге получаем полином в виде $P_4(x) = 41,67x^4 - 25,00x^3 + 19,58x^2 + 10,25x + 0,30$. Тогда при заданной поверхностной плотности $x = 0,05$ кг/м² прочность y при деформации растяжения в продольном направлении равна $y = 0,9$ кН/м².

Для оценки погрешности полученного результата в точке (x') воспользуемся выражением:

$$R_n(x') \leq \frac{\Pi_{n+1}(x') \cdot |\Delta^{n+1} y_0|}{h^{n+1} \cdot (n+1)!}, \quad (2.12)$$

где $\Pi_{n+1}(x') = (x_0 - x')(x_1 - x') \cdot \dots \cdot (x_n - x')$.

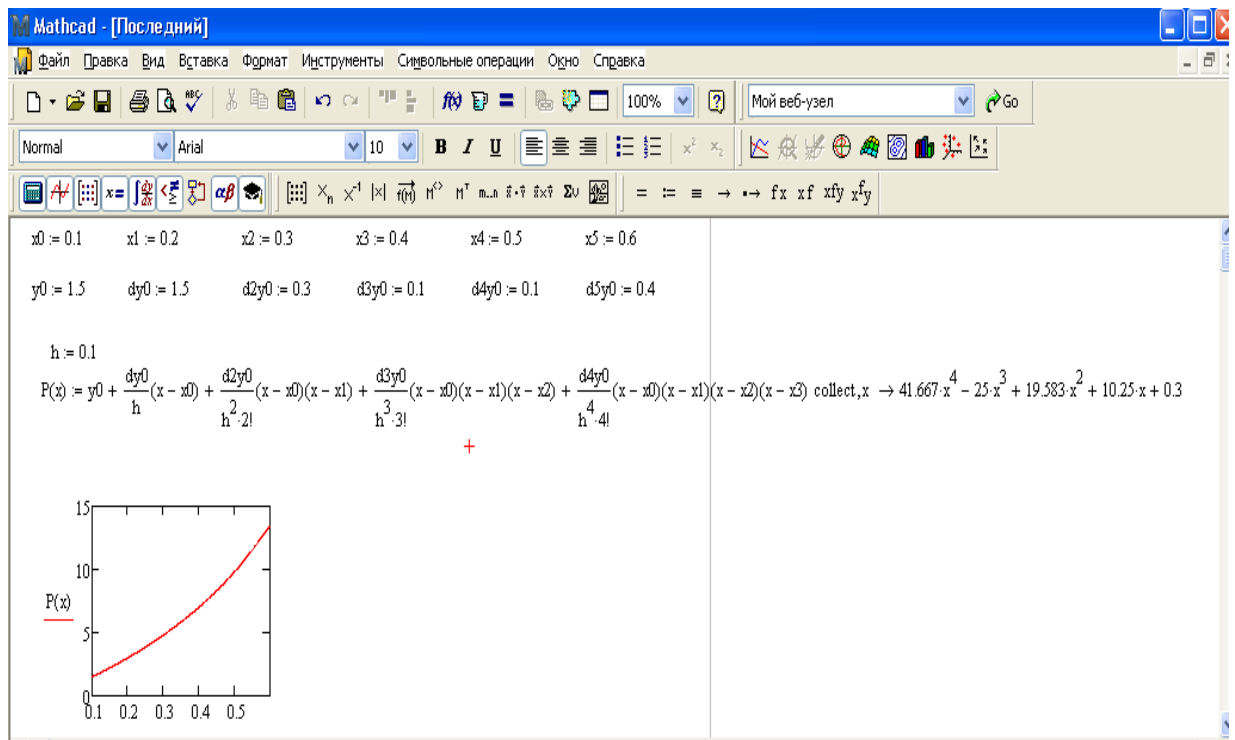


Рис. 2.7 – Построение интерполяционного полинома

В результате получаем:

$$P_5(x') = (0.1 - 0.05)(0.2 - 0.05)(0.3 - 0.05)(0.4 - 0.05)(0.5 - 0.05) = 0,00029531;$$

$$R_4(0,05) \leq \frac{0.00029531 \cdot 0.4}{0,1^5 \cdot 5!} = 0,098 \leq 0,1, \text{ т.е. метод экстраполяции исходных дан-}$$

ных для выбранного диапазона позволяет устанавливать значения прочности при деформации растяжения в продольном направлении с абсолютной погрешностью порядка 0,1 кН/м² (относительной погрешностью порядка 10 %), что является вполне приемлемым результатом при решении задачи прогнозирования неизвестных значений.

Аналогично определим прочность при деформации растяжения в продольном направлении при условии, если поверхностная плотность равна $x = 0,65$ кг/м² (большее верхнего предела), а также в текущих интервалах исследуемого диапазона нормативных значений поверхностной плотности нетканого геотекстильного материала. При заданной поверхностной плотности $x = 0,65$ кг/м² прочность y при деформации растяжения в продольном направлении равна $y = 17,8$ кН/м².

В табл. 2.25 представлены расчётные (прогнозируемые (П)) и фактические (Ф) нормативные значения показателей прочности, которые указаны в соответствующих технических условиях на рассматриваемый геотекстильный материал. Их анализ показывает, что отдельные фактические нормативные значения могут быть скорректированы в соответствии с расчётными значениями. При этом могут быть учтены особенности строения и свойства самих геотекстильных материалов [74, 75].

Таблица 2.25 – Прогнозируемые и фактические нормативные значения ЕПК

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²									
	0,15		0,25		0,35		0,45		0,55	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
Прочность при растяжении в продольном направлении, кН/м ²	2,2	1,9	3,8	3,6	5,8	5,5	8,3	10,0	11,5	13,5
Прочность при растяжении в поперечном направлении, кН/м ²	2,9	2,5	5,7	5,9	9,2	9,6	12,7	13,0	15,9	17,0

2.8. Определение нормативных значений показателей качества методами линейного корреляционно-регрессионного анализа

В соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ Р 56564-2015 [76] для производимой российскими предприятиями продукции необходимо при проведении добровольной сертификации в рамках «Системы подтверждения качества российской продукции» (далее «Система») формировать нормативную базу данных для оценки её качества. В нормативную базу «Системы» вносятся требования к произведённой продукции по четырём критериям, один из которых представляет требования, необходимые для определения продукции повышенного качества. Данный критерий состоит из наименования продукции, определяющего (ключевого) показателя качества и его численного значения.

Для формирования гипотетического (виртуального) образца [76], обладающего свойствами конкурентоспособного изделия, сравнение с которым и дает ос-

нование относить произведённую продукцию к категории повышенного качества, рекомендуется осуществлять на основе анализа уровня качества однотипной продукции ведущих производителей. Необходимо также отметить, что методики установления объективных нормативных значений показателей качества текстильной продукции постоянно совершенствуются [23, 45, 69, 70, 72, 77, 78, 79], но в данном случае решается проблема определения базовых значений показателей качества именно конкурентоспособной геотекстильной продукции.

Для предметного исследования выбрана геотекстильная продукция торговой марки «Дорнит» [80], которая является экологически безопасным нетканым материалом, произведённым иглопробивным способом с применением полиэфирных волокон, обеспечивающих его высокие физико-механические свойства и универсальность применения в различных областях строительства. Основными свойствами данного материала являются прочность и упругость, которые позволяют ему противостоять значительным деформационным нагрузкам.

Для выбранного вида геотекстильных нетканых полотен в технических условиях промышленных предприятий установлены соответствующие нормативные значения по показателям качества, которые для характеристик прочности при деформации на растяжение как в продольном, так и поперечном направлениях, приведены в табл. 2.26.

Таблица 2.26 – Значения разрывной нагрузки нетканого геополотна

Предприятие	Значения разрывной нагрузки (по длине/по ширине) в кН/м при поверхностной плотности геополотна, г/м ²					
	100	200	300	400	500	600
1. ООО «МЕАПЛАСТ» (Москва)	-	5,0/5,5	8,8/9,0	11,0/13,0	16,0/16,0	20,0/20,0
2. ООО «ЭМИЛИ Групп» (Ниж. Новгород)	1,5/2,1	3,0/4,0	4,6/7,9	7,0/11,0	11,0/15,0	14,0/18,0
3. ООО «НИПРОМТЕКС» (Курская обл.)	3,0/3,0	6,0/7,0	10,0/11,0	12,0/13,0	16,0/18,0	18,0/20,0
4. ООО «РосПромГео» (Нижний Новгород)	3,0/2,7	8,0/6,0	11,0/8,0	16,0/13,0	22,0/16,0	25,0/20,0
5. ООО «Армпласт-ГЕО» (Московская область)	1,9/1,5	4,0/3,2	5,5/4,4	10,5/8,4	14,0/11,2	17,5/14,0
6. ООО «ГЕОПОЛИТЕКС» (Москва)	2,8/2,9	5,5/5,7	8,8/9,0	13,1/13,2	16,0/16,3	20,0/20,5

При аналитическом исследовании решаемой проблемы воспользовались методом аппроксимации исходных данных [36].

Для каждого предприятия ищем линейное уравнение регрессии в виде $Y = aX + b$. С этой целью воспользуемся надстройкой «Анализ данных. Регрессия» в MS Excel (рис.2.8). Для каждого из уравнений были вычислены коэффициент корреляции и коэффициент детерминации. Например, для предприятия ООО «ЭМИЛИ Групп» коэффициент корреляции между поверхностной плотностью и разрывной нагрузкой по длине $r_{xy} = 0,982$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,966$. Также проведена проверка статистической значимости как коэффициентов корреляции и детерминации, так и параметров уравнения регрессии.

Вывод итогов					
Регрессионная статистика					
Множественный коэффициент корреляции	0,982861				
R-квадрат	0,966015				
Нормированный коэффициент корреляции	0,957519				
Стандартная ошибка	0,996494				
Наблюдения	6				
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	112,903	112,903	113,6989	0,000438121
Остаток	4	3,972	0,993		
Итого	5	116,875			
Коэффициенты регрессии					
	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-Значение	Верхние 95%	Нижние 95%
Y-пересек	-2,04	0,927685	-2,19902	0,092754	0,5356673
Переменная	0,0254	0,002382	10,66297	0,000438	0,018786297
				0,0320137	0,018786297

Рис. 2.8. – Анализ данных с помощью надстройки «Регрессия»

В результате получили семейство уравнений регрессии, представленные в табл. 2.27, где, в дальнейшем, по каждому показателю качества находили усредняющую функцию, вычислив предварительно её коэффициенты как среднее арифметическое значение коэффициентов всех отдельных функций. Далее для выполнения условия в соответствии с требованиями ГОСТ Р 56564-2015 [76] в направлении определения продукции в категории повышенного качества для каждого предприятия строили обобщенный показатель качества ($Y_{об}^i$) как среднее значение функции регрессии и сравнивали его с обобщенным показателем качества для усредняющей функции $Y_{об}^*$ по следующей шкале порядка: если $Y_{об}^i > Y_{об}^*$, то считают качество производимой продукции высоким; если $Y_{об}^* - 1 < Y_{об}^i \leq Y_{об}^*$, то

выделяют категорию приемлемого качества; в противном случае устанавливают категорию неприемлемого качества.

Таблица 2.27 – Функциональные зависимости показателей качества

Предприятие	Функциональные зависимости показателей качества (Y_1 , Y_2) от поверхностной плотности (X)			Категория качества
		Y_2	$Y_{об}$, кН/м	
1	$Y_1 = 0,037X - 2,720$	$Y_2 = 0,036X - 1,700$	9,82	приемлемое
2	$Y_1 = 0,025X - 2,040$	$Y_2 = 0,033X - 1,893$	8,25	неприемлемое
3	$Y_1 = 0,031X + 0,133$	$Y_2 = 0,034X$	11,42	высокое
4	$Y_1 = 0,045X - 1,533$	$Y_2 = 0,035X - 1,200$	12,56	высокое
5	$Y_1 = 0,032X - 2,400$	$Y_2 = 0,026X - 1,933$	8,01	неприемлемое
6	$Y_1 = 0,035X - 1,147$	$Y_2 = 0,035X - 1,133$	11,15	приемлемое
Усредняющая функция	$Y_1 = 0,034X - 1,618$	$Y_2 = 0,033X - 1,310$	10,33	

Графики функций представлены на рис. 2.9 (изображение приведено в увеличенном масштабе для большей наглядности).

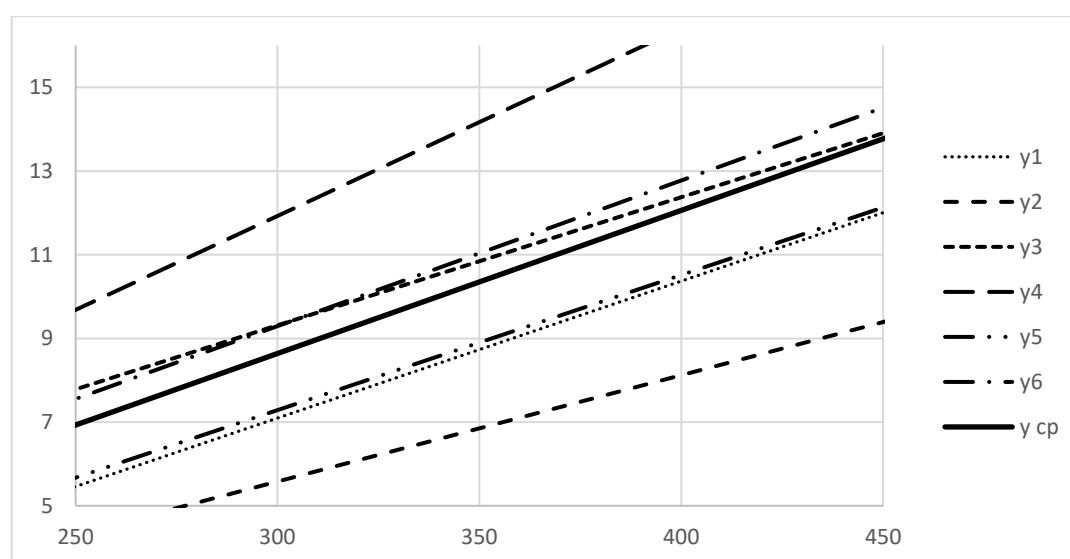


Рис. 2.9 – Уравнения регрессии между поверхностной плотностью и разрывной нагрузкой по длине для каждого исследуемого предприятия

Предложенная методика с применением регрессионного анализа для установления категории качества продукции с применением шкалы порядка [82] обеспечит предприятиям по производству геотекстильных материалов установление фактического уровня качества изготавливаемой ими продукции относительно конкурентоспособного (гипотетического) образца при проведении процедуры подтверждения соответствия в форме добровольной сертификации.

2.9. Совершенствование процесса нормирования единичных показателей качества геотекстильных материалов при помощи построения аппроксимирующей функции

Для поддержания и дальнейшего повышения конкурентоспособности производимой продукции предприятия, изготавливающие геотекстильные материалы должны постоянно расширять или обновлять ассортимент и, следовательно, корректировать установленные ранее нормативные значения показателей качества. Научные и методические основы установления конкурентоспособных нормативных значений показателей качества производимой текстильной продукции постоянно совершенствуются [69, 82] и зависят от вида химических волокон в конечном материале, способа его производства, весомости отдельного показателя качества в комплексной оценке [70, 71, 83, 84] и других факторов.

Одним из дополнительных путей по установлению конкурентных нормативных значений показателей качества может быть их прогнозирование путём аппроксимации уже имеющихся на предприятии данных, для чего необходимо разработать соответствующую методику.

Для предметного исследования выбрана продукция торговой марки «Дорнит» [73], которая является экологически безопасным нетканым материалом, произведённым из полиэфирных волокон, обеспечивающих его высокие физико-механические свойства и универсальность применения в различных областях строительства. Данный материал обладает высокой стойкостью к различным химическим соединениям (щелочам, кислотам), морозоустойчив, не подвержен гниению, а также воздействию грибков и плесени. Основными свойствами данного материала являются упругость и прочность, позволяющими ему противостоять значительным деформационным нагрузкам.

В работе использована база данных по имеющимся нормативным значениям определяющих показателей качества нетканого геотекстильного материала, выработанного иглопробивным способом с применением полиэфирных волокон и производимого предприятием ООО «ЭМИЛИ Групп» (г. Москва), а именно, по

показателям удлинения при испытании полотна на растяжение как в продольном, так и поперечном направлениях [73]. Необходимо отметить, что иглопробивной способ производства материала обладает определённым недостатком, т.к. нетканый материал имеет более низкие значения показателей по прочности в сравнении с термическим способом скрепления волокон в полотне, но зато по показателям водопроницаемости у данного материала имеются преимущества ввиду того, что влага проходит как в продольном, так и в поперечном направлениях полотна. По этой причине материал используется для укладки в тяжелых грунтах (суглинках, глинах), которые плохо отводят влагу.

При аналитическом исследовании решаемой проблемы воспользовались методом аппроксимации исходных данных [32, 33, 34].

Для класса геотекстильных полотен, вырабатываемых на предприятии из полиэфирных волокон, в технических условиях установлены соответствующие нормативные значения по показателям качества, которые для характеристик удлинения при деформации на растяжение приведены в табл. 2.28.

Таблица 2.28 – Значения показателей деформации нетканого полотна из полиэфирных волокон

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Относительное удлинение при растяжении в продольном направлении, %	60	155	140	120	110	105
Относительное удлинение при растяжении в поперечном направлении, %	75	150	135	115	100	95

Примечание: для данного показателя качества приведены минимально допустимые нормативные значения.

С целью установления промежуточных значений единичных показателей качества использовали метод аппроксимации данных [32, 33], а именно между поверхностной плотностью (x) и относительным удлинением (y) при растяжении полотна в продольном направлении.

Для определения вида зависимости между исследуемыми признаками строили поле корреляции (рис. 2.10).

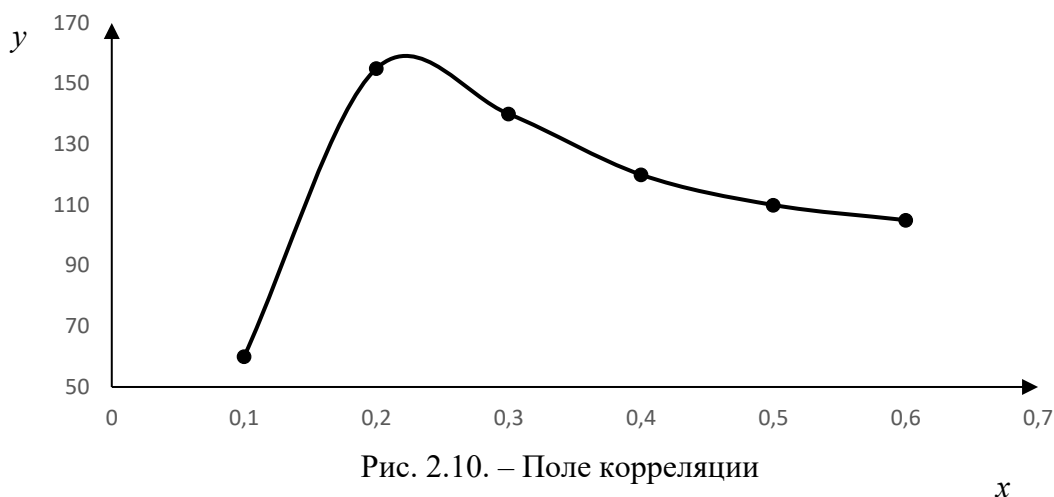


Рис. 2.10. – Поле корреляции

Анализ кривой, приведённой на рис. 2.10, показывает, что корреляционную зависимость между поверхностной плотностью и относительным удлинением при растяжении полотна в продольном направлении, можно представить кубической функцией вида

$$\hat{y} = ax^3 + bx^2 + cx + d. \quad (2.13)$$

Далее находили параметры уравнения регрессии (2.13) с использованием метода наименьших квадратов [34, 35]. Все необходимые вычисления представлены в табл. 2.29.

Таблица 2.29 – Результаты промежуточных вычислений

<i>i</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>xy</i>	<i>x</i> ²	<i>x</i> ² <i>y</i>	<i>x</i> ³	<i>x</i> ⁴	<i>x</i> ⁵	<i>x</i> ⁶	<i>x</i> ³ <i>y</i>
1	0,1	60	6	0,01	0,6	0,001	0,0001	0,0000	0,0000	0,06
2	0,2	155	31	0,04	6,2	0,008	0,0016	0,0003	0,0001	1,24
3	0,3	140	42	0,09	12,6	0,027	0,0081	0,0024	0,0007	3,78
4	0,4	120	48	0,16	19,2	0,064	0,0256	0,0102	0,0041	7,68
5	0,5	110	55	0,25	27,5	0,125	0,0625	0,0313	0,0156	13,75
6	0,6	105	63	0,36	37,8	0,216	0,1296	0,0778	0,0467	22,68
Σ	2,1	690	245	0,91	103,9	0,441	0,2275	0,1220	0,0672	49,19

На следующем этапе решали систему уравнений вида:

$$\begin{cases} a \cdot \sum x_i^6 + b \cdot \sum x_i^5 + c \cdot \sum x_i^4 + d \cdot \sum x_i^3 = \sum x_i^3 \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^5 + b \cdot \sum x_i^4 + c \cdot \sum x_i^3 + d \cdot \sum x_i^2 = \sum x_i^2 \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^4 + b \cdot \sum x_i^3 + c \cdot \sum x_i^2 + d \cdot \sum x_i = \sum x_i \cdot y_i, \\ a \cdot \sum x_i^3 + b \cdot \sum x_i^2 + c \cdot \sum x_i + d \cdot n = \sum y_i, \end{cases} \quad (2.14)$$

В итоге получено уравнение регрессии с числовыми коэффициентами:

$$\hat{y} = 5740,74x^3 - 6884,92x^2 + 2439,82x - 116,67. \quad (2.15)$$

Для оценки адекватности уравнения (2.15) вычислен коэффициент детерминации R^2 . Промежуточные результаты представлены в табл. 2.30.

Таблица 2.30 – Результаты промежуточных вычислений

i	x	y	\hat{y}	$(y - \hat{y})^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	0,1	60	64,2063	17,6934	3025
2	0,2	155	141,8254	173,5702	1600
3	0,3	140	150,6349	113,1015	625
4	0,4	120	125,0794	25,7999	25
5	0,5	110	99,6032	108,0940	25
6	0,6	105	108,6508	13,3283	100
Σ	2,1	690	-	451,59	5400

Отмечаем, что \hat{y} вычисляли по формуле (2.15), а $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = \frac{690}{6} = 115$ учитывали, как среднее значение результативного признака.

В результате имеем $R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} = 1 - \frac{451,59}{5400} = 0,9164$, а далее по критерию

Фишера проверяли значимость коэффициента детерминации и уравнения регрессии в целом. Наблюдаемое значение критерия оценено в виде:

$$F_{набл} = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,9164}{1 - 0,9164} \cdot \frac{6 - 2 - 1}{2} = 16,44.$$

По таблице распределения Фишера-Снедекора [66] найдено критическое значение критерия: $F_{кр}(\alpha = 0,05; k_1 = m; k_2 = n - m - 1) = 4,45$. Так как $F_{набл} > F_{кр}$, то признается статистическая значимость коэффициента детерминации с вероятностью 0,95. Следовательно, полученная регрессионная модель пригодна для прогноза текущих значений показателей качества. Например, при заданной поверхностной плотности $x' = 0,25$ кг/м² относительное удлинение при деформации растяжения в продольном направлении нетканого полотна из полиэфирных волокон равно 64,21 кН/м².

Аналогичным образом установлена взаимосвязь между поверхностной плотностью и относительном удлинении при растяжении полотна в поперечном направлении. В итоге получили уравнение регрессии в виде:

$$\hat{y} = 5138,89x^3 - 6154,76x^2 + 2147,42x - 85, \quad (2.16)$$

используя которое вычисляли прогнозируемые нормативные значения относительного удлинения при растяжении полотна в поперечном направлении.

В табл. 2.31 представлены расчётные (прогнозируемые (П)) и фактические (Ф) нормативные значения показателей деформации, которые указаны в соответствующих технических условиях на рассматриваемое нетканое полотно из полиэфирных волокон. Их анализ показывает, что отдельные фактические нормативные значения могут быть скорректированы в соответствии с расчётными значениями. При этом могут быть учтены особенности строения и свойства как самих нетканых материалов, так и химических волокон [75, 85].

Таблица 2.31 – Прогнозируемые и фактические нормативные значения показателей деформации нетканого полотна из полиэфирных волокон

Показатель качества	Поверхностная плотность, кг/м ²									
	0,15		0,25		0,35		0,45		0,55	
	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф	П	Ф
Относительное удлинение при растяжении в продольном направлении, % (не менее)	64	130	142	140	151	140	125	125	100	115
Относительное удлинение при растяжении в поперечном направлении, % (не менее)	72	130	142	135	143	135	114	115	94	110

2.10. Информатизация процесса проектирования качества геотекстильных материалов

Для информатизации процесса проектирования качества технического текстиля с учётом использования их в различных видах строительных материалов и изделий была создана специальная компьютерная программа [86] (язык программирования Python 3.11) в соответствии с алгоритмом, представленном на рис 2.1. Итоговое окно программы показано на рис. 2.11.

АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ГТМ

Данные

Строительные изделия: Автомобильные дороги
 Объекты проектирования: Нетканое геополотно
 Выполняемые функции: Армирование; Разделение
 Технологические воздействия: Усилие на растяжение

Группа свойств: Надежности
 Отдельные свойства: удлинение(по ширине); Прочность при ударе
 Показатели качества: эрине, %; Показатель ударной прочности, мм

Подтвердить

Значения показателей качества

	Разрывная нагрузка по длине, кН/м	Разрывная нагрузка по ширине, кН/м	Относительное удлинение при разрыве по длине, %	Относительное удлинение при разрыве по ширине, %	Показатель ударной прочности, мм
Нормативные	11	12	100	100	16
Расчётные	10	11	95	90	15
Значимость	0.32	0.29	0.14	0.12	0.13

Расчитать

Расчёт обобщённого показателя качества

0.91961742424243

Сброс показаний

Рис. 2.11 – Итоговое окно компьютерной программы проектирования качества ГТМ

Листинг программы приведён в разделе приложений (П2).

Дополнительно к основной программе разработана подпрограмма установления взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него, итоговое окно которой приведено на рис. 2.4, а листинг в приложении П1.

2.11. Выделение и обсуждение новых результатов по главе

1. В соответствии с предложенной методологией разработан обобщённый алгоритм проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов с учётом выполняемых ими функций в строительных изделиях, где основными операциями являются:

- установление выполняемых функций ГТМ в строительном изделии;
- определение видов технологического воздействия на ГТМ со стороны строительного изделия;
- выделение определяющих свойств ГТМ;

- определение количественных показателей определяющих свойств ГТМ;
- придание количественным показателям статуса ЕПК;
- формирование нормативных значений ЕПК;
- расчёт комплексного показателя качества.

2. С использованием экспертного метода анализа иерархий установлена взаимосвязь между выполняемыми функциями геотекстильного нетканого полотна и технологическими воздействиями на них. В результате выделен ранжированный ряд технологических воздействий на нетканое геополотно: воздействие влаги, осевая нагрузка, влияние микроорганизмов, усилие растяжения, влияние агрессивных сред и изменение температуры. Для автоматизации данного процесса разработана программа установления взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него на языке Python 3.11.

3. Предложены варианты формирования базы данных по видам технологического воздействия на ГТМ, группам предметным и функциональным свойств, отдельных свойств и их количественным показателям. Сформированная база данных, в т.ч. с применением нейронных сетей, позволит более достоверно установить номенклатуру показателей качества.

4. Установлена рациональная номенклатуры показателей качества нетканого ГТМ с учётом его эксплуатационной принадлежности при строительстве автомобильных дорог.

5. Предложена методика установления нормативных значений для основного показателя качества по прочности (разрывной нагрузки при деформации на растяжение как в продольном, так и в поперечном направлениях) на основе проведённых экспериментальных исследований тканого геополотна, выработанного на новом отечественном ткацком станке СТБУ-540-1.

6. При формировании нового ассортимента ГТМ предложена и исследована новая методика прогнозирования нормативных значений показателей качества, которая позволяет с учетом прежней ассортиментной линейки ГТМ с использова-

нием методов экстраполяции установить необходимые для производственного процесса нормативные значения по выделенному показателю качества.

7. Для определения нормативных значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции предложена соответствующая методика с применением регрессионного анализа для установления как недостающих значений показателей качества, так и установления категории качества производимой продукции с использованием шкалы порядка, основанная на анализе нормативных данных по показателям качества производимых однотипную продукцию промышленными предприятиями. Данная методика обеспечит промышленным предприятиям установление фактического уровня качества производимой ими продукции относительно конкурентоспособного (гипотетического) образца при проведении процедуры подтверждения соответствия в форме добровольной сертификации.

8. Для информатизации процесса проектирования качества геотекстильных материалов создана компьютерная программа, листинг которой прошел регистрацию в ФИПС (свидетельство № 2023612360 от 01.02.23).

9. В определении направления дальнейшего исследования по нормативному обеспечению качества производимой продукции в документе [76] рекомендовано инициировать разработку соответствующего стандарта (при его отсутствии) на установление категории качества.

ГЛАВА 3

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Обоснование и формирование алгоритма комплексной оценки качества геотекстильных материалов на основе приоритетности групп показателей качества

При контроле качества готовых изделий технического текстиля остаётся ещё не решённой проблема их комплексной оценки. Например, существующая методика [18] оценки качества геотекстильных материалов, а также волокнистых теплоизоляционных материалов, основана на выделении номенклатуры показателей качества (X_i), их измерении (x_i) и сравнении с нормативными значениями $\|x_i\|$. В формализованном виде данная процедура выглядит следующим образом:

$$\Delta x_i = |x_i - \|x_i\||$$

При $\Delta x_i \leq \Delta x_i^{don}$ – соответствует требуемому уровню качества; $\Delta x_i > \Delta x_i^{don}$ – не соответствует требуемому уровню качества, где Δx_i^{don} – допустимое согласно нормативному документу отличие между нормативным и расчетным значениями показателя качества. На основании соответствия фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества готовой продукции. Данный подход имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что отсутствуют рекомендации по общей оценке качества готовой продукции в случае, если по одному или нескольким показателям качества идет снижение фактических значений относительно их нормативных значений. В отличие от оценки качества текстильных материалов и изделий бытового назначения, согласно существующими стандартам (например, ГОСТ 161-86, ГОСТ 187-85, ГОСТ 358-82) для комплексной оценки [79, 87] осуществляется выделение градации качества (сорт) и установление его уровней. При этом особен-

ностью существующей методологии является одновременная оценка качества как по физико-механическим показателям, так и по выявленным дефектам.

Одним из направлений по совершенствованию методики оценки качества геотекстильной продукции является подход [44, 88], основанный на группировке по выделенным признакам показателей качества, установлении приоритетности определённых групп показателей качества с нахождением их обобщённой оценки, и принятия промежуточного решения по качеству продукции, что позволяет существенно упростить и сократить время на саму процедуру контроля качества.

Новая методика оценки качества геотекстильных материалов, основанная на анализе нормативных документов [19], включает в себя в частности выделение групп свойств (назначения, надёжности, эксплуатационные, безопасности и экологичности), формирование номенклатуры свойств и ранжирование по группам (рис. 3.1).



Рис. 3.1 – Предлагаемая методология оценки качества ГТМ

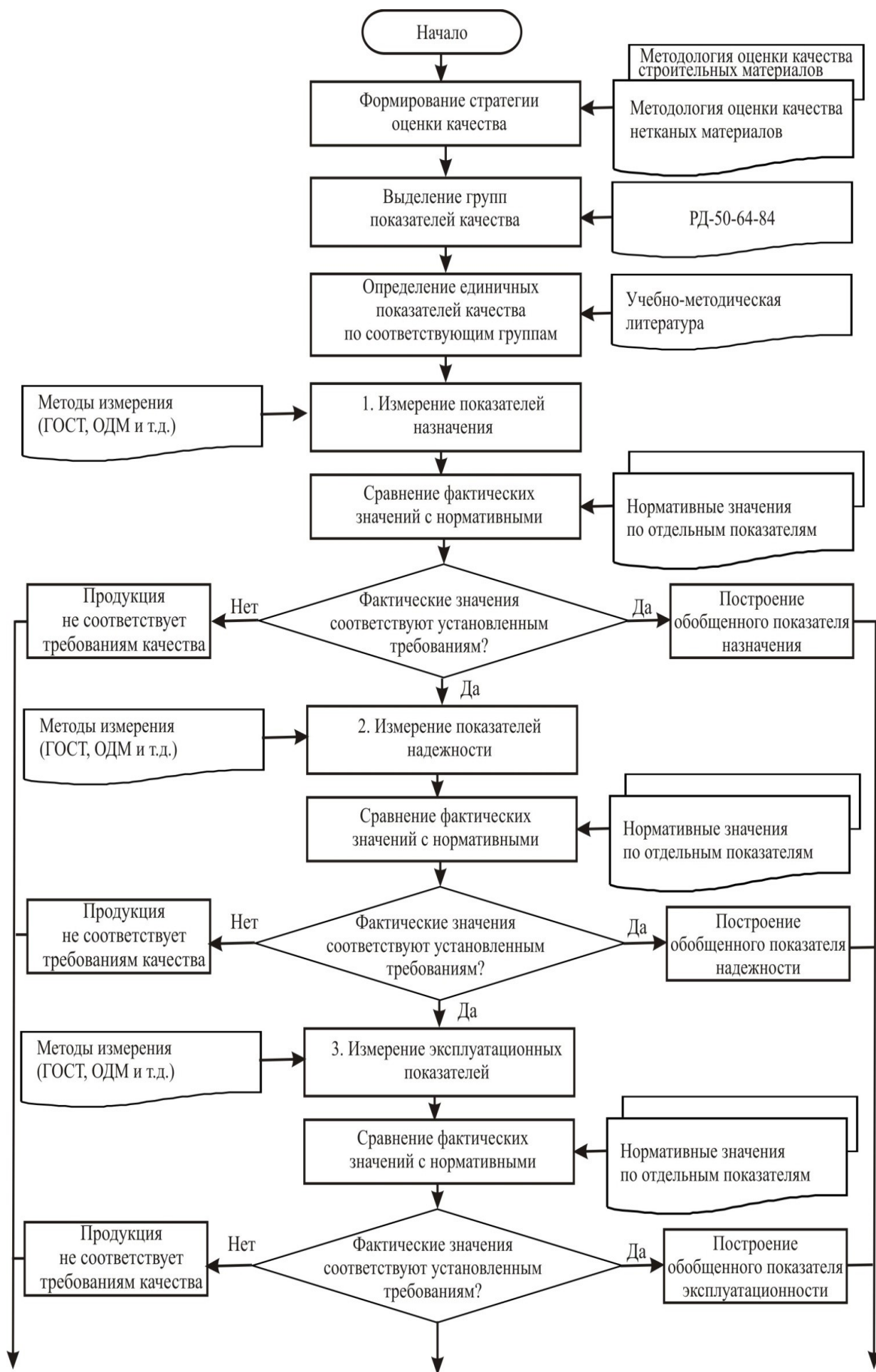
Далее по каждой выделенной группе (согласно представленному на рис. 3.2 алгоритму) определяем единичные показатели качества. Для единичных показателей качества, принадлежащих группе свойств с самым высоким рангом, производятся измерения (получение фактических значений единичных показателей качества) и затем сравнение фактических значений с нормативными. В случае если

фактические значения соответствуют установленным требованиям, то можно строить обобщенный показатель по группе, в противном случае продукция не соответствует требованиям качества и бракуется.

Далее переходим к следующей по рангу группе и аналогично измеряем единичные показатели качества, принадлежащие данной группе, сравниваем их с нормативными значениями и в случае соответствия требованиям строим обобщенный показатель второй группы, а в противном случае бракуем продукцию. И так далее по всем выделенным группам свойств.

Если продукция в итоге не подверглась браку, строим комплексный показатель качества, используя обобщенные показатели по группам свойств.

Заметим, что прежде чем выделить единичные показатели качества в каждой группе, предварительно выделяем свойства геотекстильных материалов. Например, для свойства «Прочность при растяжении по длине» будут соответствовать следующие единичные показатели качества: разрывная нагрузка по длине, прочность при расслаивании по длине, прочность при раздирании по длине, прочность закрепления волокон. Наиболее информативным будет показатель «разрывная нагрузка по длине».



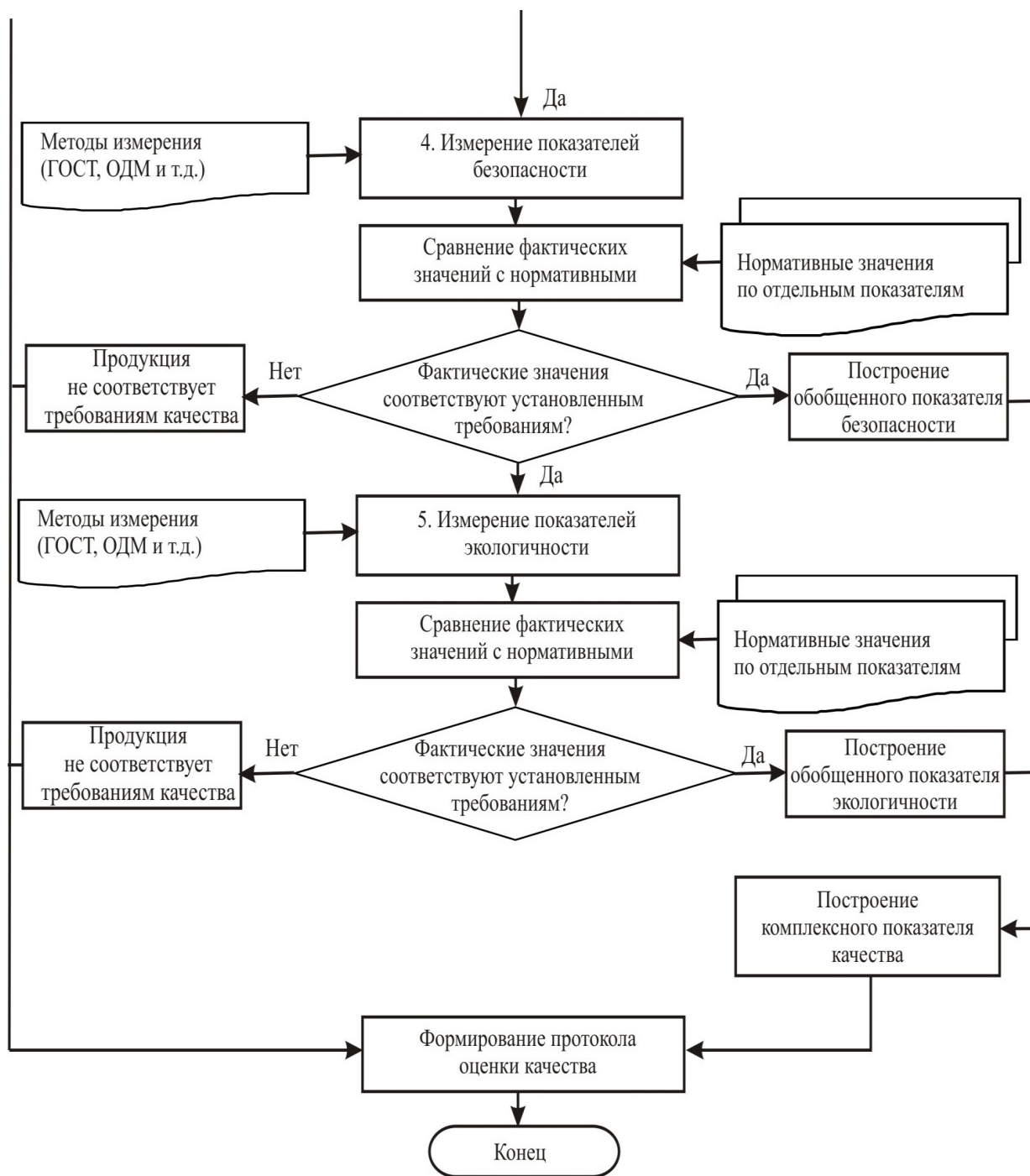


Рис. 3.2 – Блок-схема алгоритма комплексной оценки качества ГТМ

3.2. Разделение показателей качества геотекстильных материалов по группам назначения, надежности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности

В нормативном документе [19] приведены следующие группы показателей: назначения, надежности, экономного использования сырья, материалов, топлива, энергии и трудовых ресурсов, эргономики, эстетики, эксплуатационные, транспортабельности, стандартизации и унификации, патентно-правовые, экологические, безопасности.

Для нетканого геотекстильного материала «Геоманит ДТ», используемого в дорожном строительстве для укрепления земляного полотна, целесообразно использование следующих групп свойств: назначения, надежности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности.

Ранжирование выделенных групп проводили экспертным методом путем анкетирования. Экспертами выступили специалисты в области дорожного строительства. Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием компьютерной программы, разработанной в оболочке Matlab 6.5, результаты которой представлены на рис. 3.3.

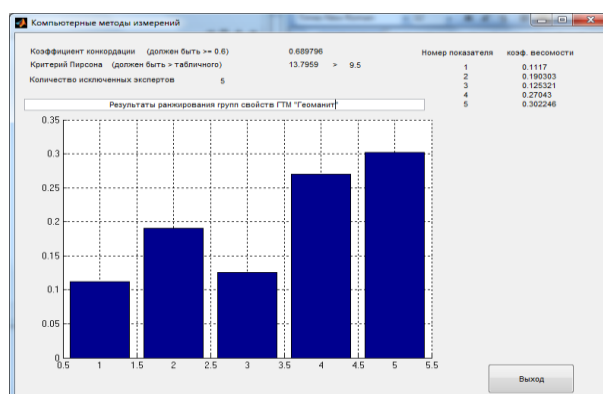


Рис. 3.3 – Результаты экспертного опроса специалистов в области дорожного строительства

Предварительно был вычислен коэффициент конкордации ($W=0,69$), значение которого говорит о согласованном мнении экспертов. В итоге получили следующие значения коэффициентов весомости для выбранных групп: назначения

(0,11); надежности (0,19); эксплуатационные свойства (0,13); безопасности (0,27) и экологичности (0,30).

На следующем этапе, на основании нормативной [19] и научной литературы [89], осуществляли выделение свойств по каждой выбранной группе (см. табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Распределение свойств нетканых иглопробивных геотекстильных материалов по соответствующим группам

Группа свойств	Отдельные (простые) свойства
Назначения	Сырьевой состав Ширина Толщина Материалоемкость
Надежности	Прочность при растяжении (по длине) Прочность при растяжении (по ширине) Удлинение (по длине) Удлинение (по ширине) Прочность при ударе
Эксплуатационные	Водопроницаемость Теплостойкость Морозостойкость
Безопасности	Огнестойкость (устойчивость к воспламеняемости) Токсичность (безвредность химического состава материала)
Экологичности	Грибоустойчивость Устойчивость к воздействию агрессивных сред Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения

Следующим этапом построения комплексного показателя качества ГТМ является установление единичных показателей качества (ЕПК) по каждой группе свойств, представленной в табл. 3.2. Для его осуществления возможно использовать несколько подходов. Один из них состоит в том, что для каждого свойства выбирают одну количественную характеристику. Другой подход связан с пропорциональным отбором количественных характеристик, т.е. самому значимому свойству большое количество, менее значимому свойству меньшее количество характеристик и т.д. [54, 89, 90].

Таблица 3.2 – Количественные характеристики рассматриваемых свойств

Качественная характеристика	Количественные характеристики и единицы их измерения
Группа свойств «Назначения»	
Сырьевой состав	Наименование различных видов волокон, входящих в изделие Номинальная массовая доля различных видов волокон, %
Ширина	Номинальная ширина, см Максимальная ширина, см Минимальная ширина, см
Толщина	Номинальная толщина, мм Максимальная толщина, мм Минимальная толщина, мм
Материалоемкость	Номинальная поверхностная плотность, г/м ² Минимальная поверхностная плотность, г/м ²
Группа свойств «Надежности»	
Прочность при растяжении (по длине)	Разрывная нагрузка по длине, кН/м Прочность при расслаивании по длине, кН/м Прочность при раздирании по длине, кН/м Прочность закрепления волокон, кН/м
Прочность при растяжении (по ширине)	Разрывная нагрузка по ширине, кН/м Прочность при расслаивании по ширине, кН/м Прочность при раздирании по ширине, кН/м Прочность закрепления волокон, кН/м
Удлинение (по длине)	Абсолютное удлинение при разрыве по длине, мм Относительное удлинение при разрыве по длине, %
Удлинение (по ширине)	Абсолютное удлинение при разрыве по ширине, мм Относительное удлинение при разрыве по ширине, %
Прочность при ударе	Диаметр пробивного отверстия, мм Площадь пробивного отверстия, мм ² Показатель ударной прочности, мм
Группа «Эксплуатационные свойства»	
Водопроницаемость	Коэффициент фильтрации в вертикальном (перпендикулярном) и горизонтальном к плоскости, м/сут Размер пор, мкм Максимальный размер частиц грунта, мм
Теплостойкость	Показатель стойкости к тепловому старению, кН/м Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Морозостойкость	Показатель морозостойкости, %
Группа свойств «Безопасности»	
Огнестойкость	Показатель огнестойкости, °С
Токсичность	Индекс токсичности, %
Группа свойств «Экологичности»	
Грибоустойчивость	Показатель стойкости геотекстильных материалов к микроор- ганизмам
Устойчивость к воздействию агрессивных сред	Показатель стойкости геотекстильных материалов к действию агрессивных сред, %
Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения	Показатель устойчивости геотекстильных материалов к дей- ствию ультрафиолетового излучения, %

Анализ существующих методов измерения ЕПК геотекстильных материалов, а также оценка по их дальнейшему совершенствованию, приведена в разд. 1.5 (см. табл. 1.6).

3.3. Разработка аналитического метода ранжирования показателей качества геотекстильных материалов

Для решения проблемы комплексной оценки качества геотекстильных материалов (ГТМ) с использованием методов квалиметрии [20] возникает задача ранжирования единичных показателей качества. При наличии результатов лабораторных измерений значений единичных показателей качества, данную проблему целесообразнее решать аналитическим методом с использованием методов корреляционно-регрессионного анализа [32, 39], что позволяет устранить субъективизм экспертных оценок и повысить точность полученных результатов [90].

Производственной базой для установления приоритетности между показателями надёжности была выбрана продукция промышленного предприятия, которое производит геотекстильные материалы, используемые для укрепления земляного полотна в дорожном строительстве. Данное предприятие производит нетканые полотна из полиэфирных или пропиленовых волокон, изготовленные иглопробивным способом (торговая марка «Геоманит Д») [18].

В соответствии с данным нормативным документом выделим единичные показатели качества (X) по группе надёжности ГТМ, а именно: X_1 – прочность при растяжении по длине, кН/м; X_2 – прочность при растяжении по ширине, кН/м; X_3 – удлинение по длине, %; X_4 – удлинение по ширине, % и X_5 – ударная прочность, мм.

В качестве нормативных значений ($\|x_i\|$) для показателей $X_1 \dots X_4$ – использовали максимальное, а для X_5 – минимальное значения, т.е. лучшие значения из данной совокупности для исследуемых показателей качества.

Для построения обобщенного показателя надёжности (ОПН) использовали арифметический способ усреднения в виде:

$$ОПН = \sum_{i=1}^5 \left(\left(x_i / \|x_i\| \right)^b \cdot \alpha_i \right) \quad (3.1)$$

где $x_i, \|x_i\|$ – соответственно фактическое и нормативное значения i -го единичного показателя надёжности (ЕПН);

$$b = \begin{cases} +1, & \text{если } x_i \leq \|x_i\|, \\ -1, & \text{если } x_i > \|x_i\|; \end{cases}$$

α_i – коэффициент весомости i -го единичного показателя надёжности, такой

$$\text{что } \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

Для формирования уравнений множественной регрессии между ОПН и ЕПН предварительно с использованием данных табл. 3.3 рассчитаем значения $ОПН_{расч}$. Для этого вычислим коэффициенты весомости экспертным методом [91]: $\alpha_1 = 0,32$, $\alpha_2 = 0,29$, $\alpha_3 = 0,14$, $\alpha_4 = 0,12$, $\alpha_5 = 0,13$, при котором значение $ОПН_{расч}$ будет в определенных условиях отличается от $ОПН_{факт}$. Данные расчета приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Числовые значения испытаний нетканых геотекстильных полотен поверхностной плотности 350 г/м²

Статистические характеристики	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	ОПН _{расч}
Минимальное значение	10,50	11,60	71,90	73,20	12,00	0,667
Максимальное значение	12,90	13,10	88,40	94,40	18,00	1,000
Среднее значение (\bar{X}_i)	11,28	12,22	74,38	84,06	15,06	0,828
Среднее квадратическое отклонение (σ_{X_i})	0,002	0,001	0,011	0,003	0,006	0,006

В дальнейшем натуральные значения x_i и $\|x_i\|$ переведем в относительные единицы в соответствии с записью $q_i = x_i / \|x_i\|$, если $x_i \leq \|x_i\|$; или $q_i = \|x_i\| / x_i$, если $x_i > \|x_i\|$ и вычислим коэффициенты парной корреляции между относительными показателями (табл. 3.4) по известной формуле [32].

Таблица 3.4 – Корреляционная матрица взаимосвязи относительных показателей надёжности

Относительные показатели надёжности	Коэффициенты парной корреляции					
	ОПН	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5
ОПН	1,00					
q_1	0,93	1,00				
q_2	0,87	0,77	1,00			
q_3	0,89	0,92	0,73	1,00		
q_4	0,84	0,69	0,84	0,69	1,00	
q_5	0,60	0,43	0,30	0,38	0,35	1,00

Проверка значимости полученных значений по критерию Стьюдента [32] показала значимость статистическую независимость исследуемых показателей качества, что позволяет записать уравнение регрессии в стандартизированном масштабе по формуле:

$$\hat{t}_{ОПН} = \sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot t_{q_i}) \quad (3.2)$$

где

$$t_{ОПН}, t_{q_i} - \text{стандартизированные переменные: } t_{ОПН} = \frac{ОПН - \overline{ОПН}}{\sigma_{ОПН}},$$

$$t_{q_i} = \frac{q_i - \overline{q_i}}{\sigma_{q_i}}, \text{ для которых среднее значение равно нулю: } \overline{t_{ОПН}} = \overline{t_{q_i}} = 0, \text{ а}$$

среднее квадратическое отклонение равно единице: $\sigma(t_{ОПН}) = \sigma(t_{q_i}) = 1$;

β_i – стандартизированные значения коэффициентов весомости ЕПН.

На основе данных табл. 3.2 с использованием выражения (3.2) получаем систему нормальных уравнений в виде:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 + 0,77\beta_2 + 0,92\beta_3 + 0,69\beta_4 + 0,43\beta_5 &= 0,93, \\ 0,77\beta_1 + \beta_2 + 0,73\beta_3 + 0,84\beta_4 + 0,30\beta_5 &= 0,87, \\ 0,92\beta_1 + 0,73\beta_2 + \beta_3 + 0,69\beta_4 + 0,38\beta_5 &= 0,89, \\ 0,69\beta_1 + 0,84\beta_2 + 0,69\beta_3 + \beta_4 + 0,35\beta_5 &= 0,84, \\ 0,43\beta_1 + 0,30\beta_2 + 0,38\beta_3 + 0,35\beta_4 + \beta_5 &= 0,60. \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Решив систему уравнений (3.3), получаем соответственно $\beta_1 = 0,37$; $\beta_2 = 0,24$; $\beta_3 = 0,14$; $\beta_4 = 0,20$ и $\beta_5 = 0,24$.

Проверку на статистическую значимость полученного уравнения множественной регрессии осуществляли с помощью индекса множественной детерминации $R_{X_i, ОПН}$ [32]. В результате получили, что $R_{X_i, ОПН} = 0,98$. Таким образом, данное значение максимально приближено к единице, что свидетельствует о тесной корреляционной связи между выбранными показателями надёжности и их обобщенным показателем.

Значения весомости ЕПН α'_i связаны со стандартизованными значениями регрессии β_i следующим образом [38]:

$$\alpha'_i = \beta_i \frac{\sigma_{ОПН}}{\sigma_{q_i}}. \quad (3.4)$$

В результате получили числовые значения коэффициентов весомости $\alpha'_1 = 0,0967$; $\alpha'_2 = 0,0748$; $\alpha'_3 = 0,0017$; $\alpha'_4 = 0,0206$; $\alpha'_5 = 0,0136$. После их нормирования окончательно получаем $\alpha_1 = 0,47$, $\alpha_2 = 0,36$, $\alpha_3 = 0,01$, $\alpha_4 = 0,10$, $\alpha_5 = 0,07$.

С использованием основной формулы (3.1) вычислим фактическое значение комплексного показателя надёжности (качества) с полученными значениями коэффициентов весомости для заданных значений единичных показателей качества $X_1 = 10,7$ кН/м, $X_2 = 11,8$ кН/м, $X_3 = 73\%$, $X_4 = 75,3\%$, $X_5 = 17$ мм: $ОПН_{факт} = 0,868$. Рассогласование фактической и расчетной оценок по обобщенному показателю надёжности составило: $\Delta ОПН = |ОПН_{факт} - ОПН_{расч}| = |0,868 - 0,828| = 0,04$

или в относительной погрешности $\delta(ОПН) = \frac{\Delta ОПН}{ОПН_{факт}} = \frac{0,04}{0,868} = 0,0461$ или 4,61

%.

3.4. Ранжирование показателей качества геотекстильных полотен на основе теории нечётких множеств

При комплексной оценке качества потребительской продукции наиболее ответственным этапом является определение не только номенклатуры единичных показателей качества (ЕПК), но и установление их весомости. Одним из методов ранжирования ЕПК является экспертный метод с использованием для обработки полученных данных теории нечетких множеств [92]. Данный метод для объектов текстильной и легкой промышленности применяется сравнительно недавно [93, 94, 95] и по этой причине требует дальнейшего развития с применением разнообразных объектов исследования [96, 97].

Объектом исследования являлся нетканый геотекстильный материал торговой марки «Геоманит ДТ». В качестве ЕПК выбрана группа показателей стойкости к внешним воздействиям для чего введем кодированное обозначение ЕПК на уровне их свойств: X_1 – водопроницаемость; X_2 – морозостойкость; X_3 – гибкость; X_4 – грибоустойчивость; X_5 – устойчивость к агрессивным средам; X_6 – устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения; X_7 – устойчивость к циклическим нагрузкам.

Работа экспертов заключалась в формировании ранжированного ряда ЕПК (табл. 3.5) с использованием шкалы порядка от 1 до 7, где наиболее значимому показателю присваивается наибольший балл.

Таблица 3.5 – Формирование ранжированного ряда ЕПК

Номер эксперта	Единичные показатели качества						
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
1	5	6	1	2	4	3	7
2	5	4	1	2	7	3	6
3	7	6	2	3	5	1	4
4	5	4	2	3	6	1	7
5	5	4	3	2	7	1	6
6	4	5	3	1	6	2	7
7	6	7	3	1	4	2	5
8	6	4	5	3	7	1	2
9	5	4	2	1	6	3	7
10	4	6	3	2	7	1	5

На первом этапе осуществляли анализ надежности мнений экспертов. С этой целью составим матрицу парных сравнений [92] $P = (p_{ij}) p_{ij} = 1/p_{ji}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, n}$, и из уравнения $P\bar{a} = \lambda\bar{a}$ найдем собственные значения λ матрицы P ($\bar{a} = (a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n)$ – собственный вектор). Отклонения $|\lambda_{\max} - n|$ служат мерой надежности экспертов.

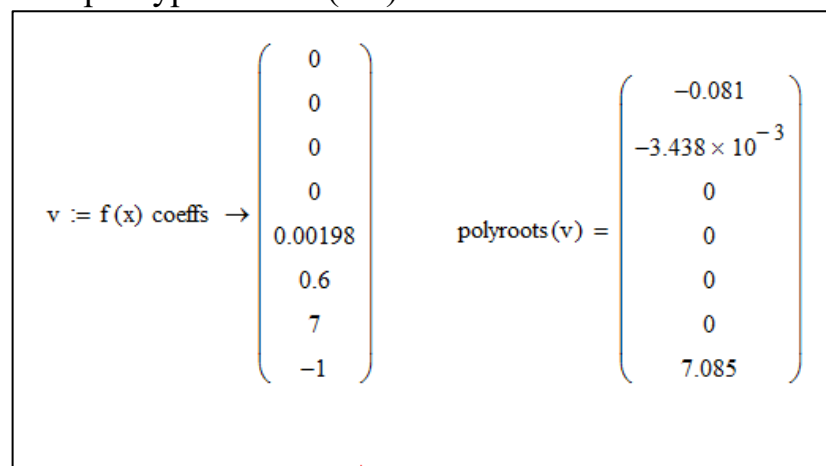
Для первого эксперта матрица парных сравнений будет иметь вид:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 1,2 & 0,2 & 0,4 & 0,8 & 0,6 & 1,4 \\ 0,83 & 1 & 0,17 & 0,33 & 0,67 & 0,50 & 1,17 \\ 5 & 6 & 1 & 2 & 4 & 3 & 7 \\ 2,5 & 3 & 0,5 & 1 & 2 & 1,5 & 3,5 \\ 1,25 & 1,5 & 0,25 & 0,5 & 1 & 0,75 & 1,75 \\ 1,67 & 2 & 0,33 & 0,67 & 1,33 & 1 & 2,33 \\ 0,71 & 0,86 & 0,14 & 0,29 & 0,57 & 0,43 & 1 \end{pmatrix}$$

Из уравнения $\det|P - \lambda E| = 0$ найдем собственные значения, для чего осуществляли преобразования с использованием аппарата MathCad

$$f(\lambda) = -\lambda^7 + 7\lambda^6 + 0,6\lambda^5 + 0,00198\lambda^4 \quad (3.5)$$

Вычисляем корни уравнения (3.5)



$$v := f(x) \text{ coeffs} \rightarrow \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,00198 \\ 0,6 \\ 7 \\ -1 \end{pmatrix} \quad \text{polyroots}(v) = \begin{pmatrix} -0,081 \\ -3,438 \times 10^{-3} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 7,085 \end{pmatrix}$$

Рис. 3.4 – Вычисление корней характеристического уравнения

В итоге получили максимальное собственное значение $\lambda_{\max} = 7,085$. Тогда $|\lambda_{\max} - n| = 0,085$, то есть суждение первого эксперта надежно. Аналогично проверяли на надежность и остальных экспертов. В итоге проверка показала на полную компетентность всех экспертов.

Анализ данных табл. 3.5 показывает, что оценки экспертов отличаются и в ряде случаев носят противоречивый характер. Поэтому на следующем этапе осуществляли формализацию мнений экспертов путем подсчета частоты появления f_{ji} балла j для каждого показателя X_i , результаты которого приведены в табл. 3.6.

Таблица 3.6 – Формализация мнений экспертов

Мнение (баллы), j	f_{j1}	f_{j2}	f_{j3}	f_{j4}	f_{j5}	f_{j6}	f_{j7}
1	0	0	2	3	0	5	0
2	0	0	3	4	0	2	1
3	0	0	4	3	0	3	0
4	2	5	0	0	2	0	1
5	5	1	1	0	1	0	2
6	2	3	0	0	3	0	2
7	1	1	0	0	4	0	4
$\sum_{j=1}^7 f_{ji}$	10	10	10	10	10	10	10

Далее для каждого показателя X_i строили нечеткие множества общего вида [46]:

$$\hat{D}_i = \{j \mid \mu_{ji}(X_i), j = \overline{1, 7}\}, \quad (3.6)$$

где $\mu_{ji}(X_i)$ – функция принадлежности.

Для рассматриваемого примера функция принадлежности равна

$$\mu_{ji}(X_i) = \frac{f_{ji}}{\sum_{j=1}^7 f_{ji}}. \quad (3.7)$$

Отмечаем, что функция принадлежности (3.7) нормирована таким образом, что является также и оценкой вероятности присвоения балла j параметру X_i .

В итоге построенные нечеткие множества для показателей $X_1 \dots X_7$ имеют следующий вид:

$$\hat{D}_1 = \{(3 | 0,2), (4 | 0,5), (5 | 0,2), (6 | 0,1)\};$$

$$\hat{D}_7 = \{(1 | 0,1), (3 | 0,1), (4 | 0,2), (5 | 0,2), (6 | 0,4)\}.$$

На следующем этапе определяли показатель с наибольшим весом. Таковым являлся тот, для которого в соответствующем нечетком множестве наибольшее значение принимает математическое ожидание M_i , определяемое согласно выражению:

$$M_i = \sum_{X \in \text{sup } \hat{D}_i} X_i \mu_i(X). \quad (3.8)$$

Результаты расчета M_i представлены в табл. 3.7.

Показателю с наибольшим значением M_i ($M_5 = 4,9$) присвоим для определенности $\beta_5 = 1$. Остальные веса рассчитаем, воспользовавшись расстоянием Хэмминга [91]:

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^n |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)|, \quad (3.9)$$

где n – мощность рассматриваемых множеств A и B .

Например, $d(M_1, M_5) = (|0,2 - 0,2| + |0,1 - 0,5| + |0,3 - 0,2| + |0,4 - 0,1|) = 0,8$. Аналогично, $d(M_2, M_5) = 0,8$, $d(M_3, M_5) = 0,9$, $d(M_4, M_5) = 1,9$, $d(M_6, M_5) = 2$, $d(M_7, M_5) = 0,4$.

Самый высокий вес присваивается множеству с наименьшим расстоянием Хэмминга по формуле:

$$\beta_i = 1 - \frac{d(M_i, M_5)}{\sum_{i \neq 5} d(M_i, M_5)}. \quad (3.10)$$

Результаты определения β_i приведены в табл. 3.7.

Окончательные веса α_i , ранжирующие ЕПК по их значимости, рассчитываются исходя из следующего соотношения:

$$\alpha_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i}, \quad (3.11)$$

Результаты расчетов α_i также приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7 – Результаты расчётов

<i>i</i>	1	2	3	4	5	6	7
M_i	4,2	3,9	1,5	1	4,9	0,8	4,6
β_i	0,88	0,88	0,87	0,72	1	0,71	0,94
α_i	0,15	0,15	0,14	0,12	0,17	0,11	0,16

В данном случае оказалось, что из всего перечня представленных ЕПК наиболее значимыми в группе показателей стойкости к внешним воздействиям для оценки качества нетканых геотекстильных материалов оказались устойчивость к агрессивным средам, устойчивость к циклическим нагрузкам, морозостойкость и водопроницаемость. Достоинством рассмотренного метода ранжирования ЕПК является то, что, несмотря на мнения экспертов, поставивших низкие баллы, возможно исключение незначимых показателей.

3.5. Развитие методов ранжирования показателей качества геотекстильных материалов

В разделе 3.3 рассмотрен аналитический метод ранжирования показателей качества ГТМ, а в разделе 3.4 – экспертный метод. В практике построения комплексного показателя качества ГТМ могут возникнуть проблемы, связанные с недостаточной информацией по значениям отдельных ЕПК либо недостаточной квалификацией экспертов. В этом случае целесообразно применить метод разности медиан [40].

При использовании данного метода для оценки значимости единичных показателей качества экспертам нет необходимости знать и ранжировать отдельные

показатели качества продукции. Им предлагается сравнить несколько вариантов одноименной продукции и оценить их в условных единицах, например, в баллах по пятибалльной шкале. Затем определяют фактические значения выбранных заранее единичных показателей качества продукции. Вычисляют средние значения \bar{X}_i и обозначают текущие результаты знаком «+», если они окажутся лучше среднего, и знаком «-», если – хуже среднего. При кодировании необходимо учитывать разделение единичных показателей на позитивные и негативные. Все обозначения представляют в виде кодированной матрицы.

В дальнейшем строят диаграмму рассеивания, на которой по оси абсцисс размещают обозначения каждого из показателей, а по оси ординат для каждого из вариантов продукции откладывают соответствующие величины экспертных оценок на уровнях «+» и «-». После этого находят медианы точек на уровнях «+» $(M_i)^+$ и «-» $(M_i)^-$, а затем абсолютную разницу между значениями медиан. Коэффициенты весомости единичных показателей качества рассчитывают по формуле:

$$\alpha_i = \Delta M_i / \sum_{i=1}^n \Delta M_i, \quad (3.12)$$

где ΔM_i – абсолютная разность медиан на уровнях «+» и «-» для X_i .

Приведем пример применения метода разности медиан для определения весомости показателей качества геотекстильного нетканого материала «Геоманит ДТ», значения которых приведены в табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Единичные показатели качества геотекстильного материала

Обозначение	Наименование	Ед. измер.
X_1	Показатель толщины	мм
X_2	Поверхностная плотность	г/м ²
X_3	Коэффициент фильтрации в плоскости полотна	м/сут
X_4	Коэффициент фильтрации в нормальной плоскости полотна	м/сут
X_5	Разрывная нагрузка в продольном направлении	кН/м
X_6	Разрывная нагрузка в поперечном направлении	кН/м
X_7	Условный модуль деформации в продольном направлении	кН/м
X_8	Условный модуль деформации в поперечном направлении	кН/м
X_9	Показатель водопроницаемости в нормальной плоскости полотна	м/сут

В табл. 3.9 приведены экспертные оценки по пятибалльной шкале и фактические значения показателей качества восьми вариантов геотекстильного матери-

ала. На основании анализа фактических средних значений составлена кодированная матрица показателей.

По данным матрицы табл. 3.9 найдены и включены в таблицу значения медиан на уровнях «+» $(M_i)^+$ и «-» $(M_i)^-$. В дальнейшем осуществляют построение диаграммы рассеивания, которая приведена на рис. 3.5.

Таблица 3.9 – Оценка значимости ЕПК методом разности медиан

Вариант ГТМ	Экспертная оценка качества y_i , баллы	Значения ЕПК								
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5,0	2,25	215	130	131	300	380	71	71	20
2	3,5	2,15	210	126	124	286	392	76	64	16
3	2,5	2,1	205	128	128	280	378	68	64	16
4	4,0	2,2	210	124	126	280	396	82	68	18
5	3,0	2,2	208	126	124	288	388	69	62	17
6	1,0	2,0	200	124	126	282	376	70	66	14
7	4,5	2,25	215	132	130	286	392	85	68	19
8	3,5	2,2	212	128	129	284	390	80	66	20
9	5,0	2,25	215	128	130	288	400	85	60	19
Ср.знач.		2,18	210	127	286	388	388	76	65	18
<i>Кодированная матрица ЕПК</i>										
1	5,0	+	+	+	+	-	+	+	+	+
2	3,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	2,5	+	-	-	-	+	+	+	-	-
4	4,0	+	+	+	+	-	+	+	+	+
5	3,0	+	-	+	-	-	-	+	-	+
6	1,0	-	-	-	-	+	-	-	-	-
7	4,5	+	-	+	+	-	-	+	-	+
8	3,5	-	-	-	-	+	+	-	-	-
9	5,0	3,75	4,00	4,00	4,25	2,25	3,50	3,75	4,00	4,00
$(M_i)^+$		1,50	2,50	2,00	2,25	4,25	3,00	1,50	2,50	2,00
$(M_i)^-$		2,25	1,50	2,00	2,00	2,00	0,50	2,25	1,50	2,00
ΔM_i		+	+	+	+	-	+	+	+	+

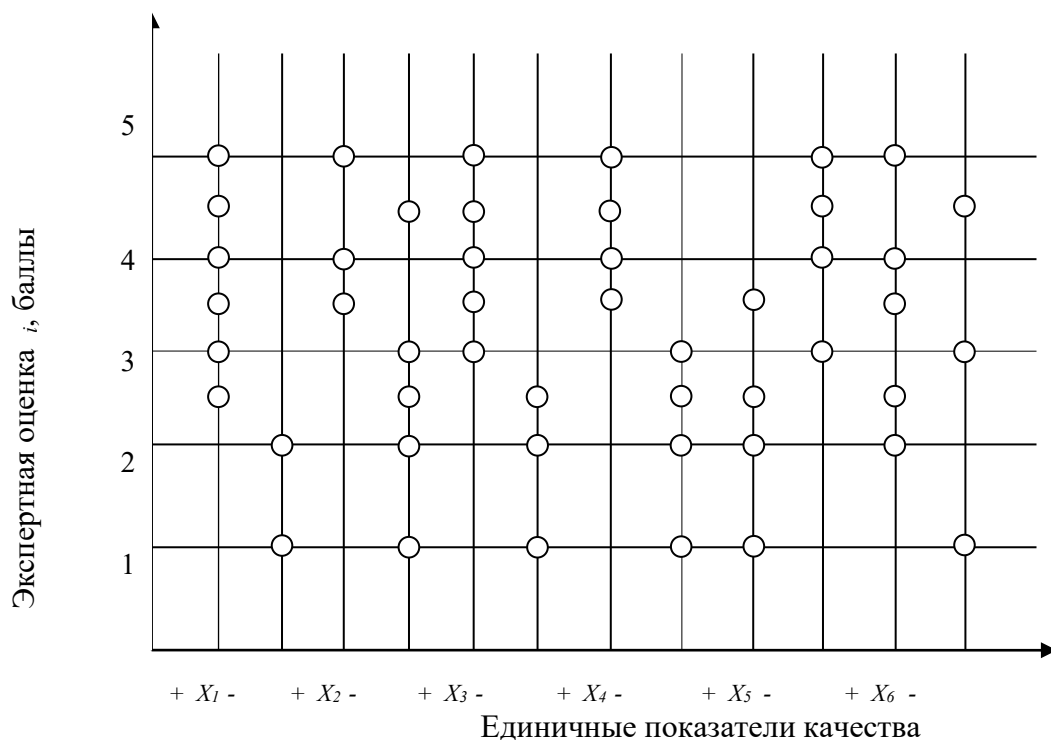


Рис. 3.5 -Точечная диаграмма рассеивания ЕПК ткани

В дальнейшем по формуле (3.12) определяют коэффициенты весомости искомых единичных показателей качества, которые представлены в табл. 3.10.

Таблица 3.10 – Значения коэффициентов весомости ЕПК

Показатель	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
α_i	0,12	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,18

Определение коэффициентов весомости единичных показателей качества по номинальным и предельно допустимым значениям [42] основывается на использовании информации, содержащейся в нормативно-технических документах, устанавливающих требования к текстильной продукции заданного качества. В табл. 3.11 приведены формулы для вычисления коэффициентов весомости показателей качества, используемых для определения комплексных показателей с помощью различных способов усреднения.

Таблица 3.11 – Выражения для расчета коэффициентов весомости, используемых для определения комплексных показателей качества с помощью различных способов усреднения

Способ усреднения комплексного показателя качества	Формулы для расчета α_i
Арифметический	$\alpha_i = \frac{(\Delta X_i)^{-1}}{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^{-1}}$
Геометрический	$\alpha_i = \frac{\lg(\delta X_i)}{\sum_{i=1}^n \lg(\delta X_i)}$
Гармонический	$\alpha_i = \frac{\gamma X_i / \Delta X_i}{\sum_{i=1}^n (\gamma X_i / \Delta X_i)}$

где

а) для позитивных показателей:

$$\begin{cases} \Delta X_i = \|X_i\| - (X_i^{nped})_{\min}, \\ \delta X_i = \|X_i\| / (X_i^{nped})_{\min}, \\ \gamma X_i = \|X_i\| \cdot (X_i^{nped})_{\min}. \end{cases}$$

б) для негативных показателей:

$$\begin{cases} \Delta X_i = (X_i^{nped})_{\max} - \|X_i\|, \\ \delta X_i = (X_i^{nped})_{\max} / \|X_i\|, \\ \gamma X_i = \|X_i\| \cdot (X_i^{nped})_{\max}. \end{cases}$$

$\|X_i\|$ – базовое (нормативное) значение i -ого показателя, определяемое в техническом задании, или как среднее статистическое для продукции, удовлетворяющей требованиям нормативно-технической документации;

$(X_i^{nped})_{\min}$ – предельное значение i -ого позитивного показателя, определяющее наихудшее, но допустимое его значение, ниже которого этот показатель опускаться не может;

$(X_i^{nped})_{\max}$ – предельное значение i -ого негативного показателя, определяющее наихудшее, но допустимое его значение, выше которого этот показатель подниматься не может.

Основным недостатком рассматриваемого метода является то, что результат ранжирования может зависеть от фактических значений единичных показателей качества. Поэтому его применение возможно только при стабильном состоянии процесса производства конкретной текстильной продукции, а также при наличии установленных нормативных значений по выбранным ЕПК.

Рассмотрим расчет коэффициентов весомости на примере нетканых иглопробивных геотекстильных полотен торговой марки «Геоманит ДТ» поверхностной плотности 350 г/м². В качестве единичных показателей качества использованы: X_1 – разрывная нагрузка (по длине), кН/м; X_2 – разрывная нагрузка (по ширине), кН/м; X_3 – относительное удлинение (по длине), %; X_4 – относительное удлинение (по ширине), % и X_5 – показатель ударной прочности, мм. В табл. 3.12 приведены исходные данные для расчета.

Таблица 3.12 – Значения единичных показателей качества ткани

Показатель	Значение показателя в серии испытаний										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
X_1	10,7	11,8	12,3	11,8	10,5	11,5	11,1	10,9	11,6	12,9	11,51
X_2	11,8	12,9	12,2	12,9	12,1	12,6	12,1	11,6	12,5	13,1	12,38
X_3	73,0	77,2	79,3	77,8	71,9	78,0	75,4	73,5	79,3	88,4	77,38
X_4	75,3	84,1	83,3	84,1	82,4	85,4	82,9	73,2	90,3	95,8	83,68
X_5	17	14	15	16	14	15	17	15	17	12	15,2

Осуществим расчет коэффициентов весомости, для определения комплексного показателя качества на основе арифметического способа усреднения. При определении ΔX_i для показателей X_1, X_2, X_3 и X_4 использованы формулы для позитивных показателей, а для показателя X_5 – формула для негативного показателя. Результаты расчетов представлены в табл. 3.13.

Таблица 3.13 – Расчет коэффициентов весомости для построения комплексного показателя качества ткани

Показатель	ΔX_i	$(\Delta X_i)^{-1}$	α_i
X_1	7,00	0,14	0,02
X_2	0,30	3,30	0,54
X_3	30,00	0,03	0,01
X_4	44,00	0,02	0,01
X_5	0,40	2,50	0,42
Сумма		5,99	1,00

Как показывают данные, приведенные в табл. 3.13, применяемый метод дает экстремальные значения коэффициентов весомости ЕПК. Поэтому рекомендуется одновременно с данным методом использовать другие способы расчета коэффициентов весомости ЕПК.

3.6. Построение обобщенной оценки качества геотекстильных материалов и определение уровней градации качества

В соответствии с предлагаемой стратегией оценки качества геотекстильных материалов, приведенной в разд. 3.1, предусматривается построение обобщенных показателей качества $(ОПК)_j$, $j = \overline{1,5}$ по выделенным группам назначения, надежности, эксплуатационным свойствам, безопасности и экологичности:

$$(ОПК)_j = \left[\sum_{i=1}^n q_i \alpha_i \right]_j, \quad (3.13)$$

где q_i – дифференциальный показатель качества;

α_i – весомость i -го показателя качества $\left(\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \right)$.

Итоговое значение комплексного показателя качества (Q) рассматриваемого объекта исследования определяется как среднее значение из суммы всех $(ОПК)_j$ с учётом их весомости β_j :

$$Q = \sum_{j=1}^m (ОПК)_j \cdot \beta_j \leq 1. \quad (3.14)$$

При расчете дифференциальных (относительных) показателей необходимо осуществить перевод различных размерных ЕПК, входящих в комплексную оценку, в единые безразмерные ЕПК. Его осуществляют сравнением значений ЕПК с соответствующими значениями базовых ЕПК. Для позитивных показателей используют выражение:

$$q_i = x_i / \|x_i\|;$$

для определения негативных показателей применяют формулу

$$q_i = \|x_i\|/x_i,$$

где $x_i, \|x_i\|$ – соответственно нормативное и фактическое значения i -го показателя качества.

Согласно приведенному алгоритму (см. разд. 3.1) по выделенным единичным показателям качества группы назначения определяли значимость каждого показателя. Для осуществления данного этапа воспользовались экспертным методом оценки [91]. Обработка экспертного опроса, проведенная среди специалистов промышленных предприятий, и осуществлялась с использованием компьютерной программы [99]. Результаты экспертного опроса представлены на рис. 3.6.

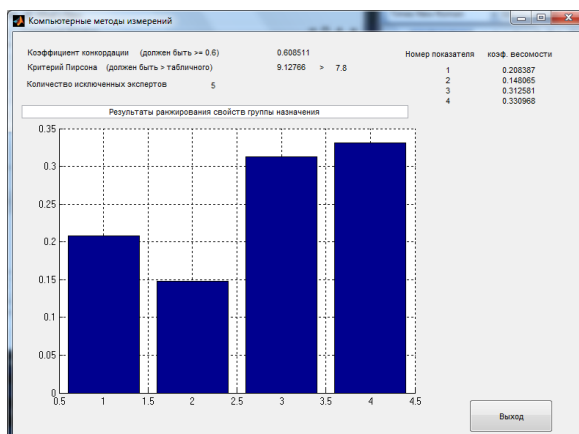


Рис. 3.6– Результаты экспертного опроса специалистов по весомоти единичных показателей качества по группе «Назначение»

Исходя из полученных результатов (см. рис. 3.6) можно сделать вывод, что величина коэффициента конкордации, равная 0,61, является значимой ($W \geq 0,60$), и поэтому подобранные эксперты имеют между собой хорошую согласованность. Значения коэффициентов весомостей для выбранных показателей ЕПК по группе «Назначение» следующие: сырьевой состав (0,21); ширина (0,15); толщина (0,31); поверхностная (0,33) (сумма коэффициентов весомостей равняется единице).

Аналогичным образом определяли коэффициенты весомости ЕПК для групп: надежность, эксплуатационных свойств, безопасности и экологичности. Для определения обобщенного показателя надежности использовали выражение (3.13) и данные табл. 3.14.

Таблица 3.14 – Фактические и базовые значения ЕПК ГТМ
торговой марки «Геоманит ДТ»

Показатели	Значения		Коэффициент весомости
	фактические	базовые (нормативные)	
Группа назначения			0,11
Массовая доля различных видов волокон, %	100	100	0,21
Ширина, см	520	520	0,15
Толщина, мм	2,5	2,7	0,31
Поверхностная плотность, г/м ²	349	350	0,33
Группа надежности			0,19
Разрывная нагрузка (по длине), кН/м	11,3	11,0	0,32
Разрывная нагрузка (по ширине), кН/м	12,2	12,0	0,29
Относительное удлинение (по длине), %	74,4	100	0,14
Относительное удлинение (по ширине), %	84,1	100	0,12
Показатель ударной прочности, мм	15,1	16,0	0,13
Группа эксплуатационные свойства			0,13
Коэффициент фильтрации в вертикальном и (перпендикулярном) и горизонтальном к плоскости, м/сут	20,9	35,0	0,50
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,147	0,151	0,27
Показатель морозостойкости, %	90	90	0,23
Группа безопасности			0,27
Показатель огнестойкости, °С	80	100	0,50
Индекс токсичности, %	120	120	0,50
Группа экологичности			0,30
Показатель стойкости геотекстильных материалов к микроорганизмам, балл	не выше ПГ ₁₁₃	не выше ПГ ₁₁₃	0,50
Показатель стойкости геотекстильных материалов к действию агрессивных сред, %	88	90	0,27
Показатель устойчивости геотекстильных материалов к ультрафиолетовому излучению, %	73	70	0,23

На основании данных табл. 3.14 осуществим расчет обобщенных показателей качества по каждой группе свойств (см. табл. 3.15) по формуле (3.13).

Таблица 3.15 – Значения обобщенных показателей качества

Наименование группы	Значения обобщенных показателей группы
Назначение	$ОПК_{назн.} = \frac{100}{100} \cdot 0,21 + \frac{520}{520} \cdot 0,15 + \left(\frac{2,7}{2,5}\right)^{-1} \cdot 0,31 + \left(\frac{350}{349}\right)^{-1} \cdot 0,33 = 0,97$
Надежность	$ОПК_{надеж.} = \frac{11,0}{11,3} \cdot 0,32 + \frac{12,0}{12,2} \cdot 0,29 + \left(\frac{100}{74,4}\right)^{-1} \cdot 0,14 + \left(\frac{100}{84,1}\right)^{-1} \cdot 0,12 + \left(\frac{16,0}{15,1}\right)^{-1} \cdot 0,13 = 0,91$
Эксплуатационные свойства	$ОПК_{эксп. св-ва} = \left(\frac{35,0}{20,9}\right)^{-1} \cdot 0,50 + \left(\frac{0,151}{0,147}\right)^{-1} \cdot 0,27 + \frac{90}{90} \cdot 0,23 = 0,78$
Безопасность	$ОПК_{безоп.} = \left(\frac{100}{80}\right)^{-1} \cdot 0,50 + \frac{120}{120} \cdot 0,50 = 0,90$
Экологичность	$ОПК_{эколог.} = \frac{1,0}{1,0} \cdot 0,50 + \left(\frac{90}{88}\right)^{-1} \cdot 0,27 + \frac{70}{73} \cdot 0,23 = 0,98.$

Используя выражение (3.14), рассчитаем комплексный показатель качества геотекстильного материала торговой марки «Геоманит ДТ»:

$$Q = 0,97 \cdot 0,11 + 0,91 \cdot 0,19 + 0,78 \cdot 0,13 + 0,90 \cdot 0,27 + 0,98 \cdot 0,30 = 0,90.$$

Для перехода из абсолютной шкалы в шкалу порядка приемлемой для специалистов-практиков дорожного строительства [50] можно воспользоваться данными табл. 3.16.

Таблица 3.16 – Оценка уровня комплексного показателя качества геотекстильного полотна «Геоманит ДТ»

Значение КПК (по абсолютной шкале)	Уровень градации (по шкале порядка)	Оценка в баллах
0,76...1,00	Высокое	5
0,51...0,75	Хорошее	4
0,26...0,50	Удовлетворительное	3
0,00...0,25	Низкое	2

На основании данных, представленных в табл. 3.16, можно сделать вывод о том, что полученное значение $Q = 0,90$ соответствует высокому уровню (5 баллов) качества исследуемого геотекстильного полотна.

3.7. Выделение и обсуждение новых результатов по главе

1. Предложен новый подход и сформирован алгоритм комплексной оценки качества геотекстильных материалов на основе приоритетности групп их показателей качества, где выделены группы назначения, надежности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности.

2. Предложена методика аналитического расчёта значимости единичных показателей качества ГТМ на основе множественного регрессионного анализа, где в качестве результативного признака выступал обобщенный показатель надежности, а в качестве факторных признаков – единичные показатели качества: прочность при растяжении по длине и по ширине, кН/м; удлинение по длине и по ширине, %; ударная прочность, мм. Данная методика исключает субъективность экспертного метода определения значимости единичных показателей качества и позволяет в итоге вычислять значения комплексного показателя качества.

3. Разработана методика экспертного ранжирования единичных показателей качества с использованием аппарата нечетких множеств, осуществлённая на примере показателей качества из группы стойкости к внешним воздействиям нетканых геосинтетических материалов, предназначенных для дорожного строительства. Преимущество использования теории нечетких множеств в том, что она предоставляет средства для работы с неопределенностью даже в тех случаях, когда имеющейся информации недостаточно, чтобы сделать статистические выводы с необходимым уровнем достоверности.

5. Для промежуточной оценки качества по выделенным группам (назначение, надежности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности) показателей качества построены обобщенные показатели, позволяющие комплексно оценить данную группу с учетом требованием потребителей.

6. Определены направления дальнейшего совершенствования аналитических методов ранжирования показателей качества ГТМ с использованием других фундаментальных методов квалиметрии.

ГЛАВА 4

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

4.1. Оценка уровня конкурентоспособности геополотен на основе комплексной оценки качества

Развитие методологических основ повышения качества геотекстильной продукции невозможна без оценки уровня качества предприятия в сравнении с его конкурентами. В настоящее время существуют методики оценки конкурентоспособности потребительской продукции [100], но они не решают в полной мере всю совокупность задач в этой сфере.

Сложное свойство «конкурентоспособность (КС) потребительской продукции» определяют такие его составляющие, как: качество, экономичность (цена), уровень новизны, скорость реализации на рынке, внешнее оформление (дизайн) и т.д. [101]. Основными сложными свойствами КС являются качество (К) и экономичность (Э), и соответственно, показатель конкурентоспособности определяют в виде:

$$КС = K\lambda_K + Э\lambda_Э \leq 1, \quad (4.1)$$

где λ – коэффициент весомости и $\lambda_K + \lambda_Э = 1$.

Количественная оценка каждого из этих свойств имеет свою специфику и приведена в работах [46, 101].

В качестве объекта исследования выбраны геотекстильные тканые полотна, изготовленные из полиэфирных нитей, применяемые при строительстве дорог и выполняющие функции армирования, разделения и защиты [66].

Как было показано в разд. 1.4 существующая методика оценки качества геосинтетических материалов [88] основана на выделении номенклатуры показателей качества (X_i), их измерении (x_i) и сравнении с нормативными значениями

$\|x_i\|$ и представляется выражением (1.1). На основании соответствия фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества искомой продукции.

Отмечаем, что в оценке качества текстильных материалов и изделий бытового назначения в соответствии с существующими стандартами (см., например, [102]), основной особенностью является выделение градации качества (сорта) и установление его уровней (первый и второй сорта). Данная система в оценке качества текстильной продукции основывается на сложившихся десятилетиями практическом опыте и по этой причине до сих пор используется текстильными предприятиями. Особенностью существующей методологии [102] является одновременная оценка качества по физико-механическим показателям и дефектам внешнего вида изделия.

Для геотекстильной продукции разработана и предложена новая методика (см. разд. 3) по комплексной оценке качества с применением подходов квалиметрии и использовании, не шкалы порядка, а абсолютной шкалы (выражения (3.13) – (3.14)). Кроме этого, в разработанном алгоритме оценки применён принцип приоритетности по соответствующим группам показателей качества. Помимо решения задачи по определению показателя конкурентоспособности $KС$ текстильной продукции в соответствии с выражением (4.1), покажем решение проблемы, связанной с определением конкурентной цены произведённой продукции. В качестве объекта исследования выбраны геотекстильные тканые полотна, выпускаемые отечественными предприятиями (см. табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Отечественные производители тканого геополотна

№ п/п	Предприятие (регион)	Торговое наименование	Основные показатели качества	
			Поверхностная плотность г/м ²	Разрывная нагрузка при растяжении кН/м, не менее: по длине/по ширине
1	2	3	4	5
1	ООО «АрмДорСтрой» (г. Москва) http://armdorstroy.ru	Геоткань	300	80/100
2	Стабитекс (г. Москва) http://www.stabitek.ru	Стабитекс	310	80/80
3	ГК «Меапласт» (г. Москва) https://meaplast.ru	Меастаб ВП	310	80/80
4	ООО «ГК Геоматериалы» (г. Москва) http://www.geotekstil.ru	Текспоп	300	80/80
5	ООО «Миакон СПб» (г. Санкт-Петербург) http://miakom.ru	Армостаб ПП	275	70/70
6	ООО «РиттенГеосинтетикс» (Московская область) http://ritten.ru	Риттекс ПЭТ	320	80/80
7	ООО «Сетка» (Московская область) http://cettka.ru	Армистаб ПП	275	50/50
8	ООО «Ультрастаб» (Ивановская область) http://ultrastab.ru	УЛЬТРАСТАБ	320	80/80

Определим факторное пространство в виде $X = (X_1, X_2)$, где X_1 – конкурентный потенциал предприятия [103], X_2 – комплексный показатель качества геотекстильного полотна (3.13), а результирующее пространство Y – оптовая цена геотекстильной ткани. В виду того, что предприятия, указанные в табл. 4.1, пока не внедрили в своих системах менеджмента качества методик по определению конкурентного потенциала и комплексной оценке качества геотекстильного тканого полотна, то данные по предприятиям приведены в табл. 4.2 по абсолютной шкале в интервале от 0,60 до 1,00 и определены по методикам [104].

Таблица 4.2 – Исходные данные по выделенным факторам

Факторы	Геотекстильная продукция предприятия							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	0,84	0,79	0,81	0,79	0,84	0,82	0,80	0,80
X_2	0,79	0,69	0,73	0,71	0,81	0,79	0,73	0,75
Y	139	129	131	129	137	133	132	130

Уравнение регрессии ищем в виде $\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2$.

Для определения неизвестных параметров b_0 , b_1 , b_2 необходимо решить систему линейных уравнений

$$(X^T \cdot X) \cdot B = X^T \cdot Y, \quad (4.2)$$

где $Y = \begin{pmatrix} 139 \\ 129 \\ \dots \\ 130 \end{pmatrix}$, $X = \begin{pmatrix} 1 & 0,84 & 0,79 \\ 1 & 0,79 & 0,69 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0,80 & 0,75 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$.

Решение системы вычисляем методом обратной матрицы:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y. \quad (4.3)$$

Предварительно вычисляем необходимые для составления системы (4.2) матрицы:

$$X^T \cdot X = \begin{pmatrix} 8 & 6,49 & 6 \\ 6,49 & 5,2679 & 4,8731 \\ 6 & 4,8731 & 4,5128 \end{pmatrix}, \quad X^T \cdot Y = \begin{pmatrix} 119 \\ 830,5 \\ 2955 \end{pmatrix}.$$

Тогда обратная матрица имеет вид

$$(X^T \cdot X)^{-1} = \begin{pmatrix} 577,58 & -1104,29 & 424,53 \\ -1104,29 & 2285,71 & -1000,00 \\ 424,53 & -1000,00 & 515,63 \end{pmatrix}.$$

По формуле (4.3) вычисляем вектор $B = \begin{pmatrix} -26,1 \\ 214,3 \\ -20,3 \end{pmatrix}$.

Таким образом, $b_0 = -26,1$; $b_1 = 214,3$; $b_2 = -20,3$ и уравнение регрессии имеет вид: $\hat{Y} = -26,1 + 214,3X_1 - 20,3X_2$.

Определим множественный коэффициент детерминации и проверим адекватность полученного уравнения регрессии Y по X_1 и X_2 на уровне значимости 0,05.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}, \quad (4.4)$$

где Y_i – эмпирические значения результативного признака;
 \hat{Y}_i – теоретические значения результативного признака, вычисленные по уравнению регрессии;
 \bar{Y} – среднее значение результативного признака.

Тогда по формуле (4.4) $R^2 = 1 - \frac{6,88}{96} = 0,93$, то есть 93% вариации зависимой переменной Y (оптовая цена геотекстильного полотна, руб.) объясняется вариацией независимых переменных X_1 (конкурентный потенциал предприятия) и X_2 (комплексный показатель качества геосинтетического полотна).

Установление достоверности полученных результатов осуществляем с помощью проверки статистической гипотезы о значимости коэффициента детерминации и уравнения регрессии в целом по критерию Фишера с уровнем значимости

0,05: $F_{набл} = \frac{0,93}{1-0,93} \cdot \frac{9-2-1}{2} = 39,8$, а $F_{кр} = F(\alpha = 0,05; k_1 = 2; k_2 = 6) = 5,14$. Так как

$F_{набл} > F_{кр}$, то принимается гипотеза о значимости коэффициента детерминации и уравнения регрессии в целом.

Кроме того найдем среднюю относительную ошибку аппроксимации:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right| \cdot 100\% = \frac{100\%}{8} \cdot 0,0435 = 0,54\%, \text{ значение которой менее } 10\%, \text{ что}$$

так же говорит о хорошем подборе модели к исходным данным.

При установленной зависимости цены от факторов X_1 и X_2 далее определяли изменение цены в случае снижения или повышения конкурентного потенциала предприятия (X_1) и качества геотекстильного полотна (X_2).

Для обеспечения конкурентоспособности геотекстильного полотна его цена должна быть несколько меньше предельной цены, что можно характеризовать соответствующим индексом:

$$I_{Ц} = Ц_{П} / Ц_{Ф}, \quad (4.5)$$

где $Ц_{П}, Ц_{Ф}$ – предельная (П) и фактическая (Ф) цены геотекстильного полотна при данном значении его качества.

В зависимости от значения индекса цены определяется уровень конкурентоспособности геотекстильного материала. В случае $I_{ц} > 1$, то предельная цена выше фактической, а значит, конкурентоспособность выше, и потребитель за материал недоплачивает. Если $I_{ц} < 1$, то конкурентоспособность ниже. Разность между предельной и фактической ценой геотекстильного полотна определяет запас ее конкурентоспособности:

$$З_{КС} = Ц_{П} - Ц_{Ф}. \quad (4.6)$$

Установим $З_{КС}$ на уровне его среднего значения и проведем соответствующую плоскость параллельно зависимости $Y = \varphi (X_1, X_2)$, которая и будет отражать значения конкурентной цены геотекстильного полотна в зависимости от уровней конкурентного потенциала предприятия и качества самой продукции.

В табл. 4.3 приведены итоговые данные по запасу конкурентоспособности рассматриваемых предприятий по производству соответствующей геотекстильной продукции.

Таблица 4.3 – Данные по запасу конкурентоспособности тканых геополотен

Геотекстильная продукция предприятия	Экономические показатели конкурентоспособности		
	$Ц_{П}$, руб.	$I_{Ц}$	$З_{КС}$, руб.
1	137,84	0,99	-1,15
2	129,17	1,00	0,17
3	132,64	1,01	1,64
4	128,76	1,00	-0,24
5	137,44	1,00	0,44
6	133,56	1,00	0,56
7	130,50	0,99	-1,50
8	130,09	1,00	0,09

Значение показателя «запас конкурентоспособности» ($Z_{КС}$) показывает какую сумму потребитель недоплатил (в случае $Z_{КС} > 0$) или переплатил ($Z_{КС} < 0$) за геотекстильный материал. Кроме того, запас конкурентоспособности выявляет потенциальные возможности изменения цены геотекстильного материала в соответствии с данным уровнем качества. Чем выше запас конкурентоспособности, тем больше потенциальных возможностей у текстильного предприятия расширить долю рынка для своей продукции. Если запас конкурентоспособности отрицательный, то это означает уменьшение доли рынка для предприятия, и как результат, потребители могут вообще отказаться от покупки данного вида геотекстильной продукции.

4.2. Количественная оценка конкурентного преимущества текстильного предприятия

В связи с тем, российская экономика столкнулась с реализацией беспрецедентных геополитических рисков, связанных с введением режима санкций со стороны США и ЕС, для отечественных производителей геотекстильных материалов повышение конкурентоспособности как самого предприятия, так и выпускаемой им продукции является приоритетной задачей [105].

Эффективным способом решения данной проблемы является повышение конкурентных преимуществ (КП) предприятия по производству геотекстильных материалов, в связи с чем необходимо разработать методику количественной оценки конкурентных преимуществ предприятия по производству геотекстильных материалов [106].

Для реализации предложенного инструментария, в качестве объекта исследования было выбрано предприятие ООО «НИПРОМТЕКС» (г. Железногорск, Курской области), которое является крупным производителем геотекстильных строительных материалов.

На первом этапе исследования был сформирован алгоритм комплексной оценки конкурентных преимуществ (КОКП), который приведён на рис. 4.1. На втором этапе выделяли факторы, влияющие на конкурентное преимущество предприятия. В соответствии с [101] данные факторы можно подразделить на внешние (проявление которых незначительно зависит от самого предприятия) и внутренние (которые почти целиком определяются руководством предприятия). В соответствии с целью работы КП определяли с учётом только внутренних факторов предприятия, к которым согласно [107] относили: организацию производства; кадровое обеспечение; сбытовую и финансовую политику.

В дальнейшем с использованием экспертного метода [108] определяли весомость основных групп внутренних факторов, а затем отдельно в каждой группе внутренних факторов дополнительно осуществляли ранжирование показателей конкурентного преимущества.

Оценка конкурентоспособности предприятия ООО «НИПРОМТЕКС» осуществлялась путем сравнения конкурентных преимуществ аналогичных предприятий (ООО «ПОШ-Волокно», г. Энгельс, Саратовской области; ООО «СУБУР-Геотекстиль», г. Сургут; ООО «Челябнетма», г. Челябинск; ЗАО «Втор-Ком», г. Челябинск), выпускающих геотекстильные материалы. В качестве исходной информации для комплексной оценки конкурентных преимуществ использовались данные, опубликованные на официальных сайтах предприятий-конкурентов.

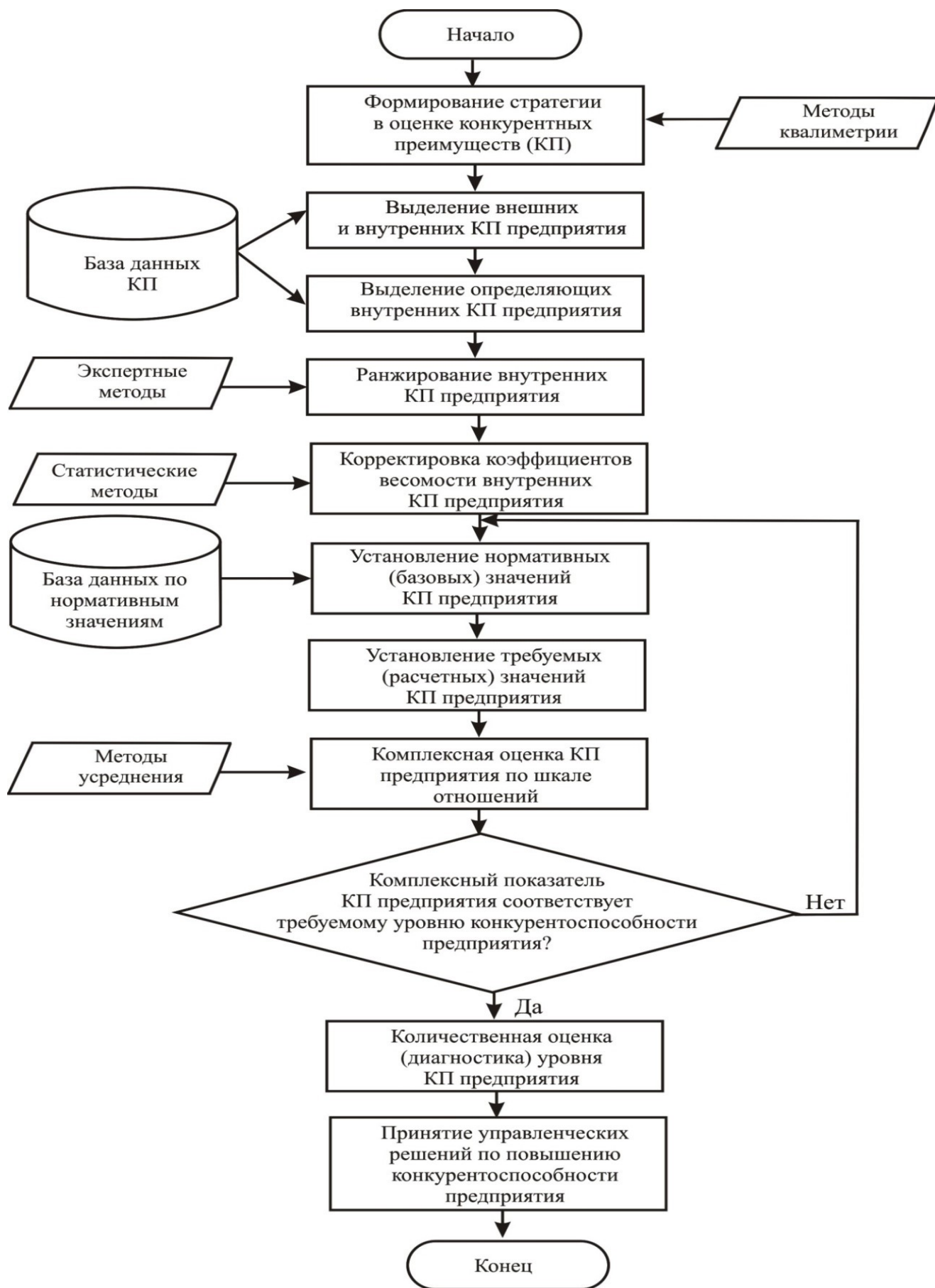


Рис. 4.1 – Алгоритм комплексной оценки конкурентных преимуществ предприятия

В результате проведенного анализа были выявлены наиболее распространенные конкурентные преимущества предприятий: наличие собственного производства; резервные производственные мощности; широкий ассортимент выпускаемой продукции; высокое качество продукции; эффективно действующее СМК на предприятии; деятельность по сертификации готовой продукции; регулярное обучение, семинары для персонала предприятия; известность (репутация) предприятия на рынке; открытие представительств предприятия в регионах РФ; предоставление заказчикам продукции логистических услуг; наличие готовой продукции на складе и гибкая ценовая политика.

При оценке конкурентных преимуществ по каждому показателю применялась бальная шкала оценок (от 1 до 5, при этом 5 – максимально возможный результат).

Комплексная оценка конкурентных преимуществ (КОКП) предприятия формировалась с использованием арифметического способа усреднения по предлагаемой формуле, которая является усовершенствованным выражением [100] и дополнительно включает поэтапное ранжирование в каждой группе внутренних факторов конкурентных преимуществ:

$$КОКП = \frac{1}{5m} \left[\sum_{k=1}^s \left(\sum_{i=m_k+1}^{m_k+n_k} \left(\sum_{j=1}^m \mathcal{E}_{ij} \right) \cdot \beta_i \right) \cdot \gamma_k \right], \quad (4.7)$$

где m – число экспертов;

\mathcal{E}_{ij} – оценка по пятибалльной шкале j -м экспертом i -го конкурентного преимущества предприятия;

β_i – коэффициент весомости i -го конкурентного преимущества предприятия;

γ_k – коэффициент весомости k -й группы конкурентных преимуществ предприятия;

s – количество групп конкурентных преимуществ предприятия;

n_k – количество показателей в k -ой группе;

m_k – сумма показателей в k -ой и предшествующих группах, причем $m_1 =$

$$0, \quad m_k = \sum_{r=1}^{k-1} n_r \quad \text{для } k = \overline{2, s}.$$

В данном исследовании, при определении КОКП приняли участие 9 экспертов, которые являются ведущими специалистами в области оценки конкуренто-

способности промышленных предприятий. Итоговая суммарная оценка экспертов и результаты расчетов по каждому показателю КОКП представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Результаты комплексной оценки конкурентных преимуществ предприятий по производству строительных материалов

Показатели	Значимость	Оценка показателей				
		ООО «НИПРОМТЕКС»	ООО «ПОШ-Волокно»	ООО «СИБУР-Геотекстиль»	ООО «Челябметма»	ЗАО «Втор-Ком»
Организация производства	0,20					
Наличие собственного производства	0,32	39	43	42	43	40
Производственные мощности	0,23	42	30	40	30	35
Ассортимент выпускаемой продукции	0,14	30	32	27	32	43
Качество продукции	0,17	42	39	39	39	42
Внедрение СМК на предприятии	0,06	40	18	18	18	18
Сертификация готовой продукции	0,08	39	37	39	37	44
Кадровое обеспечение	0,20					
Обучение, семинары для персонала предприятия	1,00	38	34	35	34	40
Сбытовая политика	0,35					
Известность (репутация) предприятия на рынке	0,29	39	39	37	39	37
Представительства предприятия в регионах РФ	0,24	37	26	38	26	18
Предоставление заказчикам продукции логистических услуг	0,21	39	38	39	38	35
Наличие готовой продукции на складе	0,26	40	43	44	43	42
Финансовая политика	0,25					
Гибкая ценовая политика	1,00	35	36	37	36	40
Комплексная оценка конкурентных преимуществ		0,84	0,79	0,81	0,79	0,84

При необходимости можно перейти из шкалы отношений к шкале порядка и ввести соответствующие уровни комплексного (обобщенного) показателя конкурентных преимуществ, например, в варианте: 0,91 ... 1,0 – уровень «высокий»; 0,86 ... 0,90 – «приемлемый»; 0,61 ... 0,85 – «средний»; 0,1 ... 0,60 – «низкий».

4.3. Установление конкурентоспособного ассортимента геотекстильной продукции

Для обеспечения необходимого уровня конкурентоспособности текстильного предприятия необходимо проводить работу в направлениях [109]: выпуска высококачественной продукции; иметь современные технологии её производства; постоянно снижать внепроизводственные издержки производства; иметь высококвалифицированный персонал и т.д.

Наряду с перечисленными направлениями существенную роль играет и формирование конкурентоспособного ассортимента выпускаемой продукции, понятие и наполнение которого не отражено в учебной и научной литературе. Поэтому необходимо создание методики по формированию и количественной оценке конкурентоспособного ассортимента.

Первоначально, уточняя само понятие «конкурентоспособный ассортимент» как отдельную его разновидность, аккумулировали его известными в товароведении [110] разновидностями, а именно развернутый, рациональный и оптимальный ассортимент. Согласно [110] понятие разновидности «развернутый ассортимент» характеризуется различным количеством видовых отличий как правило однородной продукции, разновидность «рациональный ассортимент» отождествляется с наполнением ассортимента качественной продукции, разновидность «оптимальный ассортимент» наряду с качественными показателями отражает оптимальные ценовые характеристики продукции. Таким образом, в формализованном виде конкурентоспособный ассортимент (*КСА*) можно представить в следующей конструкции:

$$КСА = \{A_{раз}, A_{рац}, A_{опт}\}, \quad (4.8)$$

где $A_{раз}$, $A_{рац}$, $A_{опт}$ – соответственно развернутый, рациональный и оптимальный ассортимент.

Производственной базой для формирования и оценки *КСА* была выбрана продукция промышленного предприятия, которое производит геотекстильные материалы (см. разд. 4.2) [111].

На этапе декомпозиции разновидности «конкурентоспособный ассортимент» от частных разновидностей осуществляем переход к соответствующим свойствам, а именно разновидность «развернутый ассортимент» трансформируем в свойство «наполняемость ассортимента», аналогично «рациональный ассортимент» переводим в свойство «качество ассортимента», а «оптимальный ассортимент» преобразуем в свойство – «стоимость на обеспечение соответствующего уровня качества». В свою очередь, сложное свойство «наполняемость ассортимента» в соответствии с [110] включает такие простые свойства ассортимента как широта, полнота и глубина, которые отражаются соответствующими количественными показателями.

Для сложного свойства «качество ассортимента» можно выделить по шкале порядка соответствующие уровни градации: «высокое качество», «приемлемое качество» и «низкое качество», которые по методике [45] можно сформировать из шкалы отношений в виде: 1,00 ... 0,81 – «высокое»; 0,80 ... 0,61 – «приемлемое»; 0,60 ... 0,41 – «низкое» и 0,40 ... 0,00 - отсутствие самого понятия качественной продукции.

Для свойства «стоимость на обеспечение соответствующего уровня качества ассортимента» определяем на основании установленных уровней градации качества ассортимента.

В результате сформировали «дерево разновидностей и свойств» для декомпозиции понятия «конкурентоспособный ассортимент», которое показано на рис. 4.2.

На следующем этапе формировали оценочную шкалу конкурентоспособного ассортимента. Для этого первоначально выделяли качественные характеристики (свойства) разновидностей ассортимента, далее для каждого выделенного свойства определяли необходимые количественные показатели.

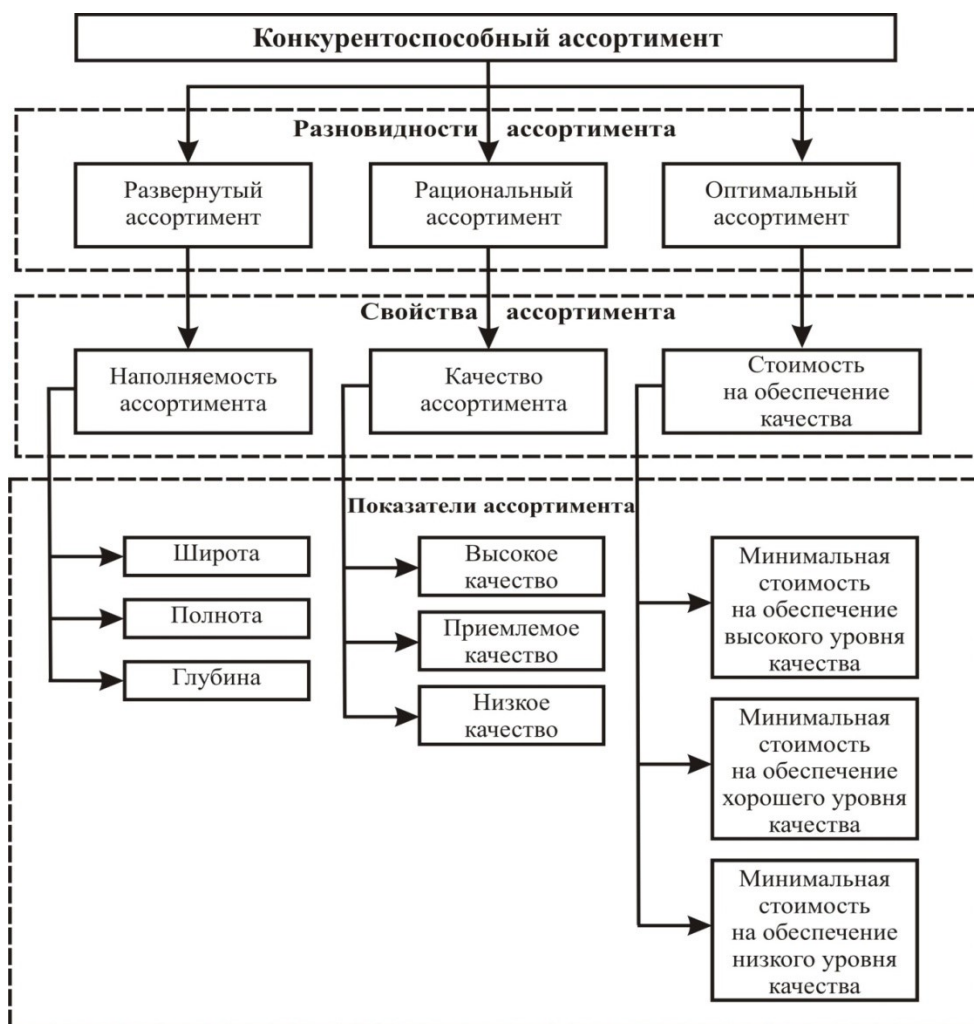


Рис. 4.2 – Дерево разновидностей и свойств для наполнения понятия «конкурентоспособный ассортимент» для геотекстильных материалов

Количественную оценку развернутого ассортимента по свойству широта ($Ш$), полнота ($П$) и глубина ($Г$) можно осуществлять следующими показателями в абсолютной и относительной форме выражения. Приведем только пример для свойства «широта ассортимента»:

$$\begin{aligned} \Delta X_{Ш} &= |X_{Ш}^Б - X_{Ш}^Ф|, \\ \delta X_{Ш} &= \Delta X_{Ш} / X_{Ш}^Б, \end{aligned} \quad (4.9)$$

где $X_{Ш}^Ф$, $X_{Ш}^Б$ – фактическое и базовое значения группы товаров.

Количественную оценку рационального ассортимента по свойствам высокое качество ($ВК$), приемлемое качество ($ПК$) и низкое качество ($НК$) также можно осуществлять по показателям в абсолютной и относительной форме выражения. Например, для свойства «высокое качество» имеем следующие показатели:

$$\begin{aligned}
Y &= Y_{BK} + Y_{PK} + Y_{HK}, \\
\delta Y_{PK} &= \Delta Y_{BK} / Y,
\end{aligned}
\tag{4.10}$$

где Y – оценка качества; Y_{BK}, Y_{PK}, Y_{HK} – число изделий, оцениваемых высшим, приемлемым и низким качеством.

Соответственно количественную оценку оптимального ассортимента по свойствам минимальная стоимость на обеспечение высокого, приемлемого и низкого уровня качества также осуществляли по показателям в абсолютной и относительной форме выражения. Для свойства «минимальная стоимость на обеспечение высокого уровня качества» показатели могут быть следующие:

$$\begin{aligned}
Z &= Z_{BK} + Z_{PK} + Z_{HK}, \\
\delta Z_{PK} &= \Delta Z_{BK} / Z,
\end{aligned}
\tag{4.11}$$

где Z – суммарная стоимость качественных изделий; Z_{BK}, Z_{PK}, Z_{HK} – минимальная стоимость на обеспечение соответственно высокого, приемлемого и низкого качества.

Количественную оценку развернутого ассортимента определим по формуле:

$$A_{раз} = \delta X_{III} \cdot \alpha_{III} + \delta X_{II} \cdot \alpha_{II} + \delta X_{I} \cdot \alpha_{I}.$$
(4.12)

Количественную оценку рационального ассортимента вычислим согласно выражения:

$$A_{рац} = \delta Y_{BK} \cdot \alpha_{BK} + \delta Y_{PK} \cdot \alpha_{PK} + \delta Y_{HK} \cdot \alpha_{HK}.$$
(4.13)

Оценку стоимости ассортимента товаров на обеспечение выделенных качественных градаций найдем по формуле:

$$A_{онт} = \delta Z_{BK} \cdot \alpha_{BK} + \delta Z_{PK} \cdot \alpha_{PK} + \delta Z_{HK} \cdot \alpha_{HK}$$
(4.14)

Таким образом, для оценки конкурентоспособного ассортимента при его формировании в шкале отношений необходимо развернуть выражение (4.8) с учетом весомостей их составляющих в виде:

$$КСА = A_{раз} \cdot \beta_{раз} + A_{рац} \cdot \beta_{рац} + A_{онт} \cdot \beta_{онт}$$
(4.15)

Осуществим расчет $КСА$ при числовых значениях, приведенных в табл.4.5. При этом принимаем, что коэффициенты весомости (α) по отдельным показате-

лям, а также по разновидностям ассортимента (β) являются равнозначными, и при

этом сохраняется условие $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$ и $\sum_{j=1}^3 \beta_j = 1$.

Таблица 4.5 – Значения единичных показателей конкурентоспособного ассортимента ГТМ

Свойство	Количественный показатель	Значение	
		фактическое	базовое
Наполняемость ассортимента	$X_{Ш}$	13	25
	$X_{Г}$	8	25
	$X_{П}$	8	13
Качество продукции	$Y_{ВК}$	6	13
	$Y_{ПК}$	5	13
	$Y_{НК}$	2	13
Стоимость на обеспечение соответствующего уровня качества	$Z_{ВК}$	17,2	88,6
	$Z_{ПК}$	28,4	88,6
	$Z_{НК}$	43,0	88,6

В результате имеем $KCA=0,38$, что показывает на недостаточный (низкий) уровень сформированного ассортимента, т.к. по шкале порядка [101]: $KCA = 1,00 \dots 0,71$ имеет достаточный уровень конкурентоспособности; $KCA = 0,70 \dots 0,41$ – приемлемый уровень конкурентоспособности, $KCA = 0,40 \dots 0,00$ – недостаточный уровень конкурентоспособности.

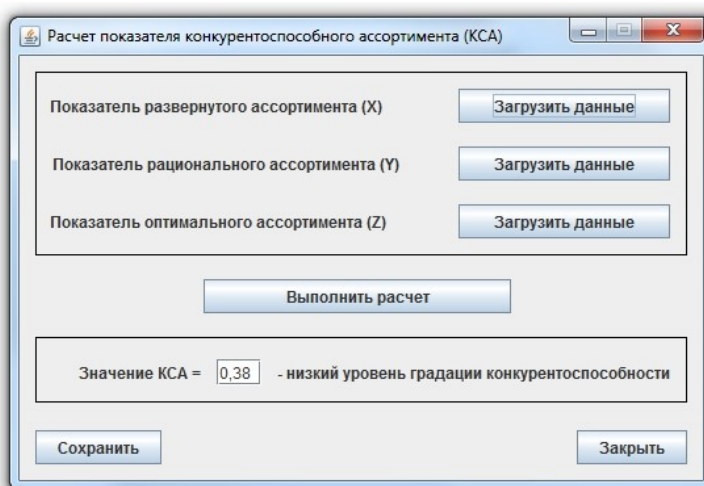


Рис. 4.3 – Окно программы для расчета показателя конкурентоспособного ассортимента геотекстильной продукции

Для автоматизации процесса расчета KCA , использовали компьютерную программу, составленную в оболочке Java 8, где итоговое информационное окно приведено на рис. 4.3.

4.4. Разработка методики оценки результативности системы менеджмента качества предприятия по производству геотекстильных полотен

Важнейшим аспектом деятельности предприятия по производству геотекстильных материалов является определение критериев его результативности и эффективности процессов на всех этапах жизненного цикла производимой продукции. Сущность понятия «результативность» и «эффективность» с точки зрения процессного подхода заложена в национальных стандартах ГОСТ Р ИСО серии 9000 [112]. Приведенное определение в обобщенном виде раскрывает алгоритм действий по получению количественной оценки. Однако на практике проблема формирования взвешенной, чувствительной и информативной оценки результативности по-прежнему остается актуальной.

Ранее проведенные работы в ИВГПУ по созданию методического обеспечения по количественной оценке технологической результативности конкретного производственного процесса [113, 114] решали проблему в соответствии со спецификой искомого технологического процесса текстильного предприятия. Другие известные работы в области методологии оценки результативности СМК предприятия (организации) [115, 116] решали задачи, связанные с локальным подходом в направлении информационного обеспечения итоговой оценки.

Объектом исследования являлась СМК предприятия по производству текстильных материалов ООО «Нипромтекс» (г. Железногорск, Курская область), где геотекстильные нетканые материалы изготавливаются из полимерных (полиэфирных, полипропиленовых и др.) волокон при помощи иглопробивного и термического скрепления подготовленных и сформированных волокон в холст [117].

При разработке методики результативности СМК предварительно выделили требования [118], на основе которых сформирован общий алгоритм (см. рис. 4.4) определения результативности СМК искомого предприятия по производству нетканых геополотен.

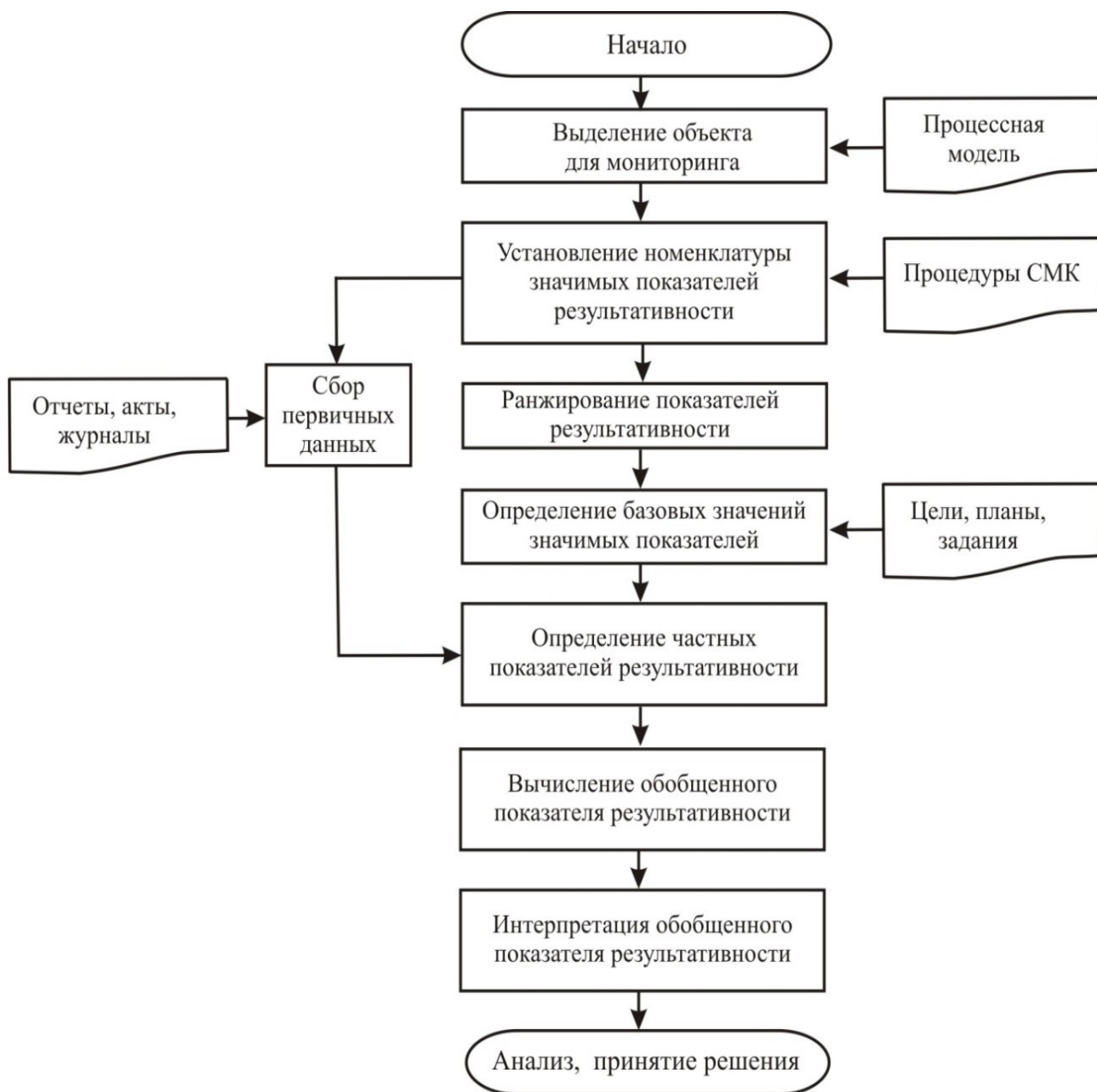


Рис. 4.4 – Блок-схема алгоритма по определению результативности SMK

Основываясь на теории применения квалиметрических оценок качества текстильных материалов и изделий [46] приведём в табл. 4.6 математические алгоритмы используемых вариантов при нахождении частных (единичных) показателей результативности.

Таблица 4.6 – Варианты нахождения единичных показателей качества

Вариант	Выражение
1	$P = \left(\frac{x}{\ x\ } \right)^{\text{sgn } \Delta x},$ <p>где $\text{sgn } \Delta x = \begin{cases} +1, & \text{если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} > 0 - \text{позитивный показатель результативности;} \\ -1, & \text{если } \Delta x = x_{\text{луч}} - x_{\text{худ}} < 0 - \text{негативный показатель результативности.} \end{cases}$</p> <p>$x_{\text{луч}}, x_{\text{худ}}$ – соответственно наилучшее и наихудшее возможное значение показателя результативности; $x, \ x\$ – соответственно фактическое и нормативное (базовое) значение показателя результативности</p>
2	$P = 1 - \frac{\ x\ - x}{\ x\ - x_{\text{худ}}}; \quad P = 1 - \frac{x - \ x\ }{x_{\text{луч}} - \ x\ },$ <p>где первая формула используется в случае позитивного показателя результативности, а вторая – в случае негативного</p>
3	$P = \begin{cases} \frac{x - x_{\text{нач}}}{x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}}}, & \text{для позитивных показателей результативности,} \\ \frac{x_{\text{нач}} - x}{x_{\text{нач}} - x_{\text{кон}}}, & \text{для негативных показателей результативности,} \end{cases}$ <p>где $x, x_{\text{нач}}, x_{\text{кон}}$ – соответственно фактическое значение показателя о состоянии процесса, достигнутое на конец отчетного периода; значение показателя, соответствующее фактическому состоянию процесса на начало отчетного периода; значение показателя, соответствующее желаемому состоянию процесса на конец отчетного периода</p>
4	$P = \begin{cases} 1, & \text{если } \ x\ = x, \\ 0, & \text{если } \ x\ \neq x. \end{cases}$

Вычисление единичных (частных) показателей результативности (ЕПР) по первому варианту подчиняется классической схеме, представленной в виде выражения с учетом подразделения показателей на позитивные и негативные. В случае оценивания результативности предприятия по качеству производимой продукции, то при наличии нормативных документов, устанавливающих требования к продукции по нескольким уровням качества (например, по нескольким сортам, типам, классам), базовым значением единичного показателя качества должно быть выбрано значение, соответствующее наилучшему уровню качества (высшему, первому и т.п.). При этом ЕПР меняется в пределах от нуля до единицы, причем его изменение носит непрерывный характер. Чем ближе полученное значение

ЕПР процесса к единице, тем более высокий уровень имеет исследуемый показатель качества. Таким образом, выражение по первому варианту можно применять к самым разнообразным вариациям ситуаций оценивания, например, к прогнозированию уровня качества геотекстильных полотен [22].

Определение ЕПР по второму варианту осуществляется с учетом ограничений (допусков) на предельные значения показателей в соответствии с приведёнными выражениями.

В третьем варианте для нахождения ЕПР важна формулировка номинальной цели, если она выражается в аддитивном формате, т.е. увеличить или уменьшить на определенную величину само значение ЕПР. Данная конструкция технически предполагает возможность получения отрицательных значений ЕПР и значений, превышающих единицу. Для устранения этого недостатка предлагается ввести дополнительные условия: если $P < 0$, то $P = 0$, если $P > 1$, то $P = 1$ (где P показатель результативности).

Если формулировка номинальной цели носит мультипликативный формат (увеличить или уменьшить в определенное число раз), или отдельные цели установлены организацией в качественной форме, например, «занять призовое место в отраслевом профессиональном конкурсе», то частный показатель результативности определяется булевой функцией, то есть он обращается в единицу при выполнении поставленного условия и обращается в ноль при его несоблюдении. В этих случаях применяют выражение по четвёртому варианту.

Таким образом, в табл. 4.6 сформированы и представлены все необходимые способы количественной оценки результативности P в частных аспектах для разнообразных вариаций планирования деятельности, встречающихся на практике предприятия по производству геотекстильных полотен.

В рамках практической реализации формируемой методики оценки результативности выполним расчет ЕПР процессов СМК и проведём их свертывание в обобщенный показатель результативности (ОПР), опираясь на исходные данные исследуемого предприятия [117] о величине отдельных показателей процессов.

Свертывание ЕПР в ОПР согласно представленного на рис. 4.5 алгоритма осуществляли ступенчато в соответствии с процессной моделью СМК предприятия.

В рамках оценки результативности системы СМК укрупнённо рассматривались следующие общие процессы: маркетинг (0,15); производство (0,30); выходной контроль качества готовой продукции (0,08); управление персоналом (0,12); менеджмент управления (0,35). В скобках показана их весомость в итоговой оценке, установленная экспертным опросом. Значения по ЕПР приведены в табл. 4.7 ... 4.11.

Таблица 4.7 – Значения единичных показателей результативности по процессам маркетинга

ЕПР (X_j);	Весомость	Цель локального процесса	Значение ЕПР	
			до	после
Число субъектов, потребляющих продукцию предприятия	0,07	Увеличить на 50 %	65	80
Число стран, потребляющих продукцию предприятия	0,06	Увеличить на 50 %	10	10
Число зарубежных партнеров, потребляющих продукцию предприятия	0,06	Увеличить на 50 %	5	2
Количество видов ассортимента геотекстильных материалов	0,21	Увеличить на 25 %	8	11
Количество новых видов ассортимента геотекстильных материалов	0,15	Увеличить на 100%	1	3
Доля расходов на товародвижение, рекламу в бюджете предприятия	0,09	Удержать на базовом уровне	1	1
Выручка предприятия от продажи геотекстильных материалов	0,20	Увеличить на 25 %	21 528	23 400
Чистая прибыль предприятия	0,07	Увеличить на 25 %	17,20	18,70
Рентабельность продаж (0,04	Увеличить на 25 %	4	3
Цена единицы продукции предприятия	0,05	Удержать на базовом уровне	18,00	18,00

Таблица 4.8 – Значения единичных показателей результативности по процессам производства

ЕПР (X_j);	Весомость	Цель локального процесса	Значение ЕПР	
			до	после
Автоматизация производства	0,15	Удержать на базовом уровне	100	100
Непрерывность производства	0,14	Удержать на базовом уровне	100	98
Уровень брака продукции	0,08	Снизить брак (min 5 %)	10	-
Загрузка основного производства	0,24	100 % загрузка основного производства	90	86
Срок эксплуатации производственного оборудования (линии)	0,04	Оптимальный срок эксплуатации оборудования - 10 лет, максимальный – 20 лет.	5	6
Износ производственного оборудования (линии)	0,05	Не превышать 50 %	20	24
Фондоотдача	0,06	Увеличить на 25 %	1,75	1,75
Вынужденный простой производственного оборудования	0,06	Вынужденный простой сократить оборудования до 10 дней	15	65
Объем производства геотекстильных материалов	0,07	Увеличить на 25 %	1 196	1 300
Внедрение новых технологий (оборудования) для производства геотекстильных материалов	0,07	Покупка нового оборудования (2 ед.)	1	7
Темп обновления технологического оборудования и ремонта	0,04	Обновлять парк оборудования до 25 % в год	30	60

Примечание: j - процесс; i – единичный показатель процесса.

Таблица 4.9 – Значения единичных показателей результативности по контролю качества продукции

ЕПР (X_j);	Весомость	Цель локального процесса	Значение ЕПР	
			до	после
Доля отказов заказчиков от произведенной продукции (геотекстильных материалов) в связи с несоответствием требованиям технических условий	0,22	Сократить долю отказов заказчиков от произведенной продукции до 2%	4	5
Доля затрат на улучшение качества производимых геотекстильных материалов	0,31	Увеличить долю затрат на качество ГТМ до 10%	3	3
Уровень соблюдения технологической дисциплины	0,33	Удержать на базовом уровне	99	100
Аттестации производственного оборудования и ремонта	0,14	Удержать на базовом уровне	98	100

Таблица 4.10 – Значения единичных показателей результативности по управлению персоналом

ЕПР (X_j);	Весомость	Цель локального процесса	до	после
Количество работников, задействованных в производстве геотекстильных материалов	0,20	Увеличить количество работников, задействованных в производстве ГТМ в 1,25 раза	35	38
Производительность труда	0,19	Увеличить производительность труда на 25 %	660	660
Повышение квалификации	0,08	Удержать на базовом уровне	5	5
Уровень заработной платы	0,18	Удержать на базовом уровне	1,00	1,00
Доля нарушителей трудовой дисциплины	0,06	Сократить до 1,00%	0,05	0,04
Частота несчастных случаев в производстве	0,06	Сократить до 0,01%	0,01	0,01
Доля неаттестованных рабочих мест	0,06	Сократить до 0 кол.	1	1
Количество рационализаторских предложений	0,05	Увеличить на 25 %	0,21	0,21
Потери рабочего времени при техническом обслуживании оборудования и ремонте	0,04	Сократить до 5%	10	10
Коэффициент штатности	0,04	Увеличить до 1,00	0,89	0,89
Текучесть кадров	0,04	Сократить до 0 чел.	5	5

Таблица 4.11 – Значения единичных показателей результативности по процессам менеджмента управления

ЕПР (X_j);	Весомость	Цель процесса	Значение ЕПР	
			до	после
Доля управленцев в общей численности персонала предприятия	0,22	Увеличить до 5 %	4,20	4,20
Эффективность управления	0,13	Увеличить на 25 %	150,00	150,00
Коэффициент неорганизованности производства	0,10	Уменьшить в 2 раза	0,90	0,78
Доля инвестирования	0,15	Увеличить на 50 %	5	12
Уровень значимости и востребованности информации, используемой на предприятии	0,12	Удержать на базовом уровне	100	100
Доля затрат предприятия на информационные ресурсы	0,18	Увеличить долю затрат на информационные ресурсы на 10 %	7,50	7,50
Доля автоматизации процесса документооборота на предприятии	0,10	Автоматизировать процесс документооборота до 100 %	90	86

Примечание: j - процесс; i – единичный показатель процесса

Согласно алгоритму оценки результативности СМК (см. рис. 4.4) вычислим значения ОНР первоначально для выделенных процессов с учетом значений ЕНР и коэффициентов их весомости. Поскольку процессная модель СМК предусматривает два уровня декомпозиции, то вычисления проведем сначала для обобщенных процессов, а затем для всей СМК. Результаты расчета с использованием арифметического способа усреднения сведены в табл. 4.12.

Таблица 4.12 – Значения результативности обобщенных процессов

Значение ОНР обобщенного процесса, %					Итоговый ОНР СМК, %
маркетинг	производство	контроль качества продукции	управление персоналом	менеджмент управления	
62,63	45,44	47,00	47,25	32,80	43,94

На финальной стадии (см. рис. 4.4) осуществляем интерпретацию полученной оценки результативности СМК. Во-первых, среди значений, учитываемых ЕНР, имеет место существенная неоднородность (наряду с высокими оценками зачастую наблюдаются нулевые), что свидетельствует о слабой управляемости процессов со стороны линейного управленческого персонала. Во-вторых, количественная оценка результативности каждого из пяти обобщенных процессов может содержать определённые риски. Это требует существенного пересмотра всей управленческой иерархии и, возможно, корректировки целей процессов. Соответственно, общая оценка результативности СМК также может находиться в зоне риска, что будет свидетельствовать о необходимости срочных мер по кардинальному улучшению производственной системы.

По этой причине в алгоритме оценивания результативности СМК (см. рис. 4.4) на стадии завершения количественной оценки на любом иерархическом уровне процессов СМК предложено осуществить соответствующую интерпретацию. Решение данной задачи осуществляем помощью функции желательности [46]. Параметры функции желательности подбирались таким образом, чтобы порог чувствительности выходного сигнала был не ниже значения 0,2, то есть функция желательности должна реагировать на изменение результативности только на уровнях выше значения 0,2. Положительная интерпретация результативности

должна быть возможна только при минимальном выполнении поставленных целей (оценка результативности должна быть выше значения 40 %).

Исходя из указанных входных условий, была подобрана функция вида

$$D(P) = \frac{1}{B} \cdot e^{-A/P} \quad (4.16)$$

где P - итоговая (или промежуточная) оценка результативности СМК;

A - эмпирический коэффициент, определяющий скорость возрастания функции желательности (подобран равным 1);

B - эмпирический коэффициент, определяющий масштаб выходного сигнала (подобран равным 0,37).

Последовательный перевод данных из шкалы отношений в шкалу порядка, а затем в шкалу наименований с учетом значений функции желательности (4.16) приведён в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Качественная оценка СМК

ОПР СМК (P), %	D	Качественная оценка СМК
ниже 40	менее 0,25	Не результативна
от 40 до 60	свыше 0,25 ... 0,50	Содержит отдельные риски
от 61 до 80	свыше 0,50 ... 0,75	В целом результативна
свыше 80	свыше 0,75	Результативность обеспечена в полной мере

На основании выделенных в табл. 4.13 уровней градации руководство предприятия может принять соответствующие меры по поощрению работников, совершенствованию деятельности самого предприятия в рамках документированных процедур СМК, а также устранению причин, вызвавших снижение показателей результативности его производственной деятельности.

4.5. Определение структуры затрат на обеспечение качества геотекстильной продукции

Как было показано выше, важнейшей характеристикой производственной деятельности промышленного (в том числе и текстильного) предприятия является обеспечение выпуска конкурентоспособной продукции, которая зависит от качества и конечной цены при её реализации. Дополнительные затраты, необходимые для достижения требуемого уровня, желательно минимизировать, в связи с чем необходимо определить структуру затрат на качество геотекстильной продукции [122].

Объектом исследования являлись геотекстильные материалы, предназначенные для дорожного строительства, и выпускаемые ООО «Ультростаб» (Ивановская область) [123].

В начальной фазе исследования выявляли основные этапы при производстве данной продукции, а именно: планирование и проектирование требуемого уровня качества, мониторинг качества (стабильности) технологических процессов, контроль качества произведённой продукции. В дальнейшем в соответствии с выделенными этапами решали задачу по определению структуры соответствующих затрат на обеспечение требуемого уровня качества.

Необходимые процедуры по планированию качества продукции определены в нормативном документе [123]. Входными данными для составления плана по качеству прежде всего являются требования (законодательные, обязательные, особые) к качеству продукции, а также требования к уровню качества производимой продукции конкретных потребителей. Содержание самого плана качества может включать разделы: область применения, ответственность руководства, управление данными и записями, а также другие.

Отдельно выделяется операция по проектированию необходимого уровня качества искомой продукции в соответствии с требованиями действующих отраслевых нормативных документов [53] и стандартов организаций [124].

Для производства инновационной продукции необходимо создание соответствующей методики проектирования требуемого уровня качества, которая подробно рассмотрена в разд. 2.1.

Для реализации операции процесса проектирования, предусматривающей выделение определяющих свойств геополотна, предварительно создавали их базу данных на основе построения соответствующих матриц свойств по выделенным группам, а именно, назначения, эксплуатационной надёжности, стойкости к внешним воздействиям (см. разд. 2.3). В табл. 4.14 приведена база данных свойств по группе стойкости к внешним воздействиям.

Выделенные курсивом простые свойства являются определяющими свойствами тканых геополотен из полиэфирных нитей. Помимо базы данных свойств создаётся дополнительная база данных по количественным показателям искомых свойств.

Таблица 4.14 – Выделяемые свойства при технологических воздействиях на ГТМ

Влияние	Наименование свойств
Циклических нагрузок	Продавливаемость (гравийными элементами дорожного полотна), повреждаемость, износостойкость, устойчивость к циклическим нагрузкам
Изменения температуры	Теплостойкость, морозостойкость, теплопроводность, гибкость
Влажной среды	Влажность, намокаемость (водоёмкость), водопоглощенность, водупорность, водопроницаемость
Агрессивных сред	Износостойкость, устойчивость к агрессивным средам
Воздействие ультрафиолетового излучения	Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения
Микроорганизмов	Грибоустойчивость

Другим важным этапом по обеспечению планируемого уровня качества производимой продукции является мониторинг стабильности параметров технологических процессов. В отдельных случаях необходимые средства (датчики) автоматического или автоматизированного контроля параметров уже вмонтированы в соответствующие узлы технологического оборудования и измерительные операции включены в план технического контроля. При необходимости совершенствования существующей системы мониторинга качества функционирования технологических процессов должны разрабатываться новые способы контроля с ис-

пользованием современных информационных технологий. В процессе анализа производства выбранного объекта исследования был разработан способ контроля перерасхода уточных нитей (см. разд. 5.3), который оперативно позволяет устранять данный вид дефекта полотна.

Существующая методология количественной оценки качества геосинтетических материалов [65] основана на выделении номенклатуры показателей качества (x_i), их измерении (x_i)_{изм} и сравнении с нормативными значениями $\|x_i\|$. При $\Delta x_i \leq (\Delta x_i)_{доп}$ – соответствует требуемому уровню; $\Delta x_i > (\Delta x_i)_{доп}$ – не соответствует требуемому уровню. На основании соответствия совокупности фактических и нормативных значений (в пределах установленного допуска) делается вывод о достигнутом уровне качества. Следует отметить, что существующий подход имеет существенные недостатки, т.к. не позволяет дать комплексную (итоговую) оценку качества (см. разд. 3.1). Измерение единичных показателей качества, как правило, осуществляют стандартными методами. В случае их отсутствия необходимо предусмотреть затраты на разработку новых методов измерения (см. разд. 5.6, 5.7).

При разработке методики по комплексной оценке качества тканого геополотна предложили новый подход, состоящий в применении принципа приоритетности для соответствующих групп оцениваемых показателей качества, где первоначально рассматривали группу «Показатели назначения», а затем группы «Эксплуатационной надежности» и «Стойкости к внешним воздействиям». Для этого дополнительно осуществляли построение обобщенного показателя качества (ОПК) соответствующей группы свойств (см. разд. 3.5).

С учётом выделенных и рассмотренных выше этапов и соответствующих операций по обеспечению требуемого уровня качества тканого геополотна была сформирована соответствующая структура затрат, приведённая в табл. 4.15.

На основе сформированной структуры затрат была предложена формула по формированию общих затрат текстильного предприятия на обеспечение качества выпускаемой продукции:

$$Z = \sum_i \lambda_i \cdot Z_i \quad (4.17)$$

где Z_i – затраты на операции поддержания качества продукции, представленные в табл. 4.19; $i=1,9$;

λ_i – корректирующий множитель, учитывающий значимость операции.

Таблица 4.15 – Затраты по этапам формирования качества геотекстильных полотен

Этапы формирования качества продукции при её производстве	Обозначение предельных затрат на этапах формирования качества продукции	Операции поддержания качества продукции	Обозначение затрат на соответствующие операции поддержания качества продукции
Планирование качества	$Z_{Пл}$	Составление плана по качеству	$Z_{ПК}$
Проектирование качества	$Z_{Пр}$	Определение видов технологического воздействия	$Z_{ТВ}$
		Формирование базы данных свойств	$Z_{БС}$
		Формирование базы данных количественных показателей свойств	$Z_{БПК}$
Мониторинг стабильности технологических процессов	Z_M	Применение известных (стандартных) методов контроля	$Z_{СМК}$
		Разработка новых методов контроля	$Z_{НМК}$
Оценка качества произведённой продукции	$Z_{ОК}$	Измерение показателей качества стандартизированными методами	$Z_{СПК}$
		Разработка новых методов измерения показателей качества	$Z_{НПК}$
		Разработка методики комплексной оценки качества	$Z_{КОК}$

В предположении заданных лимитов по затратам на отдельные этапы формирования качества продукции минимизацию общих затрат (4.17) можно осуществить, решив задачу линейного программирования в виде:

$$Z = \sum_i \lambda_i Z_i \rightarrow \min \quad (4.18)$$

при заданных ограничениях:

$$\begin{cases} Z_{ПК} \leq Z_{Пл}, \\ Z_{ТВ} + Z_{БС} + Z_{БПК} \leq Z_{Пр}; \\ Z_{СМК} + Z_{НМК} \leq Z_M; \\ Z_{СПК} + Z_{НПК} + Z_{КОК} \leq Z_{ОК}. \end{cases}$$

Данная задача упрощается в случае, если предприятие не проводит отдельные операции по поддержанию качества продукции, например, при $Z_{НМК} = Z_{НПК} = 0$ число переменных в задаче (4.18) уменьшается с девяти до семи, что существенно сокращает процесс получения минимального значения общих затрат текстильного предприятия на обеспечение качества производимой продукции.

В рамках развития системы менеджмента качества (см. разд. 4.4) текстильного предприятия целесообразно разработать соответствующие методические рекомендации по определению полной структуры затрат на обеспечение требуемого уровня качества производимой продукции и в дальнейшем оформить их в качестве стандарта организации.

4.6. Выделение и обсуждение новых результатов по главе

1. Предложена методика установления конкурентной цены геосинтетического тканого полотна с учетом конкурентного потенциала предприятия-изготовителя и качества производимой им продукции, которая позволяет обеспечить дополнительный уровень конкурентоспособности геосинтетической продукции на выбранном сегменте рынка. Например, для предприятия ООО «АрмДорСтрой» индекс конкурентоспособности $I_{ц} = 0,99$, что говорит, о том, что цена на продукцию данного предприятия выше цен его конкурентов, что может привести к снижению стоимости. Следовательно, необходимо пересмотреть политику ценообразования.

2. Разработана методика оценки конкурентного преимущества предприятия по производству ГТМ, которая позволяет достоверно оценить его конкурентоспособность с учетом влияния следующих групп показателей: организация производства, кадровое обеспечение, сбытовая политика и финансовая политика.

3. Разработана методика формирования и количественной оценки показателя конкурентоспособности ассортимента текстильного предприятия по производству геотекстильных материалов, основанная на введении нового понятия «конкурентоспособный ассортимент» и формирования для данного понятия соответствующей методики его определения.

4. Предложена методика количественной оценки для формирования оптимального ассортимента промышленного предприятия по производству ГТМ, учитывающая качество производимой продукции и соответствующие затраты на обеспечение требуемого уровня. Анализ полученных результатов оценки оптимального ассортимента позволит маркетинговой службе скорректировать ассортиментный портфель производимой продукции, что, в свою очередь, окажет существенное влияние на повышение конкурентоспособности самого предприятия.

5. Сформирована общая методология по количественной оценке результативности основных направлений (маркетинг, производство, контроль качества продукции, управление персоналом и менеджмент управления) в деятельности промышленного предприятия по производству геотекстильных полотен, которые определены документами различного уровня СМК данного предприятия. Предложенная методика расчёта может быть трансформирована в отдельный документ и оформлена на предприятии в виде стандарта организации, который входит в документы нижнего уровня СМК.

6. Определена структура затрат на обеспечение качества геотекстильной продукции, позволяющая выявить необходимые направления по уменьшению данных затрат на все операции по обеспечению требуемого уровня качества данной продукции. Предложено в рамках развития СМК текстильного предприятия разработать стандарт организации на установление структуры затрат на обеспечение требуемого уровня качества производимой продукции.

ГЛАВА 5

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ГЕО- ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

5.1. Установление критериев мониторинга процессов производства геотекстильных полотен и контроля их качества

В разд. 1.5 в качестве отдельных локальных задач по развитию системы контроля и оценки качества геотекстильных материалов были поставлены задачи о необходимости разработки новых методов и средств мониторинга параметров технологических процессов, а также совершенствования технических средств по измерению отдельных показателей качества в направлениях повышения их точности, быстродействия и расширения функциональных возможностей с учетом современного развития уровня техники и информационных технологий.

В частности, в табл. 1.5 приведён анализ инновационных решений (патентов) по мониторингу параметров технологических процессов при производстве различных видов геотекстильных материалов. Кроме этого, в табл. 1.6 осуществлён анализ международных и национальных нормативных документов на стандартные методы измерений показателей качества геотекстильных полотен с указанием на необходимость их дальнейшего совершенствования.

Необходимо отметить, что в настоящее время современные информационные технологии представляют дополнительные возможности по совершенствованию методов и технических средств мониторинга (измерения параметров технологических процессов) показателей качества производимой продукции.

Для решения указанных задач, влияющих на повышение качества выпускаемой продукции и обеспечение конкурентоспособности отечественных производителей, предварительно необходимо выделить технологические процессы произ-

водства геотекстильных полотен, определить их контролируемые параметры и создать методы их мониторинга.

Рассматривая отдельно систему технологического контроля, где определяющим этапом является процесс мониторинга производственных процессов и оборудования [125], необходимо первоначально определить взаимосвязь производственных процессов для последующего создания функциональной модели, отображающей структуру жизненного цикла продукции, а также сырьевые, энергетические и информационные потоки для дальнейшего определения объектов и точек мониторинга. Для этой цели воспользовались методологией функционального моделирования (IDEF0) [126], являющейся действенным инструментом автоматизированной информационной поддержки жизненного цикла продукции. В качестве иллюстрации на рис. 5.1 приведена контекстная диаграмма производства геотекстильных материалов.

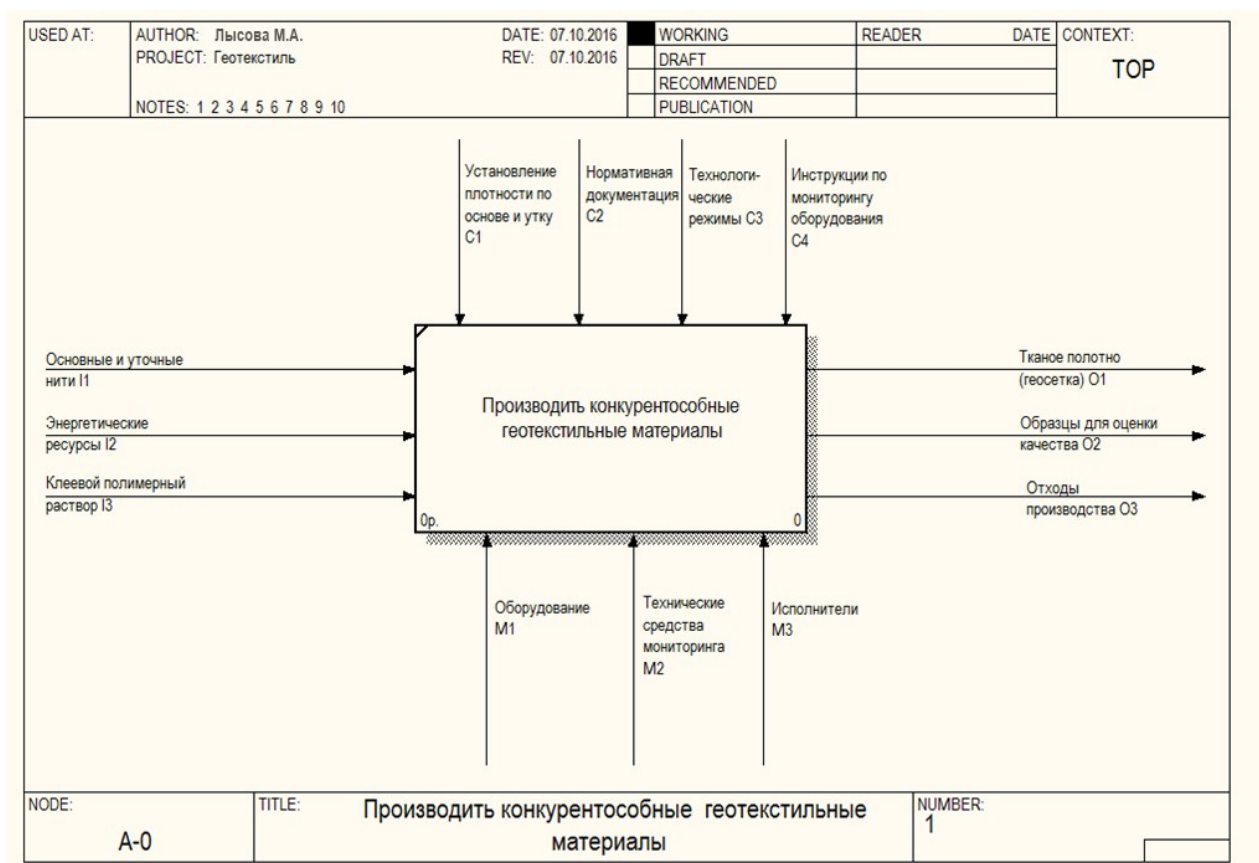


Рис. 5.1 – Контекстная диаграмма производства геотекстильных материалов

Для определения необходимых операций по проведению мониторинга в табл. 5.1 выделены соответствующие предложения и представлен аналитический

алгоритм для реализации в направлениях: измерения и контроля отдельных параметров, определения их оптимальных значений, оценки технического состояния оборудования, определение технологической результативности процесса, оценки качества готовой продукции.

Таблица 5.1 – Алгоритмы реализации операций мониторинга технологических процессов и контроля качества геотекстильной продукции

Операции	Алгоритм реализации
Измерение технологических параметров (x_i)	$x_i = N[x_i],$ N - результат измерения; x_i - единица измерения.
Текущий контроль (мониторинг) технологических параметров (x_i)	$\pm \Delta x_i = x_i - \ x_i\ ;$ $\ x_i\ $ - нормативное значение x_i .
Определение технологической результативности процесса (операции)	$KTP = \sum_{i=1}^n [(x_{ex})_i / \ (x_{вых})_i\]^{sgnb} \alpha_i,$ $sgnb = \begin{cases} 1 \text{ при } (x_{вых})_i \leq \ (x_{вых})_i\ , \\ -1 \text{ при } (x_{вых})_i > \ (x_{вых})_i\ , \end{cases}$ α_i - коэффициент весомости
Определение оптимальных значений параметров оборудования (x_i) _{opt}	$y_i = \varphi(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \rightarrow \min(\max)$ при $x_i = (x_i)_{opt}$; y_i - показатель качества ГТМ
Оценка технического состояния оборудования в составе технологического процесса	$\Delta x_i \leq \ \Delta \bar{x}_i\ , (\Delta x_i > \ \Delta \bar{x}_i\),$ узел работоспособен (неработоспособен), \bar{x}_i - среднее значение x_i
Измерение показателей качества геотекстильной продукции (X)	$X_i = N[X_i],$ где N - результат измерения; X_i - единица измерения
Оценка качества по отдельному показателю геотекстильной продукции	$\Delta x_i = x_i - \ x_i\ ,$ где $\ x_i\ $ – нормативное значение; x_i – фактическое
Комплексная оценка качества геотекстильной продукции	$Q = \sum_{j=1}^m (ОПК)_j \cdot \beta_j \leq 1,$ где $(ОПК)_j = \left[\sum_{i=1}^n q_i \alpha_i \right]_j$ – обобщенный показатель качества по группе j ; q_i – дифференциальный показатель качества; α_i – весомость i -го показателя качества.

Основной операцией для установления стабильности протекающих технологических процессов производства тканых геополотен является операция по измерению отдельных технологических параметров. Как будет показано ниже в табл. 5.2, отражающих матрицу контролируемых параметров процесса производства тканых геополотен, контролируемых показателей может быть не один десяток.

Например, определение комплексного показателя технологической результативности (КПР) по отдельным процессам производства геотекстильных полотен обуславливается, во-первых, требованиями национальных стандартов [127], а во-вторых, полученный показатель результативности можно использовать при решении проблемы по оптимизации технологических параметров оборудования с целью решения задачи по выпуску высококачественной продукции. Поэтому для решения данной локальной научной проблемы необходимо разработать соответствующую методику по определению комплексного показателя результативности технологического процесса, что приведено в разд. 5.2.

Особое внимание необходимо уделить совершенствованию методов и технических средств мониторинга технологических параметров и показателей качества производимой продукции с учётом действующей в технических условиях на производство различных видов ГТМ номенклатуры показателей качества, а также на основе современных достижений в области информационных технологий [128, 129].

5.2. Построение методики определения результативности технологических процессов производства нетканых геотекстильных материалов

В национальном стандарте [127] формулируется требование по определению результативности (эффективности) любых управленческих, производствен-

ных и других процессов. Что касается установления результативности производственного процесса, то методология [114] её нахождения связана с особенностью функционирования и оценки входящих в него технологических процессов.

Для разработки методики по нахождению результативности конкретного технологического процесса, т.е. технологической результативности, производства геотекстильной продукции первоначально сформируем общий алгоритм определения, который сводится к последовательному выполнению операций, основанных на методах квалиметрии, а именно: выбора, ранжирования (определения коэффициентов весомости), получения фактических значений и нормирования единичных показателей результативности, а также свертывания их в комплексный показатель технологической результативности (рис. 5.2).

Согласно представленному алгоритму комплексный показатель технологической результативности определяется (*ПТР*) по формуле арифметического усреднения:

$$ПТР = \sum_{i=1}^n ((X_{\text{факт}})_i / \|(X_{\text{норм}})_i\|)^{\text{sgn} b} \cdot \alpha_i, \quad (5.1)$$

где $(X_{\text{факт}})_i, \|(X_{\text{норм}})_i\|$ – фактическое и нормативное (базовое) значение i -го единичного показателя технологической результативности;

$$\text{sgn} b = \begin{cases} +1, & \text{если } (X_{\text{факт}})_i \leq \|(X_{\text{норм}})_i\|; \\ -1, & \text{если } (X_{\text{факт}})_i > \|(X_{\text{норм}})_i\|; \\ 0, & \text{если } (X_{\text{факт}})_i = \|(X_{\text{норм}})_i\|; \end{cases}$$

α_i – коэффициент весомости i -го единичного показателя технологической результативности.

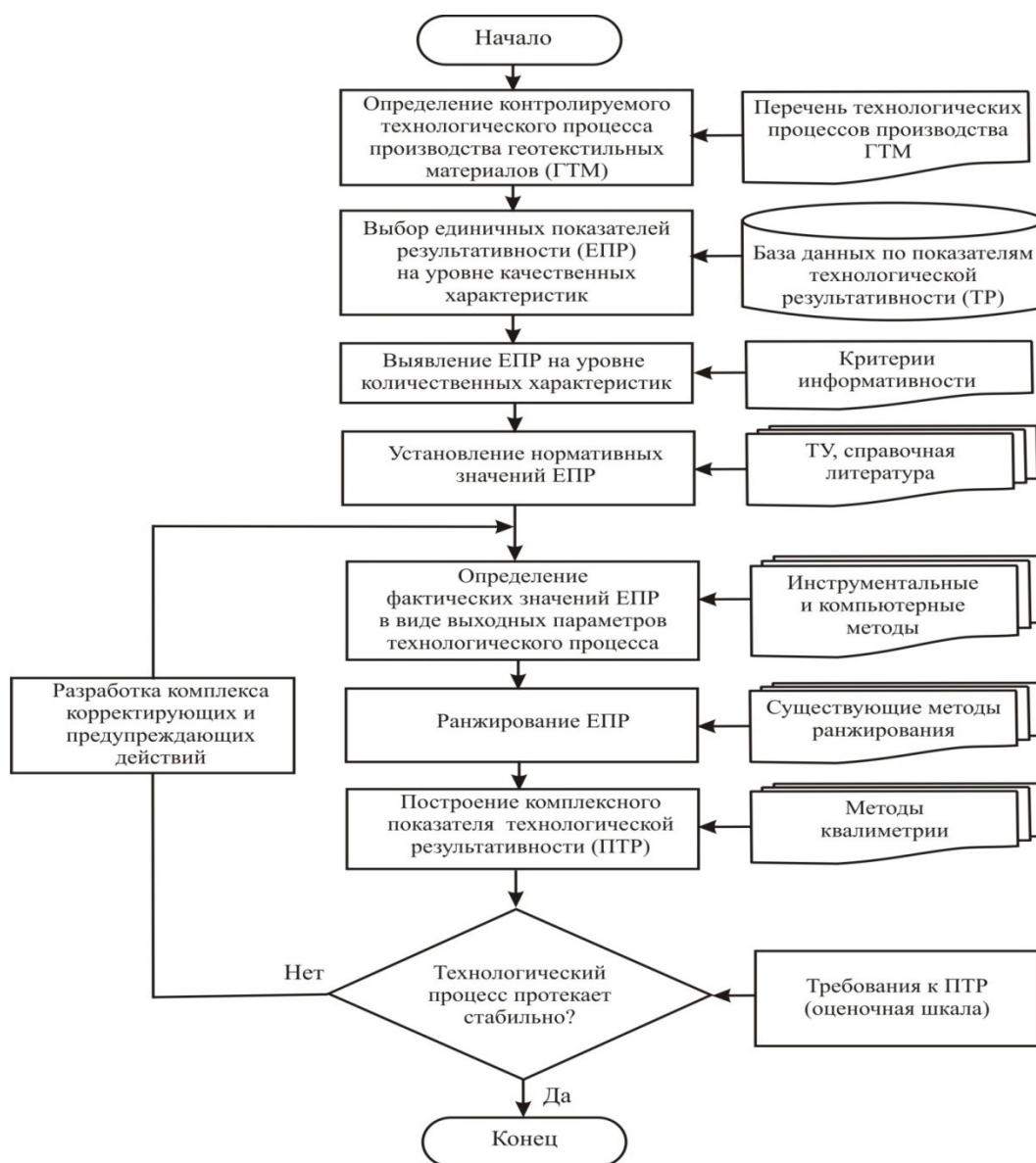


Рис. 5.2 – Блок-схема алгоритма определения результативности технологического процесса производства ГТМ

На следующем этапе при решении задачи построения комплексного показателя технологической результативности переходим к выявлению единичных показателей результативности (ЕПР) на уровне количественных характеристик. В качестве единичных показателей ЕПР применительно к процессу «Кардочесание волокнистой массы с формированием холста» использовали следующие: поверхностная плотность, г/м^2 ; толщина холста, мм; средняя длина волокон, мм; коэффициент вариации по поверхностной плотности, %; угол ориентации волокна в холсте, град.

На этапе нормирования значений ЕПР в качестве базовых выбраны наилучшие результаты по их испытаниям, которые приведенные в табл. 5.3.

Таблица 5.3 - Значения единичных показателей технологической результативности процесса «Кардочесание волокнистой массы с формированием холста»

Единичный показатель технологической результативности и единица измерения	Значение		α_i
	фактическое, $(X_{\text{ВЫХ}})_i$	нормативное, $(\ X_{\text{ВЫХ}}\)_i$	
Поверхностная плотность $(X_{\text{ВЫХ}})_1$, г/м ²	349	350	0,20
Толщина холста $(X_{\text{ВЫХ}})_2$, мм	2,6	2,7	0,20
Средняя длина волокон $(X_{\text{ВЫХ}})_3$, мм	77	80	0,20
Коэффициент вариации по поверхностной плотности $(X_{\text{ВЫХ}})_4$, %	7	10	0,20
Угол ориентации волокна в холсте $(X_{\text{ВЫХ}})_5$, град.	17	20	0,20

Коэффициенты весомости α_i по отдельным показателям для данного процесса приняты равнозначными при сохранении условия $\sum_1^5 \alpha = 1$.

Используя выражение (5.1) и данные табл. 5.3 в итоге получаем:

$$ПТР = \frac{349}{350} \cdot 0,20 + \frac{2,6}{2,7} \cdot 0,20 + \frac{77}{80} \cdot 0,20 + \frac{7}{10} \cdot 0,20 + \frac{17}{20} \cdot 0,20 = 0,89, \text{ при условии,}$$

что $(ПТР)_{max} = 1$.

На следующем этапе анализ результатов расчета комплексного показателя позволяет разработать шкалу порядка для оценки технологической результативности, имеющую четыре уровня градации: 0,00...0,40 – «очень низкая», 0,41...0,60 – «низкая», 0,61...0,80 – «высокая», 0,81...1,00 – «очень высокая».

На заключительном этапе для каждого уровня формируют комплекс корректирующих и предупреждающих действий. Например, если результаты расчета будут соответствовать первому уровню (очень низкая результативность), то необходимо будет остановить оборудование, назначить плановый ремонт, провести усиленный контроль качества сырья и проверить техническую документацию. Оценка второго уровня потребует усиления контроля качества сырья и прочеса по всем параметрам, диагностики оборудования и проведения анализа с использованием статистических методов. Для третьего уровня рекомендуется выявление «слабых мест» в перечне количественных показателей, а также проведение техни-

ческого обслуживания оборудования и контроля качества в плановом порядке. При «очень высокой» технологической результативности, куда отнесем полученный результат $ПТР = 0,89$, полезно будет проводить регулярные статистические исследования, способствующие более глубокому изучению протекания технологического процесса.

5.3. Разработка метода определения перерасхода уточных нитей в процессе производства геотекстильных тканых сеток

Как было показано в разд. 5.1 для улучшенного качества ГТМ необходимо постоянно проводить мониторинг в процессах производства геотекстильных материалов с целью выявления прежде всего нарушений, которые приводят к образованию дефектов продукции [130].

В качестве объекта исследования выбрана тканая геосетка с размером ячейки 5×5 мм, сформированная перевивочным переплетением, где нити основы и утка состоят из стекловолокна. В процессе мониторинга формирования тканого полотна на станке фирмы Дорнье (ФРГ) с использованием приспособления для оперативного получения изображений поверхности текстильных материалов [131] получено изображение тканой геосетки, при анализе которого выявлен дефект по системе уточных нитей в виде петли и искривления их траекторий. Таким образом, при производстве тканой геосетки возникает перерасход уточных нитей, и данный параметр является ключевым для оценки технического состояния и работоспособности ткацкого станка. Кроме этого, для нормирования данного параметра (перерасхода уточной нити) необходимо его включить в список номенклатуры показателей качества соответствующих технических условий на тканую геосетку. Как правило, номенклатура показателей качества стеклосеток включена в соответствующие ТУ [132], но в то же время для процесса мониторинга производственных операций важны и дополнительные показатели качества, которые не

входят в рассмотренные технические условия, но важны для оценки технического состояния оборудования.

В частности, рассмотрим процедуру анализа отклонения технологических параметров от установленных значений по уточным нитям в виде дефекта внешнего вида сеток, полученного с помощью цифрового сканирования полотна (рис. 5.3). Данная процедура представлена в виде информационного окна, где помимо изображения, вызванного нарушением натяжения уточной нити при ее прокладывании в форме соответствующего дефекта (петли), и в дальнейшем должно определяться из соответствующей базы данных, где указано его название, вид, оценка в пороках и указаны рекомендации по настройке соответствующего узла оборудования. Таким образом, необходимо разработать способ оперативной фиксации (мониторинга) по количественной оценке данного дефекта на заданной площади.

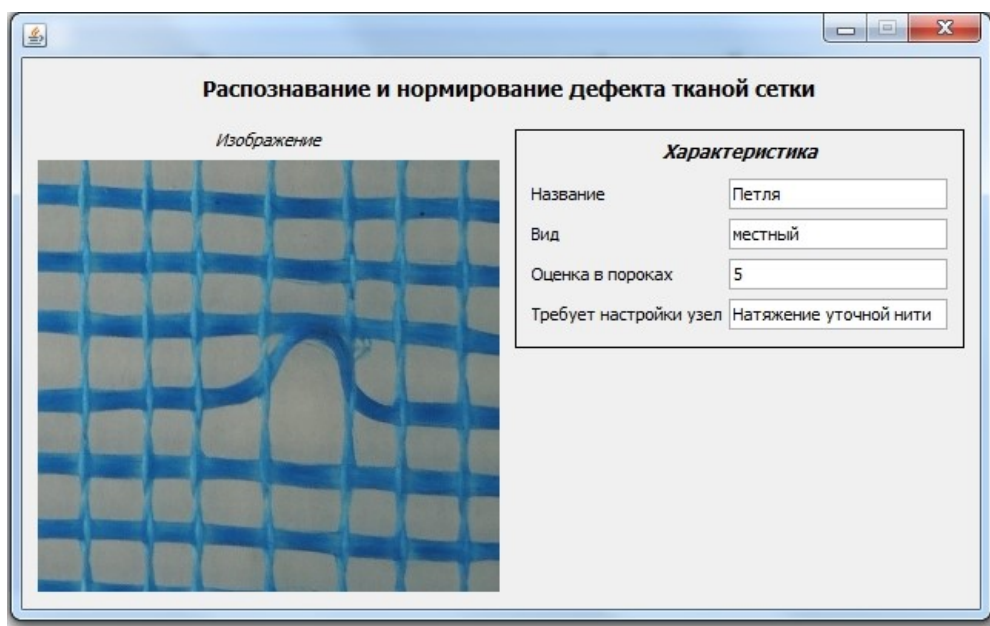


Рис. 5.3 – Распознавание и нормирование дефекта геосетки

Для успешного решения выявленной проблемы необходимо первоначально осуществить задачу, связанную с количественной оценкой указанного параметра. Для этого предложен соответствующий алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 5.4.

Техническая реализация предложенного на рис. 5.4 алгоритма осуществляется следующим образом. В процессе производства тканой геосетки, на ее прямолинейный участок накладывают шаблон с внутренним размером 10×10 см и осуществляют с помощью переносного устройства фотографирование участка тканой геосетки. Обработку цифрового изображения начинают с подсчета основных и уточных нитей и с дальнейшим расчётом средней величины расстояния между нитями основы \bar{a}_o и нитями утка \bar{a}_y . В результате по полученным данным формируют расчетную сетку переплетения нитей основы и утка с параметрами, соответствующими средним величинам между нитями основы и утка $\bar{a}_o \times \bar{a}_y$. Затем осуществляют измерение длины нитей утка расчетной $[(l_y)_p]_j$ и фактической $[(l_y)_\phi]_j$ длины сеток, а затем суммарные длины нитей утка $\sum_{j=1}^m (l_y)_p$ расчетной сетки переплетения нитей и суммарной длины нитей утка исследуемого участка сетки $\sum_{j=1}^m (l_y)_\phi$. В результате определяют перерасход по длине нитей утка на исследуемом участке K_{ly} . В конечном итоге, если $(K_{ly})_\phi > 0$, то процесс отклонился от нормального режима, и в этом случае требуется настройка технологического оборудования (ткацкого станка) во избежание образования ткацких пороков в виде петли и двойника.

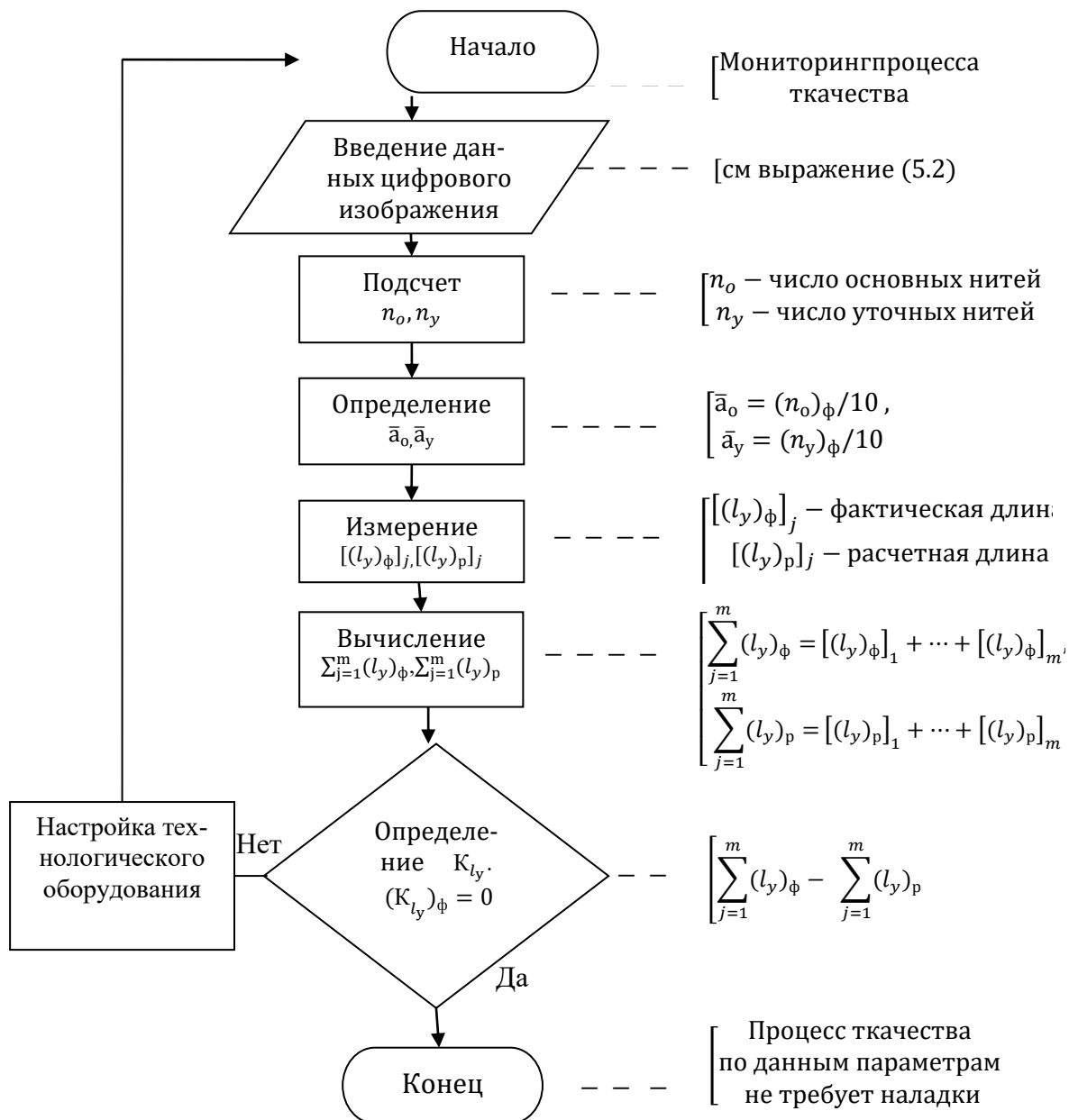


Рис. 5.4 – Блок- схема алгоритма по выявлению дефекта геосетки

Наиболее сложным этапом в определении величины перерасхода уточных нитей является измерение длины искривлённых участков уточных (основных) нитей. Один из вариантов компьютерного решения данной проблемы предложен в работе [133] при измерении длины текстильных волокон. Для уточных (основных) нитей измерение их искривлённых участков имеет свою специфику. Рассмотрим это более подробно.

Первоначально при анализе данных цифрового изображения исследуемого участка тканой геосетки (см. рис. 5.3) необходимо разделить данное изображение

на изображение нитей основы и утка. Для этого воспользовались методами фильтрации с последующей пороговой бинаризацией. В дальнейшем при анализе изображения нитей утка для каждой нити устанавливается осевая линия по следующей программе:

```
function z=axial_line(zr)
% Выделение осевой линии
rx=im2bw(zr, 254/255);
k=1;
for j=1:size(rx,1)
ky=find(rx(j,:));
if ~isempty(ky), xa(k)=j; ya(k)=mean(ky); k=k+1;end
end
xx=1:size(rx,1); z=round(csaps(xa, ya, 1/10^8, xx));
```

(5.2)

В дальнейшем осуществляется подсчет пикселей по осевым линиям с последующим их суммированием по каждой нити утка для получения значения $[(l_y)_\phi]_j$ по программе:

```
function lyf = thread_length(coord)
% lyf – длина уточной нити, пикс.
% coord – координаты нити
% coord.x – вектор с абсциссами
% coord.y – вектор с ординатами
dxs = diff(coord.x).^2;
dys = diff(coord.y).^2;
lyf = sum(sqrt(dxs + dys));
```

(5.3)

Для визуализации мониторинга качества процесса формирования тканой геосетки предусмотрено итоговое окно, приведенное на рис. 5.5.

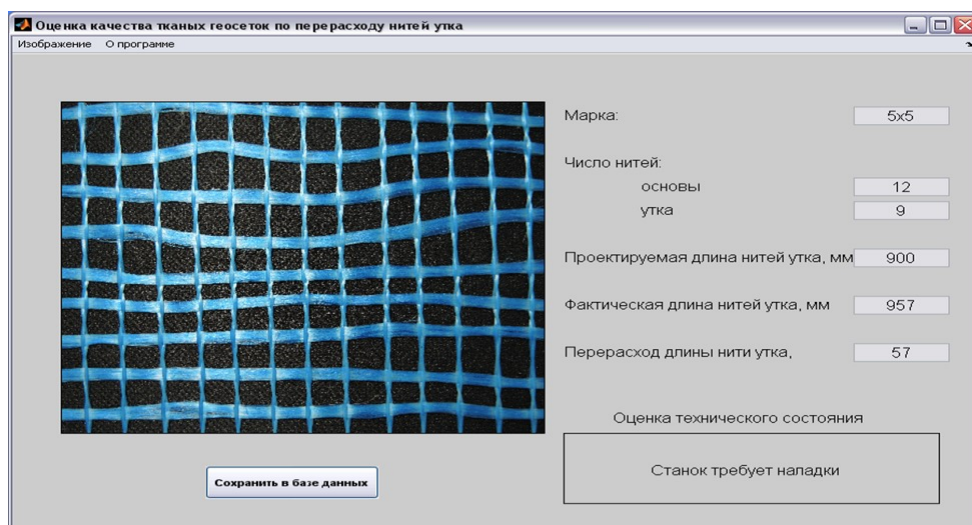


Рис.5.5 – Итоговое окно по мониторингу качества тканой геосетки

На способ определения перерасхода уточных нитей в процессе производства геотекстильных тканых сеток получен патент на изобретение № 2633956 [134].

5.4. Построение методики цифрового исследования неравномерности по поверхностной плотности нетканых геополотен

Как было показано выше, обеспечение требуемого уровня качества производимой текстильными предприятиями геотекстильной продукции предусматривает помимо выходного контроля её показателей качества, но и оперативный контроль за соответствующими характеристиками сырья и полуфабрикатов в технологических процессах по всей цепочке производства формируемого геотекстильного материала. В последнее время для данной процедуры введено понятие мониторинга технологических процессов в рамках созданной и функционирующей на предприятии СМК [127]. Однако смещение акцента в самих документированных процедурах не решает в полной мере проблему оперативного контроля, т.к. требует прежде всего постоянного совершенствования его методической и технической базы по отдельным измерительным операциям.

Наиболее перспективным направлением для решения выделенной проблемы является разработка соответствующих автоматизированных технических средств контроля на основе использования современных информационных технологий, где постоянно идёт научный поиск и предлагаются новые технические решения [135]. Кроме этого, в теоретических [78] и практических [136] исследованиях технологических процессов различных производств текстильной промышленности отмечается на необходимость постоянного оценивания в том числе и характеристик неравномерности исследуемого показателя качества, т.к. получаемая оперативная информация позволяет более достоверно проводить диагностику используемого технологического оборудования.

При производстве нетканых материалов бытового и технического назначения первоначально на кардочесальных машинах формируется ватка прочёса [137]. Основными информативными показателями ватки прочёса являются показатели материалоемкости, а именно поверхностная плотность и её неравномерность на отдельных участках.

Для определения направлений совершенствования методов количественной оценки характеристик, отражающих неравномерность в оценке показателей качества полуфабрикатов и готовых нетканых геоматериалов, предварительно был рассмотрен стандартный метод [138] оценки качества полуфабрикатов, а именно определение поверхностной плотности прочёса, включающий следующие операции: подготовку пробы; идентификацию полотна по внешнему виду; раскрой пробы по схемам в соответствии с определяемыми характеристиками неровноты; проведение испытаний (измерение массы отдельных проб); обработка результатов измерений. Измерительная пластина площадью 600 см² в стандартном методе значительно усредняет значения по поверхностной плотности и не позволяет выявить структурную неравномерность по контролируемому параметру, что необходимо для оценки стабильности параметров технологического процесса «Кардочесание волокнистой массы».

По определению поверхностная плотность (Π_S) находится согласно выражения:

$$\Pi_S = m/S_{np}, \text{ г/м}^2, \quad (5.4)$$

где m – масса пробы, г;

S_{np} – площадь пробы, м².

Таким образом, оценку неравномерности данного показателя качества можно осуществлять при двух условиях: постоянство площади пробы и изменяемость ее массы или наоборот, постоянство массы и изменяемость площади. Как было показано выше, стандартный метод [138] измерения поверхностной плотности использует первый способ получения информации о поверхностной плотности. В нашем случае воспользуемся вторым способом получения количественной информации при производственном контроле неравномерности данного показателя,

где пластины с прочёсом подвергались дополнительным операциям, а именно: получение цифрового изображения пробы; бинаризация изображения по уровню яркости и контрастности в двух уровнях монохроматического изображения; формирование параметрических характеристик радиальной и секториальной неравномерности контролируемого параметра; выбор наиболее информативных характеристик неравномерности по поверхностной плотности и установление их взаимосвязи с параметрами технологического оборудования с целью оптимизации значений последних.

Последовательность осуществления основных операций методики цифрового исследования искомого показателя качества представлена на рис. 5.6.



Рис. 5.6 – Последовательность операций методики цифрового исследования поверхностной плотности прочёса при производстве геополотна

Анализ отсканированного изображения пробы (см. рис. 5.7-а) не позволяет чётко определить границы соответствующих участков с различной неравномерностью по занимаемой площади волокнистого продукта. Для более чёткой визуализации данных границ осуществляли бинаризацию цифрового изображения пробы с применением специально разработанной для этой цели компьютерной программы [139]. После её применения получали изображение, приведённое на рис. 5.7-б.

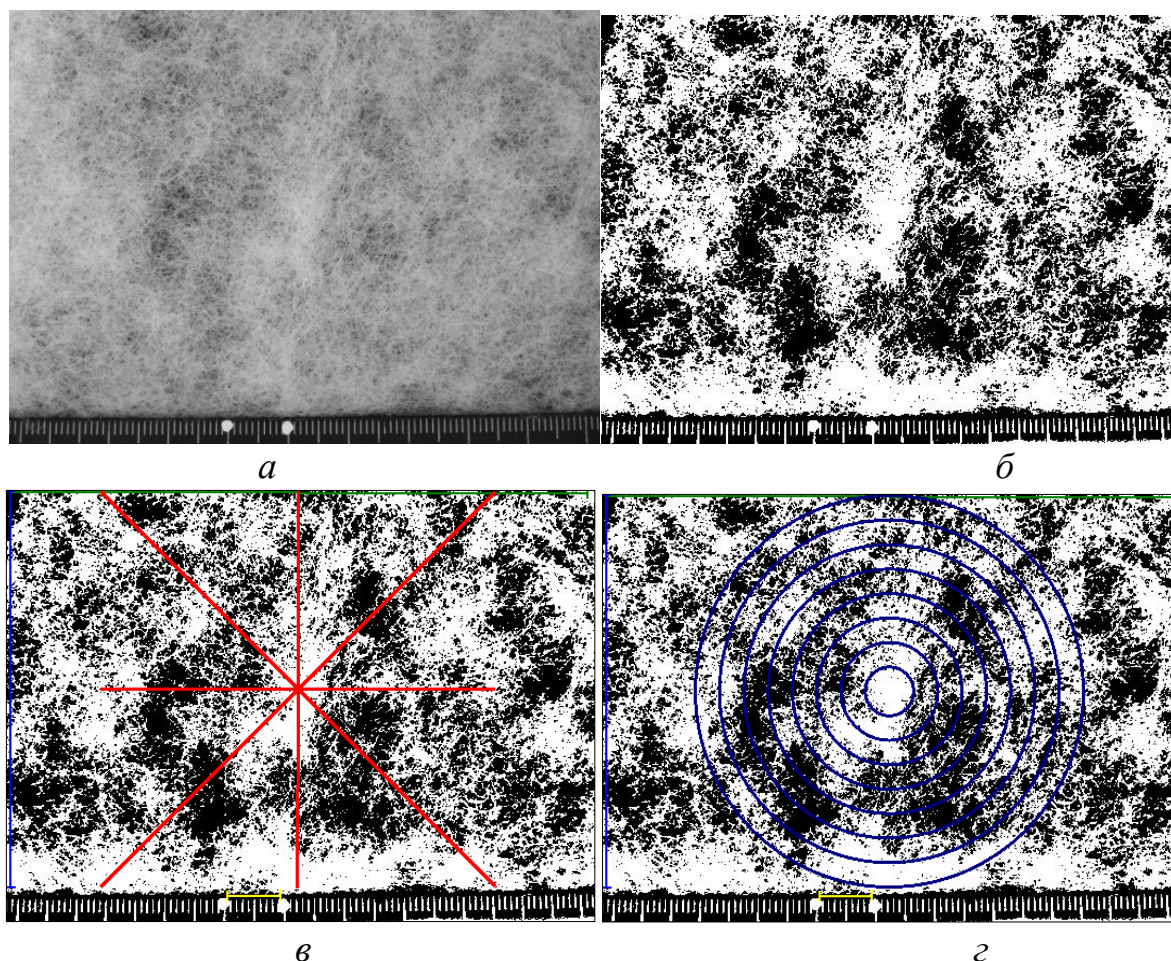


Рис. 5.7 – Изображение пробы: *а* – исходное; *б* – бинаризованное; *в*, *г* – для определения соответственно секториальной и радиальной неравномерности

Следующий этап в разработке методики цифрового исследования волокнистого полуфабриката состоял в проектировании соответствующих статистических характеристик по соответствующим секторам (рис. 5.7-в) и радиальным окружностям (рис. 5.7-г). Отмечаем, что данный методический подход применялся и при определении секториальной и радиальной неравномерности расположения различного числа по виду волокон при исследовании поперечного сечения смесовой пряжи [136].

Сформированные статистические характеристики в абсолютных и относительных единицах по оценке радиальной и секториальной неравномерности приведены в табл. 5.4. Кроме этого в данной таблице приведены результаты апробирования предлагаемой методики на основании исследования проб прочёса из полиэфирных волокон.

Таблица 5.4 – Характеристики неравномерности поверхностной плотности
 протёса при формировании нетканого геотекстильного материала

Наименование показателя, единица измерения	Условия реализации	Экспериментальные данные
Размеры пробы		
Ширина пробы, мм	a	66,87
Длина пробы, мм	b	66,87
Поверхностная плотность, г/м ²	$\Pi_S = m/S$	19,80
Показатели общей неравномерности		
<i>Абсолютные:</i>		
площадь изображения, мм ²	$S = S_c + S_m$	4778,74
площадь светлых участков, мм ²	S_c	2806,84
площадь темных участков, мм ²	S_T	1971,91
<i>Относительные:</i>		
доля площади светлых участков, %	$\Delta S_c = (S_c/S) \cdot 100$	58,81
доля площади темных участков, %	$\Delta S_T = (S_T/S) \cdot 100$	41,19
общая площадь, %	$\Delta S_T + \Delta S_c = 100$	100,00
Показатели секториальной неравномерности		
площадь светлых участков i -го сектора ($i = 1, \dots, n, n = 8$), мм ²	$(S_c)_i$	Не указана
площадь темных участков i -го сектора ($i = 1, \dots, n, n = 8$), мм ²	$(S_T)_i$	Не указана
средняя секториальная площадь светлых участков, мм ²	$(\overline{S_c})_c$	350,85
средняя секториальная площадь темных участков, мм ²	$(\overline{S_T})_c$	247,29
среднее квадратическое отклонение секто- риальной площади светлых участков, мм ²	$\sigma_{S_c} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_c)_i - (\overline{S_c})_c]^2}{n-1}}$	769,92
среднее квадратическое отклонение секто- риальной площади темных участков, мм ²	$\sigma_{S_T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_T)_i - (\overline{S_T})_c]^2}{n-1}}$	775,35
коэффициент вариации секториальной площади светлых участков, %	$C_{S_c} = [\sigma_{S_c} / (\overline{S_c})_c] \cdot 100$	7,92
коэффициент вариации секториальной площади темных участков, %	$C_{S_T} = [\sigma_{S_T} / (\overline{S_T})_c] \cdot 100$	11,36
Показатели радиальной неравномерности		
площадь светлых участков j -го радиального сегмента ($j = 1, \dots, m, m = 8$), мм ²	$(S_c)_j$	Не указана
площадь темных участков j -го радиального сегмента ($j = 1, \dots, m, m = 8$), мм ²	$(S_T)_j$	Не указана
средняя радиальной площади светлых участков, мм ²	$(\overline{S_c})_p$	269,41
средняя радиальной площади темных участков, мм ²	$(\overline{S_T})_p$	199,02

На заключительном этапе с учётом полученных результатов исследований осуществляли мониторинг искомого технологического процесса по следующей схеме:

– оценивали общую неравномерность, а именно площадь светлых ΔS_C и темных ΔS_T участков пробы, где высокому качеству прочёса соответствует $\Delta S_C \Rightarrow (\Delta S_C)_{max} = 100\%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормируется данная характеристика в следующем варианте: хорошее качество от 71 до 100 % (первый уровень); удовлетворительное качество от 41 до 70 % (второй уровень); плохое качество до 40 % (третий уровень);

– анализировали секториальную неравномерность, а именно значения коэффициента вариации C_{S_C} . Данный показатель имеет негативную направленность, т.е. наилучшим вариантом является условие $C_{S_C} \Rightarrow (C_{S_C})_{min} = 0\%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормировали данную характеристику в варианте: низкая секториальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя секториальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая секториальная неравномерность от 10% и выше (третий уровень);

– изучали радиальную неравномерность, а именно значения коэффициента вариации C_{S_p} . Данный показатель также имеет негативную направленность, т.е. наилучшим вариантом является условие $C_{S_p} \Rightarrow (C_{S_p})_{min} = 0\%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому, аналогично, как и в предыдущем случае, по шкале порядка нормировали данную характеристику в варианте: низкая радиальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя радиальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая радиальная неравномерность от 10 % и выше (третий уровень);

– оформляли итоговый протокол мониторинга искомого технологического процесса в варианте, представленном в табл. 5.5.

Таблица 5.5 – Протокол оценки состояния технологического процесса

Наименование характеристики, ед. измерения	Обозначение	Среднее значение	Уровень неравномерности по шкале порядка			Оценка состояния технологического процесса и решения по его нормализации
			1	2	3	
Поверхностная плотность, г/м ²	P_S	19,80				Соответствует требованиям
Доля светлых участков, %	ΔS_C	58,81		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков секториальной неравномерности, %	C_{Sc}	7,92		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков радиальной неравномерности, %	C_{Sc}	13,50			X	Требуется настройка узлов чесальной машины

Данный метод внедрен на ООО «ИЦ ИТЛ», расположенный на площадке ИВГПУ (Приложение 4).

5.5. Разработка компьютерного метода оценки уровня кольматации геотекстильных материалов

Как показано в разд. 1.2, геотекстильные материалы в различных строительных изделиях (объектах) выполняют функции защиты, армирования, разделения, фильтрации, дренирования, борьбы с эрозией, гидроизоляции. Выделим и рассмотрим отдельно технологическую функцию, связанную со способностью геотекстильных материалов задерживать грунт или другие частицы, которые перемещаются вместе с жидкостью в дренажных системах, т.е. функцию дренирования [140]. Для выполнения данной технологической функции в строительном объекте наиболее подходит нетканое геотекстильное полотно (ГПТ-НТ), которое обладает хорошей водопроницаемостью и при этом не происходит его быстрое засорение и заиливание из-за большого количества микроотверстий.

В материаловедческой дисциплине [141] данный негативный процесс для ГТМ определяется понятием «кольматирование» («кольматация»). При этом различают кольматацию механическую, химическую, термическую и биологическую. Носителем кольматажного материала (кольматанта) служат жидкости и газы.

В соответствии с приведёнными выше данными, выделим на уровне качественной характеристики (простого свойства) понятие «кольматационность» или «кольмативность» и установим количественные показатели данного свойства. Выделенное свойство отнесём к группе фильтрационных свойств, определяющих способность пропускать поперек плоскости геополотна жидкости, а также удерживать на контактной поверхности частицы грунта.

Стандартный метод определения фильтрационной способности ГТМ предусматривает определение расхода воды на единицу ширины образца при заданном градиенте напора и линейном законе фильтрации [141]. Данный метод требует специальной аппаратуры, которая в РФ не производится.

В соответствии с установленной целью исследования по выявлению новых количественных показателей выделенного негативного свойства «кольмативность», осуществим экспериментальные исследования нетканого геополотна марки «Дорнит» производства ОАО «Нипротекс» из полиэфирного волокна поверхностной плотности 300 г/м².

С учётом приведённого выше понятия процесса кольматации возможно непосредственное определение массы кольматанта на основании выражения:

$$m_K = m_{3M} - m_{чМ} \quad (5.5)$$

где m_K – масса кольматанта;

$m_{3M}, m_{чМ}$ – масса соответственно сухого загрязнённого и чистого геополотна.

Для поиска других вариантов количественной оценки свойства «кольмативность» проводили компьютерные исследования приготовленных проб ГТМ в соответствии с алгоритмом, указанным на рис. 5.8.

При подготовке проб площадью 1 дм² осуществляли искусственный процесс их загрязнения кольматантом (тонером) механическим путём. В дальнейшем осуществляли сканирование пробы с двух сторон (наружной и внутренней поверхности) в отраженном свете с использованием сканера марки Epson perfection 1670 для получения соответствующих изображений, показанных на рис. 5.9 (а - чистый образец, б - внутренняя загрязнённая поверхность, в - наружная загрязнённая поверхность).

Цифровая обработка пробы заключалась в анализе гистограммы яркости (рис. 5.10), где было определено, что фон не загрязнённого образца формируется точками с яркостью от 187 до 255 пикселей. Следовательно, изображение образца с кольматантом находится в диапазоне от 0 до 186 пикселей.

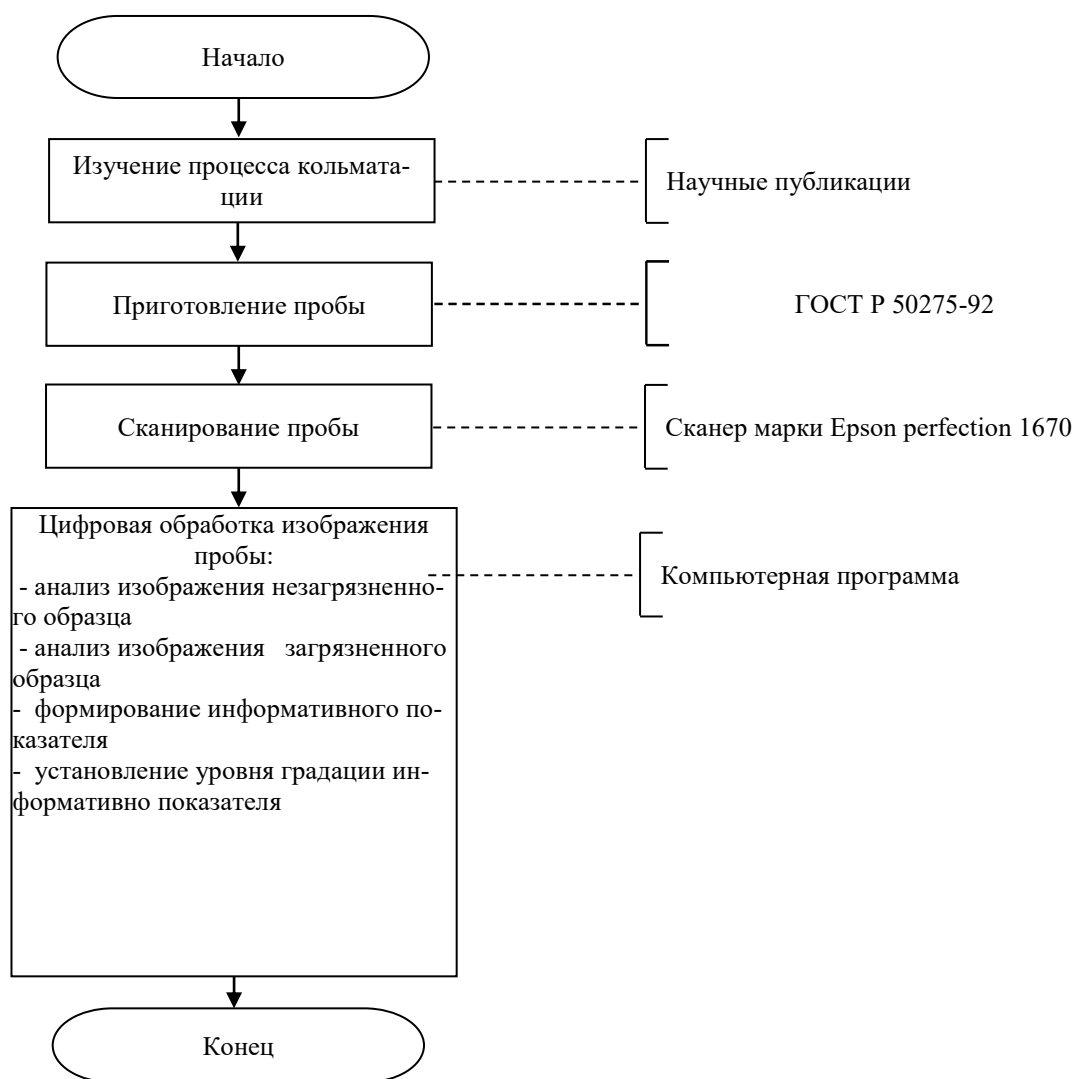


Рис. 5.8 – Блок-схема алгоритма исследования проб

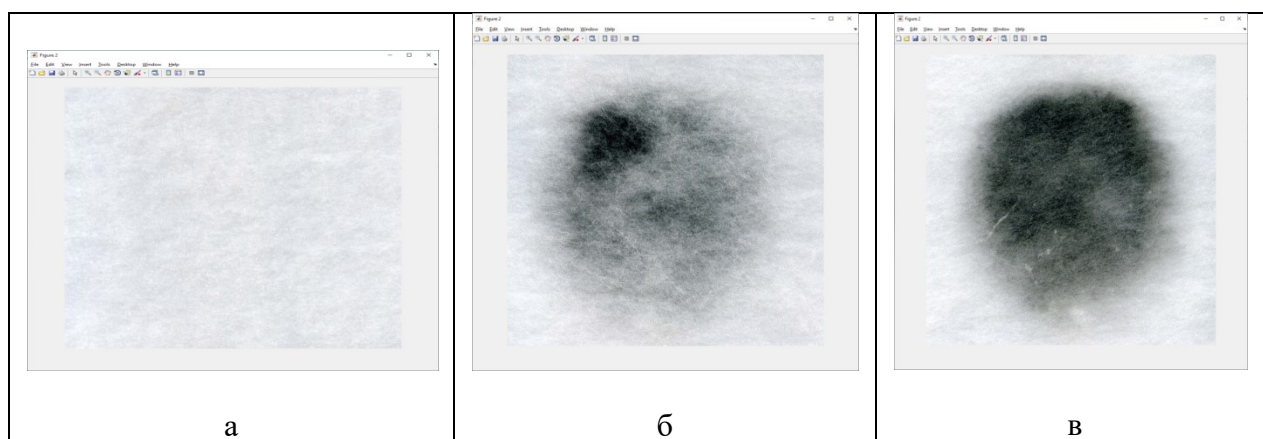


Рис. 5.9 – Отсканированное изображение проб

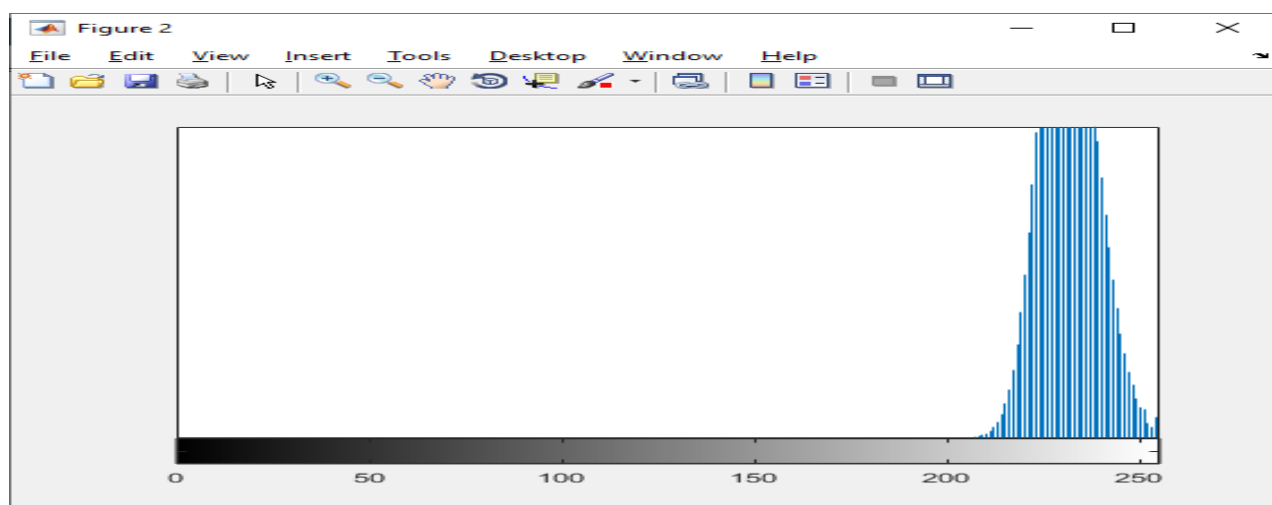


Рис. 5.10 – Гистограмма яркости пробы

Далее выделяли (контрастировали) все точки, окрашенные в цвета яркости от 0 до 186 пикселей.

Возможный вариант количественной оценки исследуемого свойства состоит в рассмотрении изменения плотности проникновения кольматанта на известной площади геополотна, т.е. определение степени загрязнённости пробы: $\Delta S = S_H - S_B$ (абсолютный показатель) или $\delta S = 1 - S_B/S_H$, при условии $S_B/S_H \leq 1$ (относительный показатель), где S_H, S_B – площадь загрязнённого участка пробы соответственно с наружной и внутренней стороны загрязнений.

Анализ экспериментальных данных, приведённых в табл. 5.6, показал, что площади пятен загрязнений с наружной и внутренней сторон оказались практически одинаковыми. Поэтому оценка степени загрязнения геополотна на основании выше приведённого показателя не эффективна. Одной из причин, возможно, явля-

ется то, что исследуемое нетканое геополотно для данного типа сканера слишком прозрачно, и загрязнённый участок насквозь просматривается почти одинаково с двух сторон.

Таблица 5.6 – Экспериментальные данные испытываемых образцов

Показатели, количество пикселей	Испытываемый образец				
	1	2	3	4	Среднее
Площадь загрязнения (наружная сторона) S_H	5633929	5635831	5633008	5635236	5634501
Площадь загрязнения (внутренняя сторона) S_B	5633972	5635872	5635672	5635872	5635347
Яркость загрязнения (наружная сторона) T_H	98	125	102	125	112,50
Яркость загрязнения (внутренняя сторона) T_B	136	167	140	150	148,25

В то же время при дальнейшем анализе экспериментальных результатов (см. табл. 5.6) было выявлено, что существенное отличие в данных загрязнения проб наблюдается по цвету. Следовательно, количественные показатели в виде $\Delta_T = T_B - T_H$ (абсолютный показатель) или $\delta T = 1 - T_H/T_B$ (относительный показатель), где T_H, T_B – количество тёмных точек (пикселей) соответственно на наружной и внутренней стороне пробы считаем информативными и используем в дальнейшем для оценки процесса кольматации нетканого геополотна.

По шкале порядка установим градации по показателю степени проникновения кольматанта (по абсолютной величине) на площади 1 дм², которые приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.7 – Уровни градации по показателю степени проникновения кольматанта

Δ_T , количество пикселей	$(1 - \delta_T)$, мм ²	δ_α	Уровень градации	Управленческое решение
255...187	0,00...0,11	0,00...0,24	Не загрязнена	
186...100	0,12...0,27	0,25...0,59	Низкая загрязнённость	
99...50	0,28...0,36	0,60...0,78	Средняя загрязнённость	Срок эксплуатации материала можно продлить
49...0	0,37...0,46	0,79...1,00	Высокая загрязнённость	Материал требует замены

Усовершенствуем данный показатель с учётом того, что сторона 1 пикселя: $25,41/600 = 0,04235$ мм; а площадь 1 пикселя $0,04235 \times 0,04235 = 0,00179$ мм². Кроме того, характер оценки загрязнённости в пикселях имеет обратную тенденцию: 0 – черный, 255 – белый). Потребитель же к оценке загрязнённости чисто психологически привык к обратной картине. Поэтому целесообразнее использовать обратную величину, а именно $(1 - \delta_T)$.

С целью установления уровня градации выделенного показателя перейдем к безразмерному показателю $\delta_\alpha = \frac{1 - \delta_T}{0,46}$. Значения данного показателя находятся в пределах от 0 до 1, где 0 соответствует не загрязнённому полотну, а цифра 1 – самой высокой степени загрязнённости.

Таким образом, в отличие от прямого метода измерения [141], связанного с измерением массы загрязнения предложен цифровой метод оценки уровня кольматации за счет введения нового косвенного показателя загрязнённости.

5.6. Автоматизация метода испытания геотекстильных полотен на ударную прочность

В технических условиях на геосинтетические полотна различного вида в соответствии с выполняемыми ими функциями в дорожном полотне основными показателями качества являются механические характеристики. А именно:

- показатель прочности при растяжении, кН/м²;
- относительное удлинение при максимальной нагрузке, %;
- показатель ударной прочности, мм;
- показатель прочности (усилия) при продавливании, кН.

Российские измерительные средства при механических испытаниях материалов при деформации растяжения решают в основном задачи по определению ве-

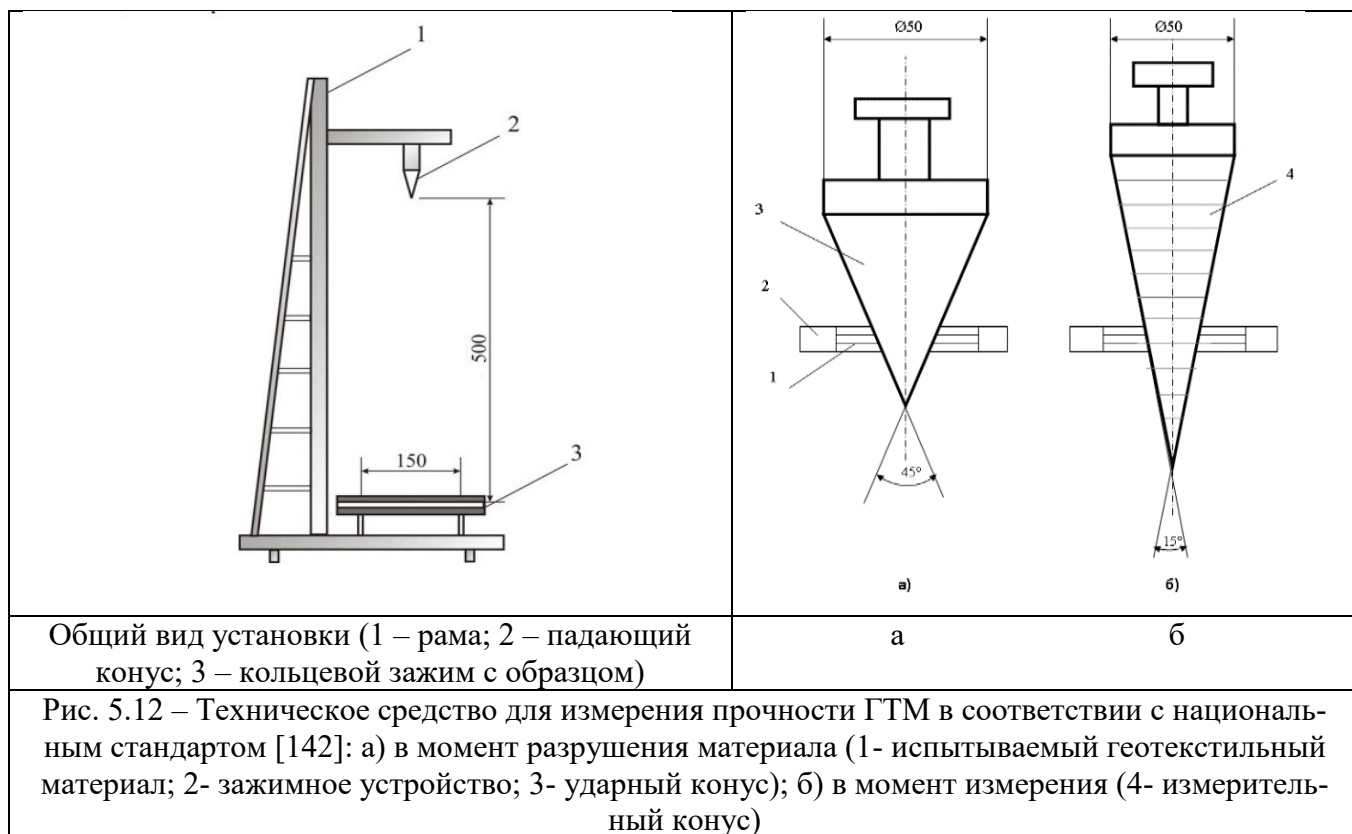
личины их прочности и удлинения. Отдельные отечественные автоматизированные средства измерений указанных показателей качества приведены на рис. 5.11.



Рис. 5.11 - Отечественные автоматизированные средства измерений показателей прочности и удлинения материалов при деформации растяжения

В то же время автоматизации количественной оценки показателей ударной прочности и прочности (усилия) при продавливании ГТМ не уделяется должного внимания. Так существующий подход к испытанию на ударную прочность в соответствии с национальным стандартом ГОСТ Р ИСО 13433-2014 [142] предусматривает использование двух конусов (ударного и измерительного) (рис. 5.11), что увеличивает затраты времени на осуществление самого процесса измерения. Кроме этого измерительный конус имеет массу, отличную от ударного (падающего) конуса, что обуславливает дополнительную погрешность при измерении искомого показателя качества.

Выявленные несоответствия стандартного метода испытания по ГОСТ Р ИСО 13433-2014 показали, что единственным измеряемым параметром является диаметр отверстия, образующийся при фиксированной нагрузке от падающего с известной высоты и известной массы конуса. Данный параметр (диаметр отверстия) является косвенным, а не прямым, что и снижает точность измерения. Кроме этого, в процессе измерения используется лишняя измерительная операция с применением измерительного конуса, что требует дополнительных затрат времени на осуществление самого процесса измерения.



Для автоматизации технического средства стандартного метода разработано новое инновационное измерительное средство, на который получен патент на изобретение [143].

В данном техническом решении (рис. 5.13) предложено удлинить цилиндрическую часть 5 ударного конуса 3, на которой размещен ферромагнитный сердечник 6 в форме полого цилиндра. Кроме этого, установлен защитный экран 7, выполненный из немагнитного материала, инертного к электромагнитным волнам. На внешней стороне защитного экрана размещена катушка индуктивности 8.

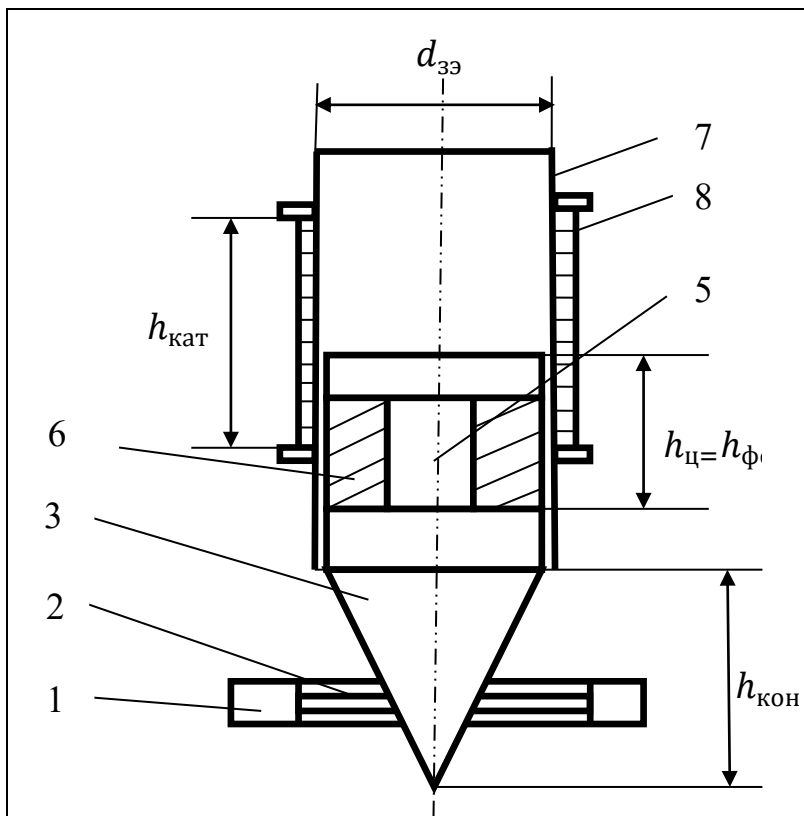


Рис. 5.13 – Модернизированное устройство для измерения прочности ГТМ при ударе (5- цилиндрическая часть ударного конуса; 6- ферромагнитный сердечник; 7- защитный экран; 8- катушка индуктивности)



Рис. 5.14 – Макет устройства для исследования характеристик измерительного преобразователя



Рис. 5.15 – Структурная схема измерительного преобразователя

Таким образом, катушка индуктивности 8, цилиндрическая часть 5 ударного конуса 3 и ферромагнитный сердечник 6 образуют индуктивный датчик перемещения плунжерного типа. В свою очередь, катушка индуктивности 8 включена в измерительную цепь (рис. 5.15), где она электрически соединена с мостовой измерительной схемой, к входу которой подключен генератор сигналов, а к выходу – усилитель-детектор и последовательно соединенные между собой квадратор, нормирующий преобразователь и измерительный прибор.

Внутренний диаметр защитного экрана $d_{зэ}$ принят равным 55 мм с учетом допускаемого зазора 2,5мм при диаметре ударного конуса 50 мм в соответствии с [142]. Рабочее перемещение конуса при полном погружении его в испытуемый материал соответствует $h_{кон} = 60$ мм. Поэтому для обеспечения максимальной чувствительности индуктивного датчика и линейного участка его статической характеристики [144] увеличивали высоту $h_{кат}$ катушки индуктивности в полтора раза относительно высоты конуса ($h_{кон} = 90$ мм). При этом высота ферромагнитного сердечника $h_{фс}$ соответствовала 90 мм.

Количество витков n катушки определяли из условия $n = h_{кат} / (\tau \cdot d_{пр})$, (где $d_{пр}$ – диаметр провода, равный 0,18 мм; τ – коэффициент, учитывающий не плотность намотки). Для провода $d_{пр} = 0,18$ мм рекомендуемое значение в соответствии с [145] $\tau = 1,25$. В итоге имеем $n = 90 / (1,25 \cdot 0,18) = 400$ витков.

Индуктивность катушки без ферромагнитного сердечника из выражения: $L_{кат} = L_0 \cdot N^2 \cdot d_{кат} \cdot 10^{-3}$, (где $d_{кат}$ - диаметр катушки, $L_0 = f(H_c / D) = 4,4$ см. значение поправочного коэффициента [145]). В результате $L_{кат} = 4,4 \cdot 400^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 3520$ мкГн = 3,52 мГн.

Ферритовый сердечник изготовлен из феррита марки Ф-400, с начальной магнитной проницаемостью $\mu_0 = 400$. Действующая магнитная проницаемость μ_c определена экспериментально и для принятых геометрических размеров катушки и ферромагнитного сердечника $\mu_c = 123$. Соответственно индуктивность катушки с введённым сердечником (максимальное погружение ударного конуса 3 в испытуемый материал 1) будет иметь значение $L = \mu_c L_0 N^2 D 10^{-3} = 432,96$ мкГн.

Рассмотрим основные этапы функционирования устройства для испытания ГТМ более подробно. При падении (перемещении) ударного конуса 3 в направлении испытываемого геотекстильного материала индуктивность катушки 8 (ось ординат) будет изменяться (в зависимости от положения ферромагнитного сердечника в катушке (ось абсцисс) (где $h_{нач}$ – величина начальной фазы вхождения ферритового сердечника в зону катушки индуктивности, $h_{кон}$ – величина полного

вхождения ферритового сердечника в зону катушки индуктивности) (см. рис. 5.16-а) практически по линейному закону в рабочем диапазоне $\Delta h_{раб} = 60$ мм. В дальнейшем мостовая измерительная схема преобразует значение индуктивности L в соответствующее напряжение и после усиления сигнала в блоке «усилитель детектор» он поступает в квадратор и нормирующий преобразователь, которые в дальнейшем позволяют сформировать выходной сигнал нормирующего преобразователя, пропорциональный площади сечения ударного конуса и произвести дополнительную коррекцию линейности зависимости $U_{нп} = \varphi(S)$ (рис. 5.16-б), где $U_{нп}$ – выходное напряжение нормирующего преобразователя, S – площадь сечения ударного конуса, отражающая площадь поверхности отверстия испытываемого образца ГТМ при завершении его испытания.

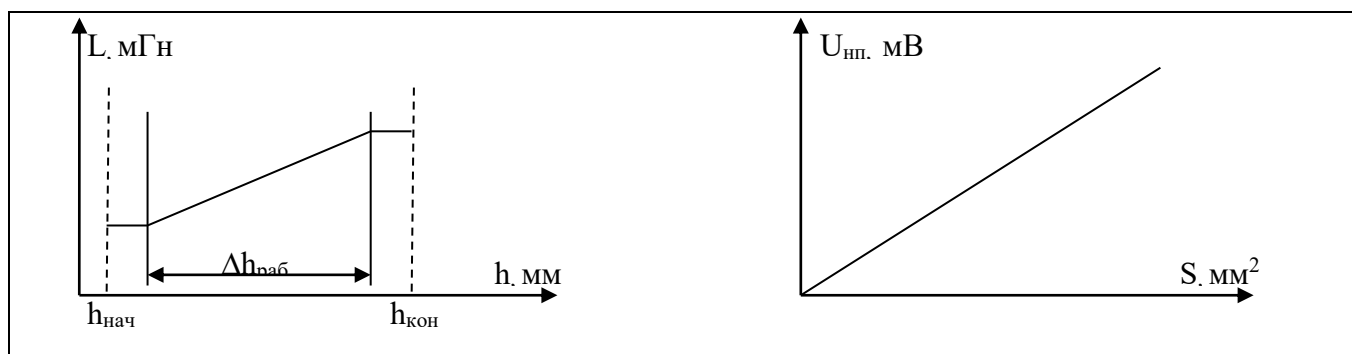


Рис. 5.16 – Форма сигналов с блоков измерительного преобразователя:
а) с катушки индуктивности; б) с выхода нормирующего преобразователя

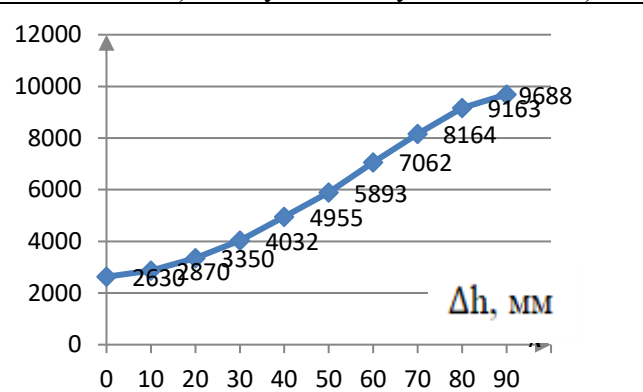


Рис. 5.17 – Фактические зависимости $L = \varphi(\Delta h)$

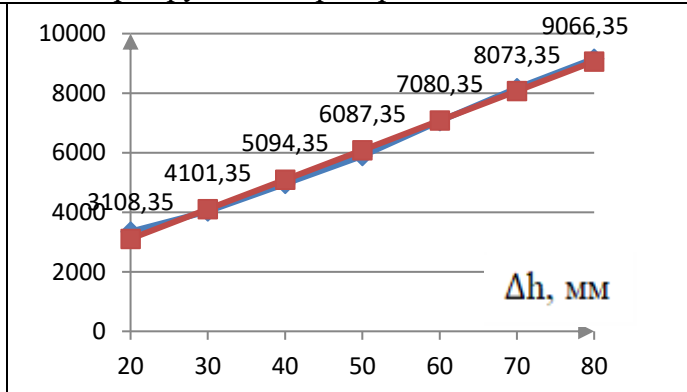


Рис. 5.18 – Зависимость индуктивности от положения сердечника в рабочем диапазоне $\Delta h_c = 60$ мм

Испытания опытного образца модернизированного устройства [146] позволили установить фактические зависимости $L = \varphi(\Delta h)$ (см. рис. 5.17) и осуществить

последующую линеаризацию рабочего диапазона с помощью аппроксимирующей функции $y = 99,3x + 1122,4$ (рис. 5.18).

С целью исследования модернизированного устройства для измерения прочности провели ряд испытаний, где использовались образцы нетканых геосинтетических материалов марки «Геоманит» поверхностной плотности 150 г/м^2 , предназначенных для строительства автомобильных дорог при укладке их в земляное полотно. Результаты испытаний приведены в табл.5.8.

Таблица 5.8. – Результаты испытаний устройства на скорость и точность измерения

Номер испытания	Время, затраченное на процесс измерения, с		Результат измерения	
	в соответствии с ГОСТ Р ИСО 13433-2014	по заявляемому техническому решению	в соответствии с ГОСТ Р ИСО 13433-2014, \emptyset , мм	по заявляемому техническому решению, S, мм^2 ,
1	48	20	25	706
2	45	22	29	704
3	50	21	31	702
4	45	20	26	706
5	67	20	34	704
6	50	22	32	703
7	54	20	29	706
8	48	21	23	705
9	55	20	36	704
10	69	20	32	706
Среднее значение	53	21	29	705

Данные, приведенные в таблице показывают, что быстродействие процесса испытания по предлагаемому техническому решению в среднем на 32 с больше, чем при испытании образца в соответствии с прототипом.

Повышение точности процесса измерения подтверждается тем, что конечный результат измерения прямых многократных измерений записывается в виде:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x = \bar{x} \pm \frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{n}},$$

где x – конечный результат измерения;

\bar{x} – среднее значение измеряемой величины;

Δx – абсолютная погрешность;

t – нормированное отклонение (коэффициент Стьюдента);

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ – среднее квадратическое отклонение}$$

n – число измерений.

Ввиду того, что в прототипе конечный результат измерения представляется в единицах измерения мм, а в предлагаемом техническом решении в единицах измерения мм², сравнение по показателям точности осуществляем не в абсолютных, а в относительных единицах, т.е. согласно выражению $\delta x = \left| \frac{\Delta x}{\bar{x}} \right| \cdot 100\%$. В результате имеем на основании данных таблицы относительную погрешность по ГОСТ Р ИСО 13433-2014 $\delta x = 4,5 \%$, а по предлагаемому техническому решению $\delta x = 1,5 \%$. При сравнении с прототипом относительная погрешность δx заявляемого технического решения меньше на 3%. Следовательно, точность измерения при использовании предлагаемого технического решения оказалась выше.

5.7. Развитие метода испытания геотекстильных полотен на динамическое продавливание

В действующих национальных стандартах выделены соответствующие нормативные показатели геосинтетических материалов на ударную прочность (ГОСТ Р ИСО 13433-2014) и усилие при динамическом продавливании (ГОСТ Р 56337-2015) [147]. Важность названных показателей качества, обусловлена тем, что по полученным значениям определяют класс геосинтетических материалов, необходимый для установления его определяющей функции в дорожном полотне (см. табл. 5.9).

Однако действующий нормативный документ ГОСТ Р 56337-2015 [147] на метод определения динамического продавливания не решает проблему определения соответствующего усилия, т.к. использует устройство с падающим конусом,

которое также предусмотрено для применения в национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 13433-2014 [142] для определения перфорации (размеров отверстия) при ударной нагрузке, что связано с отсутствием отечественных измерительных средств на динамическое продавливание.

Таблица 5.9 – Классы ГТМ в зависимости от усилия продавливания

Класс	Усилие при продавли- вании, кН	Функция геотекстильного материала в дорожном полотне
1	до 0,5	В качестве разделительного и/или фильтрационного слоя
2	1,0...1,5	В качестве разделительного слоя мелкозернистого глинисто- го и песчаного грунтов
3	1,5...3,0	Разделительный слой между мелкозернистым грунтом и грунтом с содержанием обломочных включений до 40 %
4	более 3,0	Разделительный и армирующий слои в обломочных грунтах и щебне

Для решения данной проблемы предложено новое техническое средство [148], позволяющее с точки зрения получаемых метрологических характеристик более достоверно проводить испытания на динамическое продавливание геосинтетических полотен (нетканых, тканых, трикотажных), так как в отличие от стандартного метода по ГОСТ Р 56337-2015, измеряется не диаметр пробиваемого в пробе отверстия, а именно усилие в соответствующих единицах измерения при динамическом продавливании испытываемого материала выбранным чувствительным элементом. Принцип действия устройства для реализации метода испытания на динамическое продавливание ГТМ приведен на рис. 5.19.

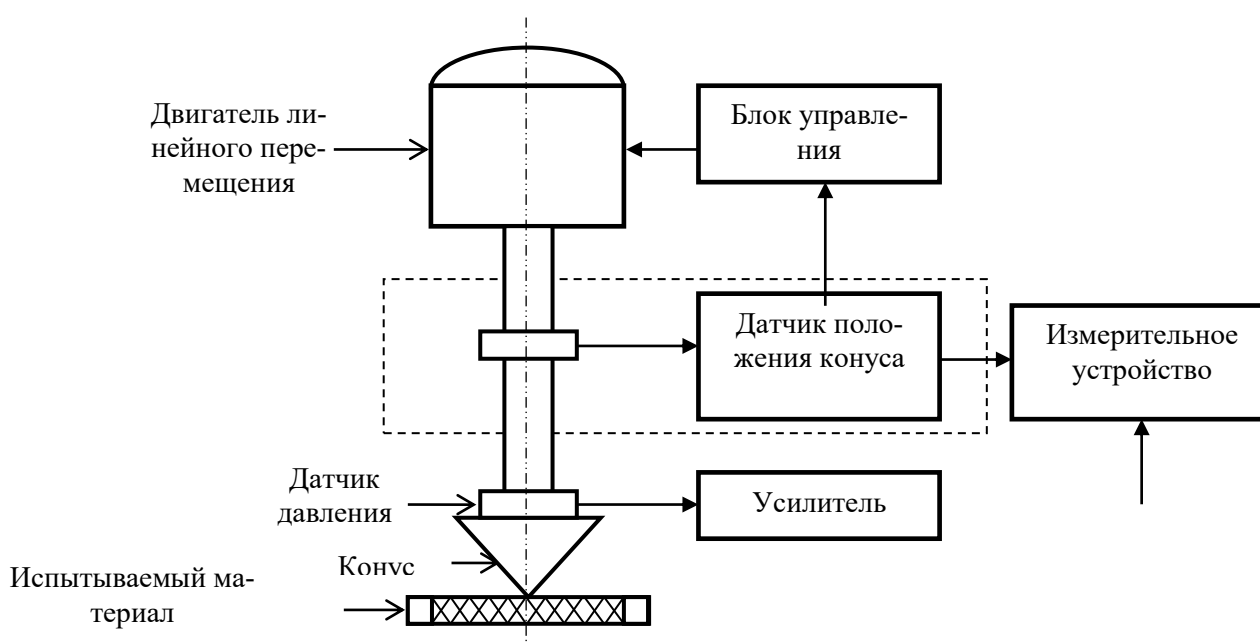


Рис. 5.19 – Структурная схема измерительного устройства

Подготовленный для испытания образец геополотна размещают в кольцевом зажиме и подводят его до касания с измерительным конусом устройства. Показывающее цифровое (аналоговое) устройство, измеряющее усилие продавливания, устанавливается на нулевую отметку. В дальнейшем с помощью блока управления включают электродвигатель линейного перемещения. При этом его шток, на котором последовательно размещены датчики положения и давления, а также конус, конструктивно выполненный с учётом требований ГОСТ Р 56337-2015, начинает с постоянной скоростью перемещаться в направлении испытываемого образца. В результате сигнал с датчика давления через усилитель поступает в измерительное устройство. Одновременно с этим сигналом в измерительное устройство поступает сигнал с датчика, фиксирующего линейное перемещение конуса в испытываемом образце. После окончания процесса измерения в исходное положение измерительный конус возвращается реверсивной кнопкой в блоке управления.

Для установления необходимых параметров и режимов испытания был разработан рабочий макет устройства, который приведен на рис. 5.20.

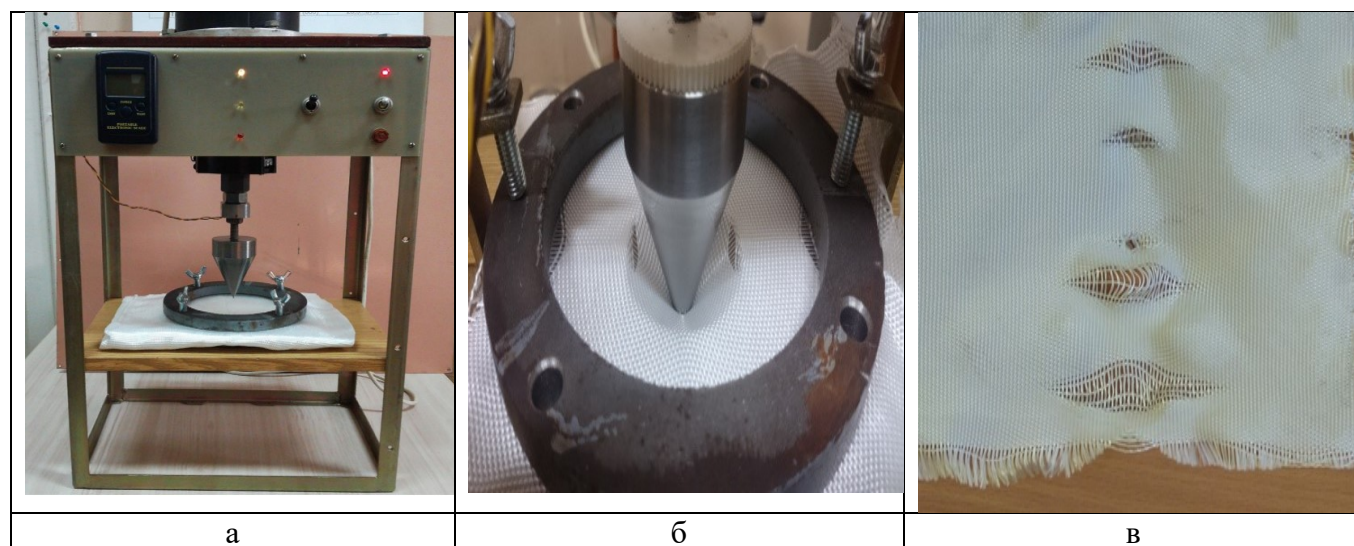


Рис. 5.20 – Действующий макет измерительной установки: а- внешний вид; б – продавливание пробы конусом; в – состояние тканого ГТМ после испытаний

Объектами исследования на динамическое продавливание служили геосинтетические нетканые и тканые полотна, основные характеристики которых приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10 – Виды исследуемых материалов

Вид материала (способ производства)	Торговое наименование	Волокнистый состав	Поверхностная плотность, г/м ²
Нетканый (иглопробивной)	ДОРНИТ	Полиэфирные волокна	320
Нетканый (клеевой)	BRANE GEO HARD	Полипропиленовые волокна	100
Тканый (станок фирмы «Dornier», Германия)	УЛЬТРАСТАБ	Полиэфирные комплексные нити	1200
Тканый (станок СТБУ-540 ООО «ВТФ «Текстильмаш»)	ИВГПУ	Полиэфирные комплексные нити	430

Испытания образцов различных видов материалов (см. табл. 5.9) на рабочем макете измерительного устройства [146] показали возможные направления его совершенствования.

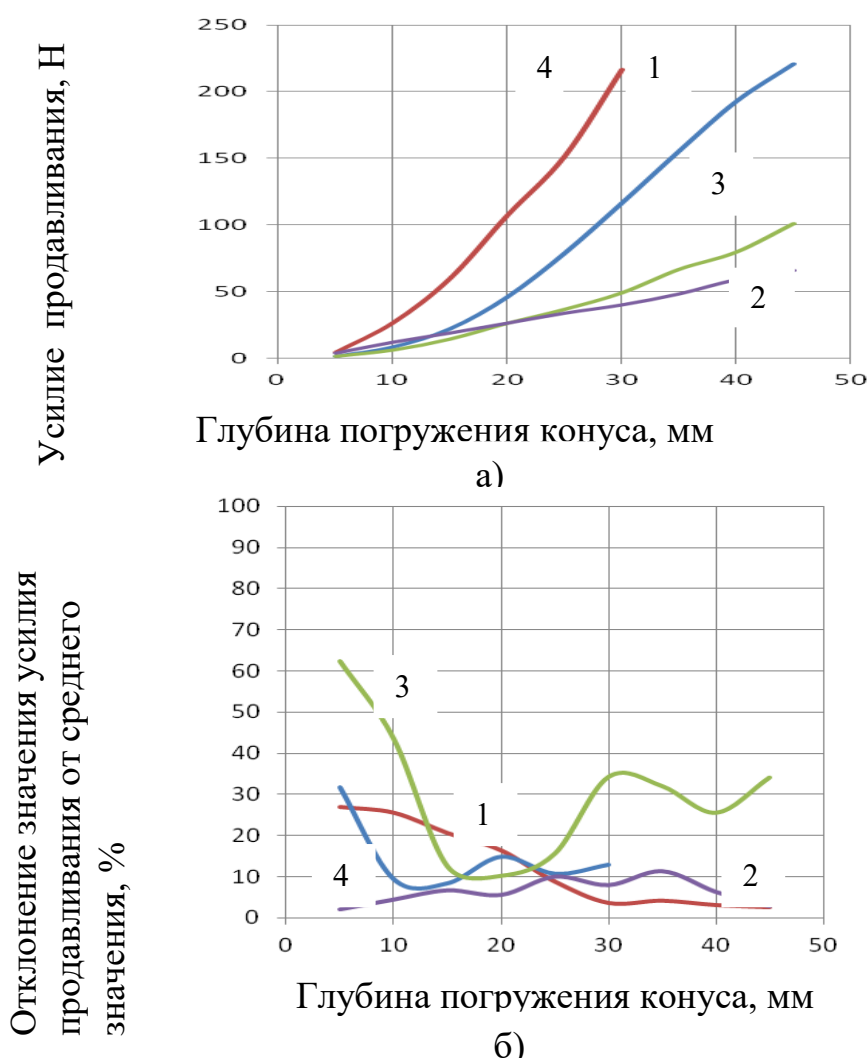


Рис. 5.21 – Результаты изменения усилия продавливания испытываемых образцов в зависимости от глубины погружения конуса

На рис. 5.21-а приведены результаты изменения усилия продавливания

испытываемых образцов в зависимости от глубины погружения конуса. Приведенные зависимости позволяют выбрать на их линейном участке диапазон возможного погружения конуса в испытываемом образце. На рис. 5.21-б показаны результаты отклонения усилия продавливания от его среднего значения, проведенные в параллельных испытаниях на испытываемом образце, в зависимости от глубины погружения конуса. Данные зависимости позволяют установить минимальную погрешность процесса измерения при соответствующей глубине погружения конуса, а также охарактеризовать стабильность данного процесса. В результате проверка на сходимость результатов измерений по отдельным видам полотен показала, что показатель сходимости при испытании нетканых полотен выше, чем для тканых материалов вследствие особенностей строения последних.

В частности, для проведения исследований предпочтительнее использовать функциональную зависимость усилия продавливания от всех участков перемещения конуса. Использование значения усилия после остановки движения конуса не отражает действительного его значения продавливания вследствие возникновения упругой деформации в испытываемом образце. Для тканых геосинтетических полотен необходимо относительно данного варианта осуществить изменение конструкции зажимного узла ввиду нарушения структуры материала в пределах площади зажима. В направлении совершенствования нормативной базы самого процесса измерения, в отличие от документа [147], необходимо разработать новый проект национального стандарта на метод определения прочности при динамическом продавливании с учетом получаемых на предлагаемом устройстве параметрических и функциональных характеристик.

Для решения проблемы возникновения неконтролируемого прогиба испытываемого образца предложено новое техническое решение, приведенное на рис. 5.22, и на которое подана заявка № 2023101511 от 25.01.2023 в ФИПС на получение патента на изобретение [148] и которое внедрено на ООО «Ремстрой» (Приложение 5).

Модернизированное измерительное средство работает следующим образом.

Подготовленный для испытания образец 5 тканого (нетканого, трикотажного, мембранного) геотекстильного материала помещают в кольцевой механизм 4 зажимают его в горизонтальном положении и фиксируют зажимными винтами 6 без провисания. Стойку 1 прибора устанавливают в вертикальном положении с помощью регулировочных винтов 2. С помощью блока управления 10 включают электродвигатель 8 линейного перемещения, при этом линейно вниз перемещаются шток 9 электродвигателя 8 линейного перемещения, а также направляющий стержень 13 с датчиком 15 усилия продавливания и конусом 12, выполняющим функцию продавливающего элемента. На направляющем стержне 13 также прикреплена измерительная лента 18 с цифровым кодом положения, где через считывающую головку линейного энкодера 19 сигнал поступает на драйвер 20 управления шаговым двигателем 21, который механически связан с зубчатой передачей диафрагмы 22, позволяющей регулировать площадь её раскрытия в соответствии с площадью, обусловленной диаметром вертикально перемещающегося конуса 12 как продавливающего элемента в зоне образца 5. При этом сигнал с датчика 15 усилия продавливания поступает через усилитель 16 в измерительное устройство 17. Одновременно с датчика 11 положения конуса 12 сигнал поступает на блок управления 10.

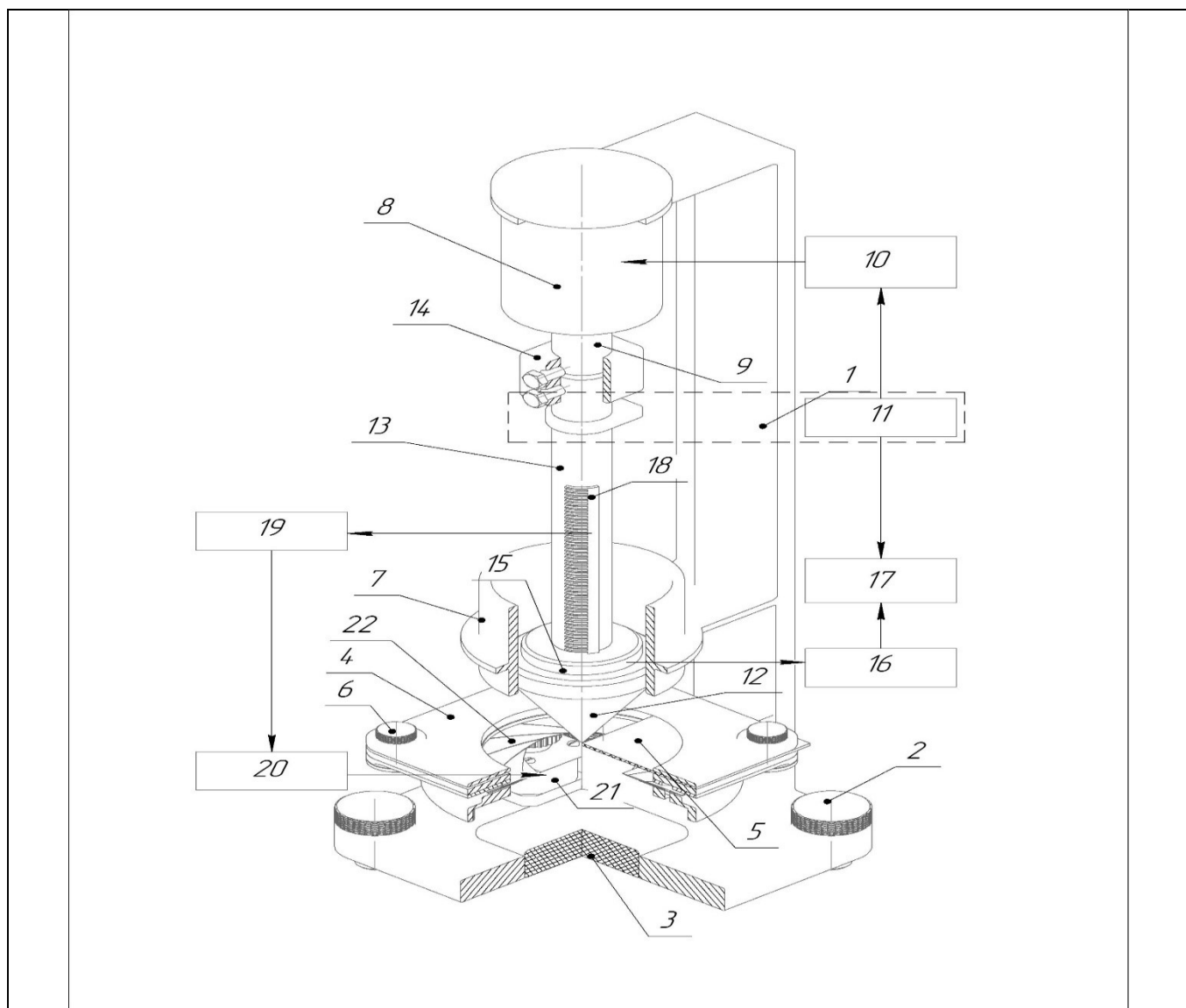


Рис. 5.22 –Модернизированное устройство относительно решения (см. рис. 5.19) на определение усилия продавливания

При срабатывании датчика положения конуса 11 осуществляется остановка счета измерительного устройства 17, подается электрический сигнал в блок управления 10 и электродвигатель 8 выключается, а перемещение конуса 12 прекращается. В дальнейшем снимают показания с измерительного устройства 17 о значениях параметрических и функциональных показателей усилия продавливания в соответствующих единицах измерения и графиках. В исходное положение конус 12 возвращается реверсивной кнопкой в блоке управления 10.

Достижение технического результата, заключающегося в повышении точности и достоверности процесса измерения, который происходит за счет возможности регулирования открытой площади продавливания испытываемого образца в зависимости от вертикального перемещения конуса, как продавливающего эле-

мента, в результате чего исключается неконтролируемый прогиб испытываемого образца.

Решены вопросы компьютерной автоматизации и информатизации процесса измерения на усилие продавливания. На рис. 5.23 представлена блок-схема алгоритма автоматизации измерительного устройства, а на рис. 5.24 изображено окно визуализации результатов измерений. Код программы был написан в среде CoDeSys на языке программирования ST с учетом разработанного алгоритма.

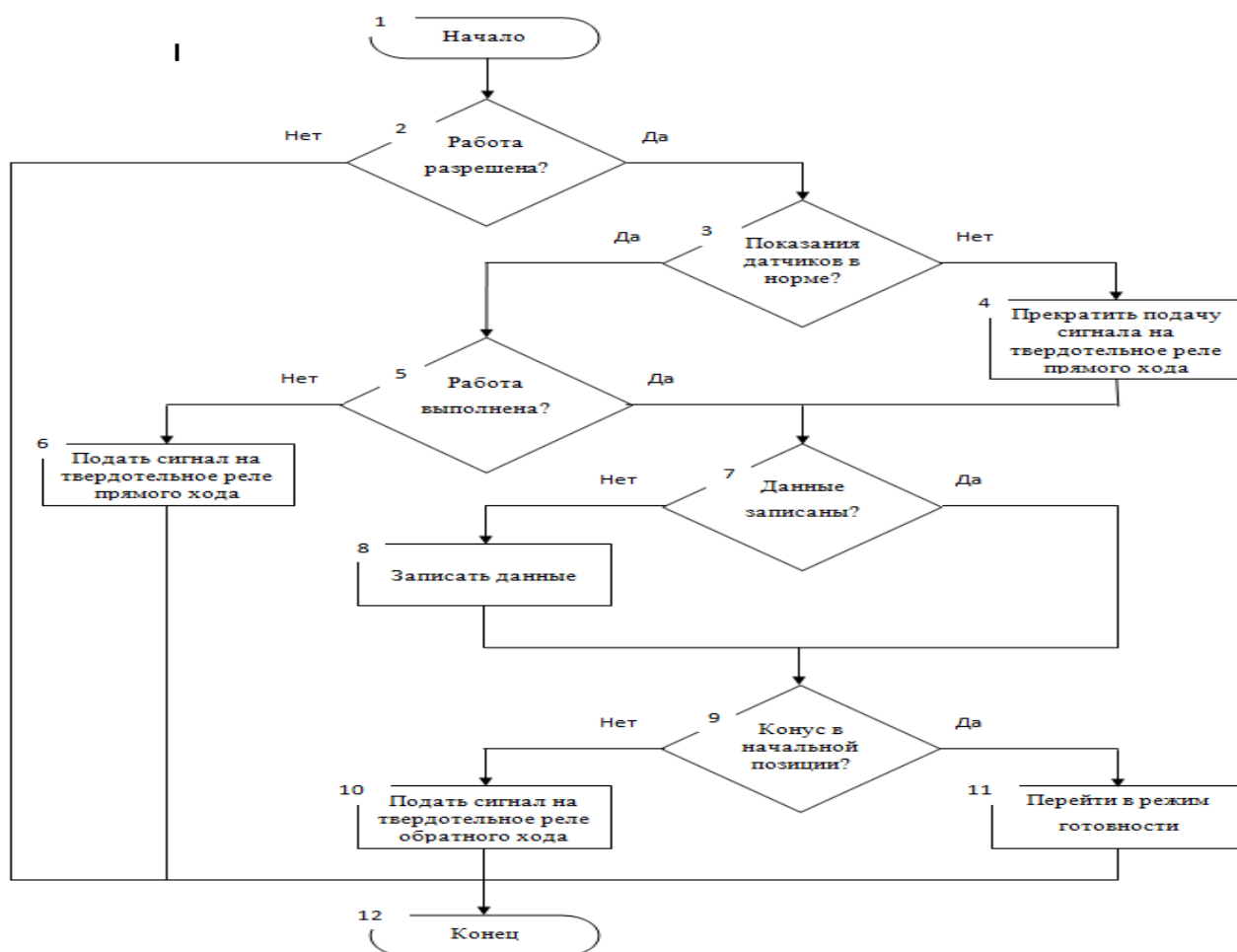


Рис. 5.23 – Блок-схема алгоритма автоматизации измерительного устройства

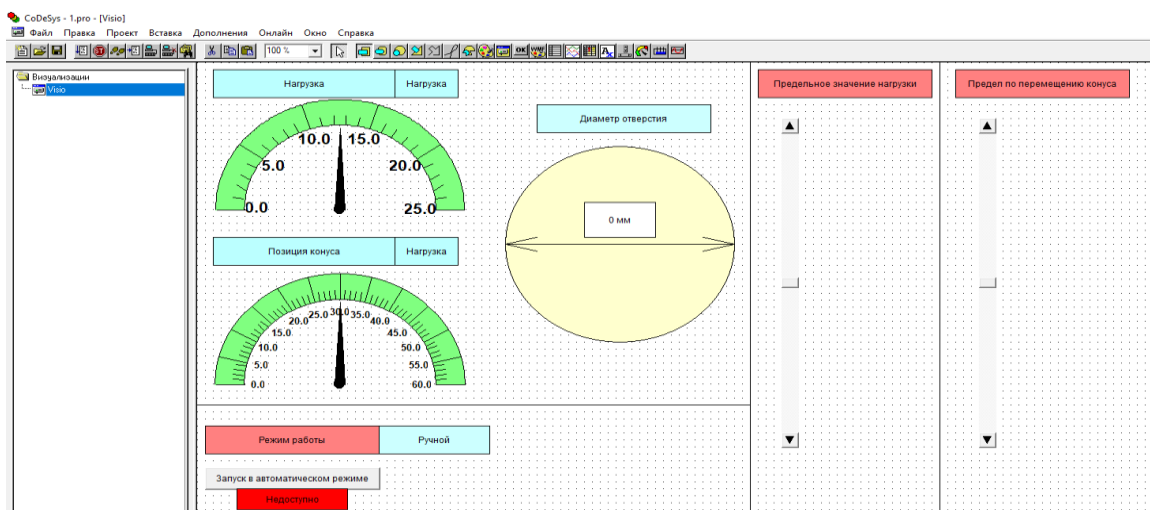


Рис. 5.24 – Окно визуализации результатов измерений

Проведённые экспериментальные исследования на различных видах геотекстильных полотен выявили необходимость совершенствования отдельных узлов измерительных установок в следующих направлениях:

- 1) разработки специализированных узлов для зажима испытываемых образцов различных по виду геосинтетических материалов (тканых, нетканых, трикотажных, мембранных);
- 2) расширения функциональных возможностей измерительной установки за счёт определения дополнительных механических характеристик;
- 3) создания проекта предварительного национального стандарта на метод определения усилия при динамическом продавливании как альтернатива имеющегося и действующего нормативного документа (ГОСТ Р 56337-2015).

5.8. Выделение и обсуждение новых результатов по главе

1. Определены критерии мониторинга параметров технологических процессов на этапе производства различных видов ГТМ, а также при выходном контроле их качества.

2. В соответствии с рекомендациями международных и национальных стандартов по системам менеджмента качества предложена методика определения результативности процесса производства нетканых геотекстильных полотен, которая позволяет выявить несоответствия по значениям технологических параметров данных процессов.

3. Выявлен и количественно оценён технологический параметр (перерасход нитей утка) для осуществления мониторинга процесса ткачества при производстве геосеток, позволяющий своевременно выявлять и нормализовать техническое состояние ткацкого станка. На компьютерный способ определения данного вида дефекта получен патент №02633956 на изобретение.

4. Разработана методика цифрового исследования структурной неравномерности ватки прочеса в процессе формирования нетканого геополотна, позволяющая оценивать характеристики неравномерности по толщине продукции в секторальном и радиальном направлениях.

5. С учетом проведённых экспериментальных исследований предложено ввести новый информативный количественный показатель загрязнённости ГТМ, а именно соотношение яркостей загрязнения на наружной и внутренней сторонах материала. Данный показатель необходим для диагностики уровня загрязнённости в примененном для дренирования нетканом ГТМ для установления предельного срока его эксплуатации и своевременной замены на новый.

6. Предложено новое техническое решение для автоматизации процесса измерения на ударную прочность различных видов ГТМ, целенаправленно используемых для дорожного строительства, которое относительно стандарта ГОСТ Р 56337-2015 позволяет повысить быстродействие процесса измерения. На данный метод получен патент № 2623839 на изобретение.

7. В отличие от технического средства, используемого в стандарте ГОСТ Р 56337-2015, предложено и реализованное новое техническое решение для определения усилия ГТМ при их динамическом продавливании, что позволяет расширить функциональные возможности самого процесса испытания тканых и трико-

тажных геополотен, а также проводить количественное оценивание дополнительных параметрических и функциональных характеристик.

ГЛАВА 6

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ И СЕРТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

6.1. Унификация системы классификации и кодирования геотекстильной продукции

Одним из направлений достижения требуемого уровня качества геотекстильной продукции и повышения конкурентоспособности их российских производителей является (как это было показано в разд. 4.3...4.5) реализация задач по оптимизации и унификации номенклатуры, производимой предприятиями продукции. Однако, в настоящее время, в связи с различиями систем классификации и кодирования потребительской продукции на соответствующих этапах её жизненного цикла, существуют проблемы с унификацией номенклатуры промышленной продукции, в том числе и искомых текстильных изделий, т.к. предприятия текстильной и лёгкой промышленности, торговые организации и таможенные органы используют каждый свою классификацию этих видов изделий.

Таким образом, имеется необходимость проанализировать функциональные возможности существующих в настоящее время систем кодирования текстильных изделий, а также предложить и реализовать на ассортименте производимых геосинтетических (в узком плане геотекстильных) материалов способ матричного кодирования текстильных изделий. Кроме того, необходимо показать возможность совмещения матричного кодирования продукции с информацией о её производителе и качестве в рамках двухмерного штрих-кода. Ранее отдельные задачи обозначенной проблемы решались нами в работах [149, 150, 151].

Предприятия текстильной и лёгкой промышленности, торговые организации и таможенные органы используют каждый свою классификацию текстильных изделий: материаловедческую [152], торговую [153], таможенную [154] и учетную [155].

Материаловедческая классификация, представленная и рассмотренная в соответствующих учебниках [152], выделяет шесть классификационных признаков: направление, назначение, способ производства, вид применяемого сырья, способ заключительной обработки, длительность использования.

Торговая классификация, содержащаяся в учебной литературе [153.], имеет лишь три классификационных признака: сырьевой состав, способ производства и назначение.

Функции таможенной классификации выполняет товарная номенклатура Внешнеэкономической деятельности Евразийского Экономического Союза (ТН ВЭД ЕАЭС) [154], которая выделяет применительно к текстильным материалам и изделиям также три классификационных признака: волокнистый состав, способ изготовления и отдельные количественные характеристики материала. Код ТН ВЭД ЕАЭС включает в себя 10 цифр, где первые четыре цифры говорят о принадлежности продукции к определенной группе. Последующие цифры конкретно классифицируют продукцию по наименованию.

Учетная классификация приведена в Общероссийском классификаторе продукции по видам экономической деятельности ОК 034-2014 (ОКПД 2) [155] и выделяет три основных признака: назначение, вид сырья и способ производства.

В соответствии с вышеуказанными классификационными признаками предприятия текстильной и легкой промышленности, торговые организации и государственные учреждения используют несколько способов кодирования текстильных изделий. В торговой классификации [153] каждому текстильному изделию присваивается шестизначный числовой код (артикул), где каждая цифра артикула кодирует изделие в соответствии с выделенными классификационными признаками. Особенности, отражающие потребности российской экономики по детализации продукции, учитываются в соответствующих разделах ОК 034-2014 [155]. Текстильные изделия входят в группу С (продукция обрабатывающих производств), где для них предусмотрены 9 - разрядные цифровые коды. Код текстильных изделий по таможенной классификации [154] – десятиразрядный, цифровой.

Таким образом, в соответствии с известной методологией кодирования [153], код по торговой классификации является серийно-порядковым, код по учетной классификации и код по таможенной классификации отражают последовательный способ кодирования.

Рассмотренные выше принципы кодирования текстильных изделий обобщенно можно представить в виде строки из n цифр (n -мерного вектора). С увеличением числа классификационных признаков код удлиняется, в результате чего возникают трудности с обеспечением системы кодирования, а также усложняется идентификация самих объектов кодирования.

Для оптимизации и унификации рассмотренных выше систем кодирования текстильных изделий предлагается ввести матричную форму кодирования [156], которая позволит увеличить число классификационных признаков и учитывать возможность наличия нескольких значений одного признака. Сущность матричной системы кодирования заключается в том, что в новой классификации текстильных изделий содержится n классификационных признаков, где, в свою очередь, в каждом из этих признаков имеется не более, чем m значений. Обозначим

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й признак принимает значение } j, \\ 0, & \text{если } i - \text{й признак не принимает значение } j, \end{cases} \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}. \quad (6.1)$$

Тогда код текстильного изделия можно представить в виде матрицы размера $n \times m$, элементами которой являются булевы переменные (6.1).

Матричная форма кодирования текстильных изделий может быть применима как уже для действующих в настоящее время классификаций, так и для вновь вводимых при производстве нового ассортимента рассматриваемых изделий. Необходимо отметить, что для новых видов текстильных изделий (в частности, при производстве геосинтетической продукции) нет единой общепринятой классификации. Поэтому в ОК 034-2014 [155] даже не предусмотрен соответствующий раздел для этого вида текстильной продукции.

Для иллюстрации предлагаемого процесса матричного кодирования рассмотрим составленную (возможно не полную) классификацию геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве, представленную в табл. 6.1.

Таблица 6.1 – Классификация геосинтетических материалов

Признак	Значение признака	Порядковый номер значения признака
Область применения	Дорожные конструкции	1
	Инженерные сооружения	2
	Ландшафтные работы	3
	Сельское хозяйство	4
Функциональное назначение	Армирование	1
	Разделение	2
	Фильтрация	3
	Дренажное	4
	Борьба с эрозией	5
	Гидроизоляция	6
	Теплоизоляция	7
	Защита	8
Природа происхождения	Геотекстиль	1
	Георешетка	2
	Геосетка	3
	Геомембраны	4
	Геокомпозиты	5

Тогда, например, матричный код геотекстильного изделия, применяемого в дорожном строительстве для фильтрации и дренажного, будет представлен в виде матрицы размера 3×8 :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (6.2)$$

Рассмотрим информационное обеспечение матричной системы кодирования геотекстильных изделий, где алгоритм распознавания кода представлен на рис. 6.1. Первый шаг алгоритма состоит в том, чтобы ввести матричный код. На втором шаге происходит построчный просмотр элементов матрицы. Если элемент i -й строки и j -го столбца матрицы равен единице, то i -му признаку присваивается значение j , в противном случае не присваивается данное значение. На третьем шаге происходит вывод результатов, где формируется информация о соответствующем геотекстильном полотне.

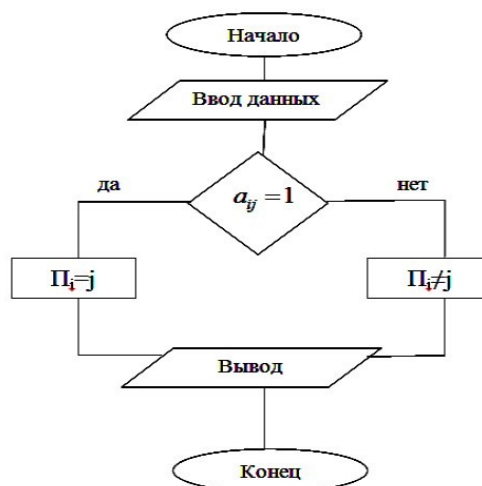


Рис. 6.1 – Блок-схема алгоритма распознавания кода

Отметим также, что обязательным условием внешней и внутренней торговли потребительскими товарами, в том числе и текстильными изделиями, является наличие штрихового кода на самом товаре или на его упаковке. Предложенная выше система матричного кодирования текстильных изделий вполне соотносится с существующими в настоящее время двумерными штриховыми кодами потребительской продукции. Поэтому, предлагаемый матричный код текстильного изделия может быть преобразован в двумерный штриховой код [157], который в дальнейшем используется для электронного считывания всей необходимой информации о произведённой продукции.

Для выражения (6.2) он будет выглядеть в виде, показанным на рис. 6.2.



В то же время функциональные возможности двухмерного цифрового кода позволяют помимо информации о классификационных признаках рассматриваемого объекта представить в закодированном виде дополнительную информацию, например, о производителе продукции и показателях качества [150, 158] конкретного текстильного изделия. Покажем эти возможности на конкретном примере.

В качестве текстильного изделия был выбран нетканый геотекстильный материал торговой марки «Дорнит Текспол 300», производимый на предприятии ООО «Головная компания Геоматериалы». Для данного вида текстильного изделия были выделены характеристики в трех категориях: сведения о текстильном предприятии; о производимом на нём ассортименте продукции и показателей назначения (определяющих показателей качества) изделия, которые приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2 - Характеристики нетканого геотекстильного материала

Наименование характеристики	Кодируемая информация
<i>1. Информация о предприятии</i>	
Страна изготовитель	Российская Федерация
Наименование изготовителя	ООО «Головная компания Геоматериалы»
Сайт предприятия	https://www.geotekstil.ru
Юридический адрес предприятия изготовителя	346400, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Первомайская, 107а
<i>2. Информация об ассортиментных возможностях изделия</i>	
Документ по стандартизации	ТУ 8397-001-68781351-2011
Вид товара	Полотно нетканое геотекстильное из синтетических волокон
Наименование товара	Геотекстиль (дорнит) Текспол ИП-300
Функции	Разделение фракций, дренаж, фильтрация, защита
Волокнистый состав	Полиэфирные и полипропиленовые волокна
Способ изготовления	Иглопробивное и термоскрепленное
<i>3. Информация о качестве изделия</i>	
Поверхностная плотность, г/м ²	300
Ширина полотна, см	3000
Толщина, мм	2,8
Длина рулона, м	100

Для рассматриваемого в табл. 6.2 геотекстильного полотна при формировании штрихового кода, приведённого на рис. 6.3, воспользовались генератором Barcode Generator [157] штрих-кода.

Преимущество штрих-кода состоит в том, что расшифровать информацию, представленную на рис. 6.3, возможно не только в торговых организациях, имеющих специальное оборудование, но и в бытовых условиях с помощью смартфона или планшета, на которых установлены соответствующие программы распознавания данного типа штрих-кода. На рис. 6.4 представлена обратная операция по распознаванию штрих-кода программой [157].

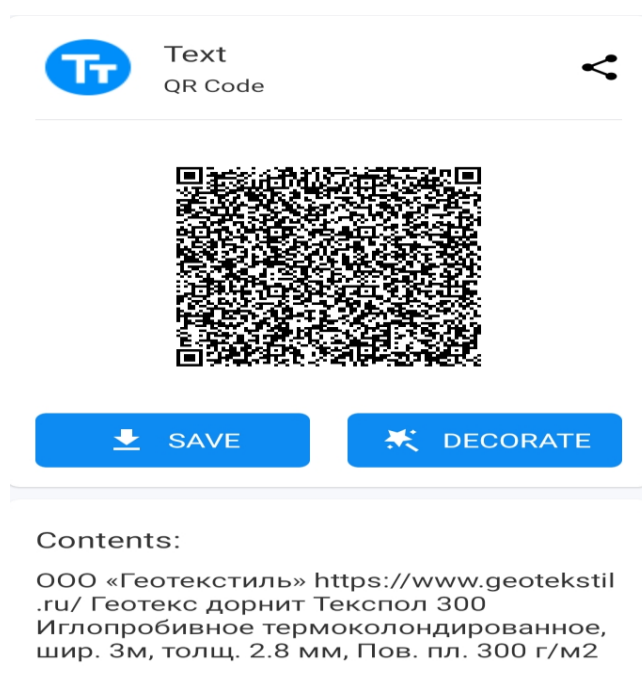


Рис. 6.4 - Распознавание закодированной информации о производимом нетканом геотекстильном полотне торговой марки «Дорнит Текспол 300»

6.2. Формирование обобщённой базы показателей качества геотекстильных полотен с учётом действующих нормативных документов

При объективной оценке качества готовой продукции (геотекстильных материалов) необходимо совершенствовать нормативное обеспечение как на уровне

межгосударственных и национальных стандартов, так и на уровне стандартов организации.

Следует также отметить, что на сегодняшний день в России отсутствуют нормативно закреплённые правила выбора и применения технических текстильных материалов (кроме геотекстильных полотен) в строительных конструкциях (изделиях) в зависимости от их назначения и условий эксплуатации. Учитывая значимость данной проблемы предлагается разработать новый нормативный документ, в котором были бы детально изложены технические требования с учетом условий их применения в конкретных видах строительных конструкций. Таким документом может быть, например, «Свод правил по применению геотекстильных материалов в строительстве».

В этой связи необходимым условием широкого применения геотекстильных материалов в строительных изделиях и объектах является создание нормативной и совершенствование информационной базы в этой области, направленной на формирование рациональной номенклатуры показателей качества, корректировки нормативных значений определяющих показателей качества, разработки и введения в действие методов оценки их сохраняемости и долговечности в различных условиях эксплуатации. Поэтому совершенствование соответствующих технических условий в рамках оценки общего уровня качества геотекстильных материалов целесообразно осуществлять в направлениях уточнения номенклатуры и нормативных значений единичных показателей качества, а также совершенствования методов количественной оценки показателей качества на основе современного уровня автоматизации и информатизации.

На данном этапе исследования были проанализированы действующие межгосударственные стандарты на технические условия изготовления различных геотекстильных материалов, а именно: нетканое иглопробивное полотно (ГОСТ 63.032-19-89); нетканое полотно марки «Дорнит» (ГОСТ 31309-2005); материалы геосинтетические для дренирования (ПНСТ 20-2014.) по форме табл. 6.3, а также стандарты организаций (СТО 18603495.002-2010 Д) на отдельные виды геотекстильных материалов.

Во всех нормативных документах, приведённых в табл. 6.3, уровни показателя категории объекта исследования устанавливаются в зависимости от значений поверхностной плотности геотекстильных материалов.

Таблица 6.3– Применяемость показателей качества геотекстильных материалов

Показатель качества, единица измерения	Применяемость в нормативном документе					
	ТУ 63.032-19-89	ТР 128-01	СТО 18603495.002-2010 Д	ПНСТ 20-2014	СТО 68168870-003-2014Д	ПН-01.04 М-0045
Состав сырья			+		+	
Ширина, см	+			+	+	+
Толщина, мм		+	+			+
Поверхностная плотность, г/м ²		+	+			+
Линейная плотность, текс					+	
Отклонения от номин. размеров изделия, мм			+			
Коэффициент вариации массы, %		+				
Разрывная нагрузка, кН	+	+	+		+	+
Ударная прочность, мм			+			+
Сопrotивляемость местным повреждениям			+			+
Прочность при продавливании, кН			+			+
Устойчивость к циклическим нагрузкам, %				+		
Удлинение, %	+	+	+		+	
Водопроницаемость, м/сут		+	+			+
Коэффициент изотропности			+			
Коэффициент фильтрации, м/сут			+	+		+
Морозостойкость, %				+		
Устойчивость к агрессивным средам, %				+		
Характеристика пор O ₉₀ , мкм			+	+		
Грибостойкость				+		
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, %				+		
Показатели климатического старения						+

Проведённый анализ нормативной документации на геотекстильные материалы свидетельствует о том, что в них отсутствует комплексность и системность (как основные принципы стандартизации) при формировании номенклатуры показателей качества. По этой причине при совершенствовании технических условий на геотекстильные материалы различного назначения предлагается в подразделе «Основные параметры и характеристики» раздела «Технические требования» структурировать необходимые показатели качества по форме табл. 6.4.

Таблица 6.4 – Расширенная номенклатура показателей качества геотекстильных материалов

Подгруппа показателей	Показатели	
	Оцениваемое свойство	Показатель качества (физическая величина), единица измерения
Группа показателей назначения		
Конструктивные	Протяжённость в поперечном направлении	Ширина, мм
		Толщина, мм
	Отклонение от номинальных размеров	Отклонение размеров по абсолютной величине, мм
	Материалоёмкость	Поверхностная плотность, г/м ³
Состава и структуры	Сырьевой состав	Массовая доля входящих компонентов, %
		Содержание органических веществ (по массе), %
		Содержание синтетич. связующего (по массе), %
		Коэффициент вариации массы, %
	Структура	Средний диаметр составляющих волокон, мкм
		Направление расположения волокон (продольное, поперечное, хаотическое)
Способ соединения волокон		
Группа показателей надёжности		
Эксплуатационной надёжности	Прочность при растяжении	Разрывная нагрузка, Н
	Прочность на сжатие (при 10 % линейной деформации)	Фактическое усилие, Н Ударная прочность, мм Сопrotивляемость местным повреждениям
	Прочность при продавливании	Усилие на продавливание, Н
	Прочность при циклических нагрузках	Устойчивость к циклическим нагрузкам, %
	Водопроницаемость	Водопроницаемость, м/сут
	Фильтрующая способность	Коэффициент фильтрации, % Характеристика пор O ₉₀ , мкм
	Изотропность	Коэффициент изотропности
	Морозоустойчивость	Морозостойкость, %
	Агрессивные среды	Устойчивость к агрессивным средам, % Грибостойкость
Сохраняемости	Стабильность размеров	Изменение линейных размеров после длительного хранения, %
Долговечности		Гарантированный срок эксплуатации Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, % Показатели климатического старения
Группа показателей безопасности		
Пожарной безопасности	Горючесть	Группа горючести
	Воспламеняемость	Группа воспламеняемости
	Дымообразующая способность	Группа дымообразующей способности
	Температура применения	Предельная температура применения, °С
Радиационной безопасности		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов

Ранее нами в работе [45] проводились экспериментальные исследования по установлению коэффициентов весомости по отдельным показателям качества нетканого геополотна марки «Дорнит», отдельные результаты которых приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5 – Коэффициенты весомости показателей качества нетканого геополотна марки «Дорнит»

Группа свойств	Свойства	Количественные показатели	Коэф. весомости	
Назначения	Ширина	Показатель ширины, м	0,076	
	Толщина	Показатель толщины, мм	0,037	
	Материалоёмкость	Поверхностная плотность, г/м ²	0,150	
Надёжности	Прочность	Разрывная нагрузка, Н:		
		- по длине	0,042	
		- по ширине	0,042	
		Усилие продавливания, Н	0,063	
	Деформация	Удлинение при разрыве, %:	- по длине	0,042
			- по ширине	0,042
Условный модуль деформации, кН/м		0,050		
Относительное удлинение при 25% / 50% нагружении от разрушающего, %		0,031		
Водопроницаемость	Показатель фильтрующей способности, мкм	0,063		
	Показатель вертикальной водопроницаемости (коэффициент фильтрации), м/сут	0,033		
	Показатель горизонтальной водопроницаемости, м/сут	0,032		
Технологичности (эксплуатационные)	Теплостойкость	Коэффициент стойкости к повышенным температурам	0,030	
	Морозостойкость	Коэффициент стойкости к пониженным температурам	0,038	

Отмечаем, что в отличие от действующих нормативных документов, показанных в табл. 6.4, по отдельным показателям качества осуществлена корректировка их названия с целью исключения смешивания понятий наименования отдельного свойства и наименования количественного показателя данного свойства, т.е. показателя качества как физической величины.

Методология установления конкурентоспособных нормативных значений показателей качества различных по виду геотекстильных материалов с учётом постоянно обновляющего их ассортимента рассмотрена в ранее в разд. 2.7...2.10.

Проведённые исследования показали, что в имеющейся нормативной документации на геотекстильные материалы отсутствует комплексность и системность при формировании номенклатуры показателей качества. В стандартах не всегда приводятся необходимый и достаточный перечень показателей для объективной оценки качества геотекстильной продукции. Имеет место также смешивание понятий контролируемых свойств и их количественных показателей, т.е. единичных показателей качества. Таким образом, в итоге (см. табл. 6.4) предложен расширенный и систематизированный по соответствующим группам перечень показателей качества геотекстильных материалов, необходимый для разработки соответствующих технических условий при формировании как национальных стандартов, так и стандартов организаций.

6.3. Решение проблем стандартизации и подтверждения соответствия качества (сертификации) геотекстильной продукции

Выделим назревшие методические проблемы по обеспечению качества геотекстильных материалов в направлении необходимости стандартизации отдельных видов деятельности текстильных предприятий и производимой ими потребительской продукции.

В настоящее время строительные материалы (в том числе и с применением технического текстиля), производимые промышленными предприятиями различных форм собственности, с точки зрения стандартизации не имеют системного регулирования. Производство строительных материалов в большинстве случаев осуществляется в соответствии с техническими условиями (ТУ). Содержание таких технических условий в чаще всего не публикуется и поэтому неизвестно всем

участникам потребительского рынка. В таких условиях строительные изделия, изготавливаемые с применением технического текстиля низкого качества и сомнительного происхождения, могут находиться в обращении на рынке. Усугубляет данную проблему значительный разброс значений определяющих показателей качества используемого технического текстиля у разных производителей, а также вариативность технологических режимов производства соответствующих строительных материалов и изделий ввиду их новизны и инновационности. Таким образом, строительные материалы и изделия одного и того же названия по номенклатуре у различных изготовителей могут иметь в итоге разный уровень качества.

Выявленную проблему необходимо решать путём введения установленных требований к строительным материалам и изделиям в форме обязательного подтверждения соответствия (обязательной сертификации или декларирования). Но для этого первоначально необходимо разработать и принять на законодательной основе соответствующий технический регламент, который в отличие от наших партнёров (Беларуси, Казахстана) по Евразийскому экономическому союзу ещё находится в стадии разработки [159].

Другая проблема связана с адаптацией положений международных и национальных стандартов по менеджменту качества в соответствующие стандарты организаций текстильного и строительного профиля.

В этом направлении заслуживает внимания положительный опыт строительной отрасли, где первые методические указания в виде рекомендаций в области систем качества в строительномонтажных организациях (МДС 12-1.98) были разработаны в 1998 году Российским центром по международным системам качества. Данные рекомендации содержат положения, относящиеся к общему руководству и управлению качеством, обеспечению и улучшению качества возводимых строительных объектов, выполнению строительномонтажных работ и оказанию при этом услуг в строительномонтажной организации.

В дальнейшем проработку международных и национальных стандартов применительно к отраслевой строительной специфике начало осуществлять национальное объединение строителей (НОСТРОЙ) в категории стандарта организа-

ции. Например, в документе СТО НОСТРОЙ 2.35.2-2011 по руководству применения стандарта ГОСТ Р ИСО 9001 устанавливаются требования к системам менеджмента качества в тех случаях, когда организации нуждаются в демонстрации своей способности поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и соответствующим обязательным требованиям, а также ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения системы менеджмента качества, включая процессы постоянного ее улучшения и обеспечение соответствия требованиям потребителей и соответствующим обязательным требованиям. В другом документе СТО НОСТРОЙ 2.35.122-2013 по системам контроля качества устанавливаются требования к системам контроля качества строительной организации в тех случаях, когда организации нуждается в демонстрации своей способности выполнять работу, отвечающую требованиям к качеству потребителей и обязательным требованиям, устанавливаемым государством, а также нуждается в подтверждении выполнения требования о наличии контроля качества в организации.

В отличие от строительной, текстильная отрасль пока не располагает соответствующими методическими разработками по адаптации международных и национальных стандартов в области менеджмента качества применительно к специфике производства не только технического, но и бытового текстиля. Инициативу в проведении данной работы могло бы взять на себя «Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ)», который был основан именно для цели повышения конкурентоспособности отечественной продукции текстильной и легкой промышленности на мировом рынке. Следует отметить, что в «СОЮЗЛЕГПРОМ» входит, и Ассоциация производителей технического текстиля. Научно-методическую работу по разработке соответствующих стандартов отраслевой направленности в области менеджмента качества могли бы взять на себя технические вузы, имеющие практический опыт в студенческой проектной деятельности в области создания и повышения качества изделий текстильной и лёгкой промышленности.

Другой проблемой при проведении выходного контроля качества технического текстиля является отставание инструментальной базы, применяемой в стандартных методах измерений отдельных показателей качества, от современного уровня её развития.

В качестве примера воспользуемся анализом действующих национальных стандартов на методы контроля геосинтетических материалов на ударную прочность (ГОСТ Р ИСО 13433-2014) и усилие при динамическом продавливании (ГОСТ Р 56337-2015). Важность названных показателей качества как это было показано в разд. 5.7, обусловлена тем, что по полученным значениям определяют класс геотекстильных материалов, необходимый для установления его определяющей функции в дорожном полотне (см. табл. 5.8).

Однако действующий нормативный документ ГОСТ Р 56337-2015 на метод определения динамического продавливания не решает проблему определения соответствующего усилия, т.к. использует устройство с падающим конусом, которое также предусмотрено для применения в национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 13433-2014 для определения перфорации (размеров отверстия) при ударной нагрузке, что связано с отсутствием отечественных измерительных средств на динамическое продавливание.

Для решения данной проблемы предложено новое техническое средство [146], позволяющее с точки зрения получаемых метрологических характеристик более достоверно проводить испытания на динамическое продавливание геосинтетических полотен (нетканых, тканых, трикотажных), так как в отличие от стандартного метода по ГОСТ Р 56337-2015, измеряется не диаметр пробиваемого в пробе отверстия, а именно усилие в соответствующих единицах измерения при динамическом продавливании испытываемого материала выбранным чувствительным элементом. Но для практической реализации на текстильных предприятиях нового метода измерения геотекстильных полотен на динамическое продавливание необходимо разработать соответствующий нормативный документ в категории национального стандарта. Такой нормативный документ в виде «Проекта предварительного национального стандарта на динамическое продавливание тка-

ных геотекстильных материалов» разработан и находится на кафедре МТСМ ИВГПУ.

Номенклатура показателей качества различных видов текстильных материалов (в том числе и геотекстильных) достаточно широкая, что требует для их контроля качества соответствующих технических средств (приборов), которые должны постоянно совершенствоваться и производится специализированными предприятиями. В Российской Федерации таких предприятий единицы, которые не имеют возможности обеспечить все текстильные предприятия соответствующей измерительной техникой. Предприятия вынуждены закупать испытательное оборудование за рубежом (например, в Китае), что не соответствует политике импортозамещения.

Решение производственной и технологической проблемы количественной оценки качества различных геотекстильных материалов могут эффективно решить компьютерные методы измерений с использованием современных информационных технологий, что соответствует принятому направлению в развитии цифровой экономики страны.

Оценка уровня качества геотекстильной продукции необходима при решении многих задач. В частности, при планировании повышения качества и объёмов производства продукции, при выпуске нового ассортимента изделий, при выходном контроле качества и дальнейшей сертификации продукции. В целом оценка уровня качества представляет совокупность операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества оцениваемой продукции, определение значений этих показателей, сравнение их с базовыми значениями или с установленными требованиями и определение степени их соответствия. При этом оценка уровня качества продукции может производиться на различных стадиях её жизненного цикла.

На кафедре МТСМ ИВГПУ накоплен определённый опыт по разработке и использованию в учебном и производственных процессах компьютерных методов измерения показателей качества различных видов текстильных материалов (волокон, нитей, полотен), имеющих патенты на изобретения и свидетельства на про-

граммы для ЭВМ. Но актуальной на сегодняшний день является проблема не только разработки новых, а именно стандартизации [160] уже имеющихся компьютерных методов измерений показателей качества текстильных материалов. Покажем более подробно выявленную проблему при оценке отдельных показателей качества тканых и нетканых полотен.

При оценке качества тканых полотен был разработан метод определения показателей заполнения и пористости по компьютерному изображению [161].

Для практической реализации процесса сканирования существуют специальные компьютерные программы, поставляемые вместе с оборудованием, которые позволяют управлять данным процессом. Для анализа изображения пробы ткани вполне достаточно информации, полученной в палитре серого цвета. При этом уровни яркости в изображении распределены между темными и светлыми участками в виде двумерного массива данных, где каждый элемент изображения имеет числовое значение яркости от 0 (соответствует черному цвету) до 255 (соответствует белому цвету). Все остальные промежуточные значения в зависимости от близости к минимальному или максимальному значению включают оттенки серого цвета. При выборе оптимального значения разрешающей способности учитывали, что от данного показателя зависит насколько подробным и точным будет полученное изображение ткани. Однако с увеличением разрешающей способности качество цифрового изображения улучшается линейно, а объем получаемой информации при этом увеличивается пропорционально квадрату разрешающей способности. В конечном итоге было установлено, что разрешающая способность 1200 пикс/дюйм является достаточной для качественной оценки показателей структурных свойств тканей.

Дополнительной проблемой при измерении показателей структурных свойств тканых полотен является выбор единого аппарата математического (программного) обеспечения. В настоящее время имеется множество программных оболочек, позволяющих работать с различными языками программирования. Для решения поставленной задачи наиболее оптимальным является базовый пакет

программ MatLab, который позволяет оперативно решать задачи получения и обработки изображения.

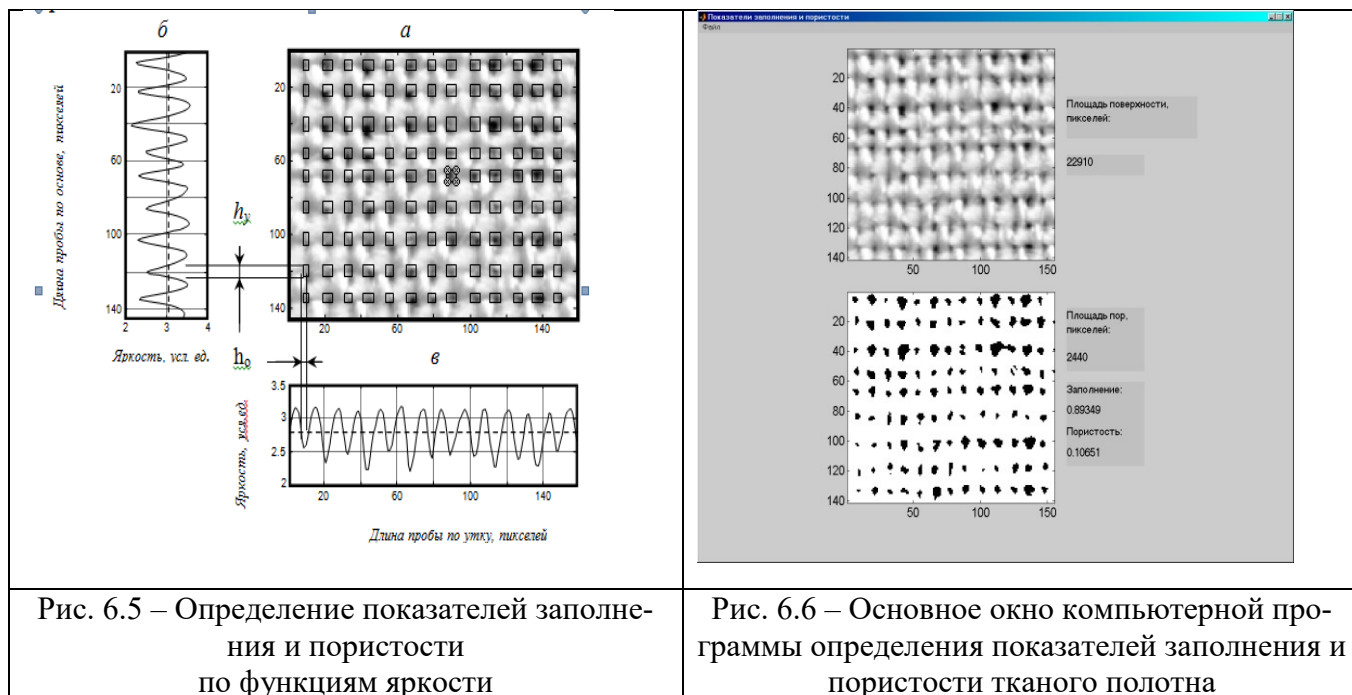
Общую схему последовательности всех измерительных операций для компьютерного метода можно представить следующим образом: формирование пробы; получение изображения; формирование алгоритма обработки (выявление особенностей объекта исследования по полученному изображению, обработка изображения пробы, определение показателей исследуемого структурного свойства, обработка результатов измерений); формирование протоколов испытаний.

Обработка изображения и определение структурных показателей изображения тканого полотна состоит в следующем. Первоначально с помощью специальной программы осуществляют просмотр всех строк и столбцов изображения (рис. 6.5).

Исходное изображение представляет собой матрицу точек, каждая из которых обладает определенной яркостью от 0 до 255. Формат матрицы $A = (a_{ij})$ размером $n \times m$ (где i – номер строки, j – номер столбца, n – количество строк, m – количество столбцов). Строки матрицы соответствуют направлению нитей утка, а столбцы – направлению нитей основы в ткани. Обработку матрицы осуществляют в следующем порядке. Сначала формируют функции яркости по утку и по основе путем суммирования значений яркости точек исходного изображения по строкам и по столбцам. Анализ значений амплитуд колебаний яркости показывает, что максимумы функции соответствуют нитям (основы или утка) или их переплетению, а минимумы отражают отсутствие нитей, т.е. сквозные поры (их геометрический центр). Поэтому можно предположить, что период функции равен суммарному значению линейных размеров нитей и пор. Найдя величину периода и его составляющих, определяют размеры пор и нитей в ткани. Для этого устанавливают местоположение средней линии на профилях яркости, вычисляя средние значения функций.

Далее осуществляли определение месторасположения пор на изображении пробы путем нанесения сетки из прямоугольников, соответствующих порам на ткани (рис. 6.5). Высоту h_o и ширину h_y прямоугольников определяли по значени-

ям усредненных функций яркости, лежащих ниже средних значений. Затем рассчитывали сумму площадей нанесенных прямоугольников, что соответствует площади сквозных пор (S_{nop}), и площадь всей пробы (S_{np}). В конечном итоге формировали протокол испытаний измерения показателей заполнения и пористости (рис. 6.6).



В направлении создания инновационных методов измерений показателей качества с использованием информационных технологий нами был разработан метод [162] определения плотности прошивки (числа петель на единицу площади) для нетканых объёмных полотен. Объектом исследования было выбрано объёмное (махровое) нетканое полотно «Лирополь» артикула С88, производимое Юрьев-Польской ткацко-отделочной фабрикой «Авангард» (Владимирская область).

Компьютерный метод основан на понятии автокорреляционной функции входного сигнала яркости изображения [163]. На заданном изображении (рис. 6.8) выделяется небольшой участок (например, в виде квадрата) и смещается в двух направлениях (горизонтальном и вертикальном).

Смещаемый участок изображения и само изображение рассматриваются как две случайные функции распределения коэффициента яркости изображения соответственно по горизонтали и вертикали. В плоскости изображения вводим систему прямоугольных декартовых координат Oxy . В этом случае распределение ко-

эффициента яркости изображения по горизонтали и по вертикали будет функция-ми этих координат: $f_1 = f(x)$, $\varphi_1 = \varphi(y)$. При смещении участка изображения на один пиксель это распределение описывается теми же функциями $f_2 = f(x')$, $\varphi_2 = \varphi(y')$, отнесенными к смещенной системе координат:

$$f_2(x') = f_1(x + \Delta x), \varphi_2(y') = \varphi_1(y + \Delta y),$$

где Δx , Δy – смещение по горизонтали и вертикали соответственно.

Функции $f_i = f(x)$, $\varphi_i = \varphi(y)$ являются дискретными, так как их значения вычисляются по пикселям. Таким образом, в результате смещения участка изображения относительно самого изображения, получаем два набора значений функций входного сигнала яркости изображения:

$$F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)], \Phi(y) = [\varphi_1(y), \varphi_2(y), \dots, \varphi_m(y)], \quad (6.3)$$

где n – число пикселей по горизонтали в выделенном участке изображения;

m – число пикселей по вертикали в выделенном участке изображения.

Для каждого из наборов значений функции определяется автокорреляционная функция по формуле:

$$R(z_k, z_{k+\tau}) = \frac{E[(z_k - \mu_k)(z_{k+\tau} - \mu_{k+\tau})]}{\sigma_k \sigma_{k+\tau}}, \quad (6.4)$$

где z_k – значение сигнала яркости изображения в пикселе k ;

$z_{k+\tau}$ – значение сигнала яркости изображения в пикселе $k + \tau$;

$E(z)$ – математическое ожидание;

μ – среднее значение;

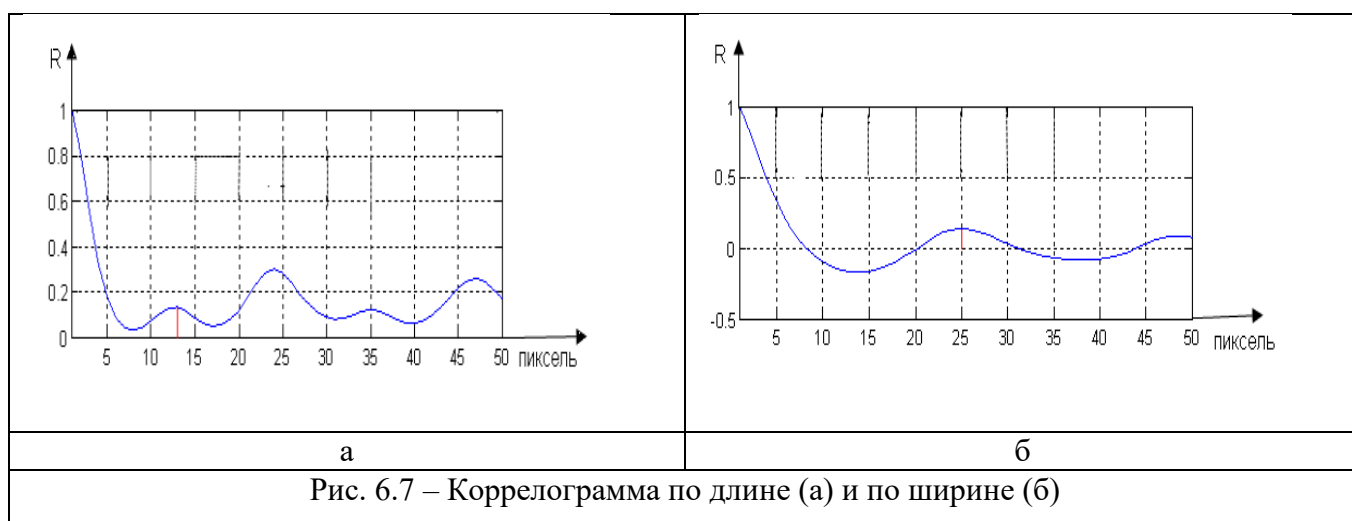
σ – среднее квадратическое отклонение.

Понятие вышеприведенной автокорреляционной функции входного сигнала яркости изображения (6.4) легло в основу метода компьютерного определения плотности прошивки многослойных текстильных полотен, который включает в себя следующие основные операции.

Формируют пробу многослойного текстильного полотна размером, равным размеру рабочей поверхности оптического сканера, и устанавливают ее на рабочей поверхности сканера таким образом, чтобы процесс сканирования происходил

по длине пробы (вертикальное направление) и перпендикулярно ширине пробы (горизонтальное направление). Сканирование пробы производили в отраженном свете с разрешающей способностью 300 пикселей на дюйм (1 дюйм $\approx 2,541$ см) с использованием сканера марки Epson Perfection 1670. При более высокой разрешающей способности процесс распознавания и обработки изображения значительно увеличивается во времени.

На полученном изображении выделили область в виде квадрата, сторона которого соизмерима с шириной петельного ряда и шириной петельного столбика. Задали на изображении начальную точку и выделенную область перемещали последовательно в вертикальном (по длине) и горизонтальном (по ширине) направлениях (рис. 6.8). При этом формируются два набора значений функции входного сигнала яркости изображения (6.3). Для каждого из наборов вычисляется автокорреляционная функция по формуле (6.4) и строится её график – коррелограмма (рис. 6.7).



Определяли первый локальный максимум автокорреляционной функции, который равен числу пикселей λ , соответствующих по яркости числу петельных рядов (вертикальное направление) или числу петельных столбиков (горизонтальное направление) на 1 см соответственно. Число петель на 1 см определяется по формуле:

$$П = 300 / (\lambda \cdot 2,541). \quad (6.5)$$

Таким образом, вычислив число петель по длине (вертикали) P_D и ширине (горизонтали) P_{III} многослойного текстильного полотна, определяется плотность прошивки на 25 см^2 P_S в соответствии с [164] по формуле:

$$P_S = 25P_D P_{III}. \quad (6.6)$$

Метод компьютерного определения плотности прошивки (числа петель на единицу площади) сравнили с применяемым в настоящее время ручным методом подсчета числа петель на единицу площади в соответствии с ГОСТ 15902.2-2003 [164] по критерию производительности определения данного показателя. В качестве единицы площади была выбрана площадь 25 см^2 и проведено пять испытаний с целью определения продолжительности подсчета числа петель по предлагаемому способу t и по существующему t_0 . Результаты испытаний приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6 – Результаты испытаний на быстрдействие процесса измерения

Номер образца	Предлагаемым способом t , с	Базовым способом t_0 , с	Абсолютное отклонение
1	3	100	97
2	3	105	102
3	3	96	93
4	3	102	99
5	3	108	105

Полученные результаты показывают, что скорость подсчета петель по предлагаемому способу увеличивается приблизительно в 30 раз, по сравнению с ручным методом.

Метод компьютерного определения плотности прошивки многослойных полотен был реализован в среде MatLab, окно программы которой показано на рис. 6.9.

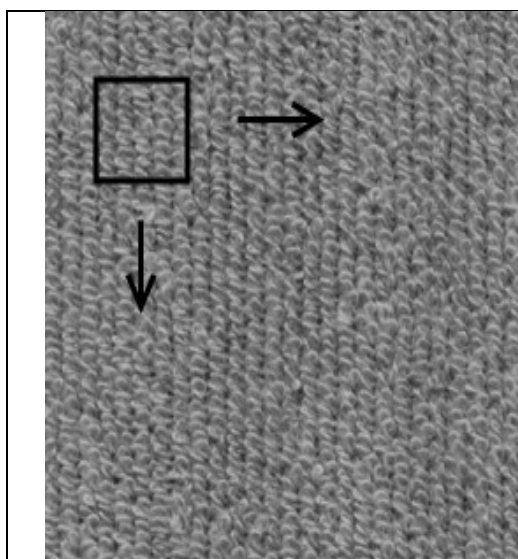


Рис. 6.8 – Сканированное изображение нетканого полотна

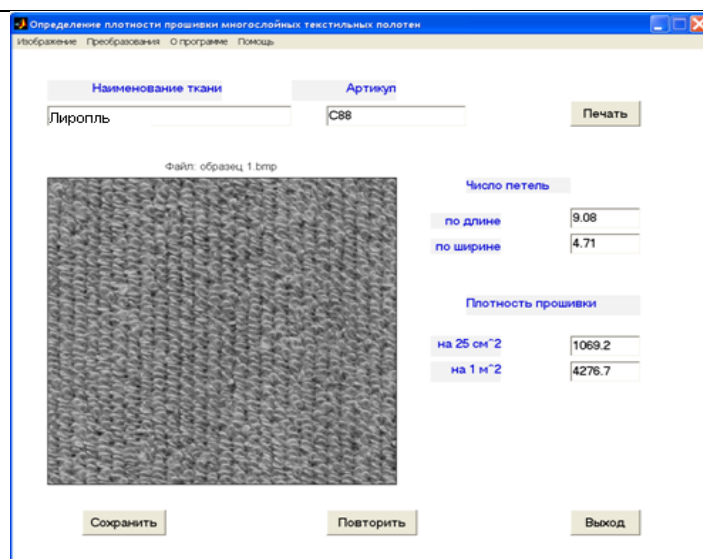


Рис. 6.9 – Информационное окно

Таким образом, для практического внедрения компьютерных методов оценки показателей качества в отделах технического контроля текстильных предприятий и испытательных центрах необходимо решить ряд задач по их отраслевой (производственной) стандартизации. Основные из них, на наш взгляд, следующие:

- расширение номенклатуры показателей качества показателей по отдельным видам геотекстильных материалов относительно стандартов СПКП групп однородной продукции, что предложено в разд. 6.2;
- формирование единой методологии при комплексной оценке качества геотекстильных материалов;
- формулирование общего принципа описания операций компьютерного метода измерения (формирование алгоритма измерений, установка корректности применения периферийных средств: сканеров, фотоаппаратов, принтеров и т.д.);
- необходимость обязательной защиты в рамках патентного права на изобретение и авторского права на программу для ЭВМ или базы данных;
- указать соответствующий язык программирования и необходимость представления листинга программы в приложении к стандарту или показать ссылку на сайт, с которого можно скачать данную программу;

– определить необходимость аттестации методики измерения на используемый метод компьютерного измерения и процедурные мероприятия в соответствующем аккредитованном аттестационном органе, если будут применены косвенные методы измерений контролируемого показателя качества как физической величины.

Рассмотрим на примере формирования стандарта организации [165] возможную методику его построения с учётом применения компьютерного метода измерения соответствующего показателя качества текстильного материала.

Разделы «Нормативные ссылки», «Термины и определения» оформляются с учётом требований [166]. Описание операций компьютерного метода измерения целесообразно начинать с построения блок-схемы алгоритма измерения в соответствии с [167], выбора необходимых периферийных средств измерений, указание способа формирования и обработки изображения пробы и приведение ссылки на доступ к использованию компьютерной программы.

Поэтому отдельной проблемой является получение соответствующей ссылки на использование компьютерной программы, которая должна храниться на сайте разработчика или в облаке соответствующего поисковика с учётом дальнейшего воспроизведения конкретным пользователем. Представить операции калибровки (поверки) точности, достоверности и сходимости компьютерного метода измерений. В приложение привести наиболее рациональные формы протоколов испытаний.

Таким образом, в работе выявлены и рассмотрены проблемы стандартизации методов измерения показателей качества текстильных материалов, разработанных с использованием современных информационных технологий.

6.4. Использование геотекстильных полотен в композитных материалах

Рассмотрим применение листового волокнистого теплоизоляционного материала как композитного изделия с возможным использованием геотекстильных полотен, предназначенного для теплоизоляции сложных элементов переходных форм трубопроводов горячего и холодного водоснабжения, а также теплообменного оборудования.

В соответствии с требованиями СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» для изоляции сложных элементов трубопроводов (угловых и торцовых переходов, арматуры, сальниковых компенсаторов и фланцевых соединений) следует применять преимущественно съемные теплоизоляционные конструкции. В качестве теплоизоляционного слоя в этих конструкциях наибольшее применение в практике находят теплоизоляционные изделия (маты) на основе минерального и стеклянного волокна, выпускаемые различными промышленными предприятиями по ГОСТ 21880-2011, ГОСТ 31309-2005, ГОСТ 32313-2020.

Отмечаем, что в соответствии с техническими условиями ГОСТ 21880-2011 [176] под матом понимают «гибкое волокнистое теплоизоляционное изделие, поставляемое свёрнутым в виде рулона или в развёрнутом виде, которое может быть облицовано». Из текстильных материалов для облицовки матов используют тканые полотна из базальтовых, кремнезёмных и стеклянных волокон (нитей), а также тканые сетки из стекловолокна и базальтового волокна. Вид тканой облицовки зависит от предельной температуры применения матов. В зависимости от значения объёмной плотности маты подразделяются на марки (35; 50; 75; 100; 125).

Предлагаемое техническое решение (заявка в ФИПС от 24.04.23) изготовлено в форме мата, включающего защитную тканую или нетканую оболочку, и волокнистый теплоизоляционный слой, прошитый через постоянный шаг сплошными швами в продольных и поперечных направлениях, где прошивка материала с одновременным наложением ленты-липучки (петли или крючки) осуществляется

по всей поверхности мата в обоих направлениях, так и по диагоналям сформированных швами прямоугольников или квадратов (см. рис. 6.10).

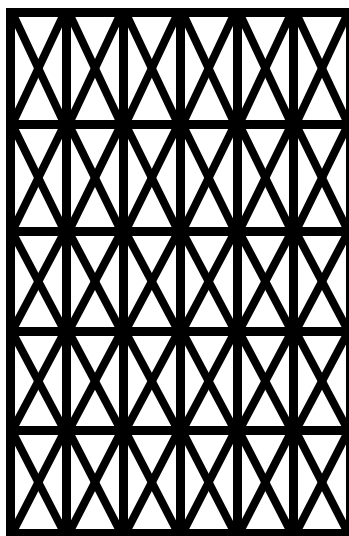
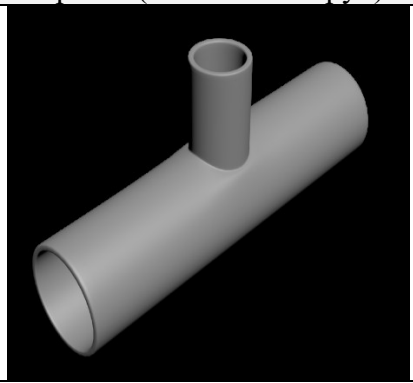
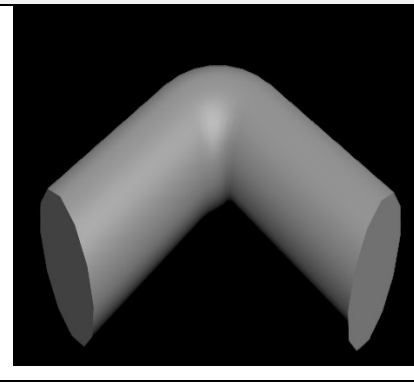
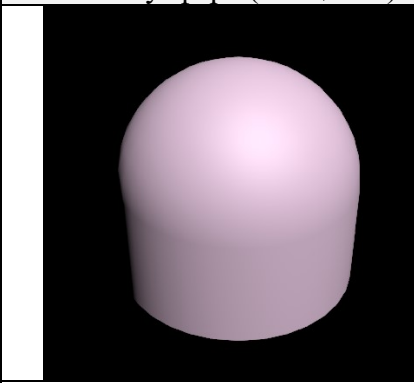


Рис. 6.10 – Схема прошивки волокнистого теплоизоляционного материала с применением ленты-липучки

Преимуществами предлагаемого технического решения являются возможность качественной изоляции систем сложной конфигурации за счёт указанной линии подгонки к местам усложненной конфигурации (угловых и торцовых переходов, арматуры, сальниковых компенсаторов и фланцевых соединений), простота монтажа, высокая ремонтпригодность за счёт возможности быстрого доступа к поврежденному участку трубы, а также возможность многоразового использования на различные типоразмеры труб.

Узел трубопровода		
Врезка (сочленение труб)	Колено	Полусфера (концевик)
 <p>а</p>	 <p>б</p>	 <p>в</p>
Рис. 6.11 – Примеры переходных узлов (элементов) трубопроводов холодного и горячего водоснабжения		

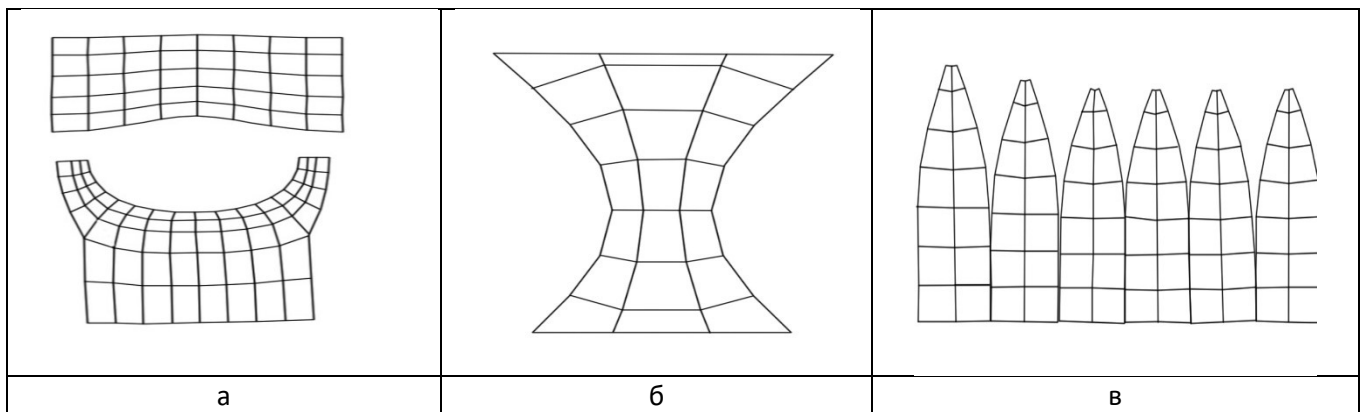


Рис. 6.12 – Развёртки линий пересечения поверхностей сложных элементов трубопроводов

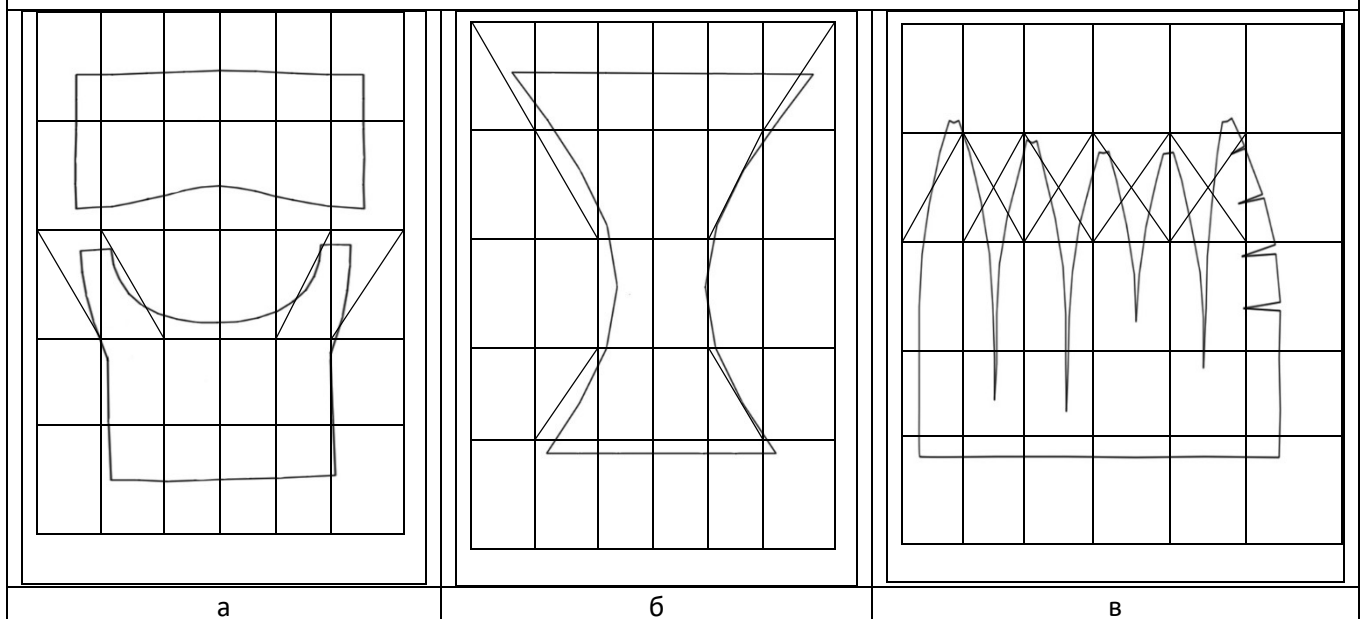


Рис. 6.13 - Схема раскроя волокнистого теплоизоляционного материала в соответствии с развёртками линий пересечения

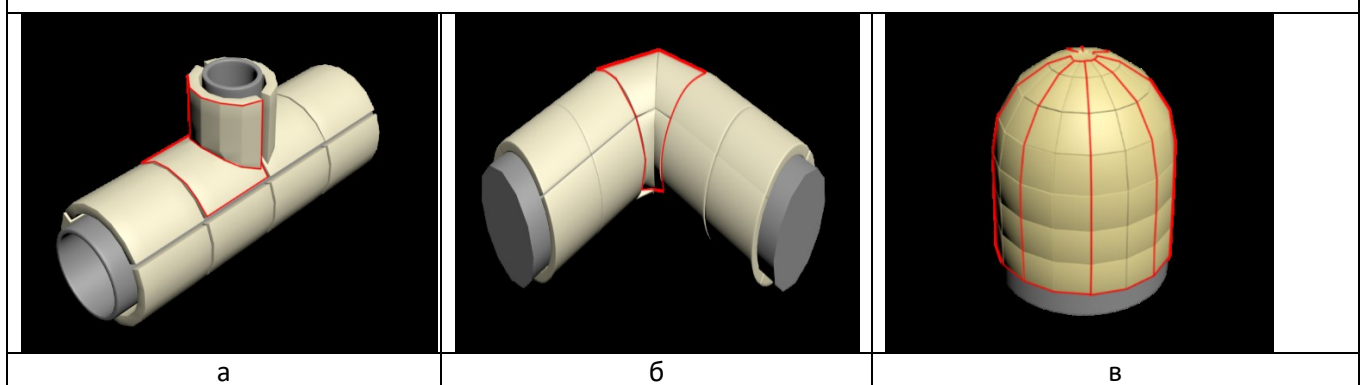


Рис. 6.14 – Схема монтажа на сложных (переходных) элементах трубопровода волокнистого теплоизоляционного материала с применением ленты-липучки

В предлагаемом техническом решении волокнистый теплоизоляционный материал в форме мата прошит через постоянный шаг сплошными швами как в продольном, так и поперечном направлениях, а также по диагоналям сформиро-

ванных швами прямоугольников (квадратов), при этом прошивка мата осуществляется с одновременным наложением ленты-липучки (петли или крючки) и осуществляется по всей поверхности мата в обоих направлениях, и по диагоналям сформированных швами прямоугольников или квадратов.

Для переходных узлов (элементов) трубопроводов (например, углового, радиального, торцового соединения), приведённых на рис. 6.11, в соответствии с развёртками линий пересечения поверхностей вращения данных элементов трубопровода, приведёнными на рис. 6.12, предварительно осуществляют раскрой матов по сторонам прямоугольников (квадратов) и их диагоналям с максимальным приближением к линии развёртки (рис. 6.13). В дальнейшем раскроенные и подготовленные маты монтируют на соответствующем узле трубопровода, а стык по линии пересечения фиксируют лентой-липучкой «крючки», если теплоизоляционный мат прошит нитками вместе с лентой-липучкой «петли», или фиксируют лентой-липучкой «петли», если теплоизоляционный мат прошит нитками вместе с лентой-липучкой «крючки» (см. рис. 6.14).

В отдельных случаях для облицовки волокнистых матов могут быть использованы тканые и нетканые геотекстильные материалы, а также мембранные полотна. Данное решение внедрено на ООО «Технострой» (Приложение 6).

6.5. Выделение и обсуждение новых результатов по главе

1. Проанализированы функциональные возможности существующих систем классификации и кодирования текстильных изделий, в результате чего предложен и реализован способ матричного кодирования на ассортименте ГТМ. На примере геотекстильной продукции показана возможность совмещения матричного кодирования с информацией о её производителе и качестве в рамках двухмерного штрих-кода.

2. Предложен расширенный и систематизированный по соответствующим группам перечень показателей качества геотекстильных материалов, необходимый для разработки соответствующих технических условий при формировании как национальных стандартов, так и стандартов организаций. Проведённые исследования по существующей номенклатуре показателей качества ГТМ показали, что в имеющейся нормативной документации отсутствует комплексность и системность при формировании номенклатуры показателей качества. В стандартах не всегда приводятся необходимый и достаточный перечень показателей для объективной оценки качества геотекстильной продукции. Имеет место также смешивание понятий контролируемых свойств и их количественных показателей, т.е. единичных показателей качества

3. Показано, что в отличие от строительной, текстильная отрасль пока не располагает соответствующими методическими разработками по адаптации международных и национальных стандартов в области менеджмента качества применительно к специфике производства не только технического, но и бытового текстиля. Инициативу в проведении данной работы могло бы взять на себя «Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности (СОЮЗЛЕГПРОМ)», который был основан именно для цели повышения конкурентоспособности отечественной продукции текстильной и легкой промышленности на мировом рынке.

4. Показано, что для практического внедрения цифровых методов оценки показателей качества в отделах технического контроля текстильных предприятий и испытательных центрах необходимо решить ряд задач по их национальной и производственной стандартизации. Основные из них являются следующие:

- расширение номенклатуры показателей качества по отдельным видам геотекстильных материалов относительно стандартов СПКП групп однородной продукции, что предложено в разд. 6.2;
- формирование единой методики при комплексной оценке качества геотекстильных материалов;

- формулирование общего принципа описания операций компьютерных методов измерения (формирование алгоритма измерений, установка корректности применения периферийных средств: сканеров, фотоаппаратов, принтеров и т.д.);

- необходимость проведения работ по защите новых технических решений в рамках патентного права на изобретение или полезную модель, а также авторского права на программу для ЭВМ или базы данных;

- указать соответствующий язык программирования и необходимость представления листинга программы в приложении к стандарту или показать ссылку на сайт, с которого можно скачать данную программу;

- определить необходимость аттестации методики измерения на используемый метод компьютерного измерения и процедурные мероприятия в соответствующем аккредитованном аттестационном органе, если будут применены косвенные методы измерений контролируемого показателя качества как физической величины.

8. Предложено новое техническое решение, связанное с применением листового волокнистого теплоизоляционного материала (как композитного текстильного изделия) с использованием геотекстильных полотен, предназначенного для теплоизоляции трубопроводов со сложной конфигурацией (например, углового, радиального, торцового соединения как наиболее часто встречающихся в системах холодного и горячего водоснабжения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленной целью в направлении повышения качества ГТМ за счёт развития методологических основ (комплекса научно обоснованных методик, алгоритмов, методов мониторинга технологических процессов, количественной оценки качества и конкурентоспособности с использованием информационных технологий, результативности СМК, унификации системы классификации и кодирования) управления качеством на этапах производства конкурентоспособных ГТМ, применяемых в различных областях строительства, последовательно были решены задачи, связанные: с развитием методологии проектирования требуемого уровня качества ГТМ на основе выполняемых ими функций в строительном изделии; совершенствовании методологии комплексной оценки качества ГТМ; практическим использованием комплексной оценки качества геотекстильной продукции при определении эффективности и конкурентоспособности промышленного производства; развитием методов мониторинга параметров технологических процессов производства ГТМ и совершенствованием методов количественной оценки показателей качества ГТМ; решением проблем классификации и кодирования, стандартизации и сертификации качества геотекстильных материалов, формирование обобщённой базы показателей качества, использованию геотекстильных полотен в композитных материалах. С учётом теоретического и практического решения, и реализации поставленных в работе задач, выделены основные результаты диссертационного исследования.

1. Разработан новый обобщённый алгоритм проектирования требуемого уровня качества ГТМ, отличающийся тем, что за основу берутся функции ГТМ в строительных изделиях. Основными операциями проектирования качества являются: установление выполняемых функций ГТМ в строительном изделии; определение видов технологического воздействия на ГТМ со стороны строительного изделия; выделение определяющих свойств ГТМ; определение количественных показателей определяющих свойств ГТМ; придание количественным показателям

статуса ЕПК; формирование нормативных значений ЕПК; расчёт комплексного показателя качества.

2. С использованием экспертного метода анализа иерархий установлена взаимосвязь между выполняемыми функциями геотекстильного нетканого полотна и технологическими воздействиями на них и предложены варианты формирования базы данных по видам технологического воздействия на ГТМ. В результате установлена рациональная номенклатуры показателей качества нетканого ГТМ с учётом его эксплуатационной принадлежности при строительстве автомобильных дорог.

3. Предложен ряд методик установления нормативных значений: на основе статистического анализа выборочной совокупности и построения доверительного интервала с целью использования при определении нормативных значений новой продукции; на основе методов экстраполяции и интерполяции с целью расширения ассортиментной линейки ГТМ; на основе корреляционно-регрессионного анализа с целью определения нормативных значений по показателям качества производимых однотипную продукцию промышленными предприятиями.

4. Для информатизации процесса проектирования качества геотекстильных материалов создана компьютерная программа, листинг которой прошел регистрацию в ФИПС (свидетельство № 2023612360 от 01.02.23).

5. Предложен новый подход и сформирован алгоритм комплексной оценки качества геотекстильных материалов на основе приоритетности групп их показателей качества.

6. Предложена методика аналитического расчёта значимости единичных показателей качества ГТМ на основе множественного регрессионного анализа, которая исключает субъективность экспертного метода.

7. Разработана методика экспертного ранжирования единичных показателей качества с использованием аппарата нечетких множеств. Преимущество использования теории нечетких множеств в том, что она предоставляет средства для работы с неопределенностью даже в тех случаях, когда имеющейся информации не-

достаточно, чтобы сделать статистические выводы с необходимым уровнем достоверности.

8. В качестве практического применения комплексного показателя качества разработаны следующие методики:

- методика установления конкурентной цены геосинтетического тканого полотна с учетом конкурентного потенциала предприятия-изготовителя и качества производимой им продукции, которая позволяет обеспечить дополнительный уровень конкурентоспособности геосинтетической продукции на выбранном сегменте рынка;

- методика оценки конкурентного преимущества предприятия по производству ГТМ, которая позволяет достоверно оценить его конкурентоспособность с учетом влияния следующих групп показателей: организация производства, кадровое обеспечение, сбытовая политика и финансовая политика;

- методика формирования и количественной оценки показателя конкурентоспособности ассортимента текстильного предприятия по производству геотекстильных материалов, основанная на введении нового понятия «конкурентоспособный ассортимент»;

- методика количественной оценки для формирования оптимального ассортимента промышленного предприятия по производству ГТМ, учитывающая качество производимой продукции и соответствующие затраты на обеспечение требуемого уровня;

- общая методология количественной оценки результативности основных направлений (маркетинг, производство, контроль качества продукции, управление персоналом и менеджмент управления) в деятельности промышленного предприятия по производству геотекстильных полотен, которые определены документами различного уровня СМК данного предприятия;

- определена структура затрат на обеспечение качества геотекстильной продукции, позволяющая выявить необходимые направления по уменьшению данных затрат на все операции по обеспечению требуемого уровня качества данной продукции.

9. Так как решение проблемы развития системы и оценки качества ГТМ невозможно без решения задачи разработки новых методов и средств мониторинга параметров технологических процессов, то с этой целью определены критерии мониторинга параметров технологических процессов на этапе производства различных видов ГТМ, а также при выходном контроле их качества.

10. В соответствии с рекомендациями международных и национальных стандартов по системам менеджмента качества предложена методика определения результативности процесса производства нетканых геотекстильных полотен, которая позволяет выявить несоответствия по значениям технологических параметров данных процессов.

11. Выявлен и количественно оценён технологический параметр (перерасход нитей утка) для осуществления мониторинга процесса ткачества при производстве геосеток, позволяющий своевременно выявлять и нормализовать техническое состояние ткацкого станка. На компьютерный способ определения данного вида дефекта получен патент № 2633956 на изобретение.

12. Разработана методика цифрового исследования структурной неравномерности ватки прочеса в процессе формирования нетканого геополотна, позволяющая оценивать характеристики неравномерности по толщине продукции в секторальном и радиальном направлениях.

13. С учетом проведённых экспериментальных исследований предложено ввести новый информативный количественный показатель загрязнённости ГТМ, а именно соотношение яркостей загрязнения на наружной и внутренней сторонах материала. Данный показатель необходим для диагностики уровня загрязнённости в примененном для дренирования нетканом ГТМ для установления предельного срока его эксплуатации и своевременной замены на новый.

14. Предложено новое техническое решение для автоматизации процесса измерения на ударную прочность различных видов ГТМ, целенаправленно используемых для дорожного строительства, которое относительно метода по стандарту ГОСТ Р ИСО 13433-2014 позволяет повысить быстродействие процесса измерения в 2,5 раза. На данный метод получен патент № 2623839 на изобретение.

15. В отличие от технического средства, используемого в стандарте ГОСТ Р 56337-2015, предложено и реализованное новое техническое решение для определения усилия ГТМ при их динамическом продавливании, что позволяет расширить функциональные возможности самого процесса испытания тканых и трикотажных геополотен, а также проводить количественное оценивание дополнительных параметрических и функциональных характеристик.

16. Проанализированы функциональные возможности существующих систем классификации и кодирования текстильных изделий, в результате чего предложен и реализован способ матричного кодирования на ассортименте ГТМ. Предложен расширенный и систематизированный по соответствующим группам перечень показателей качества геотекстильных материалов, необходимый для разработки соответствующих технических условий при формировании как национальных стандартов, так и стандартов организаций. Показано, что в отличие от строительной, текстильная отрасль пока не располагает соответствующими методическими разработками по адаптации международных и национальных стандартов в области менеджмента качества применительно к специфике производства не только технического, но и бытового текстиля.

17. Показано, что для практического внедрения цифровых методов оценки показателей качества в отделах технического контроля текстильных предприятий и испытательных центрах необходимо решить ряд задач по их национальной и производственной стандартизации.

18. Предложено новое техническое решение, связанное с применением листового волокнистого теплоизоляционного материала (как композитного текстильного изделия) с использованием геотекстильных полотен, предназначенного для теплоизоляции трубопроводов со сложной конфигурацией (например, углового, радиального, торцового соединения как наиболее часто встречающихся в системах холодного и горячего водоснабжения).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения.
2. ИСО 9000-2015 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
3. Гусев Б.Н. Совершенствование методологии выявления показателей качества текстильных материалов и изделий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2005. – №5. – С. 104-108.
4. Гусев Б.Н. Обеспечение качества технического текстиля для производства строительных изделий на различных этапах жизненного цикла / Б.Н. Гусев, А.Ю. Матрохин, Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – №2. – С.82-87.
5. ГОСТ Р 56020. Бережливое производство. Основные положения и словарь.
6. ГОСТ Р 56407. Бережливое производство. Основные методы и инструменты.
7. Есиркепова А.М. Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления / А.М. Есиркепова, А.Б. Абельданова, А.С. Тулеметова и др. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – №1. – С.104-112.
8. Столяров О.Н. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве / О.Н. Столяров, А.С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №4. – С. 21-25.
9. Клюев С.В. Фибробетон для 3-D аддитивных технологий / С.В. Клюев, А.В. Клюев, Е.С. Шорстова // Строительные материалы и изделия. – 2019. – №4. – С.14-20.
10. Боцман А. С. Применение тканых геосинтетических материалов в России / Боцман А. С., Бальзанникова М.И., Галицкова К.С. и др // В сб.: Пути улучшения качества автомобильных дорог. – Самара: Изд-во Самарского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – С. 19-22.

11. Мухамеджанов Г.К. Развитие производства и потребления геосинтетических материалов в Евразийском экономическом союзе // Дороги. Инновации в строительстве. – 2015. – №2. – С. 54-57.
12. Росавтодор: спрос на геосинтетику вырос на треть // Дороги. Инновации в строительстве. – 2017. – №2. – С. 16-17.
13. ГОСТ Р 55028-2012. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения.
14. Гойс Т.О. Совершенствование классификации геосинтетических материалов / Т.О. Гойс, А.Ю. Матрохин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2014. – №6. – С. 37-41.
15. Гойс Т.О. Проблемы оценки качества и стандартизации геосинтетических материалов в дорожном строительстве / Гойс Т.О., Федосов С.В., Поспелов П.И., Грузинцева Н.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – №1. – С. 101-106.
16. Лонкевич И.И. Современное состояние нормативной документации по геосинтетическим материалам // Дороги. Инновации в строительстве. – 2016. – №2. – С. 12-14.
17. Juran, J.M. Strategic Quality Management. – Juran's Quality Control Handbook, chapter 6 / J.M. Juran. – McGra-Hill, Inc, 1992.
18. СТО 63165618-002-2010. Полотна нетканые геотекстильные марок «Геоманит» для строительства. Технические условия. – Железногорск, 2010.
19. РД 50-64-84. Методические указания по разработке государственных стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества групп однородной продукции.
20. Хамматова Э.А. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды / Э.А. Хамматова, Л.Н. Абуталипова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 5. – С. 83-88.

21. Циркина О.Г. Комплексная оценка пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон / О.Г. Циркина, В.Г. Спиридонова // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-ой годовщине образования гражданской обороны. – Иваново. – 2002. – С. 198-203.

22. Шустов Ю.С. Современные методы прогнозирования свойств текстильных материалов (монография). – М.: РГУ им. А.Н.Косыгина. – 2018. – 234 с.

23. Легезина Г.И. Контроль качества продукции на основе статистических методов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2021. – № 4. – С. 41-45.

24. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учебное пособие. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2004. – 296 с.

25. Ломакина, И.А. Развитие методов количественной оценки качества тканей: дисс. ... канд. тех. наук: 05.19.01 / Ломакина Ирина Анатольевна. - Иваново, 2008. – 191 с.

26. Лысова, М.А. Развитие методов проектирования и оценивания качества нетканых полотен бытового назначения: дисс. ... канд. тех. наук: 05.19.01 / Лысова Марина Александровна. – Иваново, 2013. – 191 с.

27. ГОСТ Р 55030-2012. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении.

28. ГОСТ Р 53238-2008. Материалы геотекстильные. Методы определения характеристики пор.

29. Брагин, Ю.В. Путь QFD: проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителя / Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков. – Ярославль: Центр качества. – 2003. – 240 с.

30. Матрохин А.Ю. Анализ методов проектирования контроля качества текстильных материалов / Матрохин А.Ю., Евсеева Н.В., Гусев Б.Н. // Известия выс-

ших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008 – №1. – С. 99-102.

31. Лapidус В.А. Система статистического управления процессами. Система Шухарта // Надежность и контроль качества. – 1999. – № 5. – С. 11-19.

32. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

33. Елисеева И.И. Эконометрика: учебник для вузов. – М.: Издательство Юрайт. – 2022. – 449 с.

34. Дэвидсон, Рассел; Мак-Киннон, Джеймс Г. Теория и методы эконометрики. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС. – 2018. – 936 с.

35. Дайитбегов Д.М. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике: монография. – М.: ИНФРА-М. – 2018. – 587 с.

36. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: учебник для вузов. – М.: Высшая школа. – 2005. – 840 с.

37. Лысова, М.А. Численные методы / М.А. Лысова. – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново. – 2019. – 92 с. (учебное пособие).

38. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь. – 1993. – 278 с.

39. Лысова, М.А. Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем. Вероятностно-статистические модели / М.А. Лысова. – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново. – 2018. – 92 с. (учебное пособие).

40. Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H.J. A comparative study of various for normality // JASA. 1968. V.63, №324. P. 1343-1372.

41. Лысова, М.А. Методы оптимизации и организации энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем. Оптимизационные модели / М.А. Лысова. – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2019. – 104 с. (учебное пособие).

42. Грузинцева, Н.А. Обеспечение требуемого уровня качества геотекстильных материалов для дорожного строительства / Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова,

Т.В. Москвитина, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2015. – №2. – С. 19-22.

43. Павлов А.Н., Соколов Б.В. Методы обработки экспертной информации. – СПб.: ГУАП. – 2005.

44. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

45. Грузинцева Н.А. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов / Н.А. Грузинцева, А.А. Овчинников, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 3. – С. 28-32.

46. Лысова М.А., Ломакина И.А., Лунькова С.В., Гусев Б.Н. Математические методы в проектировании и оценивании качества текстильных материалов и изделий (монография). – Иваново: ИГТА, 2012. – 252 с.

47. Лысова М.А. Планирование качества продукции на основе потребительских запросов / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №17107 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». Оpubл. 26.05.2011.

48. Лысова М.А. Развитие методологии проектирования и оценивания качества геосинтетических материалов / М.А. Лысова, Б.Н. Гусев, Н.А. Грузинцева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXII Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2019», 25-27 сентября 2019 года. – Иваново: ИВГПУ, 2019. – С. 54-57.

49. Лысова М.А. Алгоритм оценки качества геотекстильных материалов, используемых в дорожном строительстве / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева // Молодежь и XXI век – 2015: Материалы V Международной молодежной научной конференции (26-27 февраля 2015 года), в 3-х томах. Том 3. Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», Курск. – 2015. – С. 128-130.

50. Грузинцева Н.А. Проектирование качества геотекстильных материалов для дорожного строительства / М.А. Лысова, Т.В. Москвитина, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Приволжский научный журнал. – 2015. – №3. – С. 82-88.

51. ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Система менеджмента качества. Руководство по менеджменту качества при проектировании.

52. Федосов С.В. Установление приоритетности между показателями надёжности геотекстильных материалов для дорожного строительства / С.В. Федосов, Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Строительство. – 2016. – №3. – С. 57-62.

53. ОДМ 218.5.005-2010. Отраслевой дорожный методический документ. Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству.

54. ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.

55. Лысова М.А. Установление взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него / М.А. Лысова, Т.В. Москвитина, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 1. – С.32-37.

56. Постников В.М. Анализ подходов к формированию экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений // Наука и образование. – 2012. – № 5. – С. 333-346.

57. Лысова М.А. Программа установления взаимосвязи выполняемых функций геотекстильного материала в строительном объекте с технологическими воздействиями на него / М.А. Лысова, В.Д. Костючек, Н.А. Онопченко, В.А. Зяблов // Свидетельство № 2023612360 от 24.04.2023.

58. ГОСТ 8.417 – 2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. – М.: Стандартинформ, 2018. – 34 с.

59. ГОСТ Р 8.563-96. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. – М.: Госстандарт России, 2008. – 39 с.

60. ТУ 63.032-19-89. Полотно иглопробивное геотекстильное для транспортного строительства. Технические условия.

61. ГОСТ 22851-77. Выбор номенклатуры показателей качества промышленной продукции. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 12 с.

62. Малышева О.В. Совершенствование нормативной оценки качества трикотажных бельевых изделий / О.В. Малышева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №2. – С. 48-51.

63. Курденкова А.В. Исследование защитных свойств тканей для одежды сварщиков / А.В. Курденкова, Ю.С. Шустов, А.Ф. Давыдов, Е.М. Журавлёва // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – №4. – С. 103-107.

64. Лысова М.А. Прогнозирование нормативных значений показателей качества нетканых геотекстильных полотен / М.А. Лысова, Т.О. Гойс, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 4. – С. 47-51.

65. ОДМ 218.5.006-2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли. – М.: Росавтодор. – 2010. – 71 с.

66. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высшее образование. – 2007. – 404 с.

67. Лысова М.А. Установление нормативных значений по показателям деформации нетканых полотен из полиэфирных волокон / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2022. – Т. 65. – Вып. 11. – С. 98-103.

68. Цыбышева А.А. Организация нормирования показателей связанности нитей при производстве строительных геосинтетических материалов / А.А. Цыбышева, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №3. – С. 300-302.

69. Лысова М.А. Установление нормативного значения для показателей прочности геосинтетических полотен на основе оценки параметров распределе-

ния / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, А.А. Кусенкова, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019. – №2. – С. 54-57.

70. Шустов Ю. С. Комплексная оценка механических свойств мебельных тканей / Ю.С. Шустов, А.В. Курденкова, Е.Н. Малявко // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2011. – № 6. – С. 12-15.

71. Чагина Л.Л. Формирование номенклатуры свойств материалов, определяющих качество тентов для водного транспорта / Л.Л. Чагина, Е.С. Рыжов // Технологии и качество. – 2018. – № 1. – С. 8-12.

72. Омирова М.З. Комплексная оценка качества тентовых материалов /М.З. Омирова, Л.Л. Чагина, А.П. Груздева // Технологии и качество. – 2020. – № 2. – С. 3-7.

73. <https://emiligroup.ru/product-category/geotekstil-2/geotekstil/> (дата обращения: 10.03.2022).

74. Stolyarov, O. Effects of fabric structures on the tensile properties of warp-knitted fabrics used as concrete reinforcements / O. Stolyarov, T. Quadflieg, T. Gries // Textile Research Journal. – 2015. – №2. – С.1934 -1945.

75. Логинова И.И. Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов / И.И. Логинова, Д.А. Артамонова, О.Н. Столяров, Б.Е. Мельников // Инженерно-строительный журнал. – 2015. – №4. –С.1-7.

76. ГОСТ Р 56564-2015. Система подтверждения качества российской продукции. Рекомендации по формированию нормативной базы для оценки качества продукции. – М.: Стандартинформ. –2020. – 11 с.

77. Кусенкова А.А. Оценка уровня конкурентоспособности геосинтетических тканых полотен / А.А. Кусенкова, М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев //Технологии и качество. – 2019. – №1. – С. 16-21.

78. Лысова М.А. Производственный мониторинг качества полимерно-волокнистых материалов / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев / Текстильная химия: традиции и новации (Мельниковские чтения): Сб. научных статей: ИГХТУ, 2019. –338 с. (С. 163-167).

79. Кирюхин С. М. Особенности оценки качества текстильных материалов / С.М. Кирюхин, С.В. Плеханова // Дизайн и технологии. – 2017. – № 60. – С. 61 - 69.

80. ТР 128-01. Технические рекомендации по технологии строительства дорожного с применением Дорнита и других геотекстильных материалов и геосеток.

81. Пухова Е.И. Определение базовых значений показателей качества конкурентоспособной геотекстильной продукции / Е.И., Пухова М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 3. – С.287-290.

82. Лысова М.А. Установление номенклатуры показателей качества геосинтетических нетканых полотен с учётом их эксплуатационной принадлежности / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Российский химический журнал. – 2019. – №3-4. – С. 50-54.

83. Смирнов М.М. Получение композиционных волокнистых материалов методом электроформования из растворов полиметилметакрилата с добавлением углеродных нанотрубок / М.М. Смирнов, А.Р. Корабельников // Технологии и качество. – 2021. – № 2(52). – С. 56-61.

84. Севостьянов П.А. Исследование неровноты одномерных волокнистых продуктов по доле компонентов и ее зависимости от неровноты по линейной плотности // Технологии и качество. – 2020. – № 1(47). – С. 15-21.

85. Дмитриева А.Д. Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств / А.Д. Дмитриева, В.А. Кузьменко, Л.С. Одинцова, О.И. Одинцова // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58. – № 8. – С. 67-70.

86. Лысова М.А. Программа проектирования качества геотекстильных материалов / М.А. Лысова, В.Д. Костючек, Н.А. Онопченко, В.А. Зяблов // Свидетельство № 2023612360 от 01.02.2023.

87. Лысова М.А. Комплексная оценка качества текстильных материалов, используемых в дорожном строительстве / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, О.А. Шаломин // Современные инструментальные системы, информационные техноло-

гии и инновации: Сб. науч. трудов XI-ой Международной науч.-практич. конф. (19-21 марта 2014 года); в 4-х томах. Том 1. Юго-Зап. гос. ун-т., Курск. – 2014. – С. 196-197.

88. Трещалин М.Ю. Проектирование, производство и методы оценки качества нетканых материалов / М.Ю. Трещалин, М.В. Киселев, Г.К. Мухамеджанов, А.В. Трещалина. – Кострома: КГТУ, 2012. – 360 с.

89. Мухамеджанов Г.К. О номенклатуре показателей, методах испытаний и свойствах геосинтетических материалов / Г.К. Мухамеджанов // Дороги. Инновации в строительстве. – 2015. – №2. – С. 16-19.

90. Лысова М.А. Ранжирование единичных показателей качества надежности геотекстильных материалов / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 года). Том 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ Им. А.Н. Косыгина». – 2017. – С. 66-69.

91. Азгальдов Г.Г. Определение значений коэффициентов важности // Стандарты и качество. – 2000. – №2. – С. 28-33.

92. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином, 2017. – 800 с.

93. Васильева В.Д. Совершенствование метода ранжирования показателей качества текстильных материалов / В.Д. Васильева, Е.В. Дербишер, В.Е. Дербишер // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 3. – С.15-17.

94. Чагина Л.Л. Методика комплексной оценки качества льняных трикотажных полотен для верхних изделий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2015. – №6. – С. 16-21.

95. Лунькова С.В. Количественная оценка эстетического вида швейных изделий / С.В. Лунькова, Н.В. Виноградова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – №6. – С. 65-68.

96. Лысова М.А. Ранжирование показателей качества геосинтетических материалов с применением теории нечетких множеств / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, А.А. Кусенкова, Б.Н. Гусев, Е.Н. Калинин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – №3. – С. 41-45.

97. Ветрова Ю.С. Совершенствование методики ранжирования показателей качества нетканых геотекстильных материалов с использованием нечетких множеств / Ю.С. Ветрова, М.А. Лысова // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2018): сб. материалов межвузовской (с международным участием) молодёжной научно-технической конференции. – Иваново: ИВГПУ. – 2018. – С. 197-199.

98. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. – 356 с.

99. Лысова М.А. Компьютерная программа для выявления качественных характеристик продукции на основе метода анализа иерархий / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.П. Гусева // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №17088 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». Оpubл. 16.05.2011/

100. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент. – М.: Изд.-книготорговый центр «Маркетинг», 2002. – 892 с.

101. Гусев Б.Н., Грузинцева Н.А., Сташева М.А. Проектирование конкурентоспособности тканых полотен. – Иваново; ИГТА, 2007. – 172 с.

102. ГОСТ 161-86. Ткани хлопчатобумажные, смешанные и из пряжи химических волокон. Определение сортности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1988. – 14 с.

103. Грузинцева Н.А. Разработка методологического обеспечения в организации производства конкурентоспособных геотекстильных материалов для строительства автомобильных дорог: дис. ... д-ра техн. наук. – Иваново, 2017. – 335 с.

104. Грузинцева Н.А. Комплексная оценка качества геосинтетических материалов / Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Дороги. Инновации в строительстве. – 2019. – №1. – С. 45-54.
105. Грабовый П.Г. Риски в современном бизнесе / П.Г. Грабовый, С.Н. Петрова, С.И. Полтавцев и др. – М.: АЛАНС, 1994. – 200 с.
106. Федосов С.В. Комплексная оценка конкурентных преимуществ предприятия по производству строительных материалов / С.В. Федосов, Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – № 3. – С. 46-51.
107. Грузинцева Н.А. Методика оценки конкурентоспособности ткани / Н.А. Грузинцева, М.А. Сташева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технологи текстильной промышленности. – 2002. – №6. – С. 3-5.
108. Бурцева Т.А. Методологические основы выбора маркетинговых стратегий предприятия на основе экспертных оценок / Т.А. Бурцева, Н.Н. Катаева, С.Н. Ворожцов // Маркетинг в России и за рубежом. – 2008. – №4. С. 32-42.
109. Резник С.Д. Персональный менеджмент: учебник / С.Д. Резник, Ф.Е. Удалов и др. – Пенза: ПГАСА, 2000. – 546 с.
110. Николаева М.А. Теоретические основы товароведения / М.А. Николаева. – М.: Норма, 2006. – 448 с.
111. Федосов С.В. Методика оценки оптимального ассортимента предприятия по производству геотекстильных строительных материалов / С.В. Федосов, Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев, Т.Ю. Никитина, Е.Н. Никифорова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – №10. – С. 49-55.
112. Серенков П.С. Комплексный процессный подход как методологическая основа решения задач оценивания в рамках СМК / П.С. Серенков, В.В. Назаренко, О.И. Ромбальская // Методы менеджмента качества. – 2015. – №8. – С. 15-20.
113. Чистякова Н.Э. Методология определения результативности и эффективности технологических процессов / Н.Э Чистякова, Б.Н. Гусев // Качество. Инновации. Образование. – 2006. – № 1. – С. 56-58.

114. Чистякова Н.Э. Определение технологической результативности процессов прядильного производства / Н.Э. Чистякова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2006. – №4. – С. 31-35.

115. Жирнова Е.А. Оценка результативности системы менеджмента качества на предприятии машиностроительной отрасли / Е.А. Жирнова, Я.И. Шалицкий, А.А. Снежко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. М.Ф. Решетникова. 2010, №3. С. 183...187.

116. Демьянович И.В. Количественные подходы к оценке эффективности системы менеджмента качества // Экономика и управление. – 2010. – № 11. – С.120-123.

117. <https://www.nipromtex.ru/production/>. Сайт ООО «НИПРОМТЕКС» (Дата обращения 20.11.2022).

118. Лысова М.А. Построение методики оценки результативности системы менеджмента качества предприятия по производству геотекстильных полотен / М.А. Лысова, Н.А. Онипченко, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2023. – №1. – С. 32-40.

119. Федосов С.В. Моделирование условий обеспечения качества продукции предприятия по производству строительных материалов с учетом уровня профессионализма кадрового потенциала / С.В. Федосов, Н.А. Грузинцева, А.Ю. Матрохин // Строительные материалы. – №12. – 2015. – С. 55-60.

120. Грузинцева Н.А. Разработка методики формирования конкурентоспособного ассортимента предприятия по производству строительных материалов / Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Е.Н. Никифорова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – № 6. – 2015. – С. 37-42.

121. Лысова М.А. Выбор оптимального ассортимента производителя геотекстильных материалов, используемых в дорожном строительстве / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, В.И. Роньжин // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты. Сборник науч-

ных статей 5-й Международной научно-практической конференции (17-18 сентября 2015 года), Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», Курск. – 2015. – С. 101-103.

122. Лысова М.А. Определение структуры затрат на обеспечение качества геосинтетической продукции. / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, А.А. Кусенкова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 4. – С. 5-10.

123. СТО 464877.78-001-2015. Геополотно тканое «Ультрастаб». Технические условия.

124. ГОСТ Р ИСО 10005-2007. Менеджмент организации. Руководящие указания по планированию качества.

125. Цыбышева А.А. Методическое обеспечение процесса мониторинга производства геотекстильных сеток / А.А. Цыбышева, Н.Э. Чистякова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Приволжский научный журнал. – 2016. – №2. – С. 82-88.

126. Р 50.1.028-2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – Введ. 2002.07.01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 43 с.

127. ГОСТ Р ИСО 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 79 с.

128. Севостьянов П.А. Статистическое компьютерное моделирование одноосного растяжения тканого полотна методом конечных элементов / П.А. Севостьянов, Д.А.Забродин, П.Е. Дасюк, Е.А. Баландин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 6. – С.102-105.

129. Кусенкова А.А. Оценка качества тканых геосеток в процессе их формирования / А.А. Кусенкова, Н.А. Коробов, М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – №5. – С. 221-225.

130. Сокова Г.Г. Автоматизированный расчет технических сеток / Г.Г. Сокова, М.В. Исаева, М.А. Соков //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2014. – №5. С. 143-147.

131. Патент №2494428 МПК G03B15/00 Оpubл. 27.09.2013 Проекционное устройство для оперативного получения изображений поверхности текстильных материалов.

132. ТУ 5952-007-52788109-2006. Сетка стеклянная строительная марки «Крепис».

133. Патент № 2343404 С1 МПК G01B11/02. Оpubл. 10.01.2009. Бюл. №1. Способ определения длины текстильных волокон по компьютерному изображению.

134. Патент на изобретение № 2633956 Российская Федерация, МПК D03D 13/00 (2006.01). Способ определения перерасхода нитей утка при изготовлении тканых геосинтетических сеток / Лысова М.А., Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А., Матрохин А.Ю., Гусев Б.Н. – Оpubл. 19.10.2017, Бюл. № 29

135. Новиков А.Н. Разработка теоретических и методологических принципов создания систем компьютерного зрения для автоматизации контроля качества текстильных материалов: дисс. докт. техн. наук: 05.13.06. - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2014. – 287 с.

136. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: [Учебник для текстил. спец. вузов]. - М.: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.

137. Бершев, Е.Н., Куликова Н.А. Технический контроль в производстве нетканых материалов. – М.: Легкая и пищевая. пром-сть, 1983. – 120 с

138. . ГОСТ 15902.2-200 (ИСО 9073-2:1195). Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик.

139. Коробов Н.А. Компьютерная программа бинаризации цифровых изображений проб нетканых текстильных материалов / Н.А. Коробов, С.В. Павлов, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Свидетельство о регистрации электронного

ресурса №21692 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». Оpubл. 10.03.2016.

140. Маслов Б.С., Панов Е.П., Кормыш Е.И. и др. Мелиорация и водное хозяйство (справочник). - М.: Издательство «Ассоциация ЭКОСТ», 2001. – 256 с.

141. Машкин Н.А. Материаловедение. Курс лекций: учебное пособие/Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2010. – 104 с.

142. ГОСТ Р ИСО 13433-2014. Материалы геосинтетические. Метод определения перфорации при динамической нагрузке (испытание падающим конусом). – М.: Стандартиформ, 2014. – 14 с.

143. Патент на изобретение № 2623839 Российская Федерация, МПК G01L5/04 (2006.01). Устройство для определения сопротивления геосинтетических материалов ударной динамической нагрузке/ Лысова М.А., Грушина Ю.С., Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А., Иванов А.В., Гусев Б.Н. – Оpubл. 29.06.2017, Бюл. № 19.

144. Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля /Монография. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 176 с.

145. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. - М., Изд-во «Энергия», 1967. – 287 с.

146. Кусенкова А.А. Совершенствование стандартов и качество геосинтетических материалов / А.А. Кусенкова, М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Дороги. Инновации в строительстве. – 2021. – №91. – С. 70-72.

147. . ГОСТ Р 56337-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения прочности при динамическом продавливании (испытание падающим конусом)

148. Лысова М.А. Устройство для определения прочности геотекстильных материалов при динамическом продавливании / М.А. Лысова, Б.Н. Гусев, Н.А. Грузинцева, Н.А. Онипченко, А.В. Иванов, Г.В. Широкова // Заявка № 2023101511 от 25.01.2023.

149. Лысова М.А., Гусев Б.Н. Информационное обеспечение системы кодирования текстильных изделий / М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2010. – №7. – С. 76-79.
150. Грузинцева Н.А. Формирование штрих-кода о качестве текстильных и швейных изделий / Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2012. – №3. – С. 136-139.
151. Лысова М.А. Компьютерная программа кодирования и идентификации текстильных изделий / М.А. Лысова, Н.А. Грузинцева, О.А. Шаломин, Б.Н. Гусев // Свидетельство о регистрации электронного ресурса №15667 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». опублик. 28.04.2010.
152. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы) / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – М.: Легпромбытиздат, 1992 – 272 с.
153. Жиряева Е.В. Товароведение (правила и методы классификации). – СПб: Питер, 2002. – 416 с
154. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского Экономического Союза (ТН ВЭД ЕАЭС).
155. ОКПД 2 — Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности. Классификатор ОК 034-2014 (КПЕС 2008) с изменением №78 от 1 марта 2023 г.
156. Лысова, М.А. Унификация системы кодирования текстильных изделий / М.А. Лысова, Л.В. Дрягина, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Технологии и качество. – 2021. – №3. – С.24-29.
157. <https://play.google.com/store/apps/details?id=barcodegenerator.barcodecreator.barcodemaker.barcodescanner> (дата обращения 28.02.2021)
158. Сташева М.А. Анализ причин снижения качества швейных изделий / М.А. Сташева, Л.В. Дрягина, Б.Н. Гусев // Технологии и качество. – 2020. – №4. – С. 7-10.

159. Проект технического регламента о безопасности строительных материалов и изделий. <https://docs.cntd.ru/document/564165007> (дата обращения 10.11.2022).

160. Сташева М.А. Особенности стандартизации методов измерения показателей качества текстильных материалов с применением информационных технологий / М.А. Сташева, Т.Н. Новосад, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2020. – №6. – С. 122-130.

161. Патент на изобретение № 2225980 РФ, МПК G01N 33/36. Способ определения показателей заполнения и пористости тканых полотен по компьютерному изображению / М.А.Сташева, Н.А.Коробов, Б.Н.Гусев (РФ). -2004. Бюл. № 8.

162. Патент на изобретение №2428527 РФ, МПК D03D 27/00, G01B 9/00. Способ компьютерного определения показателей плотности прошивки (числа петель на единицу площади) махровых текстильных изделий / Лысова М.А, Гусев Б.Н., Коробов Н.А. – Оpubл. 10.09.2011, Бюл. № 25.

163. Козубовский С.Ф. Корреляционные экстремальные системы. Киев.: Издательство «Наукова думка», 1973. – 224 с.

164. ГОСТ 15902.2-2003. Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик. М.: ИПК «Издательство стандартов», 2004

165. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандарты организаций. Общие положения.

166. ГОСТ Р 1.5-2004. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

167. ГОСТ 19.701 – 90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения

168. Кусенкова А.А. Совершенствование технологии утепления жилых и административных зданий волокнистыми материалами / А.А. Кусенкова, В.А. Зяблов // Инженерные и социальные системы. Сборник научных трудов инженер-

но-строительного института ИВГПУ, выпуск 2. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – С. 35-39

169. Кусенкова А.А. Состояние и перспективы применения полимерных теплоизоляционных материалов в строительстве / С.В. Федосов, С.А. Малбиев, А.А. Кусенкова, Ю.С. Ветрова, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Вестник Приволжского государственного политехнического университета Серия: «Материалы. Конструкции. Технологии». - 2018. - № 3 (7). - С. 26 – 43

170. Кусенкова А.А. Построение классификации композитных теплоизоляционных материалов / А.А. Кусенкова, В.А. Зяблов // «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2017): Сборник материалов межвузовской конференции аспирантов и студентов. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2017. - С. 408-409.

171. . Кусенкова А.А. Создание композитного теплоизоляционного материала с применением синтетических текстильных полотен / А.А. Кусенкова, Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 6. – С. 303-307.

172. Патент на полезную модель № 172004 РФ, МПК E04B1/88 (2006.01) E04B1/80 (2006.01). Листовой композитный теплоизоляционный материал/ Кусенкова А.А., Грушина Ю.С., Грузинцева Н.А., Зяблов В.А., Гусев Б.Н. – Оpubл. 26.06.2017. Бюл. № 18.

173. ГОСТ 15588-2014 Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия. - М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.

174. ТР 116-01 Технические рекомендации по технологии применения комплексной системы материалов, обеспечивающих качественное уплотнение и герметизацию стыков наружных стеновых панелей. Технические указания по герметизации стыков полносборных зданий полимерами. - М.: Изд-во ГОУ ДПО ГАСИС, 2007.

175. ГОСТ Р 54855-2011. Материалы и изделия строительные. Определение расчетных значений теплофизических характеристик. - М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

176. ГОСТ 21880-2011. Маты из минеральной ваты прошивные теплоизоляционные. Технические условия

**Листинг программы установления взаимосвязи выполняемых функций
геотекстильного материала в строительном объекте
с технологическими воздействиями на него**

```

import sys
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QWidget, QPushButton, QComboBox,
QGridLayout, QLabel, QLineEdit, QMessageBox
from PyQt5.QtCore import Qt, QEvent
from PyQt5.QtGui import QStandardItem, QFont
import re

class CheckableComboBox(QComboBox):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setEditable(True)
        self.lineEdit().setReadOnly(True)
        self.closeOnLineEditClick = False
        self.lineEdit().installEventFilter(self)
        self.view().viewport().installEventFilter(self)
        self.model().dataChanged.connect(self.updateLineEditField)
        self.setStyleSheet(' background-color: #a3c185 ')

    def hidePopup(self):
        super().hidePopup()
        self.startTimer(100)

    def addItem(self, text, userData=None):
        item = QStandardItem()
        item.setText(text)
        if not userData is None:
            item.setData(userData)

        item.setFlags(Qt.ItemIsEnabled | Qt.ItemIsUserCheckable)
        item.setData(Qt.Unchecked, Qt.CheckStateRole)
        self.model().appendRow(item)

    def addItems(self, items, itemList=None):
        for indx, text in enumerate(items):
            try:
                data = itemList[indx]
            except (TypeError, IndexError):
                data = None
            self.addItem(text, data)

    def eventFilter(self, widget, event):
        if widget == self.lineEdit():
            if event.type() == QEvent.MouseButtonRelease:
                if self.closeOnLineEditClick:
                    self.hidePopup()
                else:
                    self.showPopup()
            return True
        return super().eventFilter(widget, event)
        if widget == self.view().viewport():
            if event.type() == QEvent.MouseButtonRelease:
                indx = self.view().indexAt(event.pos())
                item = self.model().item(indx.row())

```

```

        if item.checkState() == Qt.Checked:
            item.setCheckState(Qt.Unchecked)
        else:
            item.setCheckState(Qt.Checked)
        return True
    return super().eventFilter(widget, event)

def updateLineEditField(self):
    text_container = []
    for i in range(self.model().rowCount()):
        if self.model().item(i).checkState() == Qt.Checked:
            text_container.append(self.model().item(i).text())
    text_string = '; '.join(text_container)
    self.lineEdit().setText(text_string)

def getData(self):
    return self.lineEdit().text()

def clearData(self):
    self.clear()

class CheckableComboBox1(QComboBox):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setEditable(True)
        self.lineEdit().setReadOnly(True)
        self.closeOnLineEditClick = False
        self.setStyleSheet(' background-color: #a3c185; selection-background-
color: #a3c185; selection-color: black ')

    def addItem(self, text, userData=None):
        item = QStandardItem()
        item.setText(text)
        if not userData is None:
            item.setData(userData)

    def updateLineEditField(self):
        text_container = []
        for i in range(self.model().rowCount()):
            if self.model().item(i).checkState() == Qt.Checked:
                text_container.append(self.model().item(i).text())
        text_string = '; '.join(text_container)
        self.lineEdit().setText(text_string)

    def getData(self):
        return self.lineEdit().text()

    def clearData(self):
        self.clear()

class MyApp(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.alldata = {} # Тут будут храниться все данные экспертов
        self.name = None
        self.setWindowTitle('АЛГОРИТМ ПОДПРОГРАММЫ')
        self.layout = QGridLayout()
        self.grid1 = QGridLayout()
        self.gridX = QGridLayout()
        self.setLayout(self.layout)
        self.combo = [0] * 4
        self.setStyleSheet("QPushButton{font-size: 12px;font-family: Arial; font:
Bold; background-color: #427322}")

```

```

        "QLineEdit { background-color: #a3c185 }")

# Запрет растяжки виджетов по вертикали
self.layout.setRowStretch(10, 1)

# Заголовок - Данные
labdata = QLabel('Данные')
labdata.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.layout.addWidget(labdata, 0, 0)

# Добавление наименований выпадающих окон (КомбоБоксов)
for i in range(2):
    ql = QLabel(names[i])
    ql.setStyleSheet('font: Bold;')
    self.grid1.addWidget(ql, 1, i * 2)
    ql = QLabel(names[i + 2])
    ql.setStyleSheet('font: Bold;')
    self.grid1.addWidget(ql, 3, i * 2)

# Создание КомбоБоксов для всех выборов
self.combo[0] = CheckableComboBox()
self.combo[1] = CheckableComboBox()
self.combo[2] = CheckableComboBox()
self.combo[3] = CheckableComboBox()

# Добавление данных в КБоксы
for i in range(2):
    self.combo[i].addItem(codata[i])
    self.grid1.addWidget(self.combo[i], 2, i * 2, 1, 2)

self.combo[2].addItem(codata[2])
self.grid1.addWidget(self.combo[2], 4, 0, 1, 2)

self.combo[3].addItem(codata[3])
self.grid1.addWidget(self.combo[3], 4, 2, 1, 2)

# Кнопка Продолжить - переход к экспертным оценкам
btn1 = QPushButton('Продолжить', clicked=self.start)
self.gridX.addWidget(btn1, 5, 0, 1, 4)

self.layout.addLayout(self.gridX, 2, 0)
self.layout.addLayout(self.grid1, 1, 0)

# Сохранение того что выбрали в ТФ и переход к вводу
def start(self):
    self.name = self.combo[2].getData().split('; ')
    self.next()

def next(self):
    vdata = self.combo[3].getData().split('; ')
    numcol = len(vdata)
    linedittext = [0] * numcol
    for i in range(numcol):
        linedittext[i] = []

    try:
        for i in range(numcol):
            for j in range(numcol):
                linedittext[i].append(self.datamass[i][j].text())
            self.alldata[self.name.pop(0)] = linedittext
    except:
        pass

# Функция очистки окна под комбобоксами

```

```

self.clear()

# Создание и вывод названий на экран
for i in range(numcol):
    self.gridX.addWidget(QLabel(vdata[i] + ' (X' + str(i + 1) + ')'), i +
2, 0)
    self.gridX.addWidget(QLabel('X' + str(i + 1)), 1, i + 1)

# Создание матрицы
self.datamass = [[0] * numcol for i in range(numcol)]
for i in range(numcol):
    for j in range(numcol):
        self.datamass[i][j] = QLineEdit()
        if j <= i:
            self.datamass[i][j].setReadOnly(True)
            self.datamass[i][j].setStyleSheet('background-color: #C18F85')
            self.gridX.addWidget(self.datamass[i][j], i + 2, j + 1)

# Повторные вызовы функции после нажатия на кнопку, чтобы ввести остальные
матрицы
labname = QLabel(self.name[0])
labname.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.gridX.addWidget(labname, 0, 0, 1, self.gridX.columnCount())
if len(self.name) > 1:
    btn2 = QPushButton('Продолжить', clicked=self.next)
    self.gridX.addWidget(btn2, self.gridX.rowCount(), 0, 1,
self.gridX.columnCount())
else:
    btn2 = QPushButton('Продолжить', clicked=self.gotofunc)
    self.gridX.addWidget(btn2, self.gridX.rowCount(), 0, 1,
self.gridX.columnCount())

def gotofunc(self):
    self.clear()
    vdata = self.combo[2].getData().split('; ')
    numdata = self.combo[3].getData().split('; ')
    numcol = len(numdata)
    linedittext = [0] * numcol
    for i in range(numcol):
        linedittext[i] = []

# Перенос введенных данных из ТВ в переменную
for i in range(numcol):
    for j in range(numcol):
        linedittext[i].append(self.datamass[i][j].text())
self.alldata[self.name.pop(0)] = linedittext

numcol = len(vdata)
# Создание и вывод названий колонок и рядов
for i in range(numcol):
    self.gridX.addWidget(QLabel(vdata[i] + ' (Y' + str(i + 1) + ')'), i +
2, 0)
    self.gridX.addWidget(QLabel('Y' + str(i + 1)), 1, i + 1)

# Создание матрицы для функций
self.datamass = [[0] * numcol for i in range(numcol)]
for i in range(numcol):
    for j in range(numcol):
        self.datamass[i][j] = QLineEdit()
        if j <= i:
            self.datamass[i][j].setReadOnly(True)
            self.datamass[i][j].setStyleSheet('background-color: #C18F85')
            self.gridX.addWidget(self.datamass[i][j], i + 2, j + 1)

```

```

# Заголовок "ФУНКЦИИ"
labname = QLabel('ФУНКЦИИ')
labname.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.gridX.addWidget(labname, 0, 0, 1, self.gridX.columnCount())

# Кнопка для перехода к проверке введенных данных
btn3 = QPushButton('Рассчитать', clicked=self.toLogic)
self.gridX.addWidget(btn3, self.gridX.rowCount(), 0, 1,
self.gridX.columnCount())

def toLogic(self):
    self.clear()
    self.adjust()
    vdata = self.combo[2].getData().split('; ')
    numcol = len(vdata)
    linedittext = [0] * numcol
    for i in range(numcol):
        linedittext[i] = []

    # Перенос введенных данных из ТФ в переменную
    for i in range(numcol):
        for j in range(numcol):
            linedittext[i].append(self.datamass[i][j].text())
    self.alldata['ФУНКЦИИ'] = linedittext

    # Проверка на корректность введенных данных
    err = False
    for name in self.alldata:
        for i in range(len(self.alldata[name])):
            for j in range(len(self.alldata[name][i])):
                if i == j:
                    self.alldata[name][i][j] = 1
                elif i > j and not err:
                    self.alldata[name][i][j] = 1 /
float(self.alldata[name][j][i])
                elif i < j and (
                    (len(self.alldata[name][i][j]) == 1 and
self.alldata[name][i][j].isnumeric()) or re.findall(
                    r'^[1]\|[2-9]$', self.alldata[name][i][j])):
                    self.alldata[name][i][j] = eval(self.alldata[name][i][j])
                else:
                    err = True
                    QMessageBox.critical(self, "Ошибка ", f"Введенные данные
некорректны", QMessageBox.Ok)
                    self.reset()
                    break

            if err:
                break

        if err:
            break

    if not err:
        self.logic()

def logic(self):
    tecnames = self.combo[3].getData().split('; ')
    funnames = self.combo[2].getData().split('; ')
    tecnums = len(tecnames)
    funnums = len(funnames)

    w2 = [1] * tecnums
    sumw2 = 0
    q2 = [0] * funnums
    for i in range(funnums):
        q2[i] = [0] * tecnums

```

```

# Расчет w2
for n in range(funnums):
    for i in range(tecnums):
        for j in range(tecnums):
            w2[i] *= self.alldata[funnames[n]][i][j] ** (1 / tecnums)
# Расчет сумм w2
for i in range(tecnums):
    sumw2 += w2[i]
# Расчет q2
for i in range(tecnums):
    q2[n][i] = w2[i] / sumw2

w1 = [1] * funnums
sumw1 = 0
q1 = [0] * funnums
preor = [0] * tecnums

# Расчет w1
for i in range(funnums):
    for j in range(funnums):
        w1[i] *= self.alldata['Функции'][i][j] ** (1 / funnums)
# Расчет сумм w1
for i in range(funnums):
    sumw1 += w1[i]
# Расчет q1
for i in range(funnums):
    q1[i] = w1[i] / sumw1
# Расчет приоритетов
for i in range(tecnums):
    for j in range(funnums):
        preor[i] += q2[j][i] * q1[j]
    pass

# Вывод всего найденного на экран
for i in range(tecnums):
    self.gridX.addWidget(QLabel(tecnames[i]), i + 3, 0)
for i in range(funnums):
    self.gridX.addWidget(QLabel(funnames[i]), 1, i + 1)
for i in range(funnums):
    linedit = QLabel(str(round(q1[i], 3)))
    linedit.setAlignment(Qt.AlignCenter)
    self.gridX.addWidget(linedit, 2, i + 1)

for i in range(funnums):
    for j in range(tecnums):
        linedit = QLineEdit(str(round(q2[i][j], 3)))
        linedit.setReadOnly(True)
        linedit.setAlignment(Qt.AlignCenter)
        self.gridX.addWidget(linedit, j + 3, i + 1)

linedit = QLabel('Приоритет')
linedit.setAlignment(Qt.AlignVCenter)
self.gridX.addWidget(linedit, 1, funnums + 1, 2, 1)

for i in range(tecnums):
    linedit = QLineEdit(str(round(preor[i], 3)))
    linedit.setReadOnly(True)
    linedit.setAlignment(Qt.AlignCenter)
    linedit.setStyleSheet('background-color: #BED3A6; font: Bold')
    self.gridX.addWidget(linedit, i + 3, funnums + 1)

self.layout.addLayout(self.gridX, 2, 0)
# Заголовок - Результат

```



```

labname = QLabel('Результат')
labname.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.gridX.addWidget(labname, 0, 0, 1, self.gridX.columnCount())

# Кнопка сброса
btnreset = QPushButton('Сброс', clicked=self.reset)
self.gridX.addWidget(btnreset, self.gridX.rowCount(), 0, 1,
self.gridX.columnCount())

self.adjust()

# Функция сброса/отчистки
def reset(self):
    self.combo[2].clearData()
    self.combo[2].addItem(codata[2])
    self.combo[3].clearData()
    self.combo[3].addItem(codata[3])
    self.clear()
    btn1 = QPushButton('Продолжить', clicked=self.start)
    self.gridX.addWidget(btn1, 5, 0, 1, 4)
    self.layout.addLayout(self.gridX, 2, 0)
    self.adjust()
    self.alldata = {}
    self.datamass = None

# Функция подгонки окна под оптимальный размер по вертикали
def adjust(self):
    nowsize = self.size().width()
    self.adjustSize()
    self.resize(nowsize, self.size().height())

# Функция отчистки нижней части окна
def clear(self):
    for i in reversed(range(self.gridX.count())):
        self.gridX.itemAt(i).widget().setParent(None)
    self.gridX.deleteLater()
    self.gridX = QGridLayout()
    self.layout.addLayout(self.gridX, 2, 0)

if __name__ == '__main__':
    codata = [0] * 4
    names = ['Строительный Объект', 'Геотекстильный материал (ГТМ)', 'Функции
ГТМ', 'Технологические воздействия']

    codata[0] = ['Автомобильная дорога', 'Бетонное полотно']
    codata[1] = ['Нетканое', 'Тканое', 'Трикотажное', 'Композитное']
    codata[2] = ['Разделение', 'Борьба с эрозией', 'Фильтрация', 'Дренажное']
    codata[3] = ['Воздействие влаги', 'Изменение температуры', 'Влияние микроорга-
низмов', 'Влияние микроорганизмов',
                'Осевая нагрузка', 'Усилие растяжения']

    app = QApplication(sys.argv)
    myApp = MyApp()
    app.setStyleSheet('MyApp { background-color: #d8e5c6 } ')
    app.setFont(QFont("Times", 10, QFont.Medium))
    app.setStyle('Fusion')
    myApp.show()

    try:
        sys.exit(app.exec_())
    except SystemExit:
        print('Close')

```

Листинг программы проектирования качества геотекстильных материалов

```

import sys
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QWidget, QPushButton, QComboBox, QHBoxLayout, QVBoxLayout, QGridLayout, QLabel, QLineEdit, QSizePolicy
from PyQt5.QtCore import Qt, QEvent
from PyQt5.QtGui import QStandardItem, QFont, QIcon

class CheckableComboBox(QComboBox):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setEditable(True)
        self.lineEdit().setReadOnly(True)
        self.closeOnLineEditClick = False
        self.lineEdit().installEventFilter(self)
        self.view().viewport().installEventFilter(self)
        self.model().dataChanged.connect(self.updateLineEditField)
        self.setStyleSheet(' background-color: #a3c185 ')

    def hidePopup(self):
        super().hidePopup()
        self.startTimer(100)

    def addItem(self, text, userData=None):
        item = QStandardItem()
        item.setText(text)
        if not userData is None:
            item.setData(userData)

        item.setFlags(Qt.ItemIsEnabled | Qt.ItemIsUserCheckable)
        item.setData(Qt.Unchecked, Qt.CheckStateRole)
        self.model().appendRow(item)

    def eventFilter(self, widget, event):
        if widget == self.lineEdit():
            if event.type() == QEvent.MouseButtonRelease:
                if self.closeOnLineEditClick:
                    self.hidePopup()
                else:
                    self.showPopup()
            return super().eventFilter(widget, event)
        if widget == self.view().viewport():
            if event.type() == QEvent.MouseButtonRelease:
                indx = self.view().indexOf(event.pos())
                item = self.model().item(indx.row())

                if item.checkState() == Qt.Checked:
                    item.setCheckState(Qt.Unchecked)
                else:
                    item.setCheckState(Qt.Checked)
            return True

```

```

        return super().eventFilter(widget, event)

def updateLineEditField(self):
    text_container = []
    for i in range(self.model().rowCount()):
        if self.model().item(i).checkState() == Qt.Checked:
            text_container.append(self.model().item(i).text())
    text_string = '; '.join(text_container)
    self.lineEdit().setText(text_string)

def getData(self):
    return self.lineEdit().text()

def clearData(self):
    self.clear()

class CheckableComboBox1(QComboBox):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setEditable(True)
        self.lineEdit().setReadOnly(True)
        self.closeOnLineEditClick = False
        self.setStyleSheet(' background-color: #a3c185; selection-background-
color: #a3c185; selection-color: black ')

    def addItem(self, text, userData=None):
        item = QStandardItem()
        item.setText(text)
        if not userData is None:
            item.setData(userData)

    def updateLineEditField(self):
        text_container = []
        for i in range(self.model().rowCount()):
            if self.model().item(i).checkState() == Qt.Checked:
                text_container.append(self.model().item(i).text())
        text_string = '; '.join(text_container)
        self.lineEdit().setText(text_string)

    def getData(self):
        return self.lineEdit().text()

    def clearData(self):
        self.clear()

class MyApp(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        self.setWindowTitle('АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ГТМ')
        self.layout = QGridLayout()
        self.firstgrid = QGridLayout()
        self.grid1 = QGridLayout()
        self.gridX = QGridLayout()
        self.setLayout(self.layout)
        self.combo = [0]*7
        self.adjustSize()
        self.resize(900, self.size().height())
        self.setStyleSheet("QPushButton{font-size: 12px;font-family: Arial; font:
Bold; background-color: #427322}"
                           "QLineEdit { background-color: #a3c185 }")

        # Запрет растяжки виджетов по вертикали
        self.layout.setRowStretch(10, 1)

```

```

# Заголовок - Данные
labdata = QLabel('Данные')
labdata.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.layout.addWidget(labdata, 0, 0)

# Добавление наименований выпадающих окон (КомбоБоксов)
ql = QLabel(names[0])
ql.setStyleSheet('font: Bold;')
self.firstgrid.addWidget(ql, 1, 0)
for i in range(3):
    ql = QLabel(names[i+1])
    ql.setStyleSheet('font: Bold;')
    self.firstgrid.addWidget(ql, 1, i+1)
    ql = QLabel(names[i+4])
    ql.setStyleSheet('font: Bold;')
    self.grid1.addWidget(ql, 3, i)

# Создание КомбоБоксов для всех выборов
self.combo[0] = CheckableComboBox()
self.combo[1] = CheckableComboBox()
for i in range(2,7):
    self.combo[i] = CheckableComboBox()

# Добавление данных в КБоксы
for i in range(4):
    self.combo[i].addItem(codata[i])
    self.firstgrid.addWidget(self.combo[i], 2, i)

self.combo[4].addItem(codata[4])
self.grid1.addWidget(self.combo[4], 4, 0)
btn4 = QPushButton('Подтвердить', clicked=self.addTo6)
self.grid1.addWidget(btn4, 5, 0)

self.combo[5].addItem([])
self.grid1.addWidget(self.combo[5], 4, 1)
btn5 = QPushButton('Подтвердить', clicked=self.addTo7)
self.grid1.addWidget(btn5, 5, 1)

self.combo[6].addItem([])
self.grid1.addWidget(self.combo[6], 4, 2)
btn6 = QPushButton('Подтвердить', clicked=self.addToX)
self.grid1.addWidget(btn6, 5, 2)

self.layout.addLayout(self.grid1, 1, 0)
self.grid1.addLayout(self.firstgrid, 0, 0, 1, self.grid1.columnCount())

# Передача данных в КомбоБокс6
def addTo6(self):
    data = self.combo[4].getData().split('; ')
    self.combo[5].clearData()
    for i in data:
        self.combo[5].addItem(codata[5][i])

# Передача данных в КомбоБокс7
def addTo7(self):
    data = self.combo[5].getData().split('; ')
    self.combo[6].clearData()
    for i in data:
        self.combo[6].addItem([codata[6][i]])

# После нажатия на последнюю кнопку Подтвердить
def addToX(self):
    for i in reversed(range(self.gridX.count())):
        self.gridX.itemAt(i).widget().setParent(None)

```

```

data = self.combo[6].getData().split('; ')
self.count = 0
self.gestX = []
self.inval = []
# Вывод текста для полей с нормативными данными
for i in data:
    info = QLabel(i)
    info.setWordWrap(True)
    self.gridX.addWidget(info, 1, self.count+1)
    dataX = QLineEdit(str(X[i][0]))
    self.gestX.append(X[i])
    dataX.setReadOnly(True)
    self.gridX.addWidget(dataX, 2, self.count+1)
    self.layout.addLayout(self.gridX, 3, 0)
    self.inval.append(QLineEdit(str(X[i][1])))
    self.count += 1

# Текст - Нормативные Рассчетные
self.gridX.addWidget(QLabel('Нормативные'), 2, 0)
self.gridX.addWidget(QLabel('Рассчётные'), 4, 0)
self.gridX.addWidget(QLabel('Значимость'), 5, 0)

self.inputData = [0] * (self.count)

# Вывод полей с Нормативными данными
for i in range(self.count):
    self.inputData[i] = QLineEdit()
    self.gridX.addWidget(self.inputData[i], 4, i+1)
    self.gridX.addWidget(self.inval[i], 5, i+1)
self.layout.addLayout(self.gridX, 5, 0)

self.first = True

# Кнопка Рассчитать
self.btnData = QPushButton('Рассчитать', clicked=self.getData)
self.gridX.addWidget(self.btnData, 6, 0, 1, self.gridX.columnCount())

# Вывод текста - Значения показателей качества
labdata1 = QLabel('Значения показателей качества')
labdata1.setAlignment(Qt.AlignCenter)
labdata1.setStyleSheet('font: Bold;')
self.gridX.addWidget(labdata1, 0, 0, 1, self.gridX.columnCount())

def getData(self):
    self.ansX = [0]*self.count

    # Поля для ввода расчетных данных
    for i in range(self.count):
        self.ansX[i] = float(self.inputData[i].text().replace(',','.'))

    # Вывод текста - Расчёт обобщённого показателя качества
    if self.first:
        self.labdata3 = QLabel('Расчёт обобщённого показателя качества')
        self.labdata3.setAlignment(Qt.AlignCenter)
        self.labdata3.setStyleSheet('font: Bold;')
        self.gridX.addWidget(self.labdata3, 7, 0, 1, self.gridX.columnCount())
        self.first = False

    # Расчет показателя качества
    answer = 0
    multiplier = 0

```

```

for i in range(self.count):
    multiplier += self.gestX[i][1]*self.gestX[i][2]
    if self.ansX[i]/self.gestX[i][0] > 1 and self.gestX[i][3]:
        preans = 1
    else:
        preans =
min(self.ansX[i],self.gestX[i][0])/max(self.ansX[i],self.gestX[i][0])
    answer += preans*float(self.inval[i].text()*self.gestX[i][2])
answer = answer/multiplier

# Вывод ответа
self.labans = QLineEdit(str(answer))
self.labans.setReadOnly(True)
self.labans.setAlignment(Qt.AlignCenter)
self.gridX.addWidget(self.labans, 8, 0, 1, self.gridX.columnCount())

# Кнопка сброса
self.resbtn = QPushButton('Сброс показаний', clicked=self.reset)
self.gridX.addWidget(self.resbtn, 9, 0, 1, self.gridX.columnCount())

# Функция сброса/отчистки
def reset(self):
    for i in range(4,7):
        self.combo[i].clearData()
    self.combo[4].addItem(codata[4])
    for i in reversed(range(self.gridX.count())):
        self.gridX.itemAt(i).widget().setParent(None)
    nowsize = self.size().width()
    self.adjustSize()
    self.resize(nowsize, self.size().height())

if __name__ == '__main__':
    codata = [0]*7
    names = ['Строительные изделия',
             'Объекты проектирования',
             'Выполняемые функции',
             'Технологические воздействия',
             'Группа свойств',
             'Отдельные свойства',
             'Показатели качества']
    codata[0] = ["Автомобильные дороги",
                "Бетонное полотно",
                "Газобетонные блоки",
                "Сэндвич-панели",
                "Фибробетон"]
    codata[1] = ["Геомембрана",
                "Геосетка",
                "Композитный материал",
                "Нетканое геополотно",
                "Тканое геополотно",
                "Трикотажное полотно"]
    codata[2] = ['Армирование',
                'Гидроизоляция',
                'Дренажное',
                'Защита',
                'Разделение',
                'Фильтрация']
    codata[3] = ['Усиление на растяжение',
                'Усиление на изгиб',
                'Усиление на продавливание',
                'Воздействие влаги',
                'Влияние микроорганизмов']
    codata[4] = ['Назначения',
                'Надежности',

```

```

        'Эксплуатационные',
        'Безопасности',
        'Экологичности']
codata[5] = {'Назначения': ['Сырьевой состав',
                            'Ширина',
                            'Толщина',
                            'Материалоемкость'],
            'Надежности': ['Прочность при растяжении(по длине)',
                            'Прочность при растяжении(по ширине)',
                            'Удлинение(по длине)',
                            'Удлинение(по ширине)',
                            'Прочность при ударе'],
            'Эксплуатационные': ['Водопроницаемость',
                                  'Теплостойкость',
                                  'Морозостойкость'],
            'Безопасности': ['Огнестойкость',
                              'Токсичность'],
            'Экологичности': ['Грибоустойчивость',
                              'Устойчивость к воздействию агрессивных сред',
                              'Устойчивость к воздействию ультрафиолетового
излучения'] }

codata[6] = {'Сырьевой состав': 'Массовая доля различных видов волокон, %',
            'Ширина': 'Ширина, см',
            'Толщина': 'Толщина, см',
            'Материалоемкость': 'поверхностная плотность, г/м2',

            'Прочность при растяжении(по длине)': 'Разрывная нагрузка по
длине, кН/м',
            'Прочность при растяжении(по ширине)': 'Разрывная нагрузка по ши-
рине, кН/м',
            'Удлинение(по длине)': 'Относительное удлинение при разрыве по
длине, %',
            'Удлинение(по ширине)': 'Относительное удлинение при разрыве по
ширине, %',
            'Прочность при ударе': 'Показатель ударной прочности, мм',

            'Водопроницаемость': 'Коэффициент фильтрации в вертикальном (пер-
пендикулярном) и горизонтальном к плоскости, м/сут ',
            'Теплостойкость': 'Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)',
            'Морозостойкость': 'Показатель морозостойкости, %',

            'Огнестойкость': 'Показатель огнестойкости, °С',
            'Токсичность': 'Индекс токсичности, %',

            'Грибоустойчивость': 'Показатель стойкости геосинтетических мате-
риалов к микроорганизмам',
            'Устойчивость к воздействию агрессивных сред': 'Показатель стой-
кости геосинтетических материалов к действию агрессивных сред, %',
            'Устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения': 'Пока-
затель устойчивости геосинтетических материалов к действию ультрафиолетового излу-
чения, %'}

X = {'Массовая доля различных видов волокон, %': [100, 0.21, 0.11, True],
     'Ширина, см': [520, 0.15, 0.11, True],
     'Толщина, см': [2.7, 0.31, 0.11, True],
     'поверхностная плотность, г/м2': [350, 0.33, 0.11, True],

     'Разрывная нагрузка по длине, кН/м': [11, 0.32, 0.19, True],
     'Разрывная нагрузка по ширине, кН/м': [12, 0.29, 0.19, True],
     'Относительное удлинение при разрыве по длине, %': [100, 0.14, 0.19, True],
     'Относительное удлинение при разрыве по ширине, %': [100, 0.12, 0.19, True],
     'Показатель ударной прочности, мм': [16, 0.13, 0.19, True],

```

```

    'Коэффициент фильтрации в вертикальном (перпендикулярном) и горизонталь-
ном к плоскости, м/сут ': [35, 0.5, 0.13, True],
    'Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) ': [0.151, 0.27, 0.13, True],
    'Показатель морозостойкости, %': [90, 0.23, 0.13, True],

    'Показатель огнестойкости, °С': [100, 0.5, 0.27, True],
    'Индекс токсичности, %': [120, 0.5, 0.27, False],

    'Показатель стойкости геосинтетических материалов к микроorganiz-
мам': [1, 0.5, 0.3, True],
    'Показатель стойкости геосинтетических материалов к действию агрессивных
сред, %': [90, 0.27, 0.3, True],
    'Показатель устойчивости геосинтетических материалов к действию ультрафи-
олетового излучения, %': [70, 0.23, 0.3, False]}

app = QApplication(sys.argv)
myApp = MyApp()
app.setStyleSheet('MyApp { background-color: #d8e5c6 } ')
app.setFont(QFont("Times", 10, QFont.Medium))
app.setStyle('Fusion')
myApp.show()

try:
    sys.exit(app.exec_())
except SystemExit:
    print('Close')

```




**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"ТРАКТ"
(ООО "ТРАКТ")**

Адрес: 155041 Ивановская область,
Тейковский р-н,
д. Домотканово, 47, а/я 18
Тел. 8 (49343) 2-15-32
Факс 8 (49343) 2-27-61

Р/сч. 40702810338150000076
Ивановский РФ АО «Россельхозбанк» г.Иваново
К/сч.30101810300000000780 БИК 042406780
ИНН 3704007569, КПП 370401001
e-mail: traktoo@mail.ru

АКТ О ВНЕДРЕНИИ НИР

Настоящий Акт о внедрении НИР подтверждает, что результаты научного исследования доцента кафедры МТСМ ФГБОУ ВО «ИВГПУ» Лысовой М.А., посвященные развитию методологических основ управления качеством при производстве геотекстильных материалов, а именно методика проектирования требуемого уровня качества геотекстильных материалов на основе выполняемых ими функций в строительном изделии используется на предприятии ООО «ТРАКТ».

Предложенная методика позволяет более эффективно оценивать качество геотекстильных материалов, которые широко используются предприятием ООО «ТРАКТ» в процессе выполнения дорожных работ (укладка материала в земляное полотно при ремонте и строительстве всех классов автомобильных дорог).

Генеральный директор
ООО «ТРАКТ»



Шестопалов Е.А.

ООО «Инжиниринговый центр
 текстильной и легкой промышленности»,
 ИНН 3702000166
 ОГРН 1143702030372
 153000, г. Иваново, ул. Пролетарская, 20 - 49
 тел.: +7 (905) 107-69-89
 e-mail: info@ecenter-ntp.ru



УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

ООО «ИЦ ТЛП»

Н.Л. Корнилова Н.Л. Корнилова

«10» _____ 2022 г.



АКТ

приемки научно-исследовательской работы

Настоящий Акт составлен представителем ООО «ИЦ ТЛП» в лице генерального директора Корниловой Н.Л., с одной стороны, и представителем ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ) в лице доцента кафедры «Материаловедения, товароведения, стандартизации и метрология» Лысовой М.А. с другой стороны, в том, что результаты диссертационного исследования в виде методологических основ управления качеством при производстве геотекстильных материалов, оформленные в виде: способа определения перерасхода уточных нитей при изготовлении тканых геосинтетических сеток (Пат. 2633956 РФ, МПК D03D 13/00) и компьютерной программы проектирования качества геотекстильных материалов (Свидетельство №2023612360 от 01.02.2023), прошли апробацию на предприятии ООО «ИЦ ТЛП» (г. Иваново Ивановской области).

Предложенные способ и компьютерная программа по мониторингу технологических процессов ткачества при производстве геосинтетических сеток, позволяет исследовать структуру неравномерности по поверхностной плотности разреженных нетканых материалов. Компьютерная программа, за счет определенных критериев, позволяет автоматизировать процесс контроля качества геосинтетических материалов на всех этапах производственного процесса.

Результаты, полученные Лысовой М.А., рекомендованы для использования в деятельности ООО «ИЦ ТЛП».

От ИВГПУ:
 Доцент кафедры МТСМ
 ФГБОУ ВО «ИВГПУ»

Лысова М.А. Лысова

От ООО «ИЦ ТЛП»
 Зам. генерального директора

Жарова Ю.С. Жарова



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ИВАНОВСКАЯ ОБЛАСТЬ
Общество с ограниченной ответственностью
«РЕМСТРОЙ-Т»

ИНН 3704007495 КПП 371101001
ОГРН 1143704000054
р/сч. 40702810517000019942
ИВАНОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ № 8639
ПАО СБЕРБАНК г. Иваново
К/сч. 30101810000000000608
БИК 042406608

Юридический адрес:
153521, Ивановская область, Ивановский
район, село Ново-Талицы, Авдодоровская
улица, дом 2, офис 301
Тел. +7(4932) 592-295
+7(980) 683-47-91
ooo.remstroy-t@yandex.ru

АКТ
О ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Настоящим Актом удостоверяется, что ООО «РемСтрой-Т» тщательно изучены теоретические и экспериментальные разработки, выполненные доцентом кафедры материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» Лысовой Мариной Александровной.

Для практического применения полученных результатов НИР при оценке и экспертизе качества геосинтетических материалов, используемых в работе на предприятии ООО «РемСтрой-Т», планируется использовать метод определения усилия геосинтетических материалов при их динамическом продавливании. Данный метод позволит учитывать дополнительные параметрические и функциональные характеристики геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.

Применение полученных результатов НИР позволит повысить качество укладки геосинтетических материалов в земляное полотно при ремонте и строительстве автомобильных дорог.

От ИВГПУ:
Доцент кафедры МТСМ
ФГБОУ ВО «ИВГПУ»

 М.А. Лысова

Директор
ООО «РемСтрой-Т»



И.Н. Сахаров



Общество с ограниченной ответственностью

ТехноСтрой

153032, г. Иваново, ул. Станкостроителей, д. 13-Б
 тел: (4932)42-42-20; +7(920)-678-08-33
 E-mail: technostroy37@gmail.com

ИНН 3702540034
 КПП 370201001
 ОГРН 1073702041247
 ОГРН 1073702041247,
 ОКПО 82618860

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО «ТехноСтрой»

Е.С. Телегин

«01» ноября 2022 г.

**АКТ
 ПРИЕМКИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

Настоящий акт составлен представителями ООО «ТехноСтрой» в лице директора Телегина Е.С. с одной стороны, и представителем ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (ИВГПУ) в лице доцента кафедры материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии Лысовой М.А., с другой стороны, в том, что результаты диссертационного исследования по вопросу использования инновационных геотекстильных материалов при эксплуатации строительного оборудования прошли апробацию на ООО «ТехноСтрой».

На основании выполненных исследований рассмотрены различные варианты использования геотекстильных полотен в композиционных текстильных изделиях, предложено новое техническое решение, связанное с применением листового волокнистого теплоизоляционного материала, предназначенного для теплоизоляции сложных элементов теплообменного оборудования.

Результаты исследований, полученные Лысовой М.А., планируются к использованию на предприятии ООО «ТехноСтрой».

От ИВГПУ:
 Доцент кафедры МТСМ

М.А. Лысова

ООО «ТехноСтрой»
 Главный инженер



В.А. Колодин

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего образования
**«Ивановский государственный
 политехнический университет»**
 (ИВГПУ)



Шереметевский пр., д. 21,
 г. Иваново, 153000

Тел.: (4932) 32 85 45 E-mail: rector@ivgpu.ru
 Факс: (4932) 41 21 08 http://www.ivgpu.ru

ОКПО 10704446 ОГРН 1133702011222
 ИНН 3702698511 КПП 370201001

И.О. Д.А. КОСЗ № *8/14*
 На № _____ от _____

СПРАВКА

о внедрении результатов диссертационной работы
 Лысовой Марины Александровны
 на соискание учёной степени доктора технических наук
 по научной специальности

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Результаты диссертационной работы доцента кафедры «Материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии» Лысовой М.А. на тему «Развитие методологических основ управления качеством на этапах производства и потребления геотекстильных материалов» были успешно использованы в научной деятельности Ивановского государственного политехнического университета.

Разработанное Лысовой М.А. методологическое обеспечение: комплексная оценка качества геотекстильных материалов на основе приоритетности групп их показателей качества (группы назначения, надежности, эксплуатационные свойства, безопасности и экологичности); количественная оценка результативности основных направлений (маркетинг, производство, контроль качества продукции, управление персоналом и менеджмент управления) в деятельности промышленного предприятия по производству геотекстильных полотен; компьютерные методы по мониторингу технологических процессов ткачества при производстве геосеток, при исследовании структурной неравномерности по поверхностной плотности разреженных нетканых материалов при оценивании их характеристик в секторальном и радиальном направлениях, при изучении процесса кольматации (загрязнённости) применяемых и функционирующих в строительных объектах нетканых геотекстильных полотен внесло весомый вклад в развитие научного направления кафедры МТСМ «Изучение научных аспектов и практическая разработка информационно управляющих систем, обеспечивающих повышение качества изделий и конкурентоспособности отраслей текстильной и легкой промышленности», активно развивающегося под руководством, д-ра. техн. наук, профессора Матрохина А.Ю.

Результаты диссертационной работы опубликованы в 45 научных работах, в том числе 23 работы в ведущих российских периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, одной монографии и трех учебных пособиях, получены три патента РФ на изобретения и полезную модель, четыре свидетельства на программы для ЭВМ, размещённых в федеральном и отраслевом фондах.

Проректор по науке
 и технологическому предпринимательству
 ФГБОУ ВО «ИВГПУ»



Т.Н. Новосад

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



Почтовый адрес: Шереметевский пр., д. 21,
г. Иваново, 153000

Тел.: (4932) 32 85 45 E-mail: rektor@ivgpu.ru
Факс: (4932) 41 21 08 http://www.ivgpu.ru

ОКПО 10704446 ОГРН 1133702011222
ИНН 3702698511 КПП 370201001

03.04.2023 № 8/к
На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор
по образовательной деятельности
и воспитательной работе
ФГБОУ ВО «ИВГПУ»



СПРАВКА

**о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
ЛЫСОВОЙ Марины Александровны
на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.16 – Технология производства изделий
текстильной и лёгкой промышленности**

Результаты диссертационной работы доцента кафедры материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии Лысовой М.А. на тему «Развитие методологических основ управления качеством на этапах производства и потребления геотекстильных материалов» внедрены в учебный процесс бакалавров и магистров по направлениям:

27.03.02 «Управление качеством», профиль «Управление качеством в производственно-технологических системах»;

27.04.02 «Управление качеством», магистерская программа «Системы качества и бережливое производство».

К основным результатам диссертационной работы, используемым в учебном процессе, относятся следующие: системный анализ и проектирование; функциональное и имитационное моделирование; информационные технологии; методы математической статистики.

Указанные результаты включены в рабочие учебные планы следующих дисциплин:

- Управление качеством и бережливые технологии;
- Средства и методы управления качеством;
- Практика QFD-проектирования процессов и продукции;
- Экономика качества;
- Информационная поддержка жизненного цикла продукции;
- Современные методы оценки качества текстильных материалов;
- Системы качества;
- Статистические методы в управлении качеством;
- Управление процессами.

Начальник УМУ

Директор ИТИМ

Зав. кафедрой МТСМ

Л.В. Дрягина

Н.А. Кулида

А.Ю. Матрохин