

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

САПР В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебное пособие

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов учреждений
высшего образования по специальности «Дизайн костюма и
текстиля»*

Витебск
2026

УДК 677.024.1
ББК 37.23
С17

Рецензенты:

доцент кафедры экономики и информационных технологий
Витебского филиала Международного университета «МИТСО», к.т.н.,
доцент, Е. Г. Замостоцкий;

заведующий кафедрой декоративно-прикладного искусства и
технической графики УО «ВГУ им. П. М. Машерова», к.т.н.,
доцент, Е. С. Милеева

Одобрено кафедрой «Дизайн и мода»
УО «ВГТУ», протокол № 9 от 21.05.2026.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 10 от 17.06.2026.

Самутина, Н. Н.

С17 САПР в легкой промышленности: учебное пособие /
Н. Н. Самутина. – Витебск : УО «ВГТУ», 2026. – 131 с.
ISBN 978-985-481-802-3

Учебное пособие будет полезно для студентов специальности 6-05-0212-01 «Дизайн костюма и текстиля» профилизации «Дизайн текстильных изделий», дизайнеров текстильных изделий, инженеров-технологов и специалистов художественно-технологических профессий, аспирантов и научно-технических работников, специалистов текстильных предприятий, занимающихся изучением технологических процессов ткацкого производства. Эти результаты будут полезны при разработке новых технологических процессов и создании нового ассортимента ремизных и жаккардовых тканей.

УДК 677.024.1
ББК 37.23

ISBN 978-985-481-802-3

© Самутина Н. Н., 2026
© УО «ВГТУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ САПР ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	7
1.1 Организационная и функциональная структура предприятия.....	8
1.2 Основные направления развития и совершенствования САПР.....	10
1.3 Требования, предъявляемые к САПР	13
1.4 Системный подход к автоматизированному проектированию САПР	18
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАННЫМ ПАРАМЕТРАМ ..	24
2.1 Классификация тканей по взаимному расположению нитей.....	24
2.2 Факторы, влияющие на строение ткани	26
2.3 Расчет количественных оценок переплетения ткани	27
2.4 Геометрические характеристики нитей в ткани	29
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ВЫСОТЫ ВОЛНЫ ИЗГИБА НИТЕЙ В ТКАНЯХ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА.....	33
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТКАНИ	44
4.1 Проектирование ткани по заданной поверхностной плотности	49
5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАБОТКИ НИТЕЙ В ТКАНЯХ	52
6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛУТОРОСЛОЙНЫХ И ДВУХСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ.....	55
7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАННОЙ ТОЛЩИНЕ	63
8 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ	69
8.1 Зарубежные САПР для проектирования ткацких рисунков	69
8.2 Программное обеспечение ArahWeave.....	73
8.3 Программное обеспечение WeavePoint	76
8.4 Программное обеспечение TexGen.....	80
8.5 Программное обеспечение WeaveMaker	81
8.6 Программное обеспечение EAT Design Scope Victor	83
8.7 Программное обеспечение Penelope Dobby CAD.....	90

8.8 САПР текстильного производства	94
8.9 САПР переплетений тканей.....	96
8.10 Программное обеспечение УО «ВГТУ».....	102
8.10.1 Программное обеспечение для проектирования ремизных тканей однослойного строения.....	102
8.10.2 Программный продукт для автоматизированного проектирования полутораслойных тканей «RemiS1.5»	108
8.10.3 Программное обеспечение для автоматизации проектирования цветовых и ткацких эффектов основного гобелена и выравнивания значений уработок нитей основы.....	114
8.10.4 Программное обеспечение для проектирования репсовых тканей	118
8.10.5 Программное обеспечение для автоматизации заправочного расчета «Zap_raschet» и «Jakkard»	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	126
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	127

ВВЕДЕНИЕ

Современное ткацкое производство требует тесного сочетания художественно-конструкторских решений с точными технологическими расчётами и цифровыми инструментами проектирования. Для успешного вывода на рынок новых текстильных изделий необходимо не только творческое видение, но и возможность быстро и корректно переводить его в технологические параметры, пригодные для промышленного производства. В таких условиях ключевую роль играют программные средства, обеспечивающие сквозную связь между идеей и её реализацией на оборудовании.

САПР тканей выступает мостом между концепцией ткани как структурного объекта и её промышленным воплощением: от подбора волокон и нитей до построения переплетений, расчёта плотности и подготовки управляющих данных для ткацких станков. Системы автоматизированного проектирования позволяют формировать коллекции и прототипы тканей в цифровом виде, что даёт возможность тестировать варианты без затрат производственных мощностей и сырья. Это ускоряет принятие решений и снижает риски при выводе новых образцов.

Цифровая трансформация методов проектирования обусловлена необходимостью расширения ассортимента, повышения потребительских свойств и совершенствования художественно-колористического оформления изделий. Внедрение современных инженерных подходов и высокоэффективных САПР сокращает сроки разработки и подготовки к выпуску продукции, повышает экономичность и ресурсосбережение производства. Чем шире набор программных инструментов у технического персонала, тем больше инженерных задач можно автоматизировать, что снижает трудозатраты и минимизирует человеческие ошибки благодаря тому, что способствует более быстрому принятию решений.

Автоматизированные системы получают исходные данные от датчиков и пультов на технологическом оборудовании, с рабочих станций служб ткацкого производства и из массивов нормативно-справочной информации, хранящихся в центральной базе. На основе этих данных формируются управляющие программы и расчёты, которые могут быть напрямую применены на электронно-управляемых механизмах. Такая интеграция повышает производительность, сокращает простои станков и потери рабочего времени, а также снижает концевые остатки при сопряжении длины нити на сновальном валике и ткацком навое, а результатом быстрой реакции на останов оборудования в результате обрыва или сбоя, настройки

оборудования является улучшение качества основы на сновальном валике и качества ткани на товарном валике.

В учебной и производственной практике уже сформированы курсы по автоматизированному проектированию текстильных материалов и моделированию технологических процессов, что подтверждает актуальность темы. Обучение включает цифровое моделирование переплетений, визуализацию рисунков и расчёт параметров ткани с использованием специализированных программных средств. Это формирует у студентов и специалистов ключевые компетенции, необходимые для работы в современных текстильных производствах.

В данном пособии сделан акцент на проектировании структуры ткани и цифровой подготовке технологических процессов ткацкого производства: моделирование переплетений, анализ механических и визуальных свойств, оптимизация параметров утка и основы подготовки к производству на автоматизированных ткацких станках. Целевая аудитория: студенты специальности 6-05-0212-01 «Дизайн костюма и текстиля» профилизации «Дизайн текстильных изделий», дизайнеры текстильных изделий, инженеры-технологи и специалисты художественно-технологических профессий. Ключевые компетенции: цифровое моделирование переплетений; использование программ для визуализации и расчёта параметров ткани; подготовка заправочных параметров для ткацкого оборудования.

Внедрение автоматизации в приготовительное и ткацкое производство повышает оперативность и эффективность производства, улучшает качество суровой и готовой ткани, способствует присвоению ей первого сорта, а также снижает материальные и временные затраты для принятия управленческих решений. Для предприятий целесообразно поэтапно интегрировать САПР-решения, начиная с цифрового прототипирования и моделирования переплетений, затем переходя к автоматизированной подготовке управляющих программ для имеющегося в наличии оборудования. Важно также инвестировать в обучение персонала и в создание и обновление единой базы в рамках предприятия нормативно-справочной информации, что обеспечит устойчивую работу систем и быструю адаптацию к новым задачам.

Комплексное применение художественно-конструкторских подходов и современных САПР-технологий делает ткацкое производство более гибким, экономичным и инновационным. Цифровая подготовка и моделирование позволяют не только ускорить цикл разработки и выпуска тканей, но и повысить их качество и конкурентоспособность на рынке, сохраняя при этом ресурсы предприятия.

1 ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ САПР ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Система автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с подразделениями или коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющих автоматизированное проектирование. Создание и разработка САПР – одно из главных направлений научно-технического процесса. Так как количество вновь разрабатываемых отраслями промышленности изделий удваивается каждые 15 лет, а их сложность каждые 10 лет, то требования к сроку и качеству их проектирования непрерывно растут.

САПР объединяет: технические средства, математическое обеспечение, программное обеспечение, методическое обеспечение, информационное обеспечение, лингвистическое обеспечение, организационное обеспечение, параметры и характеристики которых выбирают с максимальным учетом особенностей задач проектирования и конструирования.

Современную производственную деятельность невозможно себе представить без использования информационных технологий и прикладных программ. Информационные технологии в производстве реализуются в виде некоторой автоматизированной системы управления (АСУ).

Цель применения САПР в промышленности – повышение эффективности производства за счет его автоматизации на основе современных средств вычислительной техники.

Применение информационных технологий в организационном управлении, то есть в подготовке и принятии управленческих решений, поиск интенсивных технологий обработки информации приводит к мысли избавления от «бумажной» технологии и переходу к технологии «безбумажной». Смысл этого перехода состоит не в том, чтобы уничтожить все бумажные документы и заменить их на электронные. Смысл перехода в том, чтобы выделить из управленческой деятельности те звенья, узлы, точки, где человек участвует на уровне рутинного счетчика, и поручить эту работу вычислительному устройству.

Реализация достижений в области автоматизации и вычислительной техники рассматривается как важное средство интенсификации производства, повышения производительности труда и качества продукции.

Функционирование инженерных служб состоит из ряда последовательных этапов, которые заключаются в объемных расчетах и нахождении наиболее оптимального варианта. На большинстве предприятий текстильной промышленности расчет функционирования

инженерных служб производится без использования ЭВМ. Это в значительной степени увеличивает время проектирования и вероятность ошибок в расчетах. Функциональные возможности и эффективность использования автоматизированных систем управления непосредственно зависят от всестороннего изучения и анализа производства в ходе создания автоматизированных систем управления. Также зависит от адаптации под цели и задачи определенного производства, вид сырья, линейные плотности, физико-механические показатели, колористическую гамму и других факторов.

1.1 Организационная и функциональная структура предприятия

На способность предприятия адаптироваться к изменениям внешней среды влияет то, как организован процесс принятия решений на предприятии, как построена структура управления. Организационная структура предприятия – это совокупность звеньев (структурных подразделений) и взаимосвязей между ними.

Организационная структура текстильного предприятия – это упорядоченная совокупность устойчивых элементов, обеспечивающих функционирование предприятия как единое целое. Включает в себя:

- элементы (работники, службы, органы управления);
- связи (иерархия подчинения);
- уровни (может быть одно и двухуровневая, верхние звенья – руководство, нижние – подчиненные).

Ключевое понимание структуры может зависеть от состава и соотношения внутренних звеньев: цехов, отделов, лабораторий.

Существуют линейные связи (внутри подразделения) и функциональные связи (между подразделениями, которые обеспечивают работу всего комплекса в целом).

Любое предприятие характеризуется сложными организационной (перечень подразделений и связи между ними) и функциональной структурами. Организационная структура зависит от многих факторов: правовой формы, масштабов, используемых технологий, способа и формы подчинения и доведения управленческих решений и др. Процесс её создания включает разделение на подразделения и определение взаимоотношений полномочий через делегирование.

Выбор организационной структуры зависит от таких факторов, как:

- организационно-правовая форма предприятия;
- сфера деятельности (тип выпускаемой продукции, ее номенклатура и ассортимент);
- масштабы предприятия (объем производства, численность персонала);

- рынки, на которые выходит предприятие в процессе хозяйственной деятельности;
- используемые технологии;
- информационные потоки внутри и вне;
- степень относительной обеспеченности ресурсами и др.
- уровни взаимодействия: организации с внешней средой; подразделений организации; организации с людьми.

Структура текстильного предприятия обычно включает прядильную, ткацкую, отделочную и швейную фабрики. Функциональная структура подразумевает специализацию по функциям: производство, маркетинг, финансы и т. д. В неё входят:

- цеха основного производства (заготовительные, обрабатывающие, сборочные);
- цеха вспомогательного производства (инструментальный, энергетические службы, транспортный цех и др.);
- службы технического управления (отделы главного конструктора и технолога);
- службы экономико-финансового управления (планово-экономический отдел, бухгалтерия);
- службы планово-диспетчерского управления (ПДО);
- службы административно-хозяйственного управления (отдел кадров, хозяйственные службы).

Предприятие возглавляет директор или генеральный директор, которому подчиняются руководители ключевых служб и начальники цехов.

Организационная структура регулирует: разделение задач по отделениям и подразделениям; их компетентность в решении определенных узкоспециализированных задач; общее взаимодействие этих элементов. Тем самым предприятие создается как иерархическая структура. При дальнейшем усложнении производства возникает необходимость специализации работников, участков, отделов цехов и т. д., формируется функциональная структура управления. Распределение работ происходит по функциям. Присутствуют вертикальные и межуровневые связи. Здесь имеет место вертикаль: руководитель – функциональные руководители (производство, маркетинг, финансы) – исполнители.

Цеха основного производства можно разделить на заготовительные, обрабатывающие, сборочные. Они участвуют в производстве основной продукции предприятия как готовой, так и полуфабрикатов.

Цеха вспомогательного производства производят продукцию, необходимую для обеспечения основного производственного процесса. производят продукцию, необходимую для обеспечения основного производственного процесса. К ним относятся: инструментальный цех;

службы главного механика и главного энергетика, обеспечивающие энергоснабжением предприятия (электроэнергией, сжатым воздухом, паром и т. д.); складское хозяйство; транспортный цех и др.

Службы технического управления обеспечивают техническую подготовку производства. К ним относятся: отдел главного конструктора, отдел главного технолога, обеспечивают производственный процесс соответственно технической и технологической документацией. Эти отделы обычно подчиняются главному инженеру предприятия.

Службы экономико-финансового управления обеспечивают долгосрочное планирование деятельности предприятия (менеджмент), сбыт и реализацию готовой продукции (маркетинг). Ядро этой службы составляет планово-экономический отдел, возглавляемый главным экономистом предприятия. В последние годы к службе экономико-финансового управления часто относят также бухгалтерию.

Службы планово-диспетчерского управления обеспечивают оперативное (краткосрочное) планирование работы основных и вспомогательных цехов, учет незавершенного производства и готовой продукции, материально-техническое обеспечение производственного процесса. Ядром этой службы является планово-диспетчерский отдел (ПДО), возглавляемый главным специалистом отдела.

Службы административно-хозяйственного управления решают вопросы труда и заработной платы сотрудников предприятия, обеспечивают учет и подготовку кадров (отдел кадров), хозяйственную деятельность предприятия (отдел капитального строительства, жилищно-коммунальный отдел, столовая, поликлиника и др.).

Предприятие возглавляет директор (генеральный директор), его заместителями обычно являются руководители служб управления: технический директор (главный инженер), зам. директора по экономике (главный экономист), зам. директора по производству (главный диспетчер), зам. директора по административно-хозяйственной деятельности.

1.2 Основные направления развития и совершенствования САПР

Основными направлениями развития и совершенствования САПР являются:

- интеллектуализация: внедрение экспертных систем для использования опыта специалистов, генерации вариантов решений и повышения квалификации проектировщиков;
- интеграция: объединение всех стадий разработки проекта в единую информационную систему;

- индивидуализация: оснащение рабочего места проектировщика высокопроизводительным персональным компьютером с индивидуальным программным обеспечением для максимальной эффективности.

Автоматизированное проектирование тканей базируется на научных основах и обеспечивает высокое качество документации, обоснованность решений, минимальные затраты на смену ассортимента.

История создания и развития САПР короче, чем история эволюции ЭВМ. Трудно назвать область человеческой деятельности, которая развивалась бы так быстро. В развитии САПР условно можно выделить четыре ключевых периода:

- 1950–1960-е гг.: теоретические исследования возможности применения компьютера в конструкторских задачах.

- 1960–1970-е гг.: разработка первых алгоритмов и программ для отдельных этапов проектирования.

- 1970–1990-е гг.: создание и совершенствование комплексных САПР. Внедрение привело к многократному сокращению сроков проектирования, уменьшению числа опытных образцов, экономии сырья и улучшению условий труда.

- Начало XXI века: разработка гибких, универсальных и интегрированных систем, применимых в различных отраслях промышленности.

Поколения САПР и их особенности:

- первое поколение: решали отдельные, не связанные между собой технологические задачи;

- второе поколение: появились небольшие, но информационно связанные системы, использовавшие многоуровневый иерархический метод. Недостатком была узкая специализация;

- третье поколение: чёткое разделение информационного и программного обеспечения, что позволило унифицировать САПР;

- четвёртое поколение: гибкость, интеграция, универсальность и применение в любых отраслях.

Основные направления развития и совершенствования САПР текстильных предприятий направлены на создание интеллектуальных, гибких и полностью интегрированных производственных экосистем. Эти тренды определяют будущее цифрового проектирования в отрасли.

1. Интеллектуализация и использование искусственного интеллекта (ИИ):

- внедрение экспертных систем и ИИ, когда алгоритмы машинного обучения анализируют базы данных исторических проектов, свойств сырья и результатов испытаний. Это позволяет системе автоматически предлагать оптимальные параметры для новой ткани по заданным свойствам (прочность, драпируемость, стоимость); прогнозировать и выявлять потенциальные дефекты (например,

образование затяжек или полосность) на этапе виртуального моделирования; создавать новые дизайнерские паттерны и текстуры с помощью генеративных алгоритмов;

– цифровая оптимизация технологического процесса выработки ткани, что позволяет проводить виртуальное прогнозирование свойств ткани и оптимизацию режимов работы станка; в реальном времени корректировать процесс на основе данных с датчиков с физического оборудования.

2. Использование систем CAE (Computer-Aided Engineering), системы инженерного анализа для точного расчета свойств и САМ (Computer-Aided Manufacturing), автоматической генерации управляющих программ для всего парка оборудования (жаккардовых машин, бесчелночных станков), а также систем ERP/MES планирования ресурсов и управления производством. Данные о новом изделии (расход сырья, время производства) автоматически передаются для формирования заказов, калькуляции и планирования загрузки цехов.

3. Развитие облачных технологий. Это позволяет сократить капитальные затраты на IT-инфраструктуру и обеспечить удаленный доступ для дизайнеров, технологов и заказчиков к одному проекту, упростить коллаборацию и согласование в режиме реального времени, автоматически получать обновления и новые функции.

4. Расширение возможностей 3D-моделирования и симуляции. Гиперреалистичная визуализация 3D-моделей тканей и готовых изделий с точным учетом физических свойств материала (растяжение, драпировка, взаимодействие со светом), системы виртуальной примерки и прототипирования, что позволит оценить коллекцию без пошива физических образцов, сокращая время и затраты на разработку. Использование AR/VR технологии дополненной и виртуальной реальности для интерактивной работы с 3D-моделями тканей или обучения персонала.

Современное развитие САПР текстильных предприятий движется от автоматизации отдельных задач к созданию единого цифрового жизненного цикла изделия PLM (Product Lifecycle Management). Будущее за интеллектуальными системами, которые не только помогают создавать новый продукт, но и управляют всеми связанными данными, процессами и ресурсами, обеспечивая беспрецедентную скорость, эффективность и способность адаптировать продукт в условиях быстро меняющегося рынка.

1.3 Требования, предъявляемые к САПР

К системам предъявляются комплексные требования: возможность использования на всех стадиях проекта, экономическая эффективность, удобство интерфейса, наличие диагностики, универсальность, открытость, сопровождаемость, мобильность, возможность сохранения результатов, конфиденциальность и контроль авторских прав.

К САПР тканей (CAD-системам для текстиля) предъявляется комплекс требований, обеспечивающих их эффективность, рентабельность и удобство использования в современных производственных условиях. Эти требования можно разделить на несколько ключевых групп:

- 1) функциональные (технологические) требования:
 - создание и редактирование переплетений, возможность генерировать и модифицировать любые виды переплетений (простые, производные, жаккардовые, многослойные) с заданием раппорта;
 - разработка цветных и фактурных рисунков, наличие инструментов для работы с растровой и векторной графикой, создания раппортов, колорирования, точного позиционирования узора;
 - расчет конструктивных параметров: линейной плотности нитей основы и утка, плотности по основе и утку, уработки нитей, поверхностной плотности (г/м^2), толщины ткани, поверхностного заполнения;
 - 3D-визуализация и симуляция свойств, возможность реалистичного 3D-отображения ткани с учетом драпировки, фактуры и цвета. Прогнозирование физико-механических свойств (прочность, воздухопроницаемость) на основе математических моделей;
 - формирование технической документации;
- 2) технические и эксплуатационные требования:
 - производительность и надежность, быстрая обработка сложных и больших файлов изображений, стабильная работа без сбоев;
 - совместимость и открытость, поддержка распространенных графических и обменных форматов, возможность интеграции с внешними базами данных и другими системами. Наличие открытого API для разработки собственных модулей;
 - масштабируемость, возможность наращивания функционала и рабочих мест в зависимости от нужд предприятия;
 - адаптивность к разным типам тканей от простых суровых тканей до сложных жаккардовых, ворсовых, технических и многослойных материалов;
 - обеспечение передачи данных в электронном виде от дизайнера к оборудованию (подготовка управляющих файлов для жаккардовых машин, станков);

3) эргономические и пользовательские требования:

- интуитивно понятный интерфейс, логичная структура, удобная навигация, минимальная необходимость в длительном обучении. Учет специфики работы как дизайнера, так и технолога;
- настраиваемость рабочего пространства, возможность персонализации панелей инструментов, создания и сохранения пользовательских шаблонов, библиотек;
- сопроводительная и справочная информация, наличие встроенных подсказок, справочников по стандартам (линейные плотности, типовые переплетения), средств диагностики ошибок;

4) экономические и организационные требования:

- эффективность и окупаемость, сокращение времени на разработку новой ткани, минимизация затрат на дорогостоящие опытные образцы и сырье за счет точного виртуального прототипирования;
- наличие технической поддержки от разработчика, регулярные обновления, возможность дообучения персонала;
- гибкость лицензирования, предоставление различных моделей лицензий в зависимости от бюджета и размера предприятия;

5) специфические отраслевые требования для текстиля:

- работа с цветом и калибровка, точное управление цветом (поддержка систем типа Pantone), возможность калибровки под конкретное оборудование для минимизации расхождений между экраном и полученным образцом;
- учет свойств сырья, интеграция с базами данных по пряже (волокнистый состав, крутка, толщина, цветовые номера), учет усадки и уработки;
- подготовка данных для конкретного оборудования, генерация управляющих файлов в специфичных форматах для различных производителей ткацких станков.

Современная САПР тканей должна быть не просто графическим редактором, а интегрированной экспертной средой, которая объединяет творческую идею, инженерный расчет и технологическую подготовку, обеспечивая максимальную скорость, качество и рентабельность при выводе новой продукции на рынок.

Системный подход к автоматизированному проектированию включает:

- формулировку задачи;
- построение модели и структуры задачи.

Для создания САПР текстильного предприятия необходим анализ алгоритма проектирования тканей, технологии и расчёта технико-экономических показателей. Этапы проектирования включают пункты.

Подготовительно-аналитический этап. На этом этапе происходит: определение назначения и требований к ткани, анализ будущих условий эксплуатации (одежда, интерьер, технические цели), желаемых свойств

(прочность, воздухопроницаемость, драпируемость, внешний вид) и технического задания, выбор и обоснование сырьевого состава, определение типа волокон (натуральные, химические, смеси), их свойств и линейной плотности (толщины) пряжи для основы и утка, исходя из целевых характеристик ткани, выбор метода проектирования, определение подхода (расчетный, экспериментально-статистический, компьютерное моделирование) для достижения оптимального результата.

Конструкторско-расчетный этап. На этом этапе происходит проектирование переплетения, выбор вида переплетения (простое, сложное, комбинированное, многослойное), которое определяет рисунок лицевой стороны, структуру и многие физико-механические свойства ткани, расчет параметров строения, определение плотности: расчет количества нитей на единицу длины по основе и утку, расчет уработки нитей: учет укорочения нитей при их изгибе в процессе ткачества, определение толщины и массы ткани (поверхностной плотности), расчет диаметров нитей и высоты волны изгиба для точного моделирования геометрии, разработка и утверждение паспорта (спецификации) ткани. Определяется документ, фиксирующий все запроектированные параметры: сырье, линейную плотность пряжи, плотность, переплетение, ширину, расчетную массу и др.

Технологический этап. Происходит проектирование технологического процесса выработки, разработка режимов и операций для всех стадий производства: приготовления пряжи, снования, шлихтования, проборки в ламели, ремизки и бердо, непосредственного ткачества, выбор и обоснование технологического оборудования, подбор типа ткацкого станка (челночный, бесчелночный, жаккардовый) и вспомогательного оборудования в соответствии с запроектированной тканью, расчет паковок и планирование процессов, определение размеров намотки пряжи на бобины, шпули и навое для обеспечения бесперебойной работы оборудования.

Оценочно-оптимизационный этап. На этом этапе происходит изготовление опытного образца и проведение испытаний, выработка пробного метража на станке и лабораторные тесты на соответствие заявленным свойствам (прочность, износостойкость, усадка, окрашиваемость и т. д.), корректировка проекта, внесение изменений в параметры ткани или технологии на основе результатов испытаний опытного образца для достижения оптимального качества.

Экономический этап. Тут проводят расчет технико-экономических показателей, определение норм расхода сырья, выхода продукции, производительности оборудования, себестоимости и трудоемкости производства, разработку рабочей технической документации, создание окончательных карт проборки, заправки, технологических инструкций

для запуска ткани в промышленное производство, внедрение в производство. Запуск серийного или массового выпуска новой ткани.

Современный подход предполагает выполнение большинства расчетных и моделирующих этапов с использованием САПР тканей (CAD-систем), что позволяет быстро разработать множество вариантов, визуализировать внешний вид ткани в 3D, спрогнозировать свойства, выполнить анализ разработанных вариантов, определить наиболее оптимальные для подработки опытных образцов и минимизировать затраты на их производство.

Функции САПР – выполнять автоматизацию на всех этапах производства или на отдельных этапах, так как неправильный расчет может нанести вред предприятию. Основной функцией САПР является выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных этапах проектирования объектов и их составных элементов.

Функции САПР:

1. Для проектирования тканей:

- создание и моделирование переплетений, создание и визуализация любых видов переплетений (простых, сложных, жаккардовых, многослойных) в цифровом виде. Возможность быстрого перебора вариантов;

- создание и редактирование рисунков (раппортов), разработка цветных и фактурных орнаментов, включая работу с растровой и векторной графикой. Точное позиционирование рисунка на фоне ткани;

- расчет параметров строения ткани, автоматизированное определение ключевых показателей: линейной плотности нитей основы и утка; плотности по основе и утку; уработки нитей в ткани; поверхностной плотности (массы) ткани; толщины и заполнения ткани;

- прогнозирование свойств, математическое моделирование и прогноз физико-механических (прочность, растяжимость, износостойкость) и эксплуатационных (воздухопроницаемость, драпируемость) свойств ткани на основе введенных параметров;

- 3D-визуализация и симуляция, создание фотореалистичного 3D-изображения ткани с учетом свойств пряжи, переплетения, цвета и фактуры. Позволяет оценить внешний вид и драпировку до производства опытного образца;

- формирование технической документации, автоматическая генерация паспорта ткани, спецификаций, карт проборки и заправки станка.

2. Для ткацкого производства:

- разработка и оптимизация заправочных данных, создание цифровых схем проборки нитей основы в ламели, ремизки и в зубья берда для конкретного ткацкого оборудования;

- подготовка управляющих программ для ткацких станков, генерация файлов (например, для жаккардовых машин или современных

бесчелночных станков), которые напрямую загружаются в контроллеры, задавая очередность подъема и опускания нитей основы и структуру ткани;

- планирование раскладки утка, для многоцветных тканей – оптимизация последовательности смены уточных нитей разного цвета для минимизации отходов;

- расчет и оптимизация расхода сырья, определение необходимого количества пряжи каждого типа и цвета для выполнения заказа, минимизация неизрасходованных остатков;

- виртуальное прототипирование и отладка технологии, моделирование процесса выработки ткани на виртуальном станке для выявления и устранения потенциальных дефектов или технических конфликтов до запуска в цех.

3. Для управления:

- управление базами данных, создание и ведение библиотек сырья (пряжи), переплетений, цветов, готовых моделей тканей и рецептов красителей и растворов для шлихтования для быстрого повторного использования;

- совместимость с системами более высокого уровня для сквозного управления заказами, складом и производством;

- организация безбумажного документооборота.

Реализация САПР ткацкого производства должна обеспечить:

- рациональное распределение функций между человеком (творческие задачи) и ЭВМ (формализованные алгоритмы);

- составление алгоритма из отдельных специализированных программ;

- выбор современного, доступного и эффективного программного обеспечения;

- разработку алгоритма автоматизации на основе методов проектирования тканей;

- многовариантность проектирования для выбора оптимального решения;

- создание общей управляемой базы данных со справочной информацией;

- организацию «безбумажного» процесса обработки и хранения информации с фиксацией на бумаге только окончательных решений.

1.4 Системный подход к автоматизированному проектированию САПР

Быстротечность моды диктует резкое сокращение сроков разработки продукции от идеи до промышленной серии. Необходимость совершенствования ассортимента, повышения качества и художественно-колористического оформления текстильных материалов требует изменения и совершенствования методов и приемов проектирования. Решение данной проблемы обеспечивается путем создания и применения высокоэффективных САПР (систем автоматизированного проектирования рисунков).

Задачи САПР текстильных материалов можно разделить на конструкторские и технологические. Также их можно классифицировать следующим образом:

- 1) проектирование и/или оптимизация заправочных расчетов;
- 2) проектирование переплетений и параметров строения тканей;
- 3) проектирование и/или оптимизация технологических процессов ткацкого производства;
- 4) проектирование и/или оптимизация производственной программы;
- 5) рациональная расстановка оборудования и оптимизация маршрутов обслуживания многостаночников;
- 6) планирование ремонтных работ.

Для обеспечения этих задач необходимо освоение следующих видов обеспечения САПР: методическое; техническое; программное; математическое; информационное; лингвистическое; организационное.

Технологический режим – составная часть технологических операций, образующих технологический процесс. При проектировании технологических процессов решают следующие задачи: расчет параметров ткани, определение совокупности технологических переходов, выбор вариантов оборудования, расчет сопряженности оборудования и паковок, определение и расчет грузопотоков. При проектировании технологических режимов рассчитывают и выбирают параметры работы технологического оборудования, необходимые для переработки нитей и пряжи, и получения ткани требуемого потребительского качества при оптимальных технико-экономических показателях. Эта задача выполняется технологом постоянно, автоматизация ее решения осуществляется в первую очередь.

Методы, используемые для проектирования технологических режимов:

– метод, основанный на изучении и обобщении опыта переработки нитей и производства тканей разных видов на различных типах станков (наиболее трудоёмкий, проводится на основе анализа информации о

технологических параметрах и его технико-экономических показателях, полученных с предприятий);

- эмпирический метод, основанный на проведении эксперимента на действующем оборудовании (имеет ограниченное число параметров, при увеличении которых будет резкий рост длительности проведения эксперимента);

- аналитический метод, основанный на выполнении расчетов некоторых параметров (обладает большей, чем при первом методе, объективностью, но не позволяет рассчитать большое число параметров с учетом их взаимосвязей);

- метод машинного проектирования (перспективен, информативен, имеет объективные результаты, использует системы автоматизированного проектирования).

Различают физическое и математическое моделирование. При физическом моделировании вместо реального объекта исследуют какую-либо систему, являющуюся аналогом объекта, и определяют пути ее совершенствования. При математическом (символьном) моделировании характеристики проектируемого объекта заменяют математическими величинами, а их взаимосвязь выражают математическими зависимостями.

Автоматизированная система дессинатора (АСД) обеспечивает представление результатов с помощью ЭВМ в требуемой форме, а также реализацию целого ряда функций по формированию документов, необходимых для производства.

Общая схема процесса представлена в виде следующих блоков: выбор исходной информации по поисковому предписанию; просмотр, корректировка, обработка выходной информации в диалоговом режиме; сохранение промежуточных значений для дальнейшей работы, вывод информации на печать. На этапе поиска информации формируются исходные предпосылки для разработки структуры ткани, а на этапе проектирования – выбор метода проектирования, сырья, переплетения, расчет параметров ткани. Поэтому проектирование ткани – один из основных этапов автоматизации.

Автоматизированное рабочее место дессинатора (АРМД) способствует ускоренному обновлению ассортимента тканей, качественному выполнению разработок, многовариантных расчетов и построений в короткие сроки, использованию опыта других специалистов.

Основными параметрами строения ткани являются: вид переплетения, плотность основных и уточных нитей в ткани. Дессинатор или технолог ткацкого производства готовит задание на проектирование, которое содержит следующие компоненты исходных данных: вид сырья, требуемые свойства, переплетение, тип оборудования.

Этапы решения проектной задачи включают в себя:

- 1) постановку задачи проектирования ткани с заданными техническими характеристиками и возможными их отклонениями от заданных значений;
- 2) разработку иерархической структуры задачи;
- 3) разработку математической модели;
- 4) разработку программ для ЭВМ;
- 5) отладку программ;
- 6) проведение тестовых расчетов, позволяющих проверить работоспособность программы;
- 7) выполнение программы;
- 8) анализ результатов расчета.

Анализ перечисленных этапов показывает, что первые три из них выполняет специалист предметной области, для которой разрабатывается САПР.

Для создания САПР текстильного предприятия, обеспечивающую системный подход и максимальный учет особенностей ткацкого производства, был проведен анализ алгоритма проектирования тканей, технологии и расчета технико-экономических показателей внедрения нового ассортимента тканей, который включает следующие этапы проектирования:

- выбор и обоснование сырьевого состава ткани;
- выбор метода проектирования ткани;
- проектирование ткани;
- технический расчёт тканей;
- проектирование технологического режима выработки ткани;
- выбор и обоснование технологического оборудования;
- расчёт паковок по всем переходам ткацкого производства;
- расчёт количества отходов (угаров) по переходам ткацкого производства;
- расчёт плановых остановов технологического оборудования по всем переходам;
- расчет производственной программы;
- оценка типа производственных зданий;
- разработка оптимальной схемы расстановки оборудования на производственных площадях;
- расчёт основных параметров транспортной системы и количества единиц этой системы;
- план по труду и заработной плате;
- баланс пряжи для всех артикулов тканей в ткацком производстве;
- расчёт себестоимости продукции;
- расчет технико-экономических показателей при внедрении нового ассортимента тканей.

Исходя из алгоритма разработки САПР текстильного предприятия и анализа основных функций САПР и его основных характеристик необходимо продумать:

- 1) алгоритм и математический аппарат;
- 2) отдельные программы, имеющие разные цели и функции;
- 3) современное программное обеспечение и язык программирования, доступный для анализа промежуточных расчетов и результатов;
- 4) методы проектирования тканей и алгоритм автоматизации;
- 5) возможность выбора оптимального решения поставленной задачи;
- 6) общую управляемую базу данных, содержащую систематизированную справочную информацию;
- 7) фиксирование информации в форме окончательного решения на бумаге и промежуточных расчетов на экране монитора.

Наиболее сложным этапом создания САПР тканей является разработка алгоритма автоматизированного метода проектирования по выбранному показателю строения ткани. В качестве программного обеспечения используется математический пакет MathCAD. MathCad – программное средство, среда для выполнения на компьютере разнообразных математических и технических расчетов, предоставляющая пользователю инструменты для работы с формулами, числами, графиками и текстами, снабженная простым в освоении графическим интерфейсом. Под графическим интерфейсом понимается совокупность способов взаимодействия пользователя с программой с помощью пиктограмм, диалоговых окон, меню и других инструментов, расположенных на экране. Чрезвычайная простота интерфейса MathCad сделала его одним из самых популярных и безусловно самым распространенным математическим пакетом.

Записав в привычной форме математическое выражение можно выполнить с ним самые разнообразные символьные или численные математические операции: вычислить значение, выполнить алгебраические преобразования, решить уравнение, продифференцировать, построить график и т. п.

Программная оболочка MathCad имеет следующие достоинства:

- позволяет выполнять в компьютере разнообразные математические и технические расчеты;
- наглядно представлять данные в виде диаграмм и графиков;
- вводить и редактировать тексты, как в текстовом процессоре;
- осуществлять импорт-экспорт, обмен данными с другими программами;
- обеспечивает простоту выполнения всевозможных операций;
- математические выражения на экране имеют точно такой вид как в книге.

Для более комфортного и наглядного для проектировщика представления о процедуре проектирования, алгоритм проектирования ткани на ЭВМ сопровождается подробным описанием всех процедур проектирования. В настоящее время широкое применение в научных кругах нашли следующие методы проектирования:

однослойных тканей:

- по поверхностной плотности;
- по толщине;
- по пористости;
- по прочности на разрыв;
- по степени заполнения и прочности;
- по порядку фазы строения;
- по коэффициенту наполнения;

полутораслойных тканей с дополнительной основой или утком:

- по поверхностной плотности;

двухслойных тканей:

- по поверхностной плотности.

Надо отметить, что разработанные методы проектирования тканей не все автоматизированы, а если и автоматизированы, то с использованием различного программного обеспечения, что затрудняет использование этих методов проектирования тканей в производстве. Кроме того, на производстве низкая степень использования методов проектирования тканей объясняется еще и тем, что проектирование тканей сопровождается большими объемами трудоемких расчетов, а при выборе неоптимального варианта проектирования ткани приводит к многочисленным ошибкам и требует значительных материальных и временных затрат.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение системе автоматизированного проектирования (САПР). Какие компоненты она объединяет?
2. Каковы были исторические предпосылки и ключевые периоды в развитии САПР в целом?
3. Опишите типичную организационную и функциональную структуру текстильного предприятия. Какие основные подразделения в неё входят и какова их роль?
4. Назовите основные направления (тренды) развития и совершенствования современных САПР для текстильной промышленности.
5. Какие ключевые группы требований предъявляются к САПР тканей (CAD-системам)? Приведите примеры требований из каждой группы.

6. Перечислите основные этапы традиционного процесса проектирования новой ткани. На каких этапах современные САПР оказывают наиболее существенную поддержку?

7. Какие основные функции может выполнять САПР в контексте проектирования тканей и организации ткацкого производства?

8. Что понимается под «системным подходом» к автоматизированному проектированию в текстильной отрасли? Какие задачи САПР текстильных материалов он охватывает?

9. Какие методы используются для проектирования технологических режимов в текстильном производстве? Опишите их преимущества и недостатки.

10. Что представляет собой автоматизированное рабочее место дессинатора (АРМД) и какова его роль в производственном цикле?

11. Каковы основные этапы решения проектной задачи при создании САПР?

12. Назовите основные параметры строения ткани, которые являются ключевыми при проектировании.

13. Почему разработка алгоритма автоматизированного проектирования считается наиболее сложным этапом создания САПР?

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАНЫМ ПАРАМЕТРАМ

2.1 Классификация тканей по взаимному расположению нитей

Одним из основных вопросов строения ткани является порядок фазы строения, который определяет высоту волны изгиба нитей в ткани, и взаимосвязь между ними. Впервые такую аналитическую зависимость для изучения строения ткани вывел проф. Н. Г. Новиков.

При переплетении основные и уточные нити взаимно изгибают друг друга, в результате чего располагаются волнообразно. Степень изгиба основных и уточных нитей зависит от их толщины и жесткости, вида переплетения, плотности по основе и по утку. Степенью изгиба основных и уточных нитей определяется фаза строения ткани.

Н.Г. Новиков предложил варианты взаимного расположения нитей сгруппировать и выделил 9 вариантов, которые назвал порядками фазы строения и обозначил их римскими цифрами (рис. 2.1).

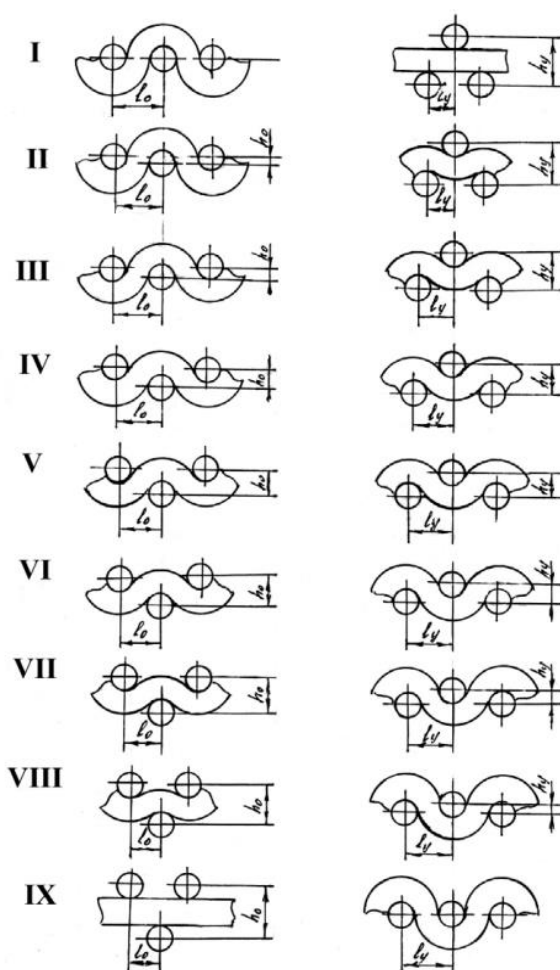


Рисунок 2.1 – Классификация распределения нитей по взаимному расположению нитей

Линии, проведенные через центры нитей одной системы, называются уровнями. Порядок фазы строения характеризуется числом и расположением уровней. При I порядке фазы строения нити основы расположены на одном уровне, а нити утка – на двух уровнях.

Ткани, имеющие порядок фазы строения близкий к I, называют уточноуплотненными (молескин). Для этих тканей плотность ткани по утку в 1,5–2 раза превышает плотность ткани по основе, уработка нитей по утку больше уработки нитей по основе. Ткань формируется в напряженных условиях вследствие высокого натяжения основных нитей на станке.

При IX порядке фазы строения нити утка находятся на одном уровне, а нити основы – на двух. Ткани, имеющие порядок фазы строения близкий к IX, называют основоуплотненными (диагонали). Для этих тканей при $T_o = T_y$ плотность ткани по основе в 1,5–2 раза превышает плотность ткани по утку, уработка нитей по утку меньше уработки нитей по основе. На ткацком станке натяжение утка превышает натяжение нитей основы.

Ткани, имеющие порядок фазы строения I и IX вырабатывать на ткацком станке очень трудно. Большинство тканей бытового назначения имеет строение, близкое к квадратному (IV–V–VI порядок фазы строения). В этих тканях при $T_o = T_y$ плотность ткани по основе больше плотности ткани по утку в 1,1–1,45 раз. Например, для ткани полотняного переплетения и квадратного строения, когда толщина нитей основы и утка и плотность ткани по основе и утку одинаковы, необходимо проектировать ткань пятого порядка фазы строения, при котором уток и основа выступают на поверхности в одинаковой степени.

При том же переплетении, если на лицевую и изнаночную стороны нужно вывести нити основы, а также получить большую прочность ткани по основе, необходимо проектировать ткань VI, VII, VIII порядков фаз строения с максимальной плотностью по основе. Ткань атласного переплетения лучше проектировать VI, VII и иногда V порядков фаз строения.

Когда опорную поверхность ткани необходимо создать из утка, то надо проектировать ткань II–IV порядков фаз строения. Например, ткань сатинового переплетения целесообразно проектировать III–IV, реже V порядков фаз строения.

Ткань саржевого переплетения проектируют V порядка фазы строения, но в отдельных случаях, когда необходимо создать опорную поверхность из основы (основные саржи), следует проектировать ткани VI, VII порядков.

Фазы строения тканей влияют на поведение тканей на этапах швейного производства и в процессе эксплуатации изделий, сказываясь на растяжимости ткани в направлениях нитей основы и утка.

2.2 Факторы, влияющие на строение ткани

Факторы, влияющие на строение тканей:

- вид и структура нитей основы и утка ткани;
- линейная плотность нитей основы и утка и направление крутки;
- вид переплетения нитей основы и утка ткани;
- плотность ткани по основе и по утку;
- площадь поперечного сечения нити с учетом деформации в процессе тканеобразования;
- вид отделки ткани;
- наполнение ткани волокнистым материалом;
- технологические параметры заправки и выработки ткани на ткацком станке и конструктивные особенности ткацкого станка.

При выработке ткани используются нити разного строения: пряжа, комплексные нити, крученые и текстурированные нити. Линейная плотность нитей влияет на толщину и массу ткани. Сочетание в ткани нитей различной линейной плотности дает возможность получить выпуклые рубчики, рельефные полосы, клетки, разреженные участки.

Степень крутки нитей существенно влияет на внешний вид тканей, их жесткость и упругость. С увеличением крутки возрастает жесткость и упругость ткани. Сочетанием в основе и утке нитей одного направления крутки подчеркивается рисунок переплетения. При разных направлениях крутки в основе и утке витки располагаются в одном направлении, поэтому поверхность ткани получается гладкой, блестящей, хорошо поддающейся ворсованию.

Чередование в ткани нитей разного направления крутки создает при полотняном переплетении эффект мелкоузорчатого переплетения, характерного для таких тканей, как крепдешин, креп-жоржет и др. Применение текстурированных нитей и пряжи увеличивает рельефность лицевой поверхности ткани. Рыхлая, пушистая пряжа или нити придают ткани мягкость, объемность и увеличивают толщину. Если форма поперечного сечения нити близка к кругу, то в качестве геометрической характеристики нити условно принимают ее диаметр d . Диаметр нити в ткани не равен диаметру нити до ткачества, т. к. в процессе ткачества она сминается и вытягивается, волокнистый материал уплотняется под действием сил взаимного давления друг на друга систем нитей, возникающих в ткани вследствие натяжения нитей.

2.3 Расчет количественных оценок переплетения ткани

Каждое переплетение характеризуется раппортом R_o , R_y , сдвигом перекрытий S_o , S_y и коэффициенты, определяющие число пересечек по основе n_{fo} и по утку n_{fy} в переплетении ткани, а также нижеследующими параметрическими характеристиками.

Коэффициент переплетения F . Характеризует степень его рыхлости:

$$F = K_o \cdot K_y / K,$$

где K – число связей нитей основы и утка в раппорте, K_o – число связей основы ($\times$) в пределах всего раппорта; K_y – число связей утка ($\bullet$) в пределах всего раппорта.

Для определения коэффициента переплетения необходимо указать на рисунке переплетения число связей основы ($\times$) и утка ($\bullet$) в пределах всего раппорта.

Пример расположения точек связей нитей основы и утка приведен на рисунке 2.2 переплетения пятинитного усиленного сатина, для которого

$$R_o = 5, R_y = 5, S_o = 3, S_y = 3, n_{fo} = 4, n_{fy} = 2$$

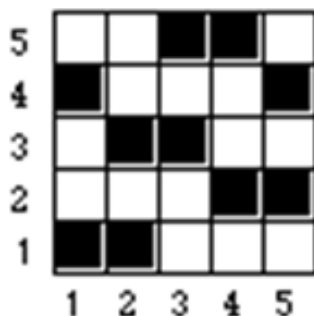


Рисунок 2.2 – Переплетение ткани

Коэффициент связности F . Характеризует степень скрепления ткани точками перекрещивания основных и уточных нитей. Определяется по формуле Н. С. Ереминой:

$$F = (P_o \cdot P_y \cdot T_{cp}) / (1000 \cdot F), \quad (2.1)$$

где P_o , P_y – плотность суровой ткани по основе и по утку, н/см; T_{cp} – средняя линейная плотность нитей в ткани, определяемая для переплетений, выработанных с применением нитей разной линейной плотности.

Заполнение ткани нитями основы и утка. Характеризует отношение площади, занятой нитями, ко всей площади ткани. Для характеристики заполнения ткани определяют:

– линейное заполнение по основе:

$$З_{ло} = P_o \cdot d_o, \quad (2.2)$$

– линейное заполнение по утку;

$$З_{лу} = P_y \cdot d_y, \quad (2.3)$$

где P_o , P_y – плотность суровой ткани по основе и по утку, н/10 см; d_o , d_y – диаметр нити основы и утка на паковке до ткачества, мм.

– поверхностное заполнение ткани;

$$З_{тк} = З_{ло} + З_{лу} - 0,01 \cdot З_{ло} \cdot З_{лу}, \quad (2.4)$$

Наполнение ткани. Характеризует степень наполнения ткани волокнистым материалом и определяется отношением фактической плотности ткани к её максимальной плотности. Технологическая (фактическая) плотность большинства тканей по одной системе или по обеим системам одновременно меньше максимальной плотности. Наполнение ткани в процентах определяется как отношение фактической плотности ткани к плотности предельной по следующим формулам:

$$H_o = \frac{(R_o \cdot d_{on} + t_y \cdot d_{yn}) \cdot P_o}{R_o}, \quad (2.5)$$

$$H_y = \frac{(R_y \cdot d_{yn} + t_o \cdot d_{on}) \cdot P_y}{R_y}, \quad (2.6)$$

$$H_{ср} = \frac{(H_o \cdot T_o + H_y \cdot T_y)}{(T_o + T_y)}, \quad (2.7)$$

где d_{on} , d_{yn} – диаметр нити основы и утка на паковке до ткачества, мм.

Для ткани с учетом порядка фазы строения необходимо использовать коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом, определяемый по методике А. А. Мартыновой и Н. Ф. Сурниной. Этот коэффициент определяется строением ткани и учитывает изменения размеров нитей в максимально уплотненной ткани. Коэффициенты наполнения по основе и по утку:

$$K_{но} = \frac{P_{оф}}{P_{оmax}}, \quad (2.8)$$

$$K_{ny} = \frac{P_{y\phi}}{P_{y\max}}, \quad (2.9)$$

$$K_{нтк} = K_{но} \cdot K_{ny}, \quad (2.10)$$

Максимальная плотность нитей в ткани определяется по следующим формулам:

$$P_{o\max} = \frac{100 \cdot Ro}{L_{ro}} = \frac{100 \cdot Ro}{t_y \cdot dp \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (Ro - t_y) \cdot don \cdot \tau_o}, \quad (2.11)$$

$$P_{y\max} = \frac{100 \cdot Ry}{L_{ry}} = \frac{100 \cdot Ro}{t_o \cdot dp \cdot \sqrt{4 - K_{hy}^2} + (Ry - t_o) \cdot dyn \cdot \tau_y}, \quad (2.12)$$

где τ_o , τ_y – коэффициенты, характеризующие изменение линейных размеров (диаметров) нитей основы и утка при ткачестве (коэффициент смятия).

2.4 Геометрические характеристики нитей в ткани

Геометрические характеристики нитей в ткани – это набор параметров, описывающих форму, положение и взаимодействие нитей основы и утка в структуре ткани. Они являются фундаментом для математического моделирования, расчета свойств и автоматизированного проектирования (САПР).

Ключевые характеристики делятся на две группы: характеристики самих нитей и характеристики их расположения в ткани:

1. Характеристики нитей до и после переплетения:

- линейная плотность (T , текс) – основная характеристика толщины нити (масса в граммах на 1 км длины). Например, 25 текс означает, что 1 км такой нити весит 25 г. Для крученых нитей может указываться линейная плотность одинарной нити и крутки;

- расчетный диаметр нити (d) – условный диаметр, рассчитываемый через плотность волокна (γ) и линейную плотность (T): $d = \alpha \sqrt{T/\gamma}$, где α – коэффициент, учитывающий форму поперечного сечения (для круга $\alpha \approx 0.0357$). На практике нить в ткани сплюснута, поэтому используют понятие высоты (h) и ширины (b) нити в поперечном сечении (эллипс или прямоугольник с закругленными краями);

– крутка нити – влияет на объемность, жесткость и степень сплющивания нити в ткани.

2. Характеристики взаимного расположения нитей в ткани (геометрия строения).

Нити в ткани изгибаются, образуя волнообразную структуру.

– фаза строения ткани, положение нитей относительно друг друга;

– высота волны изгиба (h_0 или h_y), максимальное отклонение осевой линии изогнутой нити от ее условной прямой оси. Для нити утка (h_y) и основы (h_0). Зависит от фазы строения, диаметра нитей встречной системы и переплетения;

– длина волны изгиба (ℓ), длина участка нити, соответствующая одному полному периоду ее изгиба (обычно равен раппорту переплетения по данной направляющей);

– длина нити в волне (L), фактическая длина отрезка нити, уложенного на длине одного периода изгиба (ℓ). Всегда $L > \ell$. Это основа для расчета уработки;

– угол изгиба (α) – характеризует крутизну подъема нити в месте перекрытия.

3. Геометрические параметры ткани. Рассчитываются на основе характеристик нитей и их расположения.

Плотность ткани:

– технологическая (линейная) плотность (P_o, P_y) – число нитей на 10 см по основе (P_o) и утку (P_y). Задается технологом;

– геометрическая (физическая) плотность (E_o, E_y) – доля площади, занятая проекциями нитей одной системы. Рассчитывается:

$$E = d \cdot P / 100 \text{ (для 10 см)} \text{ или } E = d \cdot P \text{ (для 1 см)}, \quad (2.13)$$

где d – расчетный диаметр. Показывает степень заполнения;

– суммарное заполнение ткани (ε) – общая доля площади, занятая проекциями нитей обеих систем:

$$\varepsilon = E_o + E_y - E_o \cdot E_y. \quad (2.14)$$

Прямо влияет на жесткость, массу, воздухопроницаемость.

– толщина ткани (T_k) – расстояние между лицевой и изнаночной поверхностями. Определяется фазой строения и диаметрами нитей. Для 1-й фазы: $T_k \approx d_o + d_y$;

– поверхностная плотность (масса) ткани (M , г/м²) – важнейший технико-экономический показатель:

$$M = (P_o \cdot T_o / (1 - U_o) + P_y \cdot T_y / (1 - U_y)) / K, \quad (2.15)$$

где T – линейная плотность, Y – уработка, K – коэффициент;

– уработка нитей ($Y_o, Y_y, \%$) – укорочение нити при ее изгибе в ткани относительно длины готовой ткани: $Y = (L - \ell) / L \cdot 100 \%$.
Критически важен для расчета расхода пряжи.

Определяем диаметры нитей основы и утка на паковке:

$$don = 0.0316 \cdot c_o \cdot \sqrt{T_o} \quad (2.16)$$

$$dyn = 0.0316 \cdot c_y \cdot \sqrt{T_y} \quad (2.17)$$

Определяем диаметры нитей основы и утка в ткани:

$$dog = don \cdot \eta_{ог} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ог}}{Kd + 1} \quad (2.18)$$

$$dуг = dyn \cdot \eta_{уг} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{уг}}{Kd + 1} \quad (2.19)$$

$$dov = don \cdot \eta_{ов} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ов}}{Kd + 1} \quad (2.20)$$

$$dув = dyn \cdot \eta_{ув} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ув}}{Kd + 1} \quad (2.21)$$

Определяем коэффициент соотношения диаметров:

$$K_d = \frac{dov}{dув} \quad (2.22)$$

Определяем высоту волны изгиба основы и утка:

$$h_o = \frac{(dov + dув)}{2} \cdot K h_o \quad (2.23)$$

$$h_y = \frac{(dov + dув)}{2} \cdot K h_y \quad (2.24)$$

Определяем геометрическую плотность ткани по основе и утку:

$$l_o = \frac{d_{срп} \cdot (Kd \cdot \eta_{ог} + \eta_{ув}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2}}{Kd + 1} \quad (2.25)$$

$$l_y = \frac{d_{срп} \cdot (Kd \cdot \eta_{ов} + \eta_{уг}) \cdot \sqrt{4 - K_{hy}^2}}{Kd + 1} \quad (2.26)$$

Определяем длину раппорта переплетения по основе и утку:

$$L_{RO} = lo \cdot t_{ycp} + d_{ог} \cdot (Ro - t_{ycp}) \quad (2.27)$$

$$L_{RY} = ly \cdot t_{осп} + d_{уг} \cdot (Ry - t_{осп}) \quad (2.28)$$

Определяем максимальную плотность ткани по основе и утку:

$$P_{оmax} = \frac{100 \cdot Ro}{L_{RO}} = \frac{100 \cdot Ro}{lo \cdot t_{ycp} + d_{ог} \cdot (Ro - t_{ycp})} \quad (2.29)$$

$$P_{уmax} = \frac{100 \cdot Ry}{L_{RY}} = \frac{100 \cdot Ry}{ly \cdot t_{осп} + d_{уг} \cdot (Ry - t_{осп})} \quad (2.30)$$

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что такое порядок фазы строения ткани? Кто впервые предложил эту классификацию и какую цель она преследует?
2. Опишите характерные особенности тканей с I и IX фазой строения?
3. Какой порядок фазы строения характерен для большинства бытовых тканей?
4. Как выбор фазы строения влияет на внешний вид и свойства ткани на примере атласного, сатинового и саржевого переплетений?
5. Перечислите основные факторы, влияющие на строение и конечные свойства ткани.
6. Какое влияние на свойства ткани оказывают линейная плотность, направление крутки и строение (например, текстурирование) используемых нитей?
7. Что характеризует коэффициент переплетения (F) и как он рассчитывается? Как связаны между собой понятия «связь» и «перекрывание» нитей?
8. Что такое коэффициент связности ткани (C) и о чем свидетельствуют его высокие или низкие значения?
9. Объясните разницу между линейным, поверхностным заполнением и наполнением ткани. Какие формулы используются для их расчета?
10. Что такое коэффициент наполнения?
11. Назовите ключевые геометрические характеристики нитей. Как изменяется диаметр нити в процессе тканеобразования и почему?
12. Что такое высота и длина волны изгиба нити? Как эти параметры связаны с понятием уработки нитей и как они влияют на расход сырья?
13. Как рассчитывается плотность ткани? Какие исходные параметры для этого необходимы?

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ВЫСОТЫ ВОЛНЫ ИЗГИБА НИТЕЙ В ТКАНЯХ РАЗЛИЧНОГО ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА

Большинство шерстяных, хлопчатобумажных и льняных нитей, имеющих нормальную или повышенную крутку в ткани, сохраняют приблизительно цилиндрическую форму, но диаметр нити уменьшается по сравнению с нитью до ткачества в результате многократных растяжений в процессе ткачества и увеличения плотности расположения волокон в ней.

Диаметр нити после ткачества:

$$d' = 0,1 \cdot C \cdot \eta \cdot \sqrt{0,1 \cdot T}, \quad (3.1)$$

где $\eta = 0,8 \div 0,95$ – коэффициент смятия нити.

Пряжа из натуральных волокон в тканях, имеющих большую плотность по основе и утку, синтетические и искусственные нити, пряжа и нити, имеющие малую крутку, приобретают в ткани эллипсообразную форму.

Если поперечное сечение нити в ткани изменяется с круглой на близкую к эллипсообразной форму, то необходимо для каждой системы нитей, хотя бы приближенно, определить коэффициенты смятия нитей в горизонтальном направлении $\eta_{ог}$ и $\eta_{уг}$, и в вертикальном направлении – $\eta_{ов}$ и $\eta_{ув}$.

$$\eta_r = 1,1 - 2,0; \quad \eta_b = 0,4 - 0,9.$$

Тогда диаметры нитей в ткани:

$$d_{o.в} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{cp} \cdot \eta}{K_d + 1} \quad (3.2)$$

$$d_{y.в} = \frac{2 \cdot d_{cp} \cdot \eta_{y.в}}{K_d + 1} \quad (3.3)$$

$$d_{o.r} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{cp} \cdot \eta}{K_d + 1} \quad (3.4)$$

$$d_{y.r} = \frac{2 \cdot d_{cp} \cdot \eta_{y.r}}{K_d + 1} \quad (3.5)$$

При выборе коэффициентов смятия необходимо учитывать следующее:

- для пряжи большей линейной плотности коэффициент смятия больше, чем для пряжи меньшей линейной плотности;
- для крученой пряжи коэффициент смятия больше, чем для одиночной;
- с увеличением процента вложения химических волокон коэффициент смятия уменьшается (деформация увеличивается);
- для тканей, имеющих IV–V–VI порядок фазы строения коэффициент смятия меньше, чем для тканей, имеющих VII–VIII порядок фазы строения;
- коэффициент смятия для нитей основы должен быть большим, чем для нитей утка, т. к. нити основы деформируются меньше, чем нити утка.

Определение диаметра нитей на паковке. Диаметр нитей до ткачества. Диаметр нитей в форме круга в ткани

$$d_n = 0,1C\sqrt{0,1T}, \quad (3.6)$$

где C – коэффициент, учитывающий волокнистый состав, структуру нити и способ ее получения.

Диаметр нитей в форме эллипса в ткани

$$d = 0,1C\tau\sqrt{0,1T}, \quad (3.7)$$

где τ – коэффициент смятия, находится в пределах 0,80–0,98.

Установлено:

- 1) коэффициент смятия для одиночной пряжи меньше, чем для пряжи, скрученной в два сложения;
- 2) с увеличением доли химических волокон деформация нитей в ткани увеличивается (коэффициент смятия больше для чистой пряжи, чем для смесовой).

В ткани, уравновешенной по плотности, нити деформируются больше, чем при VII–VIII порядке фазы строения (не уравновешены по плотности).

На коэффициент деформации влияет:

- характер работы нитей основы и утка на ткацком станке (действие циклических нагрузок при растяжении);
- способ подготовки нитей основы и утка на ткацком станке (шлихтование, эмульсирование).

На высокоскоростных станках время воздействия на нить мало, нити утка получают ударную нагрузку. При формировании элемента ткани в момент прибоя большее натяжение у нитей утка, поэтому коэффициент для нитей основы будет больше, чем для утка.

Диаметр нитей до ткачества (на паковке), мм

$$d_{o,n} + d_{y,n} = 2d_{\text{ср.п}}, \quad K_d = d_{o,n}/d_{y,n} \quad (3.8)$$

где $d_{\text{оп}}$ – диаметр основной нити на паковке, мм; $d_{\text{уп}}$ – диаметр уточной нити на паковке, мм; $d_{\text{ср.п}}$ – средний диаметр нитей основы и утка на паковке, мм; K_d – коэффициент соотношения диаметров

Диаметр основной нити на паковке, мм

$$d_{o,n} = \frac{2d_{\text{ср.п}}K_d}{K_d + 1}. \quad (3.9)$$

Диаметр уточной нити на паковке, мм

$$d_{y,n} = \frac{2d_{\text{ср.п}}}{K_d + 1}. \quad (3.10)$$

Диаметры нитей основы и утка в ткани

$$d_o = d_{o,n}\tau_o = \frac{2d_{\text{ср.п}}K_d\tau_o}{K_d + 1}. \quad (3.11)$$

$$d_y = d_{y,n}\tau_y = \frac{2d_{\text{ср.п}}}{K_d + 1}\tau_y. \quad (3.12)$$

Диаметр нитей в ткани, если поперечное сечение нити в форме эллипса, рассматривают как диаметр по вертикали и горизонтали.

Больший диаметр нитей в ткани по горизонтали равен:

при I порядке фазы строения нити основы лежат прямолинейно, и центры нитей основы лежат на одном уровне, высота волны изгиба нитей основы $h_o = 0$.

Нити утка располагаются на двух уровнях. Высота волны изгиба нитей утка (расстояние между нитями утка по вертикали) равно сумме диаметров нитей основы и утка $h_y = d_o + d_y$.

При IX порядке фазы строения, наоборот, $h_o = d_o + d_y$, $h_y = 0$.

При других порядках фазы строения ткани и основа, и уток будут располагаться на двух уровнях.

Для получения последующего порядка фазы строения из предыдущего, уровень, на котором располагаются нити одной системы увеличивают на расстояние $0,25(d_o + d_y)$, а уровни другой системы сближаются при этом на такое же расстояние.

Порядок фазы строения определяется:

- числом уровней, на которых располагаются нити обеих систем;
- расстоянием между уровнями.

Это и определило следующее основное геометрическое свойство однослойной ткани: сумма высот волн изгиба нитей основы и утка в тканях в любом порядке фазы строения есть величина постоянная, равная сумме диаметров нитей основы и утка.

$$h_o + h_y = d_o + d_y = const, \quad (3.13)$$

$$h_o + h_y = d_o + d_y = 2d_p = d_p \cdot K_{ho} + d_p \cdot K_{hy}, \quad (3.14)$$

$$K_{ho} + K_{hy} = 2 \quad (3.15)$$

где d_p – расчетный диаметр нитей в ткани, определяющий высоту волн изгиба нитей;

K_{ho} , K_{hy} – коэффициенты, определяющие высоту волны изгиба нитей основы и утка в зависимости от порядка фазы строения.

Расчетный диаметр зависит от деформации нитей основы и утка в ткани и характера расположения нитей в перекрытиях (свойства нитей, переплетения, порядка фазы строения).

Значения, необходимые для расчётов, представлены в таблицах 3.1–3.3. Характеристики сырья для ткачества приведены в таблице 3.4, плотности популярных тканей – в таблице 3.5, допускаемые отклонения кондиционной линейной плотности от номинальной – в таблице 3.6, показатели некоторых физико-механических свойств нитей и пряжи – в таблице 3.7.

Таблица 3.1 – Значения коэффициентов и высот волн изгиба нитей основы и утка при изменении порядка фазы строения ткани

Порядок фазы строения	Коэффициенты			Высота волн изгиба нитей	
	K_{ho}	K_{hy}	K_h	h_o	h_y
1	0	2	0	0	$2 d_{cp}$
2	0,25	1,75	0,143	$0,25 d_{cp}$	$1,75 d_{cp}$
3	0,5	1,5	0,333	$0,5 d_{cp}$	$1,5 d_{cp}$
4	0,75	1,25	0,6	$0,75 d_{cp}$	$0,25 d_{cp}$
5	1	1	1	d_{cp}	d_{cp}
6	1,25	0,75	1,666	$1,25 d_{cp}$	$0,75 d_{cp}$
7	1,5	0,5	3,0	$1,5 d_{cp}$	$0,5 d_{cp}$
8	1,75	0,25	7	$1,75 d_{cp}$	0,25
9	2	0	∞	$2 d_{cp}$	0

Таблица 3.2 – Коэффициенты смятия нитей основы и утка, имеющих в ткани в сечении круг или эллипс (по данным литературы)

Сырьевой состав нитей основы и утка в ткани	Значения коэффициентов смятия для сечения нитей					
	эллипс				круг	
	$\eta_{ог}$	$\eta_{ов}$	$\eta_{уг}$	$\eta_{ув}$	τ_o	τ_y
Хлопчатобумажная пряжа	1,06	0,85	1,05	0,93	0,95	0,98
Полушерстяная пряжа (50 % шерсть, 50 % нитрон)	1,26	0,72	1,3	0,72	0,95	0,97
Полушерстяная пряжа (70 % шерсть, 30 % вискоза)	1,3	0,69	1,2	0,8	0,95	0,98
Полушерстяная пряжа	-	-	-	-	0,9	0,95
Полушерстяная пряжа	1,25	0,71	1,22	0,79	0,94	0,98
Пряжа из химволокон	1,64	0,58	1,64	0,58	0,95	0,95
Полипропиленовые комплексные нити	1,39	0,43	1,34	0,43	0,77	0,75
Комплексные вискозные нити	1,27	0,78	1,28	0,78	0,99	1
Полиэфирные нити	1,35	0,67	1,35	0,7	0,95	0,97

Таблица 3.3 – Примерные значения объемной массы нитей и значения коэффициента, характеризующего сырьевой состав

Материал	Объемная масса, мг/мм ² , δ	Коэффициент, С
Пряжа:	0,8–0,84	1,23–1,26
Хлопчатобумажная		
Вискозная штапельная	0,8–0,85	1,2–1,26
Шерстяная камвольная	0,75–0,8	1,26–1,3
Шерстяная аппаратная	0,7–0,75	1,3–1,35
Льняная	0,8–0,9	1,20–1,26
Шелковая	0,7–0,8	1,23–1,26
Лавсановая	0,65–0,75	1,3–1,4
Нити:	0,85–1,1	1,05–1,23
Вискозные		
Ацетатные	0,6–1,0	1,13–1,46
Капроновые	0,6–0,9	1,2–1,46
Лавсановые	0,75–1,1	1,05–1,3
Нитроновые	0,6–0,9	1,2–1,46
Шелк-сырец	1,1	1,08
Стеклонити	0,8–2,0	0,8–1,26

Таблица 3.4 – Характеристики сырья для ткачества

Тип сырья	Вид	Ключевые характеристики
1	2	3
Натуральное (растительное)	Хлопок	Высокая гигроскопичность, мягкость, низкая эластичность, комфорт
	Лен	Высокая прочность, жесткость, гигроскопичность, воздухопроницаемость

Окончание таблицы 3.4

1	2	3
Натуральное (животное)	Шерсть	Высокая теплоизоляция, эластичность, гигроскопичность
	Шелк	Прочность, блеск, гигроскопичность, приятная тактильность
Химическое (искусственное)	Вискоза	Хорошая гигроскопичность, мягкость, малый вес, низкая прочность в мокром виде
Химическое (синтетическое)	Полиэстер (PES)	Высокая прочность, износостойкость, низкая гигроскопичность, эластичность
	Эластан (SP/Lycra)	Чрезвычайная эластичность, прочность

Таблица 3.5 – Плотности популярных тканей

Тип ткани	Диапазон плотности (г/м ²)	Подтипы	Плотность подтипов (г/м ²)
Хлопок	80–300	Батист	80–120
		Поплин	120–180
		Сатин	150–250
		Деним	200–400
Лен	100–600	Полотно	100–250
		Бязь	250–450
		Льняное кружево	100–600
Шелк	60–250	Шифон	60–100
		Атлас	130–250
		Парча	150–300
		Органза	80–150
Шерсть	150–600	Твид	250–450
		Фланель	150–350
		Кашемир	150–600
		Ангора	250–400
		Меринос	200–450
Вискоза	120–450	Вискозный штапель	120–450
Полиэстер	100–450	Оксфорд	100–200
		Сатин	250–450
		Микрофибра	100–200
Нейлон	50–450	Тафта	50–250
		Шифон	150–300
		Муар	300–450
Акрил	150–500	Велюр	150–350
		Бархат	350–500

Таблица 3.6 – Допускаемые отклонения кондиционной линейной плотности от номинальной

Вид пряжи	1 сорт, % не более	2 сорт, % не более
Суровая		
Чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±4,0	±7,0
Оческовая и оческовая с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±5,0	±8,0
Химически обработанная		
Чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±4,5	±7,5
Оческовая и оческовая с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±5,0	±8,5
Крашенная		
Чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±6,0	±8,0
Оческовая и оческовая с химическими волокнами 2-х и 3-х компонентная пряжа	±7,0	±9,0

Таблица 3.7 – Показатели некоторых физико-механических свойств нитей и пряжи

Нити и пряжа	Линейная плотность, текс	Разрывная длина, км	Разрывное удлинение, %
Хлопчатобумажная пряжа			
гребенная	15,4–5,9	12–8	5–7
кардная	83,4–13,3	9–15	5–7
аппаратная	400–55,6	8–5	5–7
Льняная пряжа			
сухого прядения	667–125	13–15	2–4
мокрого прядения	182–68,2	15–20	2–4
Льняная пряжа оческовая			
сухого прядения	333–167	8–10	2–4
мокрого прядения	182–55,6	12–14	2–4
Шерстяная пряжа			
гребенная	62,5–15,6	4–7	6–20
тонкосуконная	250–50	1,8–5,6	10–30
грубосуконная	500–111	1,6–6,5	10–30
Шелк натуральный			
крученный	12,5–3,3	15–25	16–20
пряденый	10–5	20–25	4–8
Химические нити			
вискозные	22,2–11,1	13–13,5	15–88
ацетатные	22,2–11,1	10–12	7–23
капроновые	33,3–1,7	40–45	19–25

Если порядок фазы строения ткани V–VI и форма поперечного сечения нитей близка к эллипсу, то расчетный диаметр можно определить по геометрической модели (рис.3.1).

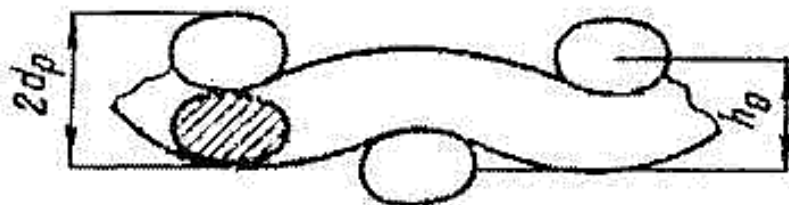


Рисунок 3.1 – Порядок фазы строения ткани V–VI и форма поперечного сечения нитей близка к эллипсу

Если порядок фазы строения ткани VII–IX, ткани не уравновешены по плотности и форма поперечного сечения нитей близка к эллипсу, то расчетный диаметр можно определить по геометрической модели (рис. 3.2).

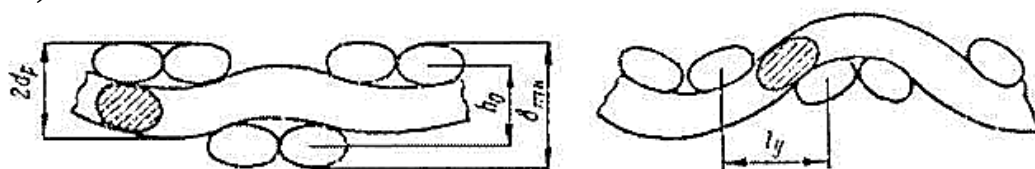


Рисунок 3.2 – Порядок фазы строения ткани VII–IX, ткани не уравновешены по плотности и форма поперечного сечения нитей близка к эллипсу

Это основоуплотненные камвольные ткани, не уравновешенные по плотности и имеющие квадратное строение:

$$d_p = \frac{d_o + d_y}{2} = \frac{d_{cp.n}}{K_d + 1} (K_d \sqrt{\eta_{o.r} \eta_{o.b}} + \sqrt{\eta_{y.r} \eta_{y.b}}) = \frac{d_{cp.n}}{K_d + 1} (K_d \tau_o + \tau_y). \quad (3.16)$$

Для определения порядка фазы строения расчетным методом готовят элементарные пробы ткани, размером 50x50 мм (не менее 6-ти проб) для определения структурных параметров ткани инструментальным методом с помощью цифрового микроскопа или цифровой фотокамеры (рис.3.3–3.4).

Подготовка проб к анализу заключается в качественном срезе по основе и утку (срез выполняется строго параллельно той системе нитей, по которой выполняются замеры). Подготовленные пробы закрепляют в зажиме и устанавливают в рабочую зону микроскопа вначале поперечный, а затем продольный срез ткани. Каждую элементарную пробу ткани фотографируют или передают изображение на компьютер.

По рисункам размера среза ткани соответственно по основе и утку далее производят по пять замеров, приведенных на рисунках величин: диаметр основы и утка (d_o , d_y), длину раппорта (L_{Ro} , L_{Ry}), геометрическую плотность (l_o , l_y), высоту волны изгиба (h_o , h_y).

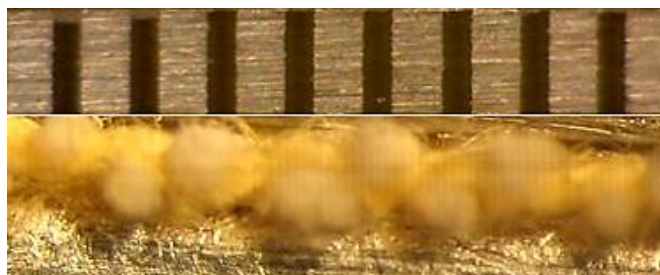


Рисунок 3.3 – Цифровое изображение поперечного разреза ткани

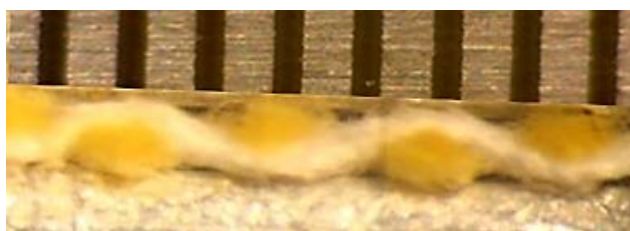


Рисунок 3.4 – Цифровое изображение продольного разреза ткани

Расчетный метод определения параметров.

Известно, что при переплетении нити основы и утка изгибаются и приобретают волнообразную форму. Характер волнообразности нитей в ткани определяется порядком фазы строения ткани. Фаза строения ткани оказывает влияние на растяжимость ткани в долевом и поперечном направлениях, а также на характер ее поверхности и износостойкость. Фаза строения ткани меняется в процессе ткачества, отделки и в процессе их эксплуатации:

– расчет максимально возможной плотности ткани по основе и утку по зависимости:

$$P_{o\max} = \frac{100}{\sqrt{d_o^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (3.17)$$

$$P_{y\max} = \frac{100}{\sqrt{d_y^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (3.18)$$

– коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по основе и утку:

$$K_{HO} = \frac{P_o}{P_{o\max}} \quad (3.19)$$

$$K_{HY} = \frac{P_y}{P_{y\max}} \quad (3.20)$$

– высота волны нитей в ткани основы и утка:

$$h_o = \sqrt{(d_{об} + d_{yb})^2 - \left(\frac{100}{P_o} \cdot K_{HO}\right)^2} \quad (3.21)$$

$$h_y = \sqrt{(d_{об} + d_{yb})^2 - \left(\frac{100}{P_y} \cdot K_{HY}\right)^2} \quad (3.22)$$

– коэффициенты, определяющие высоту волны изгиба нитей основы и утка в зависимости от порядка фазы строения по основе и утку:

$$K_{ho} = \frac{h_o}{d_{cp}} \quad (3.23)$$

$$K_{hy} = \frac{h_y}{d_{cp}} \quad (3.24)$$

– порядок фазы строения определяют по таблице 3.1.

Деформация нитей основы и утка – это изменение формы и положения взаимно перпендикулярных нитей в ткани под нагрузкой или в процессе производства. Основа (долевая) прочнее и прямее, уток (поперечная) – мягче, из-за чего ткань больше растягивается по ширине. Основными видами деформации нитей являются изгиб и перекосы.

Основные аспекты деформации:

– фаза строения. Описывают характер взаимного изгиба нитей. Существует 9 фаз: от полной прямолинейности основы (1-я фаза) до полной прямолинейности утка (9-я фаза). Симметричный изгиб обеих систем характерен для 5-й фазы;

– растяжимость. Показатели деформации по утку выше, чем по основе, что обусловлено более низкой степенью крутки и натяжения уточных нитей;

– виды перекосов. Проявляются в виде дугообразных или диагональных смещений уточных нитей относительно основы.

Физико-акустические свойства. Степень деформации можно определить на слух при резком натяжении: звонкий звук указывает на продольное направление (основу), глухой — на поперечное (уток).

Деформация зависит от плотности ткани, вида переплетения (например, атласное переплетение обеспечивает меньшую деформацию нитей), а также крутки и толщины нитей.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Как изменяется форма поперечного сечения нити в процессе ткачества?
2. Что такое коэффициент смятия нити (τ , η)? Какие факторы влияют на его величину для нитей основы и утка?
3. Как волокнистый состав влияет на деформацию нитей в ткани?
4. По каким формулам определяется диаметр нитей на паковке (до ткачества) и в ткани? Какие коэффициенты в этих формулах учитывают свойства сырья?
5. Сформулируйте и поясните основное геометрическое свойство однослойной ткани.
6. Что такое коэффициенты K_{ho} и K_{hy} ?
7. Что такое высота волн изгиба нитей (h_o , h_y)?
8. Как порядок фазы строения ткани связан с ее уравновешенностью (или неуравновешенностью) по плотности?
9. Каким образом фаза строения ткани влияет на ее эксплуатационные свойства: растяжимость по основе и утку, характер поверхности, износостойкость?
10. Какие основные виды деформации испытывают нити основы и утка в ткани и в процессе ее производства? Как эти деформации проявляются в свойствах готового материала?

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТКАНИ

Геометрическая плотность ткани – это важный параметр, характеризующий волнообразную форму нитей в ткани. Это длина полуволны нитей. Различают геометрическую плотность ткани по основе и геометрическую плотность тканей по утку.

Рассчитываются на основе характеристик нитей и их расположения.

Геометрическая плотность ткани по основе, l_o , мм – это минимальное расстояние по горизонтали между центрами двух основных нитей в местах пересечения их утком при максимальном уплотнении ткани по основе в данном порядке фазы строения.

Геометрическая плотность ткани по утку, l_y , мм – это минимальное расстояние между центрами двух уточных нитей в местах пересечения их основой при максимальном уплотнении ткани по утку в данном порядке фазы строения.

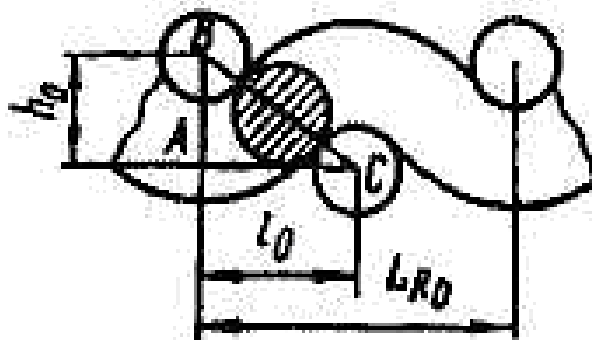


Рисунок 4.1 – Геометрическая модель строения ткани по основе для сечения нитей в виде круга

Если поперечное сечение в виде круга $AB = h_o$,

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}; \quad BC = d_o + d_y = 2d_p; \quad (4.1)$$

$$l_o = \sqrt{(2d_p)^2 - h_o^2}; \quad l_o = d_p \sqrt{4 - K_{h.o}^2}. \quad (4.2)$$

$$l_y = d_p \sqrt{4 - K_{h,y}^2}. \quad (4.3)$$

Для сечения нитей в виде эллипса, геометрическая плотность ткани по основе в 1 порядке фазы строения будет определяться следующим образом:

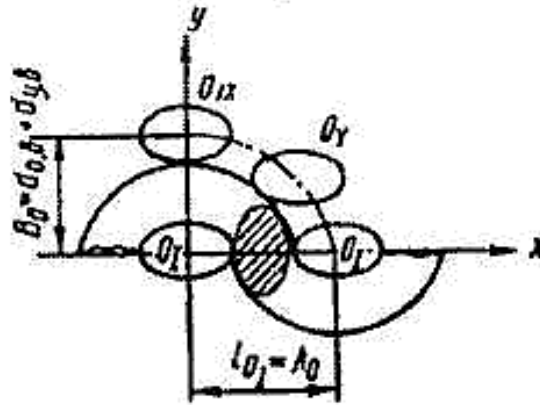


Рисунок 4.2 – Геометрическая модель строения ткани по основе для сечения нитей в виде эллипса

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(2d_p)^2 - h_o^2}. \quad (4.4)$$

$$l_o = 2 \cdot AC, \quad h_o = \frac{d_o + d_y}{2} K_{h.o} = d_p \cdot K_{h.o}. \quad (4.5)$$

$$l_o = \sqrt{(2d_p)^2 - (d_p K_{h.o})^2} = \sqrt{4d_p^2 - d_p^2 K_{h.o}^2} = d_p \sqrt{4 - K_{h.o}^2}. \quad (4.6)$$

$$l_{o1} = d_{o,r} + d_{y,B} \quad (4.7)$$

Каноническое уравнение эллипса

$$\frac{X_o^2}{A_o^2} + \frac{Y_o^2}{B_o^2} = 1 \quad (4.8)$$

Применительно к ткани

$$\frac{l_o^2}{A_o^2} + \frac{h_o^2}{B_o^2} = 1 \quad (4.9)$$

$$h_{o1x} = d_{o,B} + d_{y,B} \quad (4.10)$$

$$A_o = l_{o1} = d_{o.r} + d_{y.в} = \frac{2d_{\text{ср.н}}}{K_d + 1} (K_d \eta_{o.r} + \eta_{y.в}) = \frac{2d_{\text{ср.н}}}{K_d + 1} \xi_o. \quad (4.11)$$

где ξ_o – коэффициент, учитывающий деформацию нитей основы и утка в ткани

$$\xi_o = K_d \eta_{o,r} + \eta_{y,в} \quad (4.12)$$

Высота волны изгиба нитей основы

$$h_o = d_p K_{h.o} = \frac{d_{\text{ср.н}}}{K_d + 1} K_{h.o\Phi}, \quad (4.13)$$

$K_{ho\Phi}$ – коэффициент, определяющий порядок фазы строения

$$h_o / B_o = K_{h.o} / 2. \quad (4.14)$$

Геометрическая плотность ткани по основе

$$I_o = A_o \sqrt{1 - \left(\frac{h_o}{B_o} \right)^2} = \frac{d_{\text{ср.н}}}{K_d + 1} \xi_o \sqrt{4 - K_{h.o}^2}. \quad (4.15)$$

Геометрическая плотность ткани по утку

$$l_y = \frac{d_{\text{ср.н}}}{K_d + 1} \xi_y \sqrt{4 - K_{h.y}^2}, \quad (4.16)$$

ξ_y – коэффициент, учитывающий деформацию нитей основы и утка в ткани,

$$\xi_y = K_d \eta_{o.в} + \eta_{y.r}. \quad (4.17)$$

Плотность ткани.

Технологическая (линейная) плотность (P_o , P_y) – число нитей на 10 см по основе (P_o) и утку (P_y). Задается технологом.

Геометрическая (физическая) плотность (E_o , E_y) – доля площади, занятая проекциями нитей одной системы.

Профессор Н. Г. Новиков вывел уравнения для определения максимальной плотности по основе и утку тканей полотняного переплетения из хлопчатобумажной пряжи:

$$P_{o.max} = 100/l_o; \quad P_{y.max} = 100/l_y, \quad (4.18)$$

где l_o и l_y — геометрическая плотность ткани по основе и утку, мм.

Определим максимальную плотность ткани не полотняного переплетения по геометрическим моделям ее строения.

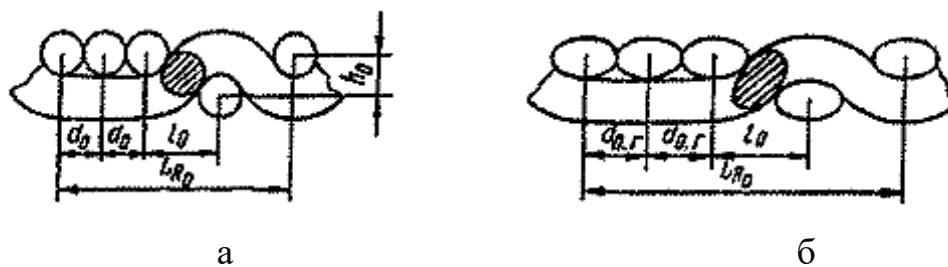


Рисунок 4.3 – Геометрические модели строения однослойной ткани, имеющей максимальную плотность по основе и поперечное сечение:

а – в виде круга, б – в виде эллипса

Нити в ткани имеют поперечное сечение в виде круга. Длина раппорта по основе

$$L_{R_o} = l_o t_y + d_o (R_o - t_y), \quad (4.19)$$

где R_o и t_y – соответственно раппорт по основе и число пересечений нитей основы нитями утка в пределах раппорта переплетения. На отрезке ткани длиной 100 мм разместится раппорт.

$$\frac{100}{L_{R_o}} = \frac{100}{l_o t_y + (R_o - t_y) d_o}, \quad (4.20)$$

а в каждом раппорте по основе R_o нитей, поэтому максимальная плотность ткани по основе с учетом фактического расположения нитей

$$P_{o.max} = \frac{100 R_o}{l_o t_y + d_o (R_o - t_y)}. \quad (4.21)$$

Аналогичным образом можно определить максимальную плотность ткани по утку

$$P_{y.max} = \frac{100 R_y}{l_y t_o + d_y (R_y - t_o)}. \quad (4.22)$$

Геометрическую плотность по основе и утку (l_o , l_y) определяют с учетом деформации нитей в ткани и порядка фазы строения по ранее приведенным формулам.

Нити в ткани имеют поперечное сечение в виде эллипса. Длина раппорта по основе

$$L_{R_o} = l_o t_y + d_{o,r} (R_o - t_y). \quad (4.23)$$

На отрезке ткани длиной 100 мм размещается раппортов

$$\frac{100}{L_{R_o}} = \frac{100}{l_o t_y + d_{o.r}(R_o - t_y)}, \quad (4.24)$$

по R_o нитей в каждом раппорте. Максимальная плотность ткани по основе

$$P_{o.max} = \frac{100 R_o}{l_o t_y + d_{o.r}(R_o - t_y)}, \quad (4.25)$$

а максимальная плотность ткани по утку

$$P_{y.max} = \frac{100 R_y}{l_y t_o + d_{y.r}(R_y - t_o)}. \quad (4.26)$$

Геометрическая плотность ткани по основе и по утку вычисляется с учетом деформации нитей в ткани и порядка фазы строения. В тканях из химических нитей, а также из камвольной пряжи вследствие особенностей их строения нити группируются в перекрытиях особым образом.

Обычно ткани вырабатываются на станке с фактической плотностью, которая меньше максимальной. Фактическая плотность ткани определяется по максимальной плотности с учетом коэффициентов наполнения ткани волокнистым материалом по основе $K_{H.o}$ и утку $K_{H.y}$:

$$P_o = P_{o.max} K_{H.o}, \quad P_y = P_{y.max} K_{H.y}. \quad (4.27)$$

Для характеристики наполнения ткани волокнистым материалом по основе и утку применяется коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом:

$$K_H = K_{H.o} \cdot K_{H.y}. \quad (4.28)$$

Приведенные выше коэффициенты наиболее полно характеризуют ткань, так как учитывают деформацию и переплетение нитей, а также порядок фазы строения, что принципиально отличает их от применяемых в практике коэффициентов наполнения: H_o , H_y , H_{cp} .

$$H_{cp} = \frac{H_o + H_y}{2}. \quad (4.29)$$

В шерстяной промышленности пользуются приведенным $H_{пр}$ и относительным $H_{отн}$ коэффициентами наполнения ткани волокнистым материалом:

$$H_{пр} = \frac{H_{ср}}{H_{max}} = \frac{(H_o + H_y)/2}{H_{max}}; \quad H_{отн} = \frac{H_{ср}}{H_{max}}, \quad (4.30)$$

где H_{max} – максимально возможное значение коэффициента наполнения для данного типа ткани.

4.1 Проектирование ткани по заданной поверхностной плотности

1. Определяем коэффициенты высоты волны изгиба нитей в ткани по основе:

$$K_{ho} = (\Phi - 1)/4 \quad (4.31)$$

2. Определяем коэффициенты высоты волны изгиба нитей в ткани по утку:

$$K_{hy} = 2 - K_{ho} = (9 - \Phi)/4 \quad (4.32)$$

3. Обозначим и определяем ξ_o :

$$\xi_o = K_d \eta_{ор} + \eta_{yb} \quad (4.33)$$

4. Определяем ξ_y :

$$\xi_y = K_d \eta_{ов} + \eta_{yt} \quad (4.34)$$

5. Определяем ψ :

$$\psi = K_d \eta_{ов} + \eta_{yb} \quad (4.35)$$

6. Определяем уработку нитей основы, %:

$$a_o = \frac{t_{оцр} \left[\sqrt{\xi_y^2 (4 - K_{hy}^2) + K_{hy}^2 K_{Hy}^2 \psi^2} - \xi_y \sqrt{4 - K_{hy}^2} \right] 100}{t_{оцр} \sqrt{\xi_y^2 (4 - K_{hy}^2) + K_{hy}^2 K_{Hy}^2 \psi^2} + 2(R_y - t_{оцр}) \eta_{yt}} \quad (4.36)$$

7. Определяем уработку нитей утка, %:

$$a_y = \frac{t_{ycp} \left[\sqrt{\xi_o^2 (4 - K_{ho}^2) + K_{hy}^2 K_{Ho}^2 \psi^2} - \xi_y \sqrt{4 - K_{ho}^2} \right] 100}{t_{ycp} \sqrt{\xi_o^2 (4 - K_{ho}^2) + K_{hy}^2 K_{Ho}^2 \psi^2} + 2(R_o - t_{ycp}) K_d \eta_{ор}} \quad (4.37)$$

8. Определяем A :

$$A = \frac{100R_y(K_d + 1)K_{Hy}}{t_{o\max}\xi_y\sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_y - t_{o\max})2\eta_{yr}} \quad (4.38)$$

9. Определяем В:

$$B = \frac{100R_o(K_d + 1)K_{Ho}}{t_{y\max}\xi_y\sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_o - t_{y\max})2K_d\eta_{or}} \quad (4.39)$$

10. Определяем средний диаметр нити в ткани, мм:

$$d_{cp} = \frac{M_c(K_d + 1)^2}{4000 \left[\frac{BK_d^2}{C_o^2(100 - a_o)} + \frac{A}{C_y^2(100 - a_y)} \right]} \quad (4.40)$$

11. Определяем линейную плотность нитей основы, текс:

$$T_{op} = \frac{4000d_{cp}^2 K_d^2}{(K_d + 1)^2 C_o^2} \quad (4.41)$$

12. Определяем линейную плотность нитей утка:

$$T_{yp} = \frac{4000d_{cp}^2}{(K_d + 1)^2 C_y^2} \quad (4.42)$$

13. Сравниваем расчетную линейную плотность нитей основы (T_{op}) с линейной плотностью нитей, выпускаемых промышленностью ($T_{ГОСТ}$). Принимаем $T_{ГОСТ}$ наиболее соответствующие расчетной, т. е.

$$T_{oГОСТ} - T_{op} = \min; T_{oГОСТ} = T_{o.} \quad (4.43)$$

14. Сравниваем расчетную линейную плотность нитей основы (T_{yp}) с линейной плотностью нитей, выпускаемых промышленностью ($T_{ГОСТ}$). Со, Су, коэффициенты, определяющие сырьевой состав нитей основы и утка, соответственно. Принимаем $T_{ГОСТ}$ наиболее соответствующие расчетной, т. е.

$$T_{yГОСТ} - T_{yp} = \min; T_{yГОСТ} = T_{y.} \quad (4.44)$$

15. Определяем фактический диаметр нитей основы, мм:

$$d_{оф} = 0,1C_o\sqrt{0,1T_o} \quad (4.45)$$

16. Определяем фактический диаметр нитей утка, мм:

$$d_{yф} = 0,1C_y\sqrt{0,1T_y} \quad (4.46)$$

17. Определяем фактический средний диаметр нитей, мм:

$$d_{\text{срф}} = (d_o + d_y) / 2 \quad (4.47)$$

18. Определяем коэффициент отношения диаметров:

$$K_{\text{дф}} = d_{\text{оф}} / d_{\text{уф}} \quad (4.48)$$

19. Определяем фактическую плотность нитей основы, нитей/10 см:

$$P_{\text{оф}} = \frac{100R_o (K_{\text{дф}} + 1)K_{H_o}}{d_{\text{срф}} \left[t_{y\text{max}} (K_{\text{дф}} \eta_{\text{ог}} + \eta_{y\text{в}}) \sqrt{4 - K_{H_o}^2} + (R_o - t_{y\text{max}})^2 2K_{\text{дф}} \eta_{\text{ог}} \right]} \quad (4.49)$$

20. Определяем фактическую плотность нитей утка, нитей/10 см:

$$P_{\text{уф}} = \frac{100R_y (K_{\text{дф}} + 1)K_{H_y}}{d_{\text{срф}} \left[t_{o\text{max}} (K_{\text{дф}} \eta_{\text{ов}} + \eta_{y\text{т}}) \sqrt{4 - K_{H_y}^2} + (R_y - t_{o\text{max}})^2 \eta_{y\text{т}} \right]} \quad (4.50)$$

21. Определяем фактическую поверхностную плотность суровой ткани, г/м²:

$$M_{\text{сф}} = \frac{P_{\text{оф}} T_o}{100 - a_o} + \frac{P_{\text{уф}} T_y}{100 - a_y} \quad (4.51)$$

22. Определяем ошибку расчета Δ , если $\Delta > \pm 5\%$ – расчет повторяется с пункта № 1, %:

$$\Delta = \frac{M_{\text{сф}} - M_c}{M_{\text{сф}}} \cdot 100 \% \quad (4.52)$$

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение геометрической плотности ткани.
2. Что характеризует геометрическая плотность ткани и как связана с волнообразной формой нитей в максимально уплотненной ткани?
3. Как форма поперечного сечения нити (круг или эллипс) влияет на расчет геометрической плотности?
4. Какая связь существует между геометрической плотностью ткани (l_o , l_y) и такими параметрами, как высота волны изгиба (h_o , h_y) и диаметры нитей (d_o , d_y)?
5. Что учитывают коэффициенты ε_o и ε_y в формулах для геометрической плотности?
6. Опишите общую логику и последовательность этапов алгоритма проектирования ткани по заданной поверхностной плотности.

7. Как рассчитывается ошибка расчета?
8. Какое практическое значение имеет разделение понятий «расчетная» и «фактическая» плотность ткани в контексте инженерного проектирования и производственного планирования?

5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАБОТКИ НИТЕЙ В ТКАНЯХ

Расчет уработки нитей производится по следующей методике.

1. Определяем диаметры нитей основы и утка на паковке d_{Π} :

$$d_{\Pi} = 0,1C\sqrt{0,1T} \quad (5.1)$$

где C – коэффициент сырьевого состава, выбирается по таблице справочника, T – линейная плотность нити, текс.

2. Диаметры вертикальный и горизонтальный:

$$d_{ов} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{ср} \cdot \eta_{ов}}{K_d + 1} \quad (5.2)$$

$$d_{ув} = \frac{2 \cdot d_{ср} \cdot \eta_{ув}}{K_d + 1} \quad (5.3)$$

$$d_{ог} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{ср} \cdot \eta_{ог}}{K_d + 1} \quad (5.4)$$

$$d_{уг} = \frac{2 \cdot d_{ср} \cdot \eta_{уг}}{K_d + 1} \quad (5.5)$$

3. Определяем коэффициент соотношения диаметров:

$$K_d = \frac{d_{ов}}{d_{ув}} \quad (5.6)$$

4. Определяем диаметры нитей в ткани:

Условный диаметр нитей основы в ткани:

$$d_0 = \sqrt{d_{ог} \cdot d_{ов}} = d_{он}\sqrt{\eta_{ог}\eta_{ов}} \quad (5.7)$$

Условный диаметр нитей утка в ткани:

$$d_y = \sqrt{d_{уг} \cdot d_{ув}} = d_{ун}\sqrt{\eta_{уг}\eta_{ув}} \quad (5.8)$$

5. Рисуем переплетение, определяем число пересечек $t_{оср}$, $t_{уср}$.
6. Рассчитываем максимально возможную плотность ткани по основе и утку:

$$P_{o\max} = \frac{100}{\sqrt{d_o^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (5.9)$$

$$P_{y\max} = \frac{100}{\sqrt{d_{oy}^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (5.10)$$

7. Рассчитываем высоту волны изгиба нитей в ткани:

$$h_o = \frac{2 \cdot d_{cp}}{1 + \frac{P_y \cdot T_o}{P_o \cdot T_y}} \quad (5.11)$$

$$h_o = 2 \cdot d_{cp} - h_o \quad (5.12)$$

8. Рассчитываем фактическую геометрическую плотность ткани (мм):

$$l_{o\phi} = \frac{\sqrt{(d_{ov} + d_{y\Gamma})^2 - h_o^2}}{K_{HO}} \quad (5.13)$$

$$l_{y\phi} = \frac{\sqrt{(d_{yB} + d_{o\Gamma})^2 - h_y^2}}{K_{HY}} \quad (5.14)$$

9. Расчет уработки:

$$a_o = \frac{100 \cdot t_{ocp} \cdot [\sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{y\Gamma})^2 + (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HY}} - 1.73 \cdot (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{y\Gamma})]}{t_{ocp} \cdot \sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{y\Gamma})^2 + (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HY}} + 2 \cdot (Ry - t_{ocp}) \cdot \eta_{y\Gamma}} \quad (5.15)$$

$$a_y = \frac{100 \cdot t_{ycp} \cdot [\sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})^2 + (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HO}} - 1.73 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})]}{t_{ycp} \cdot \sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})^2 + (Kd \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HO}} + 2 \cdot (Ro - t_{ycp}) \cdot K_d \cdot \eta_{o\Gamma}} \quad (5.16)$$

10. Расчет поверхностной плотности ткани

$$M_n = \frac{P_o \cdot T_o}{100 - a_o} + \frac{P_y \cdot T_y}{100 - a_y} \quad (5.17)$$

11. – линейное заполнение ткани, %:

$$E_o = P_o \cdot d_o \quad (5.18)$$

$$E_y = P_y \cdot d_y \quad (5.19)$$

12. – поверхностное заполнение ткани, %:

$$E_{\text{тк}} = E_o + E_y - \frac{E_o \cdot E_y}{100} \quad (5.20)$$

Чем выше заполнение, тем больше уработка. Если ткань имеет высокую плотность по основе и утку (то есть нити расположены очень часто, высокое линейное заполнение), то нитям в процессе переплетения приходится сильно изгибаться, чтобы обойти соседние нити. Чем больше изгиб (высота волны), тем больше длина нити, затрачиваемая на один раппорт переплетения, а значит, выше уработка. Заполнение определяет возможность изгиба. В рыхлой (редкой) ткани нити имеют достаточно места и лежат почти прямо, поэтому уработка минимальна. С увеличением заполнения пространство для нитей сокращается, они начинают давить друг на друга, деформироваться (сминаться) и сильнее изгибаться, что ведёт к росту уработки.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение уработки нитей в ткани.
2. Почему расчет уработки важен для планирования производства и расчета себестоимости?
3. Что такое коэффициент соотношения диаметров K_d и как он влияет на геометрию строения ткани?
4. Опишите общий алгоритм определения уработки нитей, представленный в разделе. Перечислите основные этапы расчета от определения исходных диаметров до получения итоговых процентов уработки.
5. Как параметры переплетения (например, $t_{оср}$, $t_{уср}$, R_o , R_y) и геометрии нитей учитываются в формулах уработки?
6. Как полученные значения уработки нитей используются для расчета поверхностной плотности ткани?
7. Что такое линейное (E_o , E_y) и поверхностное ($E_{тк}$) заполнение ткани?
8. Как взаимосвязаны между собой уработка нитей, коэффициент наполнения ткани ($K_{но}$, $K_{ну}$) и фаза ее строения?

6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛУТОРОСЛОЙНЫХ И ДВУХСЛОЙНЫХ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ

Рисунок переплетения, а также разрезы при максимальном уплотнении представлены на рисунке 6.1.

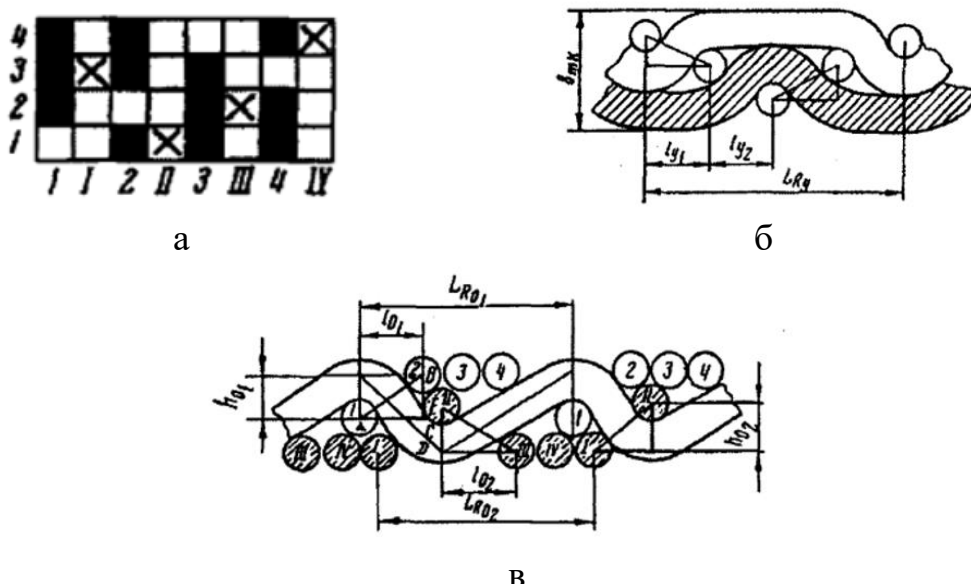


Рисунок 6.1 – Для полутораслойной ткани: а – рисунок переплетения, б – геометрические модели строения ткани вдоль основы, в – утка

Определяем диаметры нитей основы и утка:

$$d_{on} = d_{yn} = d_{cpn} \quad (6.1)$$

$$d_o = d_{on} \cdot \tau_o \quad (6.2)$$

$$d_y = d_{yn} \cdot \tau_y \quad (6.3)$$

$$d_p = d_{p1} = d_{p2} = \frac{d_{o1} + d_y}{2} = \frac{d_{o2} + d_y}{2} \quad (6.4)$$

Определяем высоту волны изгиба нитей основы и утка:

$$h_{o1} = h_{y1} = K_{ho} \cdot d_p = K_{hy} \cdot d_p \quad (6.5)$$

$$h_{o2} = h_{y2} = K_{ho} \cdot d_p = K_{hy} \cdot d_p \quad (6.6)$$

Определяем геометрическую плотность основы и утка:

$$l_{o1} = \sqrt{(d_{o1} + d_y)^2 - h_{o1}^2} \quad (6.7)$$

$$l_{y1} = l_{y2} = \sqrt{(d_{o1} + d_y)^2 - h_y^2} = \sqrt{(d_{o2} + d_y)^2 - h_y^2} \quad (6.8)$$

$$l_{y1\phi} = l_{y2\phi} = \frac{l_{y1}}{K_{HY}} = \frac{l_{y2}}{K_{HY}} \quad (6.9)$$

Определяем длину раппорта ткани по утку:

$$l_{RY} = 2 \cdot l_{y1} + 2 \cdot l_{y2} \quad (6.10)$$

Определяем максимальную плотность по основе и утку:

$$P_{omax1} = \frac{100 \cdot R_{o1}}{2 \cdot l_{o1} + 2 \cdot d_{o1}} \quad (6.11)$$

$$P_{omax2} = \frac{100 \cdot R_{o2}}{2 \cdot l_{o2} + 2 \cdot d_{o2}} \quad (6.12)$$

$$P_{omax1} = P_{omax2}, \text{ так как } l_{o1} = l_{o2} \text{ и } d_{o1} = d_{o2} \quad (6.13)$$

$$P_{omax} = 2 \cdot P_{omax1} = 2 \cdot P_{omax2} \quad (6.14)$$

$$P_{ymax} = \frac{100 \cdot R_y}{L_{RY}} \quad (6.15)$$

$$P_{o1} = P_{o2} = P_{omax1} \cdot K_{HO1} = P_{omax2} \cdot K_{HO2} \quad (6.16)$$

$$P_y = P_{ymax} \cdot K_{HY} \quad (6.17)$$

Определяем уработку по основе и утку:

$$a_o = \frac{\sqrt{l_{y1\phi}^2 + h_{o1}^2} - l_{y1\phi}}{\sqrt{l_{y1\phi}^2 + h_{o1}^2} + l_{y2\phi}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{l_{y2\phi}^2 + h_{o2}^2} - l_{y2\phi}}{\sqrt{l_{y2\phi}^2 + h_{o2}^2} + l_{y1\phi}} \cdot 100 \quad (6.18)$$

$$a_y = \frac{\left[\sqrt{\left(\frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} - \frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right] + \sqrt{\left(\frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} + \left[\sqrt{\left(\frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} - \frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}} \right]}{\sqrt{\left(\frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2}} \cdot 100 \quad (6.19)$$

Определяем расчетную плотность в готовой ткани по основе и утку:

$$P_{ог} = \frac{Po}{1 - 0.01 \cdot Uy} \quad (6.20)$$

$$P_{уг} = \frac{Py}{1 - 0.01 \cdot Uo}, \quad (6.21)$$

где Uo , Uy , соответственно, усадка ткани по основе и утку

Определяем поверхностную плотность ткани суровой:

$$M_c = \frac{10 \cdot Po \cdot To}{1000 \cdot (1 - 0.01 \cdot ao)} + \frac{10 \cdot Py \cdot Ty}{1000 \cdot (1 - 0.01 \cdot ay)} \quad (6.22)$$

Определяем поверхностную плотность ткани готовой:

$$M_{г} = \frac{M_c \cdot (1 - 0.01 \cdot \beta_m)}{(1 - 0.01 \cdot Uo) \cdot (1 - 0.01 \cdot Uy)} \quad (6.23)$$

В строении двухслойных тканей участвуют две системы основных и две системы уточных нитей. Рассмотрим такие двухслойные ткани, связь слоев в которых осуществляется в результате дополнительного переплетения нитей верхнего слоя с нитями нижнего слоя. В двухслойных тканях с соединением слоев нитями слоев большое внимание уделяется созданию геометрических моделей строения ткани при максимальном уплотнении ее по основе и утку. В зависимости от способа связи слоев геометрические модели могут быть самыми разнообразными.

Основные параметры строения двухслойной ткани показаны на рисунке 6.2, геометрические модели построения двухслойной ткани с максимальным уплотнением по основе и утку.

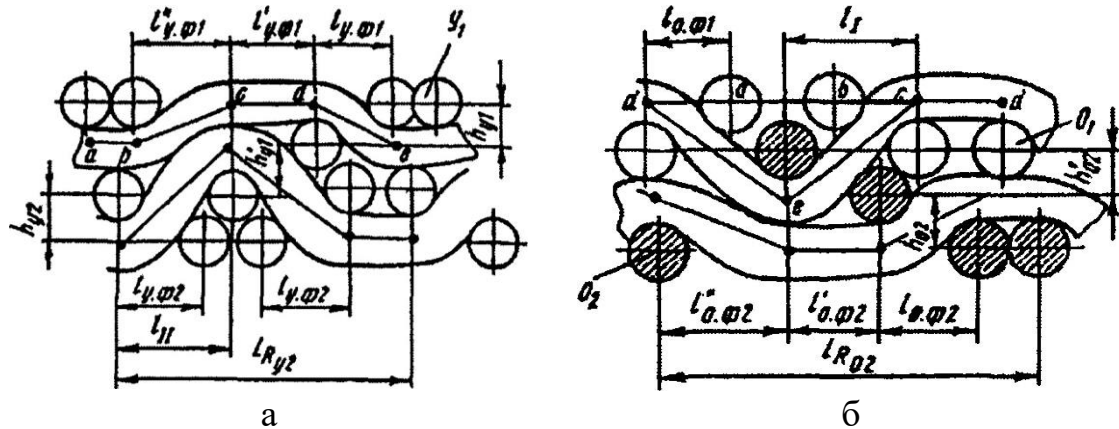


Рисунок 6.2 – Геометрические модели строения двухслойной ткани при переплетении слоев саржи 2/2:

а – разрез вдоль основы, б – разрез вдоль утка

В двухслойных тканях определяют максимальную плотность нитей в верхнем и нижнем соях. Для верхнего слоя:

$$P_{o,\max} = 100R_{o1}/L_{Ro1}, \quad (6.24)$$

где R_{o1} – число нитей в верхнем слое в раппорте переплетения по основе; L_{Ro1} – длина раппорта верхней основы при максимальном уплотнении ткани по основе. В общем случае:

$$L_{Ro1} = l_{o1}t_{y1} + l'_{o1}t'_{y2} + l''_{o1}t'_{y12} + d_{o1}(R_{o1} - t_{y1} - t_{y2} - t_{y12}), \quad (6.25)$$

где l_{o1} – расстояние между центрами нитей верхней основы в местах пересечения t_{y1} их нитями верхнего утка,

$$l_{o1} = \sqrt{(d_{o1} + d_{y1})^2 - h_{o1}^2}, \quad (6.26)$$

где h_{o1} – высота волны изгиба нитей верхней основы при пересечении с нитями верхнего утка,

$$h_{o1} = \frac{d_{o1} + d_{y1}}{2} K_{h.o}. \quad (6.27)$$

Расстояние между центрами нитей основы верхнего слоя в местах пересечения нитями нижнего утка (при дополнительном переплетении способами сверху вниз и комбинированным)

$$l'_{o1} = \sqrt{(d_{o1} + d_{y2})^2 - (h'_{o1})^2}. \quad (6.28)$$

Высота волны изгиба нитей верхней основы при пересечении с нитями нижнего утка

$$h'_{o1} = \frac{d_{o1} + d_{y2}}{2} K_{h.o.} \quad (6.29)$$

Расстояние между центрами нитей основы верхнего слоя в местах одновременного пересечения нитями утка верхнего и нижнего слоев (при дополнительном переплетении нитей верхней основы с нитями нижнего утка способом соединения слоев сверху вниз с комбинированным)

$$l''_{o1} = \sqrt{(d_{o1} + d_{y1} + d_{y2})^2 - (h''_{o1})^2}. \quad (6.30)$$

Высота волны изгиба нитей верхней основы при пересечении их нитями верхнего и нижнего утка

$$h''_{o1} = \frac{d_{o1} + d_{y1} + d_{y2}}{2} K_{h.o.} \quad (6.31)$$

Максимальная плотность ткани по основе нижнего слоя

$$P_{o,max2} = 100R_{o2}/L_{Ro2}, \quad (6.32)$$

где R_{o2} – число нитей в нижнем слое в раппорте переплетения по основе; L_{Ro2} – длина раппорта верхней основы нижнего слоя при максимальном уплотнении ткани по основе. Длина раппорта:

$$L_{Ro2} = l_{o2}t_{y2} + l'_{o2}t'_{y1} + l''_{o2}t''_{y12} + d_{o2}(R_{o2} - t_{y2} - t'_{y1} - t''_{y12}). \quad (6.33)$$

Расстояние между центрами нитей нижней основы в местах пересечения их нитями нижнего утка t_{y2}

$$l_{o2} = \sqrt{(d_{o2} + d_{y2})^2 - h_{o2}^2}. \quad (6.34)$$

Высота изгиба нитей нижней основы при пересечении с нитями нижнего утка

$$h_{o2} = \frac{d_{o2} + d_{y2}}{2} K_{h.o.} \quad (6.35)$$

Расстояние между центрами нитей основы нижнего слоя в местах пересечения их нитями верхнего утка (при способе соединения слоев способом снизу вверх и комбинированным)

$$l_{o2} = \sqrt{(d_{o2} + d_{y1})^2 - (h_{o2})^2}. \quad (6.36)$$

Высота волны изгиба нитей нижней основы при пересечении их с нитями верхнего утка

$$h'_{o2} = (d_{o2} + d_{y1})K_{h.o}/2. \quad (6.37)$$

Расстояние между центрами нитей основы нижнего слоя в местах одновременного пересечения их нитями верхнего и нижнего утка (при соединении слоев способом снизу вверх и комбинированным)

$$l_{o2} = \sqrt{(d_{o2} + d_{y1} + d_{y2})^2 - (h_{o2})^2}. \quad (6.38)$$

Высота волны изгиба основы нижнего слоя при одновременном пересечении их нитями верхнего и нижнего утка

$$h_{o2} = h_{o2} + h'_{o2} = K_{h.o} \left(\frac{d_{o2} + d_{y2}}{2} \right) + \left(\frac{d_{o2} + d_{y1}}{2} \right). \quad (6.39)$$

Коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по основе в слоях

$$K_{H.o1} = P_{o1}/P_{o.max1}; \quad K_{H.o2} = P_{o2}/P_{o.max2}. \quad (6.40)$$

Максимальная плотность ткани по утку верхнего слоя

$$P_{y.max1} = 100R_{y1}/L_{Ry1}. \quad (6.41)$$

где R_{y1} – число нитей верхнего утка в раппорте переплетения по утку.

Длина раппорта ткани по утку верхнего слоя при максимальном уплотнении ткани по утку

$$L_{Ry1} = l_{y1}t_{o1} + l'_{y1}t'_{o2} + l''_{y1}t'_{o12} + d_{y1}(R_{y1} - t_{o1} - t'_{o2} - t'_{o12}). \quad (6.42)$$

Расстояние между центрами нитей утка верхнего слоя в местах пересечения их нитями верхней основы

$$l_{y1} = \sqrt{(d_{o1} + d_{y1})^2 - h_{y1}^2}. \quad (6.43)$$

Высота волны изгиба нитей верхнего утка в местах пересечения их с нитями верхней основы

$$h_{y1} = \frac{d_{o1} + d_{y1}}{2} K_{h,y}. \quad (6.44)$$

Расстояние между центрами нитей утка верхнего слоя в местах пересечения их нитями основы нижнего слоя (при соединении слоев способом снизу вверх и комбинированным)

$$l'_{y1} = \sqrt{(d_{o2} + d_{y1})^2 - (h'_{y1})^2}. \quad (6.45)$$

Высота волны изгиба нитей утка верхнего слоя при пересечении их с нитями нижней основы

$$h'_{y1} = \frac{d_{o2} + d_{y1}}{2} K_{h,y}. \quad (6.46)$$

Расстояние между центрами нитей верхнего утка в местах одновременного пересечения их нитями верхней и нижней основ (при соединении слоев способом снизу вверх и комбинированным)

$$l''_{y1} = \sqrt{(d_{o1} + d_{o2} + d_{y1})^2 - (h''_{y1})^2}. \quad (6.47)$$

Высота волны изгиба нитей верхнего утка при одновременном пересечении их нитями основы верхнего и нижнего слоев

$$h''_{y1} = h_{y1} + h'_{y1} = K_{h,y} \left(\frac{d_{o1} + d_{y1}}{2} \right) + \left(\frac{d_{o2} + d_{y1}}{2} \right). \quad (6.48)$$

Максимальная плотность ткани по утку нижнего слоя при максимальном уплотнении по утку

$$P_{y \max 2} = 100 R_{y2} / L_{Ry2}. \quad (6.49)$$

где R_{y2} – число нитей утка нижнего слоя в раппорте переплетения ткани по утку.

Длина раппорта по утку нижнего слоя при максимальном уплотнении ткани по утку

$$L_{Ry2} = l_{y2} t_{o2} + l'_{y2} t'_{o1} + l''_{y2} t''_{o12} + d_{y2} (R_{y2} - t_{o2} - t'_{o1} - t''_{o12}). \quad (6.50)$$

Расстояние между центрами нитей нижнего утка в местах пересечения их нитями нижней основы

$$l_{y2} = \sqrt{(d_{o2} + d_{y2})^2 - h_{y2}^2}. \quad (6.51)$$

Высота волны изгиба нитей нижнего утка в местах пересечения их нитями нижней основы

$$h_{y2} = \frac{d_{o2} + d_{y2}}{2} K_{h,y}. \quad (6.52)$$

Расстояние между центрами нитей утка нижнего слоя в местах пересечения нитями верхней основы (при соединении слоев способом сверху вниз и комбинированным)

$$l'_{y2} = \sqrt{(d_{o1} + d_{y2})^2 - (h'_{y2})^2}. \quad (6.53)$$

Высота волны изгиба нитей утка нижнего слоя в местах пересечения с нитями верхней основы

$$h'_{y2} = \frac{d_{o1} + d_{y2}}{2} K_{h,y}. \quad (6.54)$$

Расстояние между центрами нитей нижнего утка в местах одновременного пересечения их нитями верхней и нижней основ (при соединении слоев способом сверху вниз и комбинированным)

$$l''_{y2} = \sqrt{(d_{o1} + d_{o2} + d_{y2})^2 - (h''_{y2})^2}. \quad (6.55)$$

Высота волны изгиба нитей нижнего утка в местах пересечения их нитями верхней и нижней основ

$$h''_{y2} = h_{y2} + h'_{y2} = K_{h,y} \left(\frac{d_{o2} + d_{y2}}{2} + \frac{d_{o1} + d_{y2}}{2} \right) \quad (6.56)$$

Коэффициенты наполнения ткани волокнистым материалом по утку в слоях

$$K_{H,y1} = \frac{P_{y1}}{P_{y,max1}}; \quad K_{H,y2} = \frac{P_{y2}}{P_{y,max2}}. \quad (6.57)$$

Уработку нитей в двухслойных тканях определяют отдельно для нитей верхнего и нижнего слоев.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Назовите методику расчета проектирования полутораслойной и двухслойной ткани.
2. По каким исходным формулам определяется геометрическая плотность для разных слоев полутораслойной ткани?
3. Как рассчитывается максимальная плотность по основе (P_{omax}) для полутораслойной ткани?
4. В чем заключаются особенности расчета уработки нитей (a_o, a_y) для многослойных структур по сравнению с однослойными тканями?
5. Как рассчитывается поверхностная плотность готовой многослойной ткани (M_r)?
6. Как влияет коэффициент наполнения ткани по утку (K_{Hy}) на фактическую геометрическую плотность ($l_{\gamma\phi}$) и, в конечном итоге, на расчетную плотность по утку (P_{γ})?

7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТКАНЕЙ ПО ЗАДАННОЙ ТОЛЩИНЕ

Для многих видов ткани технического назначения основным потребительским свойством является толщина. Толщиной ткани называют расстояние между касательными плоскостями или касательными, проведенными по вершинам волн изгиба нитей с обеих сторон ткани. Толщина ткани зависит от линейной плотности, строения ткани. Толщина ткани определяется в зависимости от того, какая система нитей формирует ее опорную поверхность, что, в свою очередь, зависит от фазы строения ткани. А значит, формулы для определения толщины однослойной ткани учитывают порядок фазы строения и форму поперечного сечения нитей в ткани. Для тканей, нити которых сохраняют форму поперечного сечения в виде круга, толщину ткани определяют следующим образом.

Для ткани с 1 до 5 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned} b_T &= h_y + d_y = d_p \cdot K_{hy} + d_y \\ &= \frac{d_{cрn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot K_{hy}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cрn} \cdot \tau_y}{K_d + 1} = \\ &= \frac{d_{cрn} \cdot [K_{hy}(K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot \tau_y]}{K_d + 1} \end{aligned} \quad (7.1)$$

Для ткани 5 порядка фазы строения

$$b_T = d_o + d_y = 2 \cdot d_p = \frac{2 \cdot d_{cрn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y)}{K_d + 1} \quad (7.2)$$

Для ткани с 5 по 9 порядок фазы строения:

$$\begin{aligned} b_T &= h_o + d_o = d_p \cdot K_{ho} + d_o \\ &= \frac{d_{cрn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot K_{ho}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cрn} \cdot K_d \cdot \tau_o}{K_d + 1} = \\ &= \frac{d_{cрn} \cdot [K_{ho}(K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot K_d \cdot \tau_o]}{K_d + 1} \end{aligned} \quad (7.3)$$

Для тканей, нити в которых в процессе ткачества приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса, толщину ткани определяют следующим образом: для ткани с 1 по 5 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned} b_T &= h_y + d_{yB} = d_p \cdot K_{hy} + d_{yB} \\ &= \frac{d_{cрn} \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) \cdot K_{hy}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cрn} \cdot \eta_{yB}}{K_d + 1} = \end{aligned} \quad (7.4)$$

$$= \frac{d_{\text{срн}} \cdot [K_{hy}(K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}}) + 2 \cdot \eta_{\text{ув}}]}{K_d + 1}$$

Для ткани 5 порядка фазы строения:

$$b_{\text{т}} = d_{\text{ов}} + d_{\text{ув}} = 2 \cdot d_p = \frac{2 \cdot d_{\text{срн}} \cdot (K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}})}{K_d + 1} \quad (7.5)$$

Для ткани с 5 по 9 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned} b_{\text{т}} &= h_o + d_{\text{ов}} = d_p \cdot K_{ho} + d_{\text{ов}} = \\ &= \frac{d_{\text{срн}} \cdot (K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}}) \cdot K_{ho}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{\text{срн}} \cdot K_d \cdot \eta_{\text{ов}}}{K_d + 1} = \\ &= \frac{d_{\text{срн}} \cdot [K_{ho}(K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}}) + 2 \cdot K_d \cdot \eta_{\text{ув}}]}{K_d + 1} \end{aligned} \quad (7.6)$$

Как следует из приведенных формул, толщина ткани зависит от порядка фазы строения, размеров поперечного сечения нитей, деформации нитей в ткани, соотношения диаметров нитей в ткани.

Если коэффициент соотношения диаметров $K_d = 1$ и деформация нитей основы и утка в ткани одинакова, то максимальное значение толщины будет иметь ткань 1 и 9 порядков фазы строения. При этом толщина ткани с 1 по 5 порядок фазы строения уменьшается, а с 5 по 9 порядок увеличивается. В 5 порядке фазы строения толщина ткани имеет наименьшее значение, равное сумме диаметров нитей основы и утка.

Если $K_d > 1$, то наименьшее значение толщины ткани может быть получено при порядке фазы строения ниже 5-го, если $K_d < 1$, то при порядке фазы строения выше 5-го. Следовательно, изменяя условия подготовки нитей к ткачеству и формирования ткани на ткацком станке, обеспечивают выработку ткани требуемой толщины. Проектирование ткани заданной толщины осуществляется по двум направлениям: 1) когда известна линейная плотность и необходимо определить порядок фазы строения, который обеспечит заданную толщину ткани; 2) когда выбирается определенный порядок фазы строения и необходимо определить линейные плотности нитей основы и утка для обеспечения заданной толщины ткани.

Особенности методики проектирования ткани по заданной толщине с учетом линейных плотностей нитей.

Учитывая опыт работы проектных организаций и промышленных предприятий, выбирают значения линейных плотностей по основе и утку, сырьевой состав и структуру, определяемую коэффициентами сырьевого состава. В соответствии с назначением ткани и ее эксплуатационными характеристиками определяют переплетение нитей

в ткани, ширину ткани и степень неуравновешенности ткани по плотности. Исходя из сырьевого состава нитей определяют форму их поперечного сечения и коэффициенты смятия. Принимают коэффициент наполнения ткани по основе.

Зная значения линейных плотностей, определяют значения диаметров нитей до ткачества и в ткани, расчетный диаметр, и средний диаметр на паковке. Проектирование ткани начинают с определения коэффициентов, характеризующих высоты волн изгиба. Для чего в формулу для определения толщины ткани, принятую в соответствии с эффектом ее поверхности, преобразуют относительно коэффициентов, характеризующих высоту волны изгиба нитей основы и утка. Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

Для сечения нити круг:

$$K_{hy} = \left[\frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cpr}} - 2 \cdot \tau_y \right] \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \quad (7.7)$$

Для сечения нити эллипс:

$$K_{hy} = \left[\frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cpr}} - 2 \cdot \eta_{yb} \right] \cdot (K_d \cdot \eta_{ob} + \eta_{yb}) \quad (7.8)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

Для сечения нити круг:

$$K_{ho} = \left[\frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cpr}} - 2 \cdot \tau_o \right] \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \quad (7.9)$$

Для сечения нити эллипс:

$$K_{ho} = \left[\frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cpr}} - 2 \cdot \eta_{ob} \right] \cdot (K_d \cdot \eta_{ob} + \eta_{yb}) \quad (7.10)$$

Для другого коэффициента выводят из формулы: $K_{ho} + K_{hy} = 2$.

Порядок фазы строения определяют в зависимости от величины первого коэффициента по основе: $\Phi = 4 \cdot K_{ho} + 1$

Исходя из переплетения ткани и коэффициента наполнения по основе определяют плотность ткани по основе:

Для сечения нити круг:

$$P_o = \frac{100 \cdot R_o \cdot (K_d + 1) \cdot K_{ho}}{d_{cpr} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_y) \cdot 2 \cdot K_d \cdot \tau_o} \quad (7.11)$$

Для сечения эллипс:

$$P_o = \frac{100 \cdot R_o \cdot (K_d + 1) \cdot K_{HO}}{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_y) \cdot 2 \cdot K_d \cdot \eta_{ov}} \quad (7.12)$$

Плотность ткани по утку определяют исходя из соотношения плотностей:

$$P_y = \frac{P_o}{K_p} \quad (7.13)$$

Затем определяют коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по утку:

Для сечения круг:

$$K_{Hy} = \frac{P_y \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_y - t_o) \cdot 2 \cdot \tau_y}{100 \cdot R_y \cdot (K_d + 1)} \quad (7.14)$$

Для сечения эллипс:

$$K_{Hy} = \frac{P_y \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{ov} + \eta_{yB}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_y - t_o) \cdot 2 \cdot \eta_{yB}}{100 \cdot R_y \cdot (K_d + 1)} \quad (7.15)$$

Уработку основы и утка, поверхностную плотность ткани определяют по формулам, рассматриваемым ранее.

Особенности методики проектирования ткани заданной толщины, если линейные плотности нитей не известны.

В соответствии с назначением и потребительскими свойствами проектируемой ткани, а также используя накопленный опыт работы, выбирают сырьевой состав и структуру нитей, переплетение и ширину ткани. Исходя из сырьевого состава задают коэффициенты, характеризующие сырьевой состав, форму поперечного сечения и коэффициенты смятия. В соответствии с выбранным переплетением и эксплуатационными свойствами ткани задают порядок фазы строения, коэффициент соотношения диаметров, коэффициент плотности и коэффициент наполнения ткани по основе. Проектирование начинают с определения значения коэффициентов, учитывающих высоту волны изгиба нитей в ткани:

$$K_{ho} = \frac{\Phi - 1}{4}, \quad K_{hy} = 2 - K_{ho}$$

В зависимости от переплетения выбирают формулу для определения толщины ткани и преобразуют ее относительно среднего диаметра нити.

Для тканей, нити в которых сохраняют форму поперечного сечения в виде круга, получают следующие зависимости:

Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{hy} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot \tau_y} \quad (7.16)$$

Для тканей 5 порядка фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{hy} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y)} \quad (7.17)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{ho} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot K_d \cdot \tau_o} \quad (7.18)$$

Для тканей, нити в которых в процессе ткачества приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса, получают следующие зависимости.

Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{hy} \cdot (K_d \cdot \eta_{ov} + \eta_{yb}) + 2 \cdot \eta_{yb}} \quad (7.19)$$

Для тканей 5 порядка фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{hy} \cdot (K_d \cdot \eta_{ov} + \eta_{yb})} \quad (7.20)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{cpr} = \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{K_{ho} \cdot (K_d \cdot \eta_{ov} + \eta_{yb}) + 2 \cdot K_d \cdot \eta_{ov}} \quad (7.21)$$

По полученному значению среднего диаметра определяют линейные плотности на паковке до ткачества:

$$T_{on} = \frac{4000 \cdot d_{cpr}^2 \cdot K_d^2}{C_o^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.22)$$

$$T_{on} = \frac{4000 \cdot d_{cpr}^2 \cdot K_d^2}{C_o^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.23)$$

$$T_{yn} = \frac{4000 \cdot d_{cpn}^2 \cdot K_d^2}{C_y^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.24)$$

По справочной литературе находят значения фактических величин линейных плотностей, вырабатываемых на предприятиях текстильной промышленности, и определяют фактические значения диаметров нитей:

$$d_{on} = 0.1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0.1 \cdot T_{on}} \quad (7.25)$$

$$d_{yn} = 0.1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0.1 \cdot T_{yn}} \quad (7.26)$$

$$d_{cp\phi} = \frac{d_{on} + d_{yn}}{2} \quad (7.27)$$

Полученные значения диаметров нитей подставляют в исходную формулу толщины ткани и находят ее значение. Далее определяют отклонение в процентах от заданного значения толщины ткани. Если оно не превышает $\pm 2,5 \%$, то выполняют расчеты плотностей нитей в ткани, уработок основы и утка, поверхностной плотности по рассмотренным ранее формулам. Если величина отклонения больше регламентируемой, то следует изменить порядок фазы строения ткани и выполнить повторный расчет. В результате проектирования получают значения основных параметров строения ткани, которые используют для составления технического расчета ткани и дальнейшей ее выработки на ткацком станке.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение толщине ткани. Какие два ключевых фактора, согласно материалу, ее определяют?
2. Почему формулы для расчета толщины ткани различаются для разных порядков фаз строения?
3. Что такое толщина ткани и от каких ключевых факторов она зависит?
4. Опишите два принципиальных алгоритма проектирования ткани по заданной толщине?
5. Если известна линейная плотность нитей, как определяется необходимый порядок фазы строения для обеспечения заданной толщины?
6. Если порядок фазы строения выбран заранее, как определяются требуемые линейные плотности нитей основы и утка?
7. Как выбор переплетения влияет на формулы для определения плотности ткани?

8. Как связаны между собой толщина готовой ткани и ее поверхностная плотность? Можно ли, зная алгоритм из раздела, рассчитать одну величину по другой?

9. Почему при проектировании важно учитывать не только геометрию, но и деформацию нитей в ткани (коэффициенты смятия)? К каким ошибкам в расчете толщины может привести использование некорректных справочных значений коэффициентов?

8 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЕЙ

8.1 Зарубежные САПР для проектирования ткацких рисунков

САПР ткацких рисунков (CAD for Weaving Patterns) – это системы, позволяющие создавать и оптимизировать ткацкие переплетения, включая ремизные и жаккардовые структуры.

Примеры:

- TexGen – open-source платформа для моделирования текстильных структур.
- WeavePoint – профессиональное ПО для проектирования ткацких рисунков и управления ткацкими станками.
- DesignScope Victor – система для разработки жаккардовых тканей.

Перспективными технологиями являются:

- ИИ и машинное обучение – для генерации новых переплетений и анализа дефектов.
- 3D-моделирование тканей – для визуализации текстильных структур до производства.
- Интеграция с ткацкими станками – автоматическая передача паттернов на оборудование.

Автоматизация проектирования тканей повышает эффективность производства: она ускоряет разработку дизайнов и сокращает время вывода изделий на рынок. Специализированное ПО позволяет быстрее и точнее создавать и корректировать образцы, уменьшая число пробных попыток подработки образцов и расход материалов. Это также улучшает качество за счёт более точной геометрии и текстуры, снижает брак и повышает конкурентоспособность. Кроме того, автоматизация упрощает взаимодействие между дизайнерами и технологами, ускоряя координацию и запуск новых коллекций.

Разработан метод проектирования рисунков мелкоузорчатых переплетений и его реализация на ПЭВМ [1]. Разработано автоматизированное рабочее место дессинатора с рядом результатов:

эффективный алгоритм анализа и построения заправочного рисунка, модифицированный волновой алгоритм, критерии отбора технологичных переплетений, программный комплекс для выбора переплетений и раппортов цвета и процедура визуализации внешнего вида ткани. Полученное ПО и методика позволяют сократить время разработки образцов, повысить технологичность изделий и точнее реализовать проектные задания за счёт оценки внешнего вида узора на экране.

Создан новый подход с использованием генетического алгоритма для создания рисунка ткани в текстильной промышленности [2–3]. Авторами Obe O., Egwuche O. S. генетические алгоритмы (ГА) применяются для оптимизации ткацких переплетений. Авторы показали, что генетические алгоритмы могут заменить трудоёмкие традиционные методы проектирования тканей. Доказали эффективность ГА для создания инновационных переплетений с улучшенными характеристиками. Работы стали одним из первых шагов к внедрению эволюционных методов оптимизации в текстильную промышленность. Генетический алгоритм используется для автоматической генерации тканевых узоров. Метод имитирует естественный отбор и мутации для поиска оптимальных решений. Эксперименты показали, что ГА создаёт больше вариантов переплетений быстрее и эффективнее, чем традиционные методы. Подчёркивается значение технологии для сохранения культурного наследия и развития местного текстильного производства. Авторы делают акцент на практическом применении ГА для оптимизации свойств тканей (прочность, эластичность). Рассматривается возможность интеграции алгоритмов в автоматизированные системы проектирования.

Эксперименты на разных типах тканей показали преимущество такого подхода над традиционными методами: получены оптимизированные модели переплетений с улучшенными свойствами (прочность, эластичность). Работа подтверждает потенциал генетических алгоритмов для автоматизации проектирования и создания более качественных тканей.

Нейронные сети используются для автоматического распознавания и классификации ткацких переплетений, что упрощает процесс проектирования тканей. В работе [4] рассматривается задача классификации ткацких переплетений, которая включает в себя определение основных параметров ткани, таких как плотность, количество нитей и тип переплетения. Авторы применяют сверхточную нейронную сеть (CNN) с обучением по методу обратного распространения ошибки. Эксперименты проводились на наборе микроскопических изображений тканей. Модель выполняет классификацию структуры переплетений и одновременно оценивает плотность нитей основы и утка. Авторы показывают, что оптимизация

параметров сети значительно повышает точность распознавания. Работа демонстрирует вклад нейросетевых методов в автоматизацию проектирования тканей.

Проводятся исследования в области разработки программных средств для автоматизации проектирования ткацких переплетений на основе заданных параметров. Например, разработана компьютеризованная система проектирования тканей с использованием мультиагентной технологии. В работе описывается методика проектирования, основанная на интеграции мультиагентных технологий и технологий компьютерного моделирования тканей.

Система автоматически генерирует переплетения и структуру ткани по заданным параметрам и использует алгоритмы оптимизации для поиска наилучших вариантов. В работе также приведены экспериментальные сравнения её эффективности с традиционными методами проектирования.

Использование компьютерного зрения для автоматической идентификации и классификации узоров тканевых переплетений основано на анализе изображений тканей, позволяющем выделять нити основы и утка по значениям серого уровня пикселей. Для распознавания нитей применяется алгоритм Fuzzy C-Means, а классификация выполняется с помощью двухэтапной нейронной сети, обученной методом обратного распространения ошибки. Проведённые исследования показали высокую точность и надёжность предложенного подхода, что подтверждает перспективность применения компьютерного зрения в автоматизации проектирования тканей [5].

Создание новых типов переплетений на основе анализа и синтеза существующих – перспективное направление исследований. Методы вроде теории графов и генеративных алгоритмов позволяют проектировать переплетения с улучшенными характеристиками (прочность, эластичность). В результате были получены несколько новых конструкций, пригодных для промышленного производства более качественных тканей.

Исследования в области автоматизации проектирования тканей и оптимизации производства подтверждают ключевую роль машинного обучения для повышения эффективности отрасли. Разные подходы решают задачи классификации и оптимизации переплетений, но все используют нейросети и методы глубокого обучения для анализа данных. Это приближает появление автоматизированных систем, способных проектировать ткани быстрее и точнее, что улучшает качество продукции и снижает затраты.

Активно в проектировании тканей начинает использоваться искусственный интеллект (ИИ). Применение ИИ повышает точность проектирования и сокращает время и затраты. В отличие от ручных методов, автоматизированные системы быстро классифицируют и

оптимизируют переплетения с учётом множества параметров. В этой работе рассматривается использование генеративных моделей глубокого обучения (GAN) для проектирования текстильных структур. Авторы показывают, что применение ИИ позволяет создавать новые варианты тканей с улучшенными свойствами и эстетическими характеристиками, сокращая время разработки и повышая точность проектирования [6].

Сравнительные характеристики программ, которые используют технологии ИИ для проектирования текстильных переплетений представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Сравнительные характеристики программ, которые используют технологии ИИ для проектирования текстильных переплетений

Программное обеспечение	Наличие ИИ	Поддерживаемые форматы	Операционная система	Особенности
ArahWeave	+	Doc, Txt, Wif, Pat, Xls	Windows, MacOS, Linux	Создание и изменение переплетений разного вида тканей
WeavePoint	-	Wef, Wpf, Tiff, Jpg, Png, Bmp	Windows, MacOS	Гибкость при создании переплетений, поддержка современных тканей
WeaveMaker	-	Wef, Wif, Pff, Tiff, Jpg, Bmp	Windows	Интуитивно понятный интерфейс, разработка разных видов тканей
TexGen	-	Wef, Wpf, Tiff, Jpg, Png, Bmp	Windows	Быстрое создание переплетений и изменение параметров
TexMind	+	Wef, Wpf, Tiff, Jpg, Png	Windows	Автоматическое определение классификации переплетений, оптимизация переплетений

ArahWeave – это программа, которая позволяет быстро создавать и изменять переплетения с использованием искусственного интеллекта. Имеет функциональность по распознаванию переплетения на основе изображения. Специализируется на создании переплетений для тканей высокого качества и профессионального использования. Позволяет автоматизировать процесс проектирования, оптимизации и анализа ткацких переплетений. Благодаря этому, время и затраты на проектирование могут быть существенно сокращены, а качество и точность проектирования значительно улучшены. В результате повышается конкурентоспособность текстильной промышленности на мировом рынке.

TexMind – это система автоматизации проектирования текстильных переплетений, которая использует машинное обучение для классификации и оптимизации переплетений. Имеет функциональность по распознаванию переплетения на основе изображения. Ориентирована на использование в промышленности и имеет функционал по оптимизации производственных процессов. Позволяет автоматизировать процесс проектирования, оптимизации и анализа ткацких переплетений. Благодаря этому, время и затраты на проектирование могут быть существенно сокращены, а качество и точность проектирования значительно улучшены. В результате повышается конкурентоспособность текстильной промышленности на мировом рынке.

TexGenCAD и WeavePoint – не имеет функциональность по распознаванию переплетения на основе изображения. Точность и эффективность каждой программы может зависеть от многих факторов, таких как: качество изображения, тип ткани, уровень шума на изображении, размерность и сложность переплетения, алгоритмов и методов обработки изображения, используемых в каждой программе.

Кроме того, возможности программ могут различаться в зависимости от целевой аудитории и потребностей пользователей.

Разработка таких инструментов может значительно повысить производительность и качество проектирования тканей, что, в свою очередь, укрепит позиции текстильной промышленности на мировом рынке. Таким образом, интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в текстильную промышленность открывает новые возможности для автоматизации процессов, повышения качества продукции и укрепления конкурентоспособности отрасли на глобальном уровне.

8.2 Программное обеспечение ArahWeave

ArahWeave – специализированное ПО для проектирования тканей в жаккардовом ткачестве на станках с электронными зевовообразовательными каретками [7]. Система обеспечивает реалистичную симуляцию образца в натуральную величину с учётом схемы переплетения, плотности нитей, состава пряжи и цветового решения. Интерактивный редактор моментально отображает изменения на визуализации ткани, что позволяет сократить число физических пробных образцов и ускорить вывод новой коллекции в производство (рис.8.1). Ключевые функции:

- реалистичная симуляция ткани в натуральную величину и отображение поперечного сечения;

- интерактивное редактирование переплетений с немедленным просмотром результата на образце;
- инструмент weft blanket для объединения нескольких образцов в один документ без остановки станка и автоматическая маркировка участков ткани;
- автоматическая генерация технических карт и экспорт данных (xml, html) для всех ключевых интерфейсов промышленных dobby- и jacquard-станков;
- коррекция длинных утков и поддержка эксклюзивных техник: fil-coupe, дополнительных утков, overprint, seersucker и др.

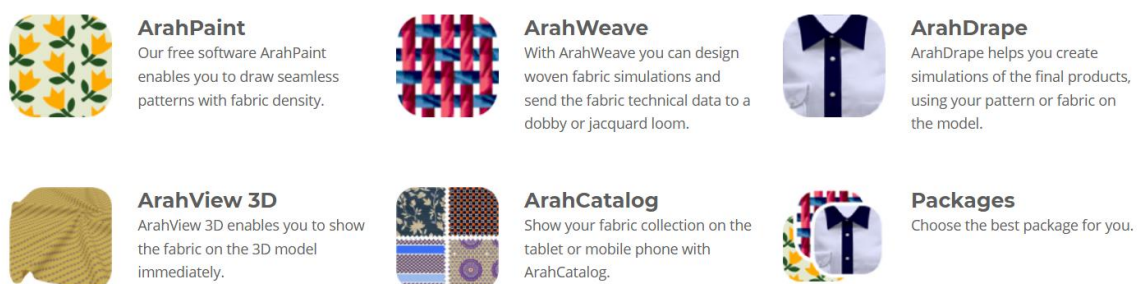


Рисунок 8.1 – Основное меню программы ArahWeave

Этот программный комплекс объединяет в едином интерфейсе инструменты для проектирования жаккардовых и кареточных тканей. Каждая конфигурация программы поставляется с обширной базой данных, содержащей 54 000 готовых переплетений. В качестве бонуса предоставляется бесплатная версия графического редактора ArahPaint, оптимизированного для создания бесшовных раппортов с учетом реальной плотности полотна.

Инструменты проектирования и визуализации. Возможно интерактивное редактирование и любые изменения параметров – от порядка проборки и цвета нитей до плотности, берда и состава пряжи – мгновенно отображаются на 3D-модели ткани.

Реалистичная имитация. Система воспроизводит внешний вид текстиля в натуральную величину с учетом рельефной отделки, наложения слоев и складок.

Поперечный срез. Функция сечения позволяет детально изучить внутреннюю структуру и взаимное расположение нитей в полотне.

Специальные режимы. Доступны расширенные инструменты для разработки двухслойных тканей и автоматический генератор сложных рисунков основы и утка.

Автоматизация и технический контроль. Прямое рисование. Наносить и корректировать рисунок нитей можно прямо по имитации готовой ткани.

Контроль дефектов. Программа автоматически находит и устраняет слишком длинные перекрытия (протяжки).

Создание спецэффектов. Инструментарий позволяет быстро генерировать креповые переплетения (эффект соболя).

Непрерывное ткачество. Опция стыковки узоров (полотно с утком) позволяет соединять разные ткани в один цикл без остановки станка.

Колористика и экономика. Точный цвет. Лабораторная калибровка по системе CIE гарантирует правильное отображение оттенков на любых мониторах и при печати.

Расчет себестоимости. Модуль калькуляции автоматически оценивает финансовые затраты на производство ткани.

Удобный экспорт. Техническая документация и паспорта изделий выгружаются в универсальных форматах XML и HTML.

Поддержка эксклюзивных техник, таких как переплетение нитей, дополнительные нити утка, нанесение рисунка и растушевка жаккарда.

Файл, готовый к ткачеству, возможен к отправке на ткацкий станок (рис. 8.2).

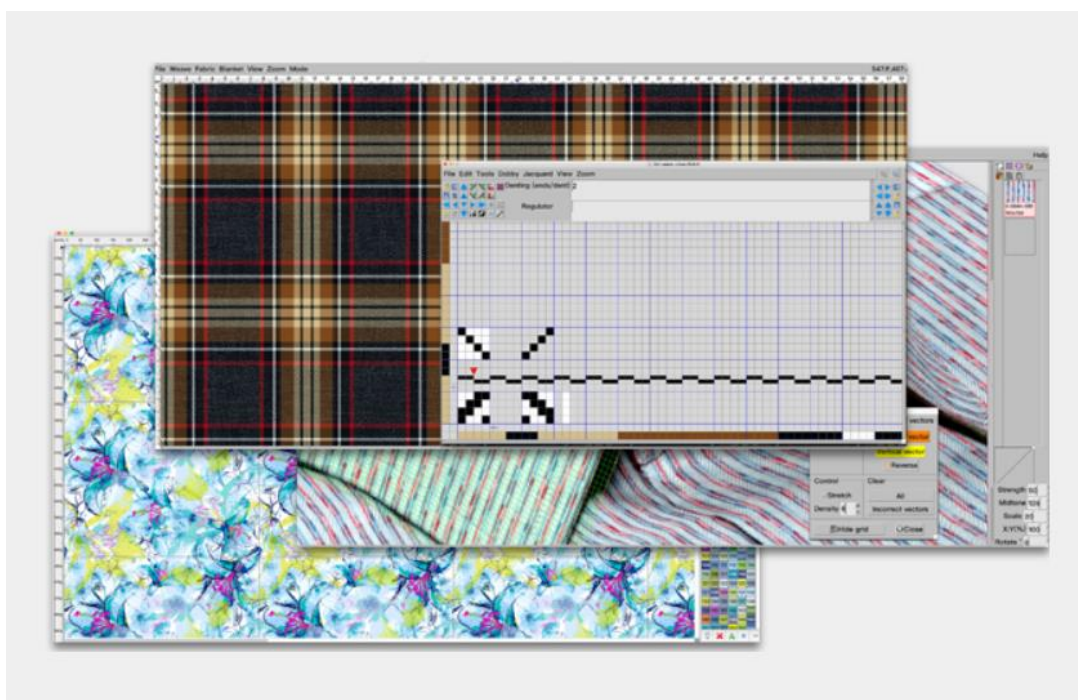


Рисунок 8.2 – Окна при работе с программой ArahWeave

Основные издания программы:

- Personal Edition включает ArahWeave и ArahPaint, база содержит 54000 переплетений, до 1200 образцов, 50 изображений в раппорте, максимальный размер переплетения 2048×2048. Поддержка вручную управляемых жаккардовых станков (AVL, Digital Weaving Norway, экспорт в WIF, TIFF, PNG;

- Selvedge Edition. Расширенная поддержка мелких привальных жаккардовых станков Stäubli JC5–JC7, максимальный размер переплетения 1024×8192, экспорт в TIFF, PNG;

- DobbyPro Edition содержит базу 54000 переплетений, до 5000 образцов, 500 изображений в раппорте, максимальный размер переплетения до 65000×65000. Интерфейсы для промышленных станков с зевовобразовательной кареткой, расчёт себестоимости ткани, импорт/экспорт в XML-, HTML-отчёты, интеграция с ERP-системами. Возможно онлайн-обучение (2–3 дня);

- JacquardPro Edition – всё из DobbyPro + поддержка jacquard-интерфейсов. Возможно онлайн-обучение (2–5 дней);

- Demo. Полная версия ArahPaint, демо-версия ArahWeave. 5025 переплетений, 4207 образцов, 195 изображений в раппорте. Визуализация образцов и сохранение картинок, без сохранения проектов. Поддержка PANTONE FHI.

Интеграция в экосистему Arahne:

ArahPaint – мощный векторный редактор для рисования бесшовных узоров и подготовки пробы плотности ткани;

- ArahDrape – симуляция конечного изделия на 3D-модели;
- ArahView 3D – просмотр ткани на модели в реальном времени;
- ArahCatalog – мобильное приложение для демонстрации коллекций тканей на планшете или смартфоне.

Системные требования и поддерживаемые форматы:

- платформа: Linux (нативно или в виртуальной машине), Mac OS X (Intel), Windows через VM или нативно;

- рекомендации: SSD-накопитель, многоядерный процессор (от 4-х ядер), HD-экран (1920×1080), трёхкнопочная мышь;

- поддерживаемые форматы изображений: TIFF, PNG; технических данных: XML, HTML; для станков: WIF и фирменные форматы dobby/jacquard.

8.3 Программное обеспечение WeavePoint

WeavePoint – коммерческое приложение для создания, редактирования и анализа ткацких переплетений и цветовых решений. Оно позволяет хранить библиотеку образцов, мгновенно визуализировать раппорт и экспортировать технические карты для ручных и программируемых жаккардовых или станков с зевовобразовательной кареткой [8]. Ключевые возможности:

- мгновенная отрисовка переплетения по мере заполнения чертежа в четырёх квадрантах экрана (Instant Drafting);

- библиотека переплетений: автоматическая генерация сатинов, твиллов и других структур, а также хранение пользовательских паттернов;

- интерактивный выбор и заполнение цветовой палитры: до 256 цветов в одном образце из палитры в 16 млн оттенков;

- система анализа тканей: расчёт длины раппорта, баланса нитей, процента покрытия цветом и оптимального варианта ткацкой схемы (анализ threading/treadling);

- Project Planner: инструмент для расчёта себестоимости и планирования технологических показателей каждого проекта (рис. 8.3).

Основные характеристики:

- выберите, как расположить нити: сверху или внизу;

- выберите как отображать ткань, переплетение сверху вниз или снизу вверх (как вы видите ткань на ткацком станке);

- выберите начальное положение нити, с левой или правой стороны;

- выберите положение вала 1 в системе нарезания резьбы – сверху или внизу сетки нарезания резьбы;

- до 128 валов, до 9600 нитей;

- 20 уровней масштабирования во всех режимах (черновик, дизайн и т. д.) До 256 цветов в одном шаблоне;

- простое переключение между системой обвязки, каретки и многоступенчатым ткацким станком;

- подъемный или опускающийся механизм. Подробная интерактивная справка с учетом контекста;

- выберите как при редактировании отображать протяжку нитей, как обычную, в виде сетки или в виде переплетенных нитей, с возможностью редактирования длины протяжки от руки;

- текущее положение мыши постоянно обновляется в строке состояния;

- многократная отмена и повтор;

- ввод с клавиатуры – редактируйте черновик только с клавиатуры, без использования мыши, используя вместо этого клавиши управления курсором и т. д.;

- повтор, копирование, вырезание, вставка, зеркальное отображение и т. д. ;

- специальная вставка для повторения, поворота, создания выступающих складок и многого другого. Просматривайте свою ткань в плавающем окне «Ткань» во время редактирования проекта. Библиотека – выбирайте типичные нити, автоматически создавайте бесконечные варианты саржи, создавайте атласы с помощью мастера сатинирования (рис. 8.4).

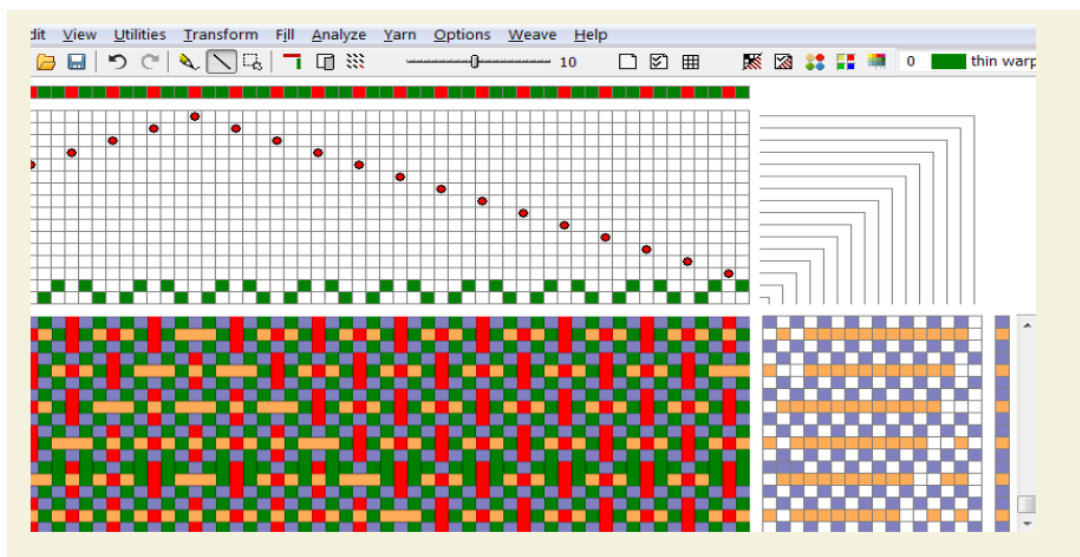


Рисунок 8.3 – Окна при работе с программой WeavePoint

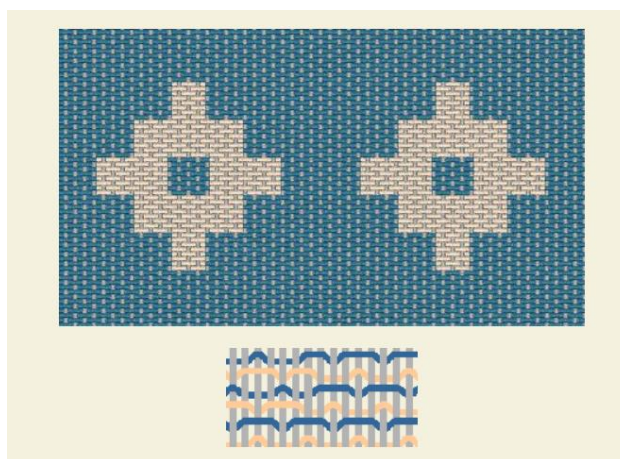


Рисунок 8.4 – Окно «Ткань» программы WeavePoint

Режим проектирования:

- анализ ткани. Анализирует узоры для наиболее эффективного переплетения нитей или план подъема;
- введите свой рисунок, и WeavePoint подскажет вам, как его сплести. Подробная информация о дизайне, включая текущую длину повторений, длину петель, процентное соотношение цвета или пряжи, количество живых изгородей. Сопроводите свой узор примечанием или описанием;
- в диалоговом окне «Обзор» вы можете найти файлы с узорами WeavePoint по уменьшенным изображениям. Пряжа: выберите название, описание и условное обозначение для использования в схеме вязания нитей и обвязки или подъема для каждой пряжи;

- быстро заполните выбранные цвета основы и утка с помощью диалогового окна «Цвета заливки». Включает в себя «Планировщик проектов»;

- простой в использовании рабочий лист, который позволяет точно рассчитать стоимость ваших ткацких проектов.

Программа и руководство доступны на английском, финском, немецком, шведском и норвежском языках.

Отображает ткань в соответствии с вашими настройками плотности ткани/пряжи на дюйм или сантиметр. Отображает ткань с имитацией поверхности, напоминающей пряжу. Имитация сбалансированной пряжи, пряжи основного и уточного переплетения, а также дополнительной пряжи двойного переплетения. Можно использовать толстую и тонкую пряжу с переменным размером нити и дополнительным промежутком между нитями. Покажите ткань в виде 3D-переплетения нитей, чтобы увидеть, как сочетается двойное переплетение (или любое другое переплетение).

Модули и режимы работы:

- Design mode – создание сложных паттернов по пиксельной или векторной сетке;

- Fabric Display – визуализация ткани с учётом плотности утка и основы, а также 3D-моделирование структуры переплетения (warp-faced, weft-faced, double weave);

- Drawdown & Liftplan – одновременное отображение чертежа переплетения и механической схемы подъёма нитей (tie-up/dobby plan).

Печать и экспорт – вывод чертежей и визуализаций в PNG, экспорт переплетений в универсальный формат WIF, HTML, XML для передачи на станки или сторонние системы учёта.

Интеграция с ткацкими станками. Готовые драйверы для управления компьютером на станках AVL, Toika, ARM и Louet – автоматический перевод схемы переплетения в команды для станка. Возможность прямой передачи liftplan и threading на промышленные жаккардовые и станки с зевобразовательной кареткой через фирменные форматы машины.

Системные требования и локализация:

- платформы: Windows (XP–11), macOS и Linux (после установки виртуальной машины);

- рекомендуемые ресурсы: многоядерный процессор от 4 ГБ ОЗУ, SSD-диск, разрешение экрана от 1920×1080;

- интерфейс и справка доступны на английском, финском, немецком, шведском и норвежском языках.

8.4 Программное обеспечение TexGen

TexGen – кроссплатформенное open-source приложение для геометрического моделирования текстильных структур и подготовки данных для численного анализа механических свойств тканей и композитов. Программа позволяет строить 2D и 3D-модели переплетений, задавать форму и толщину нитей, а затем экспортировать готовые геометрические модели в системы конечных элементов и CAM/CAD среды [8].

Проект TexGen стартовал в Университете Ноттингема в 2006 г., инициатор – Martin Sherburn (PhD). С 2009 г. основную поддержку ведёт Louise Brown, а развитие обеспечивается в рамках EPSRC Research Software Engineer Fellowship. Открытое распространение под GPL способствовало широкому международному использованию и сотрудничеству с промышленностью и научными центрами (рис. 8.5).

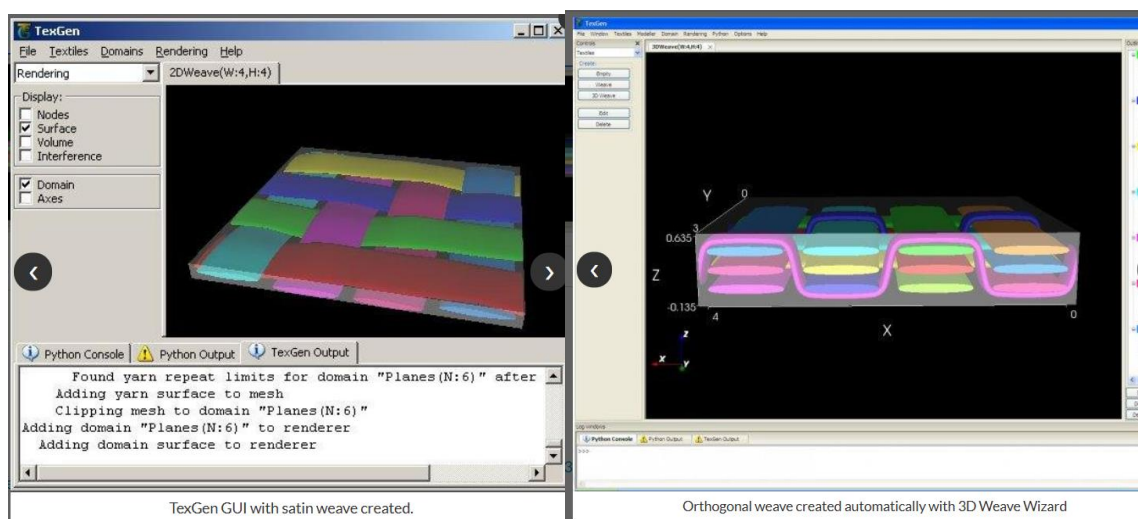


Рисунок 8.5 – Окна работы программы TexGen

Основные функции:

- 2D Weave Wizard и 3D Weave Wizard для интерактивного конструирования переплетений;
- настройка свойств нити: материал, поперечное сечение, эластичность;
- мгновенная визуализация образца в натуральную величину с учётом плотности основы и утка;
- экспорт моделей в форматы ABAQUS, IGES, STEP, XML, HTML и WIF для промышленного ткацкого оборудования;
- Python API для автоматизации задач и интеграции с внешними скриптами;
- поддержка сложных структур: жаккард, каретка, печать и др.

Архитектура и технологии. TexGen разработан на C++ с графическим интерфейсом на wxWidgets и расширяем через Python (SWIG-обёртка). Ядро моделирования на C++: геометрическое построение центральных линий нитей и их поперечных сечений. Интерфейс на Python: возможность подключения сторонних библиотек и автоматизация через скрипты. Визуализация – VTK, обработка CAD-форматов – OpenCASCADE. Исходный код и релизы доступны на GitHub и SourceForge под лицензией GPL v2.0.

Поддерживаемые форматы и интеграция. Форматы изображений: TIFF, PNG. Технические данные: XML, HTML. Интерфейсы ткацких станков: WIF, фирменные dobby/jacquard форматы. Экспорт в системы конечных элементов: ABAQUS, ANSYS. Интеграция с ERP/PLM через XML-обмен.

Системные требования и установка:

- платформы: Windows, Linux, macOS (через виртуальную машину);
- минимум: процессор 4 ядра, 4 ГБ ОЗУ, SSD-накопитель, экран 1920×1080;
- требуется установленный Python (версия 3.9+) для работы API;
- установка: скачивание сборки с SourceForge или сборка из исходников с GitHub.

Применение и области использования:

- исследования композитных материалов: «виртуальное тестирование» текстильного армирования;
- оптимизация дизайна тканей в аэрокосмической, автомобильной и спортивной индустрии;
- подготовка чертежей для станков с кареткой и жаккардовой машиной на текстильных фабриках;
- академическое обучение: изучение взаимосвязи геометрии переплетения и механических свойств.

8.5 Программное обеспечение WeaveMaker

WeaveMaker – профессиональное CAD-решение для дизайнеров тканей, оптимизированное под кареточное ткацкое производство. Программа объединяет функционал интерактивного редактора переплетений, реалистичного просмотра ткани и технического анализа, сокращая потребность в физических пробных подработках образцов и ускоряя вывод новых коллекций на станок [9].

Основные возможности:

- автоматическая генерация переплетений пользователь задаёт направляющие (положения утка и основы), а WeaveMaker мгновенно

создаёт уникальные паттерны на их основе. Каждый сгенерированный переплет отличается стилем и структурой;

- Instant Drafting. Четырёхокладочный интерфейс позволяет моментально отрисовывать ткацкую схему: в одном окне создаётся threading/tie-up/treadling, а в другом – мгновенный drawdown с цветовым наполнением;

- поддержка до 32 челноков и педелей. Обработка структур с 32 harnesses (челноками) и 32 treadles (педелями); длина основы и утка до 600 нитей. Есть опция Tromp-as-Writ для дублирования петель по threading при протягивании утка;

- повторения и вариации. Быстрое создание прямых, зеркальных и прочих вариаций повторов по threading, treadling, peg-plan и по цветовому распределению в основе и утке;

- реалистичная визуализация ткани. Цветные drawdown-диаграммы и отпечатки, максимально приближённые к фактуре будущего полотна. Вывод схемы в разбивке на блоки по 4 или 8 нитей с символикой для каждой нити облегчает настройку станка;

- анализ и коррекция float-ов. Автоматический расчёт фронтальных, задних и боковых float-ов; одним кликом мыши система перераспределяет переплет, снижая длинные float-ы до требуемого уровня;

- 3D-просмотр. Интегрированный 3D-Viewer позволяет «примерить» образец ткани, оценить толщину и объём переплетения на виртуальном куске полотна;

- редактирование после завершения. Перестановка harnesses, корректировка threading/treadling без потери дизайна; блокировка цвета основы или утка для создания целого семейства паттернов на одном и том же warp setup;

- встроенный калькулятор пряжи. Расчёт потребления пряжи в метрической системе для хлопка, шерсти worsted, льна, а также в denier, tex, yards per pound и grams per meter;

- драйверы станков. Прямой экспорт готовых схем для станков с зевовобразовательной кареткой AVL Compu-Dobby (тип I–III), SLIPS, Leclerc, Louet и Macomber в их фирменных форматах управления;

- хранение и организация проектов. Сохранение fabric files в привычные папки, настройка пользовательских предпочтений (размер станка, число harnesses/treadles) и быстрая загрузка готовых конфигураций при старте ПО.

Преимущества в производственном цикле:

- существенное сокращение числа пробных образцов и итераций на ткацком станке;

- быстрый переход от идеи в дизайнерском эскизе к готовой технической карте;

- универсальный экспорт в PNG/TIFF для визуализации и в WIF/XML/HTML для передачи на любое карточное-оборудование;
- интуитивная работа с цветовыми палитрами, анализом без погружения в низкоуровневые параметры переплетения;
- лёгкая интеграция в ERP/PLM благодаря автоматической генерации отчётов и карт.

WeaveMaker помогает дизайнерам и технологам сосредоточиться на творчестве и стилистических экспериментах, освобождая от рутинной работы по правке и просчёту схем переплетений.

8.6 Программное обеспечение EAT Design Scope Victor

EAT Design Scope Victor охватывает различные аспекты жаккардового дизайна, включая создание файлов САПР, редактирование, создание файлов управления ткацким станком и перфорацию текстильных дизайнов. Жаккардовая ткань – это уникальное сочетание рисунка, плетения и характеристик пряжи, что делает ее идеальным выбором для создания сложных узоров и замысловатых цветочных мотивов [10].

Жаккардовая ткань соткана по сложным и характерным узорам, при этом цвет и узоры вплетаются в структуру ткани, а не наносятся методом печати, вышивки или окрашивания. Для проектирования жаккардовых тканей используется Photoshop, включая рисование узоров, подготовку эскизов, заполнение узоров, сохранение файлов для ткачества и корректировку пропорций. При шитье из парчи или жаккарда выбирайте узоры, которые подчеркивают характерные особенности ткани. Трубочатое жаккардовое вязание обеспечивает большую гибкость в разработке узоров без каких-либо ограничений.

Программное обеспечение для жаккардового дизайна в САМ-системе предлагает точные инструменты редактирования для изменения плотности основы и утка, а также для цветовой защиты. NedGraphics также используется для создания сложных жаккардовых дизайнов, которые включают в себя рисование переплетений в сетке 5×5 пикселей, подготовку дизайнов с кромками и необходимым количеством цветов, а также заполнение переплетений с использованием слоев узора.

В процессе создания жаккардовых узоров используется принцип как на старом механическом станке, когда использовались перфорированные и сшитые вместе карточки с рисунками, в которых создавались круглые отверстия. Рисунки загружаются в электронном виде в жаккардовую машину ткацкого станка. Графическое представление созданной поверхности формируется путем имитации размещения перфорированных и сшитых вместе карточек на цилиндре.

Модуль 3DWeave позволяет пользователю разрабатывать и демонстрировать любые мыслимые ткани, от простых переплетений до многослойных конструкций. Можно визуализировать переплетения после определения конкретных параметров переплетения, таких как количество нитей основы, утка и слоя, размер и цвет нитей, например. Проверка однослойных и комбинированных переплетений и возможность легкой модификации для каждой системы. Соединять различные слои отдельными точками и проверить их непосредственно в 3D-виде. Создание сложных плетений, например, из 2 или 5 слоев, с использованием также пряжи специального геометрического диаметра (рис. 8.6).

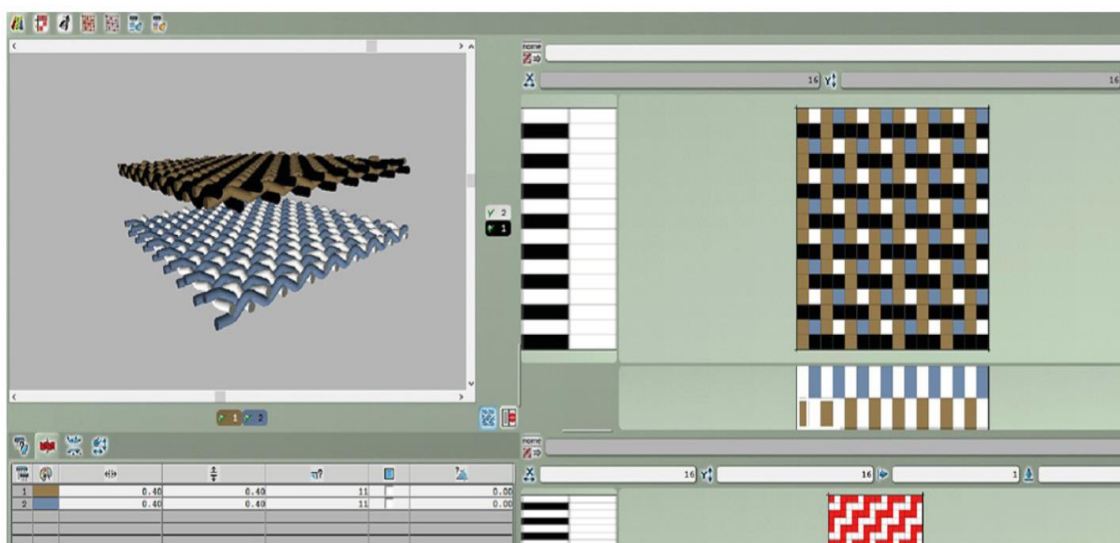


Рисунок 8.6 – Окна работы программы EAT Design Scope Victor для 3DWeave

3D-симуляция плетения. Моделирование должно быть максимально точным. Поставщики САМ-систем разработали свою программу моделирования на основе полного JC-файла. JC-файлы содержат всю информацию для управления жаккардовой машиной ткацких станков. Форматы JC более известны под названиями производителей оборудования, таких как Stäubli, Bonas, Grosse, Schleicher и др. Модуль моделирования отражает все этапы процесса ткачества.

Однако, компания сделала еще один решающий шаг вперед в области моделирования тканей, добавив третье измерение:

- отображение;
- визуальные свойства пряжи;
- свет и тень на пряже;
- свет и тень складок и заломов;
- плотность и прозрачность ткани;

- лицевая и изнаночная стороны ткани;
- перспектива в трехмерной среде.

3DWeave Composite. Для чрезвычайно требовательной области технических тканей технология 3DWeave была усовершенствована – специально для ткацких фабрик, специализирующихся на технических тканях. 3DWeave Tech позволяет пользователю разрабатывать и демонстрировать все мыслимые ткани, от простых переплетений до многослойных конструкций. Кроме того, компания разработала 3DWeave Composite – специализированное программное обеспечение для разработки технических текстильных изделий.

Разработка технических тканей – это новая концепция 3D-композитного плетения основана на типичной операции, используемой дизайнерами технических тканей для разработки связующих элементов или композитов в виде поперечного сечения основы или утка. В этом процессе нити основы и утка отдельных слоев вычерчиваются на клетчатой бумаге, а благодаря возможностям 3D-композитного плетения результат теперь можно визуализировать и контролировать в 3D-формате.

Поперечное сечение. Создание поперечного сечения по утку с возможностью добавления индивидуальной дополнительной информации для каждой нити основы и утка осуществляется всего за несколько рабочих этапов (рис.8.7).

Для лучшего контроля создайте трехмерное изображение разработанного композитного материала, задав, например, размер и цвет нитей. Для окончательной обработки разработанный композитный материал в виде поперечного сечения преобразуется в типичный файл для ткачества для данного станка. Кроме того, добавляется цветной файл. БМП файл можно создать и экспортировать для управления жаккардовой машиной Stäubli Unival.

Компания DesignScope Victor представляет четвертое поколение программного обеспечения для ремизоподъемных кареток. Сегодня оно доступно для 32-битных и 64-битных систем, в полной мере используя возможности многопроцессорных технологий. Особое внимание уделяется гибкости процесса программирования. Это позволило значительно сократить время производства, сохранив при этом высокие стандарты качества. Визуальные диалоги в программном обеспечении созданы дизайнерами текстиля. Также было разработано программное обеспечение для разработки этих диалогов (рис. 8.8).

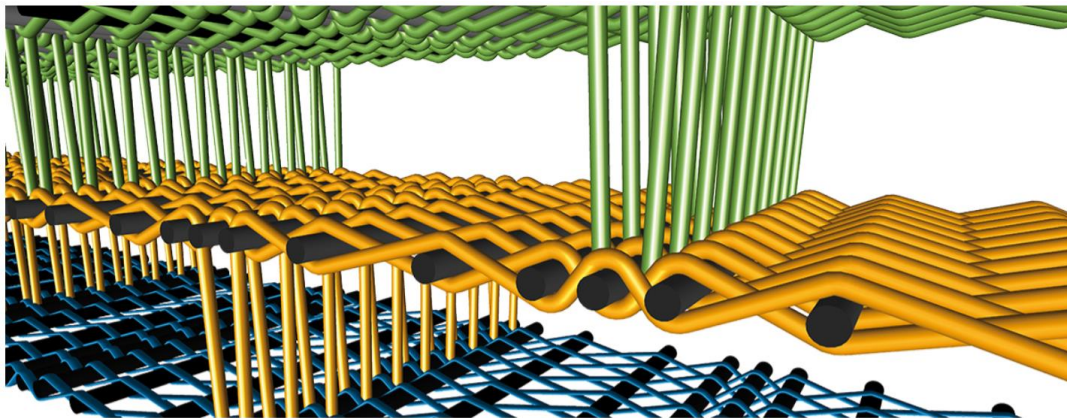


Рисунок 8.7 – Окна работы программы EAT Design Scope Victor для 3DWeave

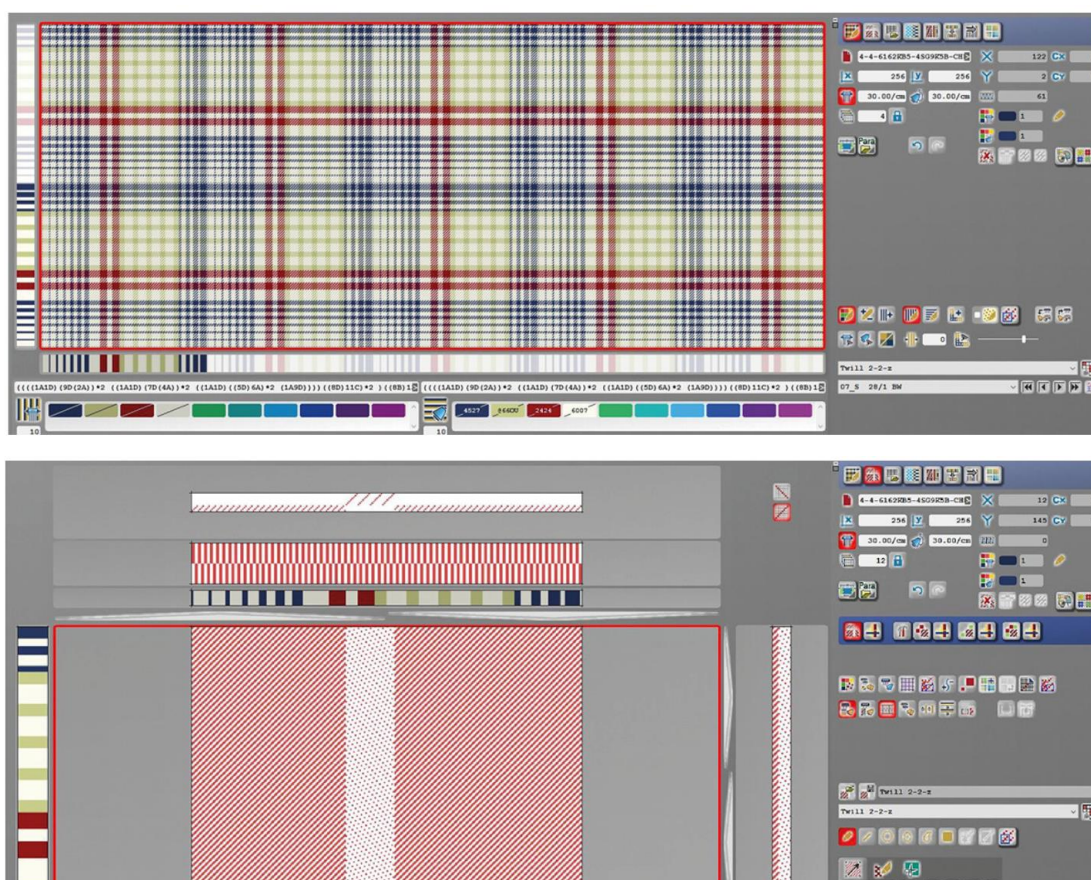


Рисунок 8.8 – Окна работы программы EAT Design Scope Victor для ремизоподъемных кареток

В основе технологии ткачества лежат различные соотношения пикселей, обусловленные разными пропорциями основы и утка (качеством ткани), последовательностью цветных нитей основы и утка, затяжками, бердами, кромками, схемами крепления и т. д.

Все варианты отображения внешнего вида ткани не содержат помех и могут отображаться в красно-белом цвете или сразу (одним щелчком мыши) в цветном режиме с учетом цветовых последовательностей основы и утка.

Design Scope Victor Jacquard представляет четвертое поколение программного обеспечения. Сегодня оно доступно для 32-битных и 64-битных систем, в полной мере используя возможности многопроцессорных технологий. САПР решения/САМ для жаккардового ткачества говорят сами за себя. Особое внимание уделяется гибкости процесса программирования. Это позволило значительно сократить время производства, сохранив при этом высокие стандарты качества (рис. 8.8).

Редактор позволяет работать с различными слоями, что уже знакомо по другим программам для дизайна. Отличие заключается в том, что каждый слой может быть пиксельным, векторным или полноцветным слоем с собственной плотностью основы и утка.

Векторный слой со специальными функциями для достижения оптимального результата.

Доступны различные функции рисования для работы с 50 слоями.

Каждый векторный объект может представлять собой отдельный слой. Кроме того, цветовая заливка может быть векторным объектом, что позволяет легко изменять все ваши цветные объекты (рис. 8.9–8.10).

Jacquard Processing определяет и компилирует полный рабочий процесс, начиная с эскизов, отредактированных в Scope, и заканчивая управляющей информацией для жаккардового ткацкого станка.

VoxMotion используется для определения различных селекторов в процессе плетения. Присвоение тканям цвета, возможно, в различных цветовых режимах. Гибкое управление поплавком. Определение различных типов кромочного переплетения для любого вида ткани.

Возможно преобразование файлов в файлы управления жаккардовыми машинами в форматы, необходимые для конкретных машин, такие как Stäubli JC4, JC5, JC6, JC7, Bonas, Grosse и т. д. Сохранение всего процесса «Беговая цепочка» означает оптимальное архивирование всей информации, связанной с проектированием, и позволяет быстро вносить изменения в любое время.



Рисунок 8.9 – Окна работы программы EAT Design Scope Victor Jacquard

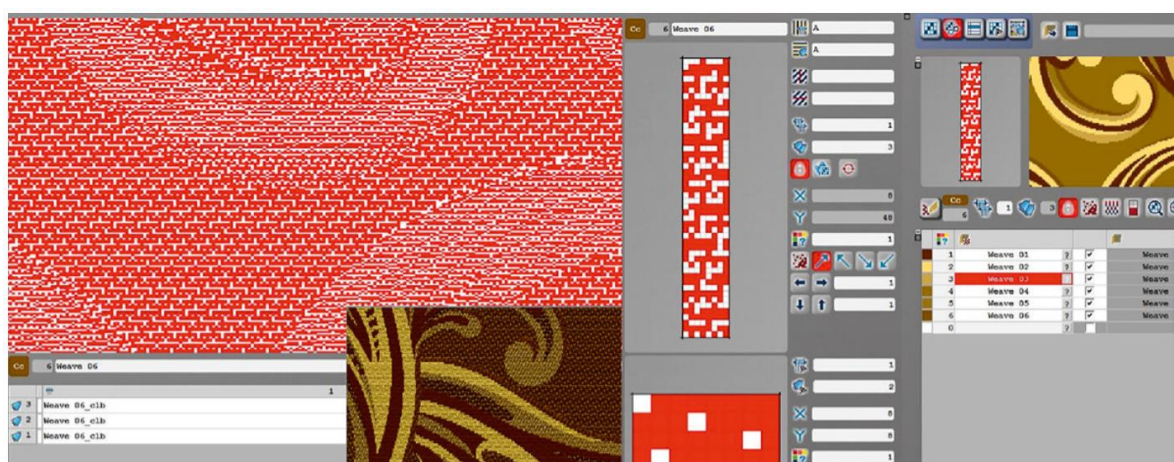


Рисунок 8.10 – Окна работы программного обеспечения для обработки данных при ткачестве EAT Design Scope Victor Jacquard

Программа по проектированию ковровых покрытий DesignScope Victor Carpet идеально адаптирована к потребностям компаний, занимающихся производством ковровых покрытий и обладает богатым

функционалом. С программой DesignScore можно выполнять работу на одном экране. Программа обладает удобным интерфейсом, функциями создания дизайнов ковров от первого эскиза до файла, готового к обработке на станке, в том числе и с использованием уже имеющихся дизайнов.

Вы можете сохранить все свои данные (мотивы, слой эффекта и т. д.) в виде шаблона одним щелчком мыши и загрузить его заново. Дополнительная информация, такая как коллекция и имя дизайнера и т. д., также может быть включена в файл при каждом сохранении. Особенности и преимущества:

- векторный дизайн ковров, заключающийся в записи векторных изображений и чтении векторных расширений;
- расширенные возможности цветокоррекции: рисование и коррекция рисунка с использованием миллионов цветов (jpeg);
- создание эффектов с помощью нескольких слоев и разработка дизайна ковра благодаря встроенной функции слоев, быстрое определение размеров классических дизайнов или создание новых дизайнов на основе существующих с помощью мастера рамок;
- коррекция перспективы;
- работа с использованием опции множественных дуг;
- просмотр и редактирование только 1/4 ковра;
- попиксельная проверка ковра с помощью опции сетки и сканирование с несколькими цветами с помощью опции печати;
- работа с файлами с различными расширениями (pxx,bmp,pet,tif,jpg). Редактирование узоров с использованием миллионов цветов и работа без цветовых ограничений;
- рисование с помощью зеркального отображения;
- создание собственного сканирования в дополнение к опции широкого сканирование;
- специальные меню, позволяющие работать с большим количеством цветов;
- простое формирование, изменение, добавление, перестановка и сохранение цветовых палитр в соответствии с предпочтениями дизайнера;
- простое определение размеров с помощью повтора основы и утка.

Благодаря программному обеспечению для 3D-маппинга вы можете расположить полученные изображения ковроткачества на карте. Моделирование в любом пространстве, внесение изменений в работу и реалистичное представление ваших виртуальных продуктов позволят вам снизить производственные затраты.

3D-маппинг позволяет сократить трудозатраты на предпроизводстве, обеспечивая обработку без повреждения рисунка и дизайна ковров. Более того, он помогает создавать продукцию нужного

качества и в нужных цветах. 3D-маппинг позволяет записывать или демонстрировать реалистичные файлы, подготовленные для обмена ими с клиентами. Создавайте презентации, реалистичные каталоги продукции, рекламные и упаковочные материалы, а также управляйте своим веб-сайтом.

С помощью 3D-маппинга можно создавать более масштабные симуляции, чем исходная модель, обладающая высокой точностью, рассмотреть все детали ваших ковров так же хорошо, как на настоящей фотографии.

Алгоритм программного обеспечения автоматически выполняет следующие этапы: группировка всех элементов, чтобы они работали с одной текстурой и цветом, расположение текстуры по слоям, добавление логотипа, разметки полос и т. д. Свет и тени обрабатываются отдельно.

3D Mapping принимает файлы с расширением .aco для получения библиотек цветов ковровых покрытий из Photoshop, Pantone и т. д. Отправляйте подготовленные вами файлы узоров через DesignScope Victor прямо в 3D Mapping одним щелчком мыши (рис. 8.11).

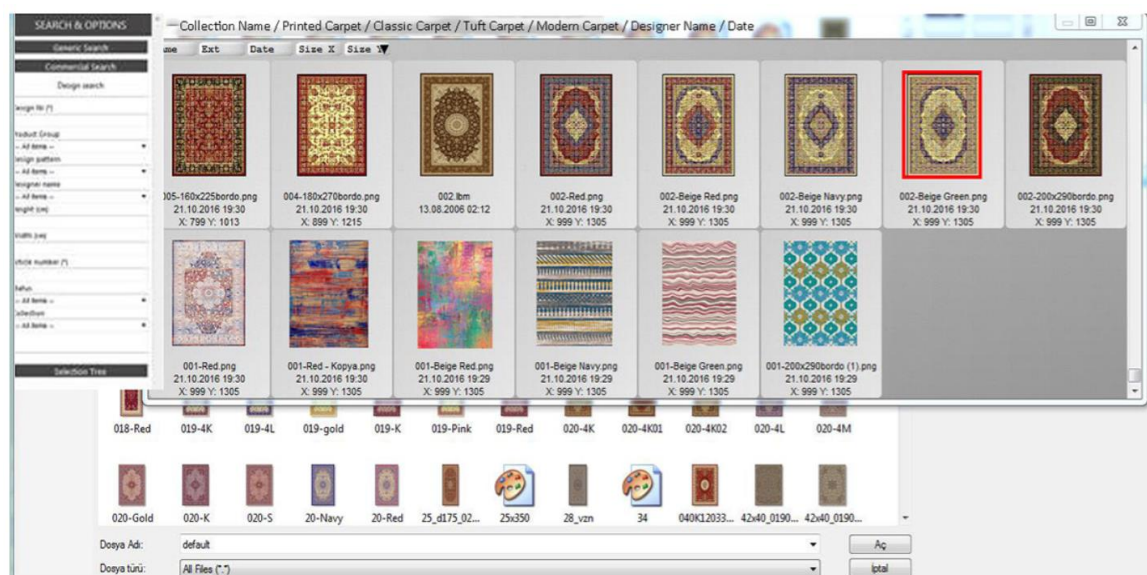


Рисунок 8.11 – Окна работы программного обеспечения для обработки данных при ткачестве EAT Design Scope Victor Carpet

8.7 Программное обеспечение Penelope Dobby CAD

Penelope Dobby CAD предлагает все необходимые инструменты для создания, проектирования, производства и моделирования любых конструкций, созданных с помощью жаккардового ткацкого станка. Обладая более чем 30-летним опытом работы с клиентами, компания Penelope разработала свою систему с учетом потребностей дизайнеров

тканей и включает в себя множество инструментов, облегчающих их повседневную работу и позволяющих сосредоточиться на создании дизайнов, повышая эффективность и сокращая время, затрачиваемое на ввод данных о пряже, цветах, типах плетения и технических характеристиках в систему.

Благодаря удобному интерфейсу, Penelope, по мнению пользователей, является наиболее выгодным по соотношению цены и качества решением для автоматизированного проектирования.

Гиперреалистичная имитация ткани ускоряет процесс принятия решений при создании коллекции, одновременно сокращая объем производства больших образцов, что означает экономию средств и времени для компаний.

Программный комплекс включает два модуля для работы с переплетениями: Penelope Dobby и Penelope Jacquard (рис.8.12).

Система Penelope Dobby хранит и управляет всеми техническими данными, необходимыми для создания дизайнов, такими как расчеты необходимой пряжи, технические характеристики и файлы САМ, необходимые для передачи данных на производственное оборудование.



Рисунок 8.12 – Окна при работе с программой Penelope Dobby

Программа дает возможность:

- быстро и точно вводить цвета с помощью колориметра;
- создавать все виды пряжи (пейную, меланжевую, с утолщениями, мулине, с набивным рисунком и декоративную пряжу);
- легко создавать сложные связки и визуализировать их в 3d;
- обработать кромки;

- разрабатывать, контролировать и производить одеяла с различными сочетаниями узоров;
- автоматически создавать дизайны и цветовые решения;
- получать подробную и настраиваемую техническую документацию создаваемого продукта;
- искать и создавать статистику по любому элементу коллекции;
- имитировать все типы тканей и эффекты (лено-плетение, сирсакер, филь-купе, эффекты ворса, пустые вмятины, двусторонняя ткань);
- создавать файлы для всех типов ткацких станков, выдвижных и пробных намоточных машин;
- организовать и визуализировать схему катушки в секционных намоточных машинах.

Penelope Jacquard – это наиболее полное, универсальное и удобное в использовании программное обеспечение для проектирования всех типов тканей, использующих жаккардовую технологию, включая махровую ткань.

Предлагает мощный набор инструментов для каждого этапа процесса проектирования ткани: от создания и редактирования изображений и графиков, а также применения данных о переплетениях и технических характеристиках ткани, до генерации файлов для ткацкого станка и, конечно же, лучшего в мире гиперреалистичного моделирования. Модуль Penelope Image предлагает все необходимые инструменты для рисования, чтобы воплотить творческие идеи в изображении или, если хотите, непосредственно в графике (рис. 8.13).

В программе можно:

- просмотреть цвета, выбрать необходимые и создать цветовой набор, добавить цвета с помощью колориметра, что упростит процесс, сэкономит время и обеспечит высокую степень достоверности;
- создавать и редактировать все типы пряжи: однотонную, мулиновую, меланжевую, с набивным рисунком и с фантазийными эффектами, такими как ксеньиль, утолщение, букле, узелки и т.д.;
- в стандартной комплектации penelope jacquard предлагает более 3500 базовых узоров, которые позволяют легко и автоматически создавать коллекции сложных узоров в зависимости от изготавливаемого изделия. Вы также можете сканировать свои собственные узоры и добавлять их: всего 3 клика, и они будут готовы к использованию в penelope;
- сгенерировать симуляции переплетений на основе базовых характеристик и присвоить их ткани;
- выбрать или сгенерировать переплетения, просто перетаскивая их из обозревателя баз данных в таблицу назначений. Коллекции

плетений можно просмотреть в виде списка или в графическом формате. Можно автоматически назначать плетения в зависимости от RGB-цвета графа из симуляций, сгенерированных при базовом качестве;

- автоматический инструмент для обрезки плавающих линий позволит устранить все дефекты на стыках краев рисунка;
- легко создавать и редактировать схемы основы и утка, создавать эффекты градиента, определять симметрию, группировать области, добавлять или удалять нити, заполнять области, определять идентификаторы с помощью пустых уточных нитей;
- автоматически создавать цветовые решения.

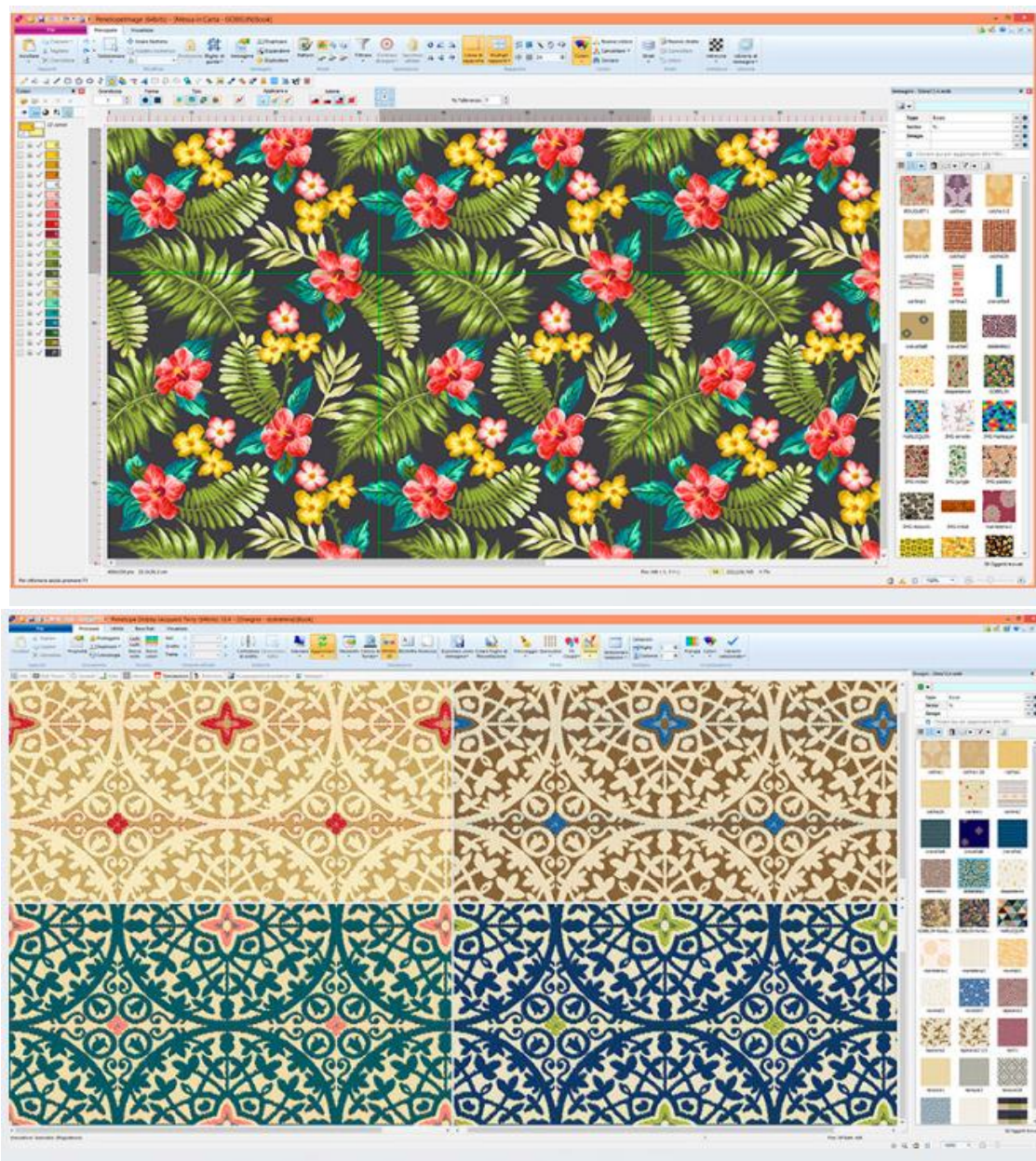


Рисунок 8.13 – Окна при работе с программой Penelope Jacquard

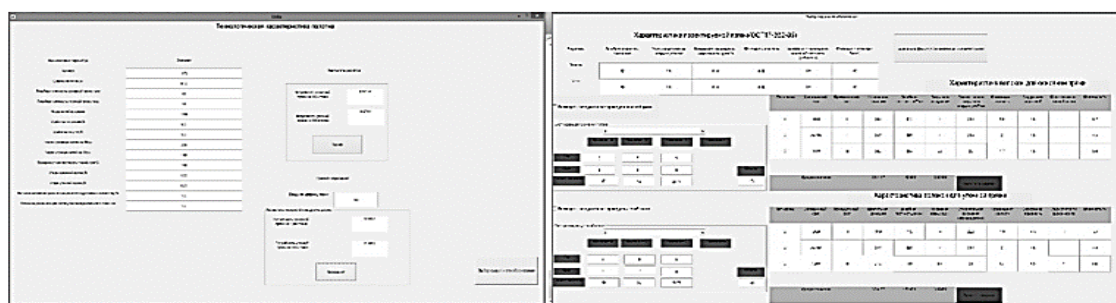
Цветовая палитра настраивается, что позволяет расширять её за счёт неограниченного количества цветовых вариантов. Можно легко получить доступ к набору цветов и использовать цвета пряжи в изображении и графике, не покидая модуль Penelope Image. Можно создавать многослойные участки по основе и утку непосредственно из схемы, не прерывая процесс проектирования, создавать и редактировать многослойные участки, определять области, плотность, размеры, а также последовательность основы и утка.

Можно создавать слои из графических шаблонов или вставлять их из библиотеки шаблонов базы данных. Из библиотеки шаблонов перетаскиваете предварительно созданные изображения, и Penelope Image автоматически преобразует изображение в рисунок с заданными параметрами, сохраняя коэффициент пропорций и максимально точные детали исходного изображения. Можно импортировать векторный формат данных, а также управлять расположением уточных и основных нитей, управлять расположением уточных нитей, присваивая идентификаторы из схемы.

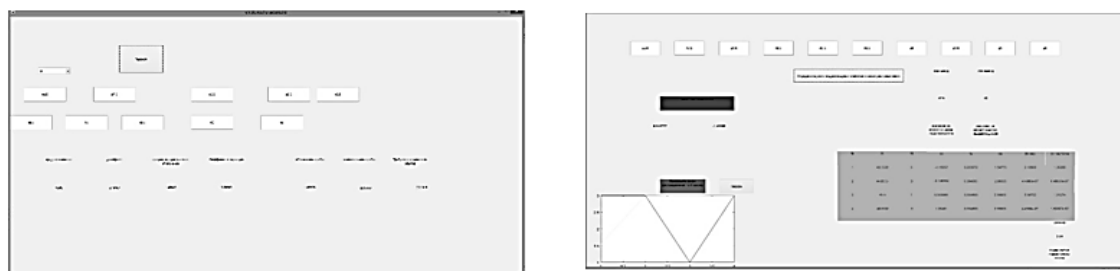
8.8 САПР текстильного производства

Одной из универсальных сред для вычислений и моделирования считается MATLAB, предоставляющая широкие возможности для научных и инженерных задач, авторы К. С. Клетиков, Т. Ю. Карева и Е. А. Варганова [11] разработали алгоритмы, направленные на автоматизацию проектирования переплетений тканей. Особое внимание уделяется удобству встроенного языка MATLAB, который позволяет расширять систему пользовательскими функциями и программами, делая её доступной даже для специалистов без глубоких знаний программирования. Проведённая работа демонстрирует перспективы интеграции информационных технологий в текстильное проектирование, обеспечивая точность расчётов, сокращение времени разработки и возможность создания новых структур тканей. Создано GUI-приложение для расчёта потребности пряжи с учётом формулы А. Н. Соловьёва и плана прядения; в интерфейсе используются стандартные элементы (кнопки, флажки, поля ввода, статический текст, выпадающие списки), логика реализована через switch, предусмотрены всплывающие сообщения об ошибках и диалоги для ввода дополнительных данных. На рисунке 8.14 представлен скриншот интерфейса программ по расчету потребности пряжи и расчету удельной разрывной нагрузки.

Установлено, что система MATLAB предоставляет широчайшие возможности по решению задач любой сложности, в том числе по проектированию технологических процессов текстильных производств.



а



б

Рисунок 8.14 – Скриншот интерфейса программ: а – с результатами проектирования, б – по определению числовых характеристик

В статье [12] рассматривается вопрос создания автоматизированной системы обнаружения дефектов на ткани, основанной на применении компьютерного зрения. Полученная система позволяет контролировать, регистрировать и рассчитывать дефекты текстильных материалов без участия человека в технологическом процессе, что повышает качество анализа, устраняет количество ошибок при разбраковке ткани и сокращает стоимость технологической операции. Российскими учеными из ФГБОУ ВО «ИВГПУ» разработан аппаратно-программный комплекс для контроля дефектов текстильных материалов без соединения с ткацким станком. В его состав входят: видеочамера; датчик движения; персональный компьютер; печатающее устройство; лампы; световоды, собранные в матрицу. Недостатками данной системы являются:

- необходимость присутствия оператора при процессе;
- ограниченное количество обнаруживаемых дефектов;
- высокая стоимость разработки программного обеспечения, основанного на алгоритмах построения нейронной сети.

Данная работа посвящена решению актуальной задачи построения автоматизированной системы обнаружения дефектов на ткани с применением компьютерного зрения с более широким спектром анализируемых пороков, но имеющей более низкую стоимость по сравнению с имеющимися аналогами. Рассматриваемая система распознавания включает микроконтроллер Raspberry Pi и видеочамеру RPi Camera (I) WaveShare. Для подсветки движущегося материала на

оборудовании установлены светодиодные лампы. Программные модули разработаны на языке Python с использованием библиотеки OpenCV, предназначенной для обработки компьютерных изображений. Данная библиотека содержит модули по анализу изображений и движения объектов; модуль для ввода/вывода изображений; функции захвата видео с цифровых видеокамер; модуль создания пользовательского интерфейса.

Процесс автоматизированной обработки дефектов на текстильном материале при помощи компьютерного зрения является ключевым функционалом программы. Он представляет собой алгоритм определения порока ткани по его цветовым характеристикам. Работа программы включает взаимодействие нескольких подпрограмм:

- подпрограмма поиска дефектов;
- подпрограмма анализа дефектов;
- подпрограмма определения типа дефектов;
- подпрограмма расчета размера дефектов.

Обнаружив дефект, совпадающий с базой образцов, и отфильтровав его по установленному размеру, программа считывает контуры порока и выделяет его прямоугольной областью, определяет центр. По центру обрабатываемого изображения проводится линия распознавания. Информация, считываемая по этой линии, обрабатывается подпрограммой определения типа дефектов. Далее работает подпрограмма расчета размера дефектов и осуществляется вывод результатов на экран.

8.9 САПР переплетений тканей

В ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университета» ведется разработка новых цифровых методов проектирования однослойных переплетений, создающих на ткани объемные эффекты Толубеевой Г. И., Мирошниченко Д. А., Каревой Т. Ю. Работы [13–14] посвящены разработке цифровых методов проектирования однослойных переплетений, позволяющих создавать на ткани визуальные объемные эффекты. В ней рассматриваются алгоритмы, формирующие иллюзию продольных, поперечных и наклонных полос, объемных сот, ромбов, зубцов и зигзагов. Исследование демонстрирует возможности применения информационных технологий для расширения художественных и функциональных свойств тканей. Сначала строят базовое теневое переплетение, переходя от саржевых или сатиновых структур с уточным эффектом к переплетениям с основным эффектом и обратно вдоль основы или утка. Для получения восходящей диагонали зигзагов

исходное переплетение сдвигают на один раппорт вправо, для нисходящей – влево; объёмный эффект достигается сменой знака сдвига при обратной диагонали. Последующие зубцы формируют сдвигом предыдущего зубца на число нитей, равное величине смещения вершин, вдоль или поперёк в зависимости от ориентации зигзага (рис. 8.15).

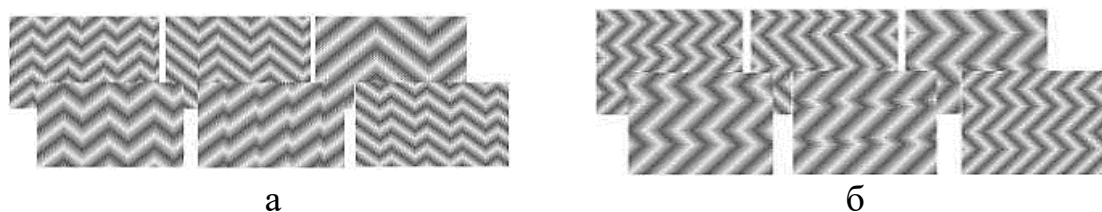


Рисунок 8.15 – Примеры зигзагообразных теневых переплетений:
а – продольные зигзаги, б – поперечные зигзаги

Исходными данными для построения переплетений являются размеры и число пар шашек по ширине и по высоте, цвет систем нитей. Идея способа состоит в том, что на исходном шашечном поле формируется изображение полусферы, которое затем разрабатывается переплетениями с основным и уточным эффектами. Для получения изображения полусферы выполняется деформирование шашек, находящихся внутри основания полусферы. В основу методики определения знака каждого перекрытия переплетения (основное или уточное) положено уравнение перевернутой окружности (рис. 8.16).

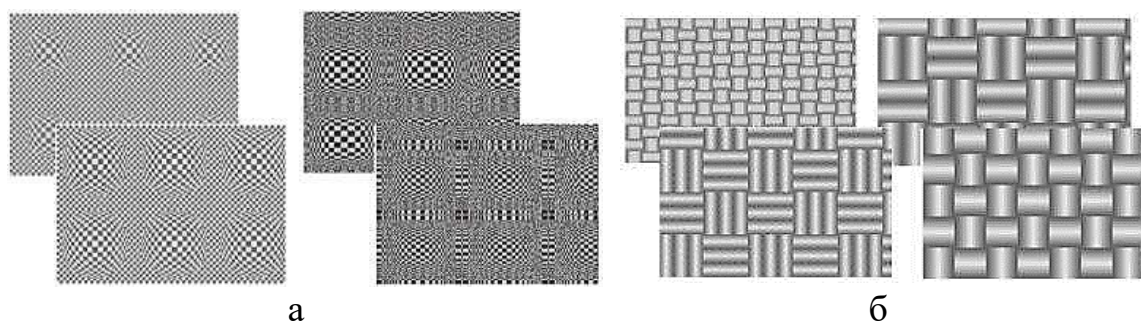


Рисунок 8.16 – Примеры объемных шашечных переплетений: а) объемные полусферы и поверхности второго порядка б) клетчатые теневые переплетения

Все рассмотренные переплетения отличаются большими раппортами, необходимостью выполнения огромного числа расчетов с привлечением современных информационных технологий.

Выполнена систематизация новых и известных методов построения переплетений, позволяющих получить визуальный эффект

объемных геометрических фигур, в основу которой положен тип объемных геометрических фигур: полосы, контрастные полосы, соты, наклонные полосы, зубцы, ромбы, зигзаги, полусферы и клетки. Далее учитывались направление расположения фигур в ткани, направление построения исходных переплетений, вид прямого и обратного световых переходов и направление усиления отдельных перекрытий в ступенях. Эта идеология положена в разработку интерфейса пользователя. Создан программный комплекс, в котором реализовано 308 алгоритмов построения переплетений, из которых 238 известных способов и 70 алгоритмов для автоматизированного построения рассмотренных выше переплетений.

Плис К. С., Толубеевой Г. И., Мирошниченко Д. А. [15] рассмотрены этапы создания цифрового патрона образца многоэлементной жаккардовой ткани для выработки на заданном ткацком станке с заданной заправкой. Авторы описывают методику поэтапного создания цифрового патрона для жаккардовой ткани, где предварительно выполняется заправочный расчёт, определяются размеры изделия и отдельных участков с различными структурами. В исследовании рассматриваются параметры переплетения, вид и цвет нитей, их линейная плотность, а также плотность ткани по утку. Работа демонстрирует возможности цифрового проектирования для сложных многоэлементных жаккардовых структур, позволяя повысить точность моделирования и расширить художественные возможности текстильного производства. Производится методика в несколько этапов. Предварительно выполняется заправочный расчет ткани по методике, определяются размеры штучного изделия и размеры отдельных участков ткани с заданными дессинатором структурами, отличающимися переплетением, видом, цветом и линейной плотностью нитей, и плотностью ткани по утку (рис. 8.17).

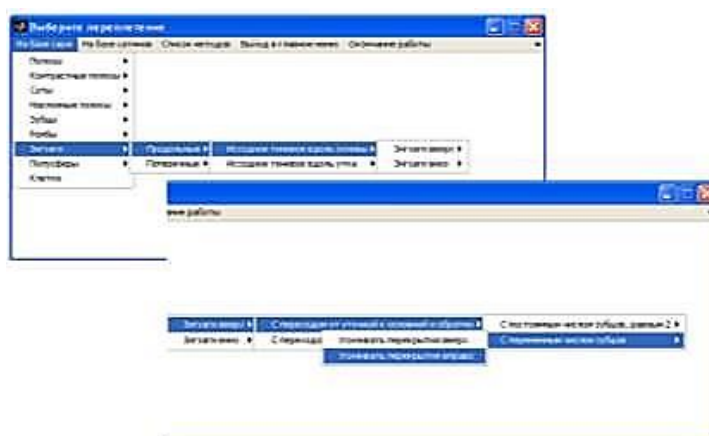


Рисунок 8.17 – Пример интерфейсных окон программного комплекса

Создание цифрового патрона выполняется в среде пакета прикладных программ Adobe Photoshop. После ввода параметров макета выделяем участки различных ткацких эффектов (рис. 8.18).

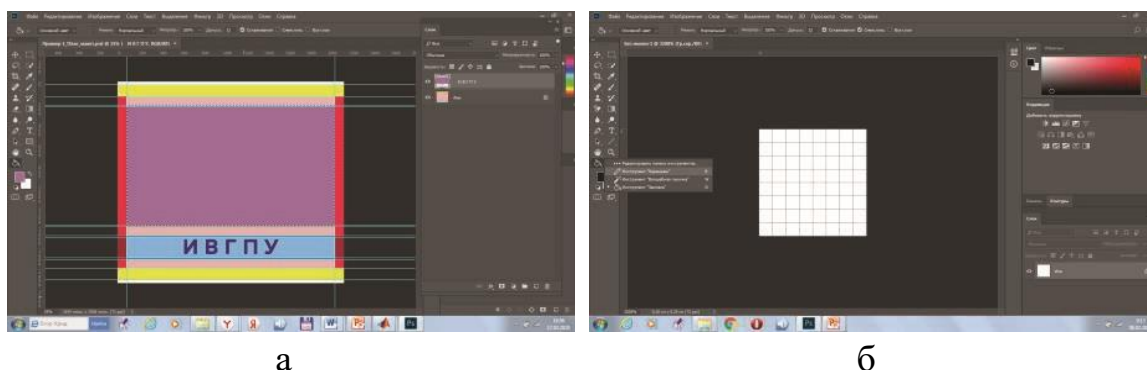


Рисунок 8.18 – Макет образца ткани с выделенными различными ткацкими эффектами и создание библиотеки переплетений

Отдельные участки ткани выработаны десятью разными переплетениями, следовательно, создаем десять файлов узоров. Формируются файлы переплетений: показывают виртуальную канвовую бумагу, строим переплетение, после чего сохраняют каждое переплетение в базу узоров.

Создаем новый файл – патрон ткани в пикселях. Размер файла по ширине принимается из заправочного расчета как число нитей основы петельной и кромочной частей полотна. Размер файла по длине рассчитывается по известным размерам участков и плотностям ткани по утку на каждом участке. Перетаскиваем из файла макета в сантиметрах в файл патрона в пикселях все элементы будущей ткани. Заливаем каждый участок ткани соответствующим переплетением. Сохраняем файл цифрового патрона ткани с расширением .TIFF. Далее с помощью специальных программных средств создается управляющий файл для электронной жаккардовой машины.

Малецкой С. В. [16] приводится алгоритм построения классических вафельных переплетений, имеющих ромбовидную или параллелограммовидную форму рельефных фигур (рис. 8.19). Для построения переплетений необходимо предварительно построить 16 трансформаций полотняного переплетения, поместив их в трехмерный символьный массив, создать схему переплетения в виде двухмерного символьного массива с размером, в два раза меньшим раппорта вафельного переплетения, затем вафельное переплетение представить в виде набора базовых трансформированных раппортов.

Данный алгоритм дает возможность получать переплетения с рельефными фигурами двух видов, но несколько громоздок и не позволяет размещать в раппорте дополнительные элементы.

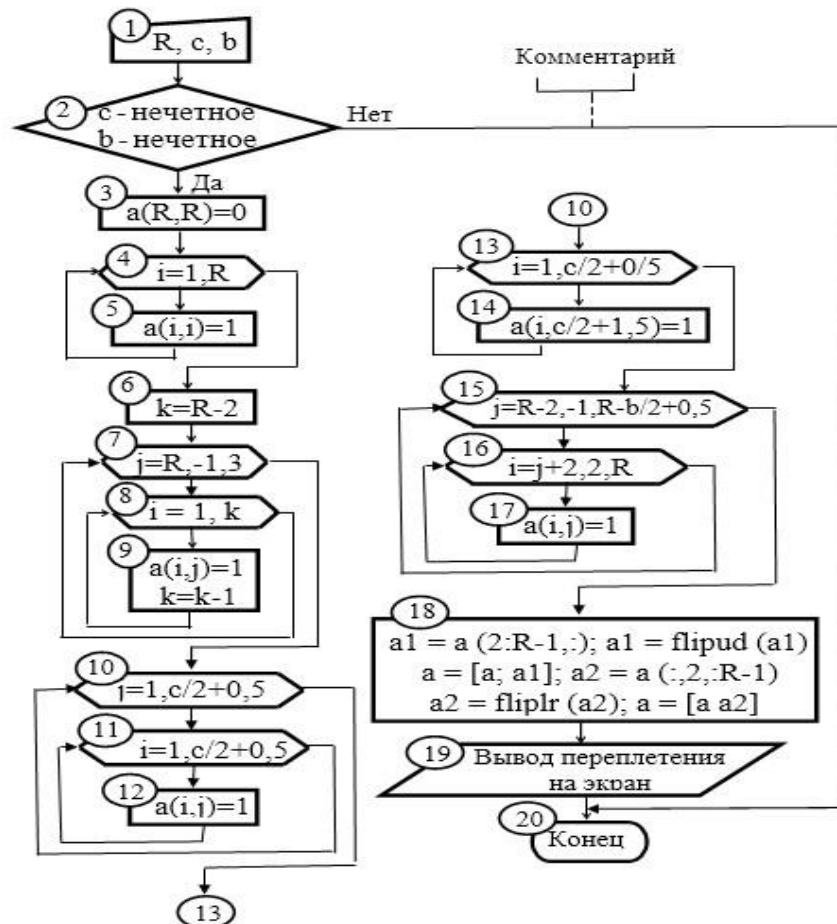


Рисунок 8.19 – Алгоритм работы программы

Вафельное переплетение симметрично по основе и по утку относительно раппорта R базовой саржи, поэтому достаточно выстроить четвертую часть переплетения.

Исходные данные вводятся с клавиатуры (блок 1). Выполняется проверка корректности исходных данных (блок 2), работа программы продолжается, если числа c и b целые нечетные, в противном случае выдается сообщение об ошибке и управление передается главной программе. При корректных исходных данных формируется нулевая матрица начального переплетения (блок 3 и рис. 8.20 а). Далее с помощью оператора цикла выполняется построение уточной саржи главного класса – главная диагональ нулевой матрицы заполняется единицами (блоки 4, 5 и рис. 8.20 б). В блоках 7, 8 и 9 производится построчное (по уточным нитям) заполнение левого верхнего угла матрицы основными перекрытиями, начиная с последней уточной нити раппорта (рис. 8.20).

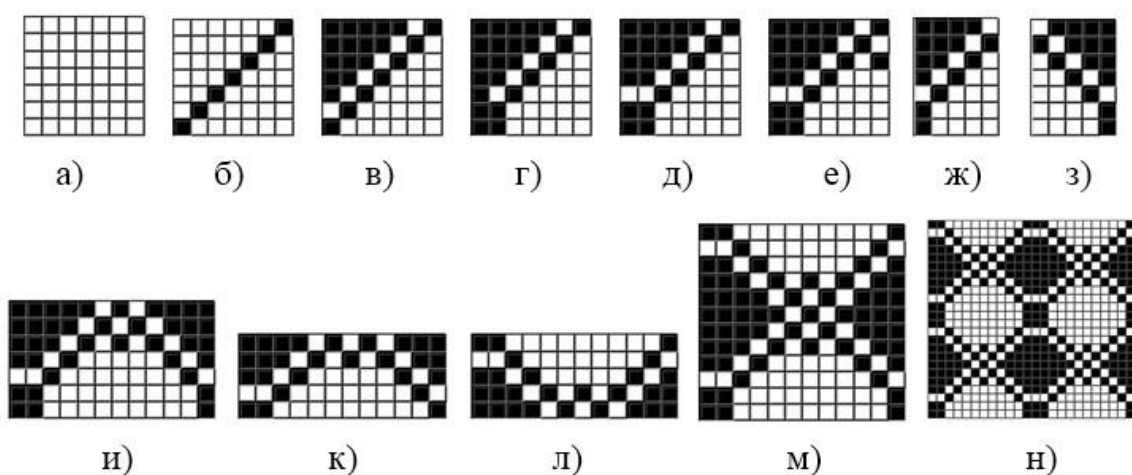


Рисунок 8.20 – Построение вафельного переплетений

Предварительно рассчитывается номер k конечной основной нити для заполнения (блок 6). В циклах по уточным нитям от R до третьей и основным нитям от первой до k элементам матрицы $a(i, j)$ присваивается значение «1». После завершения внутреннего цикла по основным нитям (блоки 8 и 9) рассчитывается новое значение k (блок 9). Результат работы этого фрагмента программы представлен на рис. 2 в. В блоках 10, 11 и 12 в вершине основного ромба по вертикали наносятся основные перекрытия части квадратного дополнительного элемента из основных настилов с полными размерами с'с перекрытий (рис. 2 г). В блоках 13 и 14 выполняется обрамление участка дополнительного элемента по его верхней границе уточными перекрытиями – элементам матрицы $a(i, j)$ присваивается значение «0» (рис. 8.20 г).

Современные методики для автоматизированного проектирования ткацких переплетений направлены на создание новых видов мелкоузорчатых переплетений, которые могут быть получены за счет сочетания, совмещения нескольких переплетений.

Для автоматизированного проектирования тканей с многоцветными узорами, вырабатываемыми на базе мелкоузорчатых переплетений, предлагаются методики формализации информации о расположении нитей в ткани и их цвете.

Недостаточно работ по проектированию переплетений для тканей с переменной плотностью, мало изучены вопросы автоматизированного проектирования переплетений для тканей, вырабатываемых из пряж с различными фасонными эффектами или выработанные с использованием эластичных нитей.

8.10 Программное обеспечение УО «ВГТУ»

На кафедре дизайна и моды учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» большое внимание уделяется разработке программного обеспечения, позволяющего автоматизировать трудоемкие процессы проектирования структуры, создания рисунков для тканей с учетом технологических процессов. Информационные технологии используются на самых разных этапах проектирования тканей в виде отдельных задач или комплексных систем проектирования тканей.

Разработаны:

- программное обеспечение для проектирования ремизных тканей однослойного строения [22], разработчики – к.т.н., проф. Казарновская Г. В., к.т.н., доц. Абрамович Н. А.;

- программное обеспечение для проектирования тканей сложных структур:

- программный продукт для автоматизированного проектирования полутораслойных тканей «RemiS1.5» [23] разработчики – к.т.н., проф. Казарновская Г. В., к.т.н., доц. Абрамович Н. А., к.т.н., доц. Самутина Н. Н.;

- программное обеспечение для проектирования репсовых тканей [22], разработчики – к.т.н., проф. Казарновская Г. В., к.т.н., доц. Абрамович Н. А.;

- программное обеспечение для автоматизации проектирования цветовых и ткацких эффектов основного гобелена и выравнивания значений уработок нитей основы [22], разработчики – к.т.н., проф. Казарновская Г. В., к.т.н., доц. Абрамович Н. А.;

- программное обеспечение для автоматизации заправочного расчета [22], разработчики – к.т.н., проф. Казарновская Г. В., к.т.н., доц. Абрамович Н. А.

8.10.1 Программное обеспечение для проектирования ремизных тканей однослойного строения

Программное обеспечение для проектирования ремизных тканей включает полный цикл проектирования для мелкоузорчатых переплетений с использованием до 10 ремизок в заправке станка. Выбор переплетения – важнейший этап проектирования ткани. Известно, что выбор ткацкого переплетения может изменять показатели физико-механических свойств тканей в 2-3 раза. Поэтому проектирование

переплетений – важнейшая задача автоматизации проектирования тканей.

Разработанное программное обеспечение позволяет создавать рисунки ремизных тканей с большими вариационными возможностями как в выборе цветового решения, так и в задаваемых ткацких переплетениях. В программе реализовано:

- автоматизированное проектирование всех видов ремизных переплетений (переплетения главного класса, производные переплетения и комбинированные);
- получение проборки и картона к ним;
- визуализация переплетений на мониторе с имитацией фактуры поверхности ткани;
- вывод полученных результатов на печать.

Пользователь имеет возможность создавать внешний вид ткани, используя как разнообразные переплетения, так нити различной линейной плотности и цвета. Кроме стандартной палитры, поставляемой с данным программным обеспечением, пользователь может создавать и свои палитры. Предложенные методы построения и раскраски цветовых ячеек обеспечивают на экране и при печати получение изображений, структура которых отражает структуру реальных зрительных образов ткацких узоров.

Спроектировав на ЭВМ какое-либо переплетение для ремизной ткани, можно в реальном режиме времени увидеть результат своей деятельности в виде изображения ткани на мониторе.

Построение цветовой ячейки для визуализации ткани базируется на анализе внешнего вида и структуры переплетения ткани.

Для максимального приближения изображения цветного узора к его реальному воплощению в ткани используется добавление эффектов фактурности за счет дополнительных пикселей на границах перекрытий. Благодаря этой функции создается более мягкая фактурная поверхность.

В данном программном обеспечении, которое используется в учебном процессе, широко используется специализированное программное обеспечение, позволяющее студентам освоить принципы подготовки проекта по проектированию тканей для ткацкого производства. Рассматриваемая программа является типичным представителем учебных САПР текстильного профиля. Её интерфейс интуитивно понятен и включает стандартные разделы: Файл, Переплетения, Масштаб (рис. 8.21).

Рисунок 8.21 – Головное меню программы

Ключевыми возможностями программного продукта является

проектирование широкого спектра переплетений (рис. 8.22):

- переплетения главного класса:
 - полотняное переплетение;
 - саржа;
 - сатин, атлас;
- производные переплетения:
 - репс основной;
 - репс уточный;
 - полуреппс основной и уточный;
 - рогожка;
 - усиленная саржа;
 - многополосная саржа;
 - ромбовидная саржа;
 - ломаная саржа по основе и утку;
 - обратносдвинутая саржа по основе и утку;
 - теневая саржа по основе и утку;
 - усиленный сатин, усиленный атлас;
 - теневой сатин по основе и утку,
 - теневой атлас по основе и утку;
- комбинированные переплетения:
 - переплетения в продольную и поперечную полосу;
 - шашечные;
 - диагональные;
 - рубчиковые с продольным эффектом и с поперечным эффектом;
 - просвечивающие;
 - вафельные;
 - креповые, полученные методом совмещения переплетений, методом добавления основных перекрытий, методом размещения нитей одного переплетения между нитями другого, негативный метод.

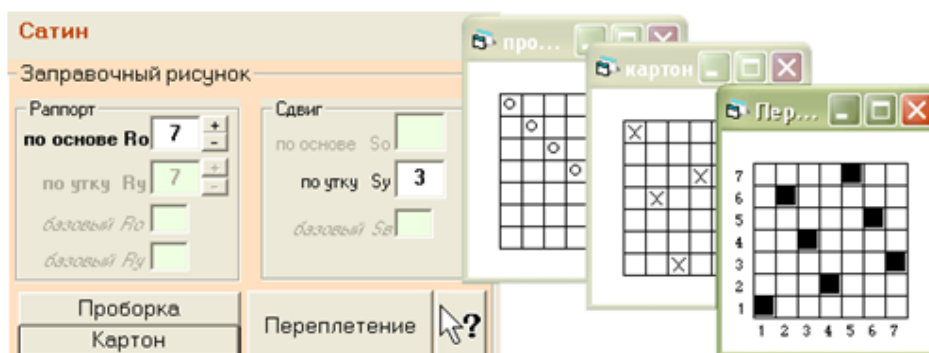


Рисунок 8.22 – Диалоговое окно исходных данных и заправочный рисунок

В программе автоматически проводится расчет раппорта

переплетения (R_o , R_y) на основе введенных параметров (ширина полосы/клетки, плотность нитей), а также генерация полного комплекта заправочных рисунков: схемы переплетения, проборки в ремиз и проборки в зубья берда, картон.

Например, для создания узора, содержащего более двух полос, в окне «Мотив узора» необходимо указать требуемое количество полос (до четырех). Затем для каждой полосы задается ширина (в см) и плотность нитей: для продольных полос – по основе, для поперечных – по утку. Плотность по утку для поперечных полос является единой для всего мотива.

Система автоматически рассчитывает раппорт по основе для продольных полос и по утку для поперечных. Отсутствующие значения раппорта (по утку для продольных и по основе для поперечных полос) пользователь вводит вручную в окне исходных данных.

На основании введенных параметров в интерфейсе автоматически отобразятся расчетные значения количества нитей основы (для продольных полос) и утка (для поперечных). Для каждого из этих значений в раскрывающихся списках того же окна необходимо выбрать базовое переплетение. Параметры строения выбранных переплетений можно уточнить, нажав кнопку «Данные»; по умолчанию в полях отображаются стандартные значения (рис. 8.23–8.25).



Рисунок 8.23 – Диалоговые окна: а – «Мотив узора», б – параметров строения базового переплетения



Рисунок 8.24 – Диалоговое окно «Мотив узора»

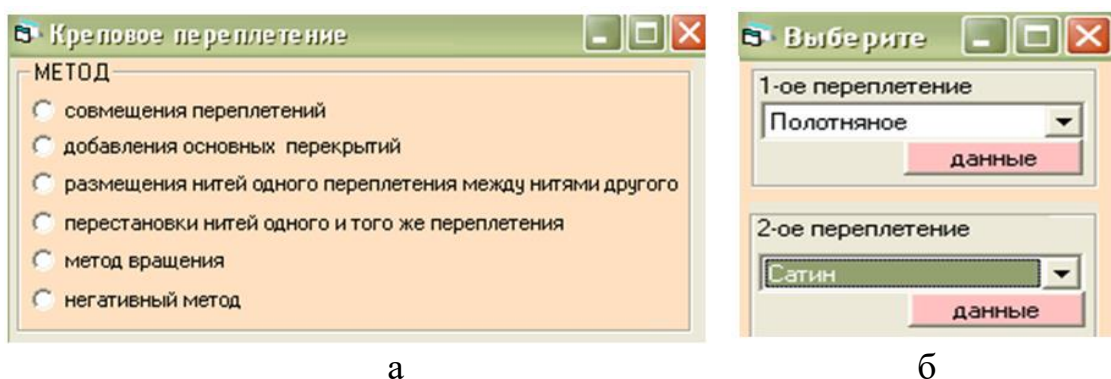


Рисунок 8.25 – Диалоговые окна для выбора метода построения:
а – крепового переплетения, б – выбора базовых переплетений

Для визуализации и имитации поверхности ткани используется настройка цветового решения: индивидуальное назначение цвета для каждой нити основы и утка из обширной палитры, а также моделирование сырьевого состава: возможность задания линейной плотности (в текс) для нитей разных систем, что позволяет оценить влияние толщины нити на внешний вид и свойства полотна.

Например, для изменения линейной плотности нитей вводится новое значение в текстовое поле с соответствующей надписью в нижней левой части окна исходных данных (рис.8.26–8.27).

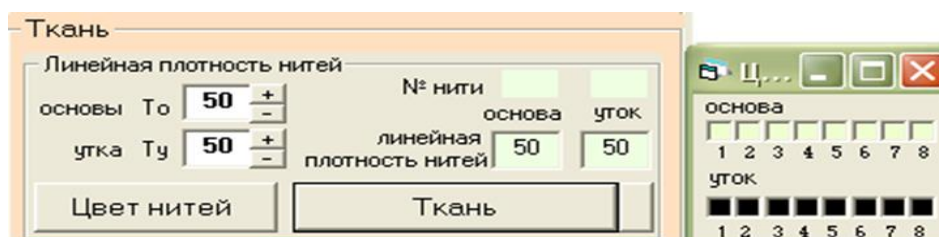


Рисунок 8.26 – Диалоговое окно исходных данных и диалоговое окно для определения цвета и линейной плотности нитей основы и утка

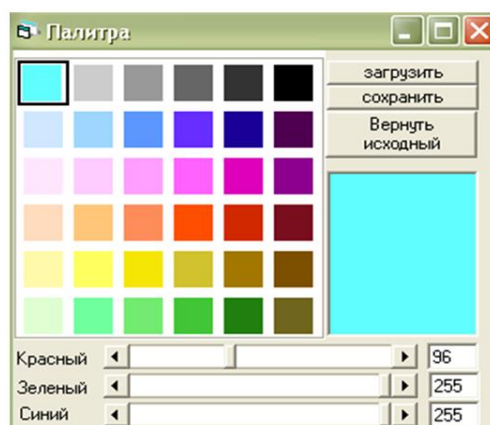


Рисунок 8.27 – Диалоговое окно палитры

В программе есть пошаговый диалог с пользователем через систему окон. Программа проверяет корректность параметров и при необходимости корректирует их или выдает сообщение об ошибке. Имеется контекстная справка, встроенная в интерфейс (рис. 8.28).

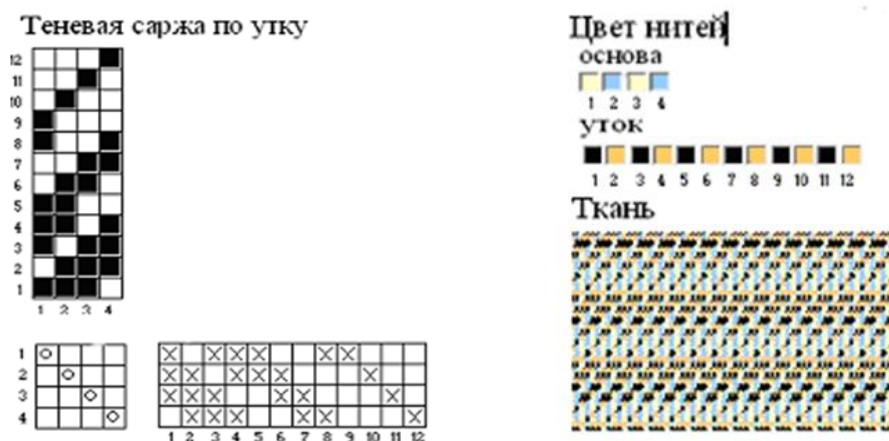


Рисунок 8.28 – Распечатка отчета

Учебная ценность системы: работа с данной САПР позволяет студентам в виртуальной среде освоить логику построения сложных переплетений из простых базовых, понять взаимосвязь между конструктивными параметрами (раппорт, плотность), сырьем (линейная плотность, цвет) и конечным внешним видом ткани, сформировать навык создания полного пакета технологической документации, необходимой для запуска ткани в производство, а также экспериментировать с дизайном, мгновенно получая визуальную обратную связь без затрат времени и материалов на реальную выработку образцов.

Таким образом, программа служит эффективным связующим звеном между теорией ткачества и практикой, развивая у будущих инженеров-текстильщиков проектные компетенции, аналитический подход к выбору переплетений и способность визуализировать конечный результат ткани ещё до её выработки на станке.

8.10.2 Программный продукт для автоматизированного проектирования полутораслойных тканей «RemiS1.5»

Для углубленного изучения принципов конструирования сложных тканых структур в учебном процессе применяется специализированное программное обеспечение «RemiS1.5». Эта САПР ориентирована на проектирование полутораслойных (полуторных) тканей, структур. Программа предназначена для работы в среде Windows и поддерживает заправку на станке с использованием до 10 ремизок.

Программа имеет модульную структуру, состоящую из трех взаимосвязанных блоков, которые могут работать как автономно, так и в комплексе (рис.8.29).

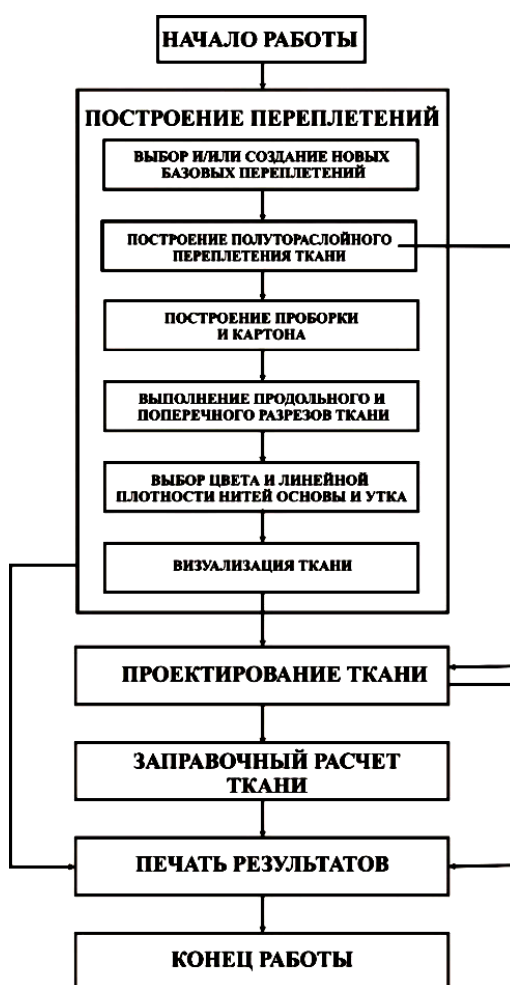


Рисунок 8.29 – Функциональная схема программного продукта по проектированию полутораслойных тканей

Данный программный продукт позволяет сделать полный цикл проектирования полутораслойных структур:

- выбор типа ткани: проектирование тканей с дополнительным

утком или с дополнительной основой;

- конструирование переплетения: задание базовых переплетений для лицевой и изнаночной сторон из обширной базы (полотняное, саржа, сатин, атлас и их производные);
- автоматическое построение внутренней структуры изнаночного слоя с оптимизацией расположения перекрытий;
- ручное создание и редактирование произвольных переплетений;
- формирование технологической документации: автоматическая генерация схем проборки в ремиз (рядовая или сводная) и проборки в зубья берда (картона) в соответствии с построенным переплетением.

Также возможно построение продольных и поперечных разрезов ткани, что позволяет наглядно анализировать пространственное расположение нитей в сложной структуре (рис. 8.30).

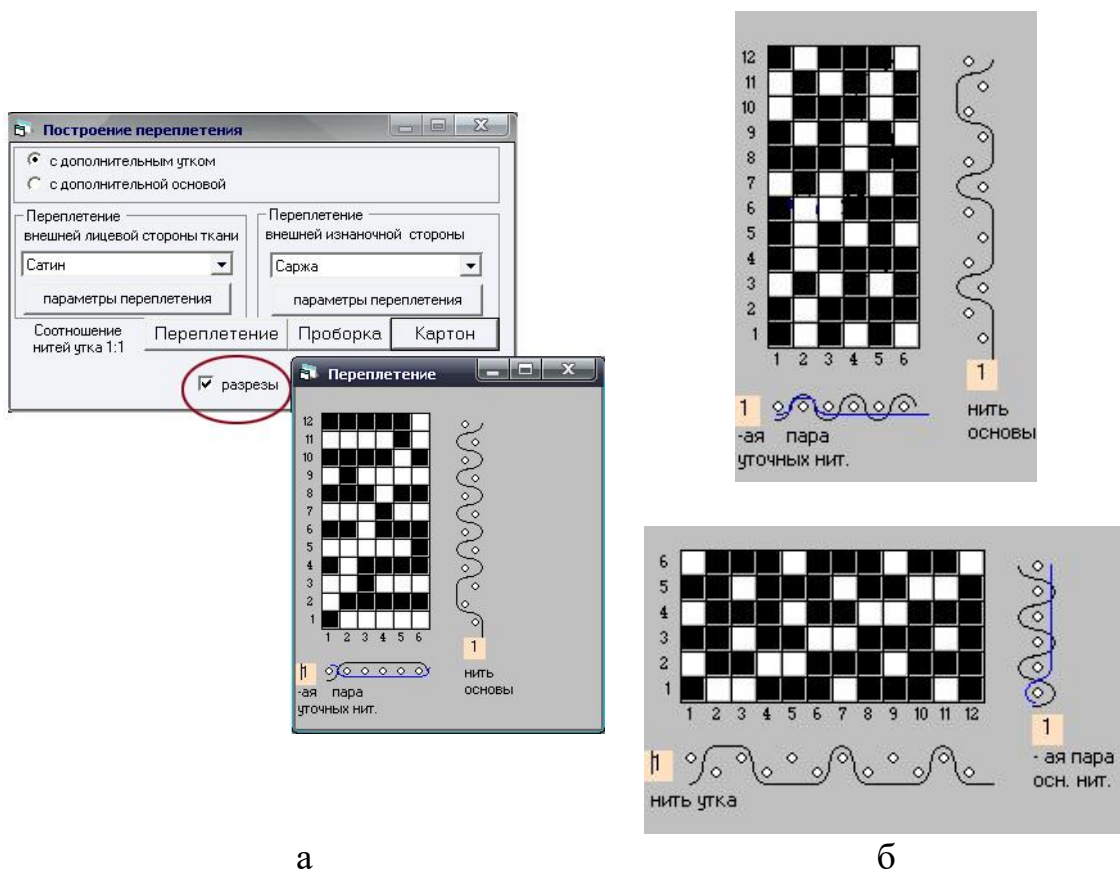


Рисунок 8.30 – Построение продольного и поперечного разрезов ткани, визуализация продольного и поперечного разрезов:

- а – для полутораслойного переплетения с дополнительной основой;
- б – для полутораслойного переплетения с дополнительным утком

В программе можно назначить цвета для каждой нити основы и утка с использованием расширяемой палитры. Также возможно

задание линейной плотности для нитей, вплоть до индивидуальной настройки для создания рельефных эффектов на поверхности. Тем самым возможно моделирование пёстротканых рисунков за счет раппортов цвета по основе и утку (8.31–8.32).

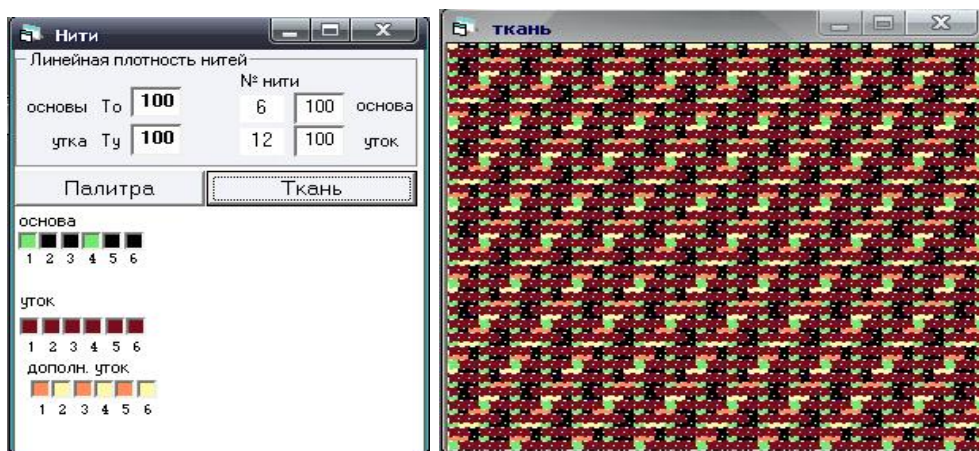


Рисунок 8.31 – Диалоговое окно «Нити» и Окно «Ткань». Визуализация полученной ткани

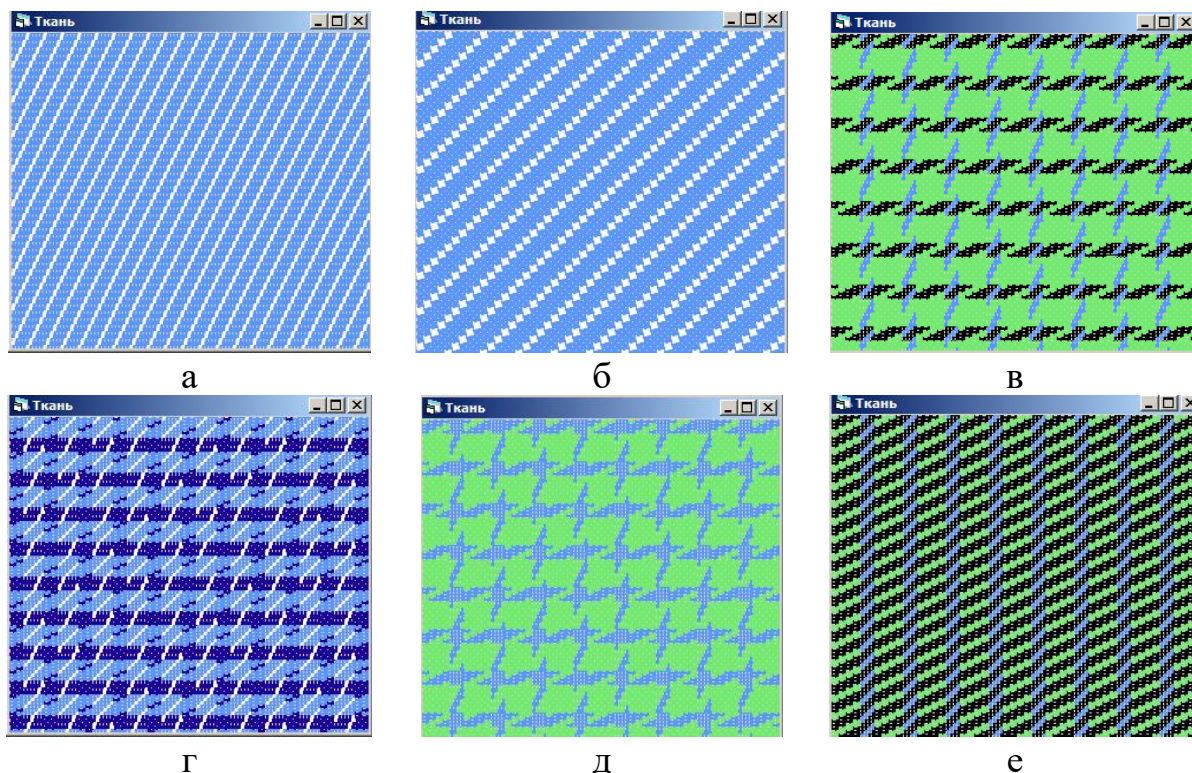


Рисунок 8.32 – Визуализация лицевой поверхности ткани с цветными нитями в основе и в утке и с нитями различной линейной плотности:
а–б – в системах нитей в целом; в–е – в группах нитей

По методике профессора А. А. Мартыновой и доцента Г. Л. Слостинной программа проводит расчет ткани по заданной

поверхностной плотности. На основе вводимых параметров программа рассчитывает: диаметры нитей, высоты волны изгиба, расстояния между нитями, а также технологические показатели: уработку нитей по слоям, фактические длины нитей в раппорте, поверхностную плотность суровой и готовой ткани (рис. 8.33).

параметры строения ткани		свойства нитей	
Раппорт, нит			
по основе	4	Порядок фазы строения	
по утку верхн. сл.	4	Kho1	1
по утку нижн. сл.	4	Kho2	1
Число пересечек нитями основы нитей утка в верхнем и нижнем слоях, нит			
to1	3	to2	4
ty1	1	ty2	1
ty1.2	1		
Кэф. смятия		усадка ткани по основе, %	
нитей основы	0,84	2,5	
нитей утка верхн. сл.	0,96	усадка ткани по утку, %	
нитей утка нижн. сл.	0,96	1	
Кэф. наполнения ткани		изменение массы тк. в отделке, %	
по основе	0,63	3	
по утку	0,41	поверхностная плотность готовой тк., г/м²	
		232	
РАСЧЕТ			
Сохранить входные данные		Открыть входные данные	

Рисунок 8.33 – Диалоговое окно ввода исходных данных для проектирования ткани

Выполнение заправочного расчета для определения параметров настройки ткацкого станка, который возможен только после выполнения инженерного расчета (рис. 8.34).

Входные данные

ввод данных | данные из проектирования ткани

тип станка		число	
☐ челночный	☐ АТПР	ремизок фона	4
☒ СТБ	☐ пневмат.	ремизок кромок	2
		ламельн. реек	4
раппорт, нит		число нит., пробираемых в зуб берда	
по основе кромок	2	кромки	2
по основе фона	4	фона	3
приращение, см		СТБ	
по ремизн. прибору	1,5	длина 1 зоны станка, см	41
по ламельн. прибору	1,5	длина 2 зоны станка, см	42
длина куска готовой тк., см		длина смежной зоны станка, см	0
число запасных галев	3	число 2-ых зон	2
истинный приклей	0	число смежных зон	0
ширина кромок, см	0,032		
число одноврем. вырб. полотен	1		
ширина готовой тк., см	160		
толщина зуба, мм	0,4		

РАСЧЕТ

Сохранить входные данные | Открыть входные данные

Рисунок 8.34 – Диалоговое окно ввода исходных данных для заправочного расчета

Реалистичная имитация внешнего вида ткани с учетом цветов, толщин нитей и структуры переплетения.

На рисунке 8.35 представлен распечатанный отчет проектирования ткани.

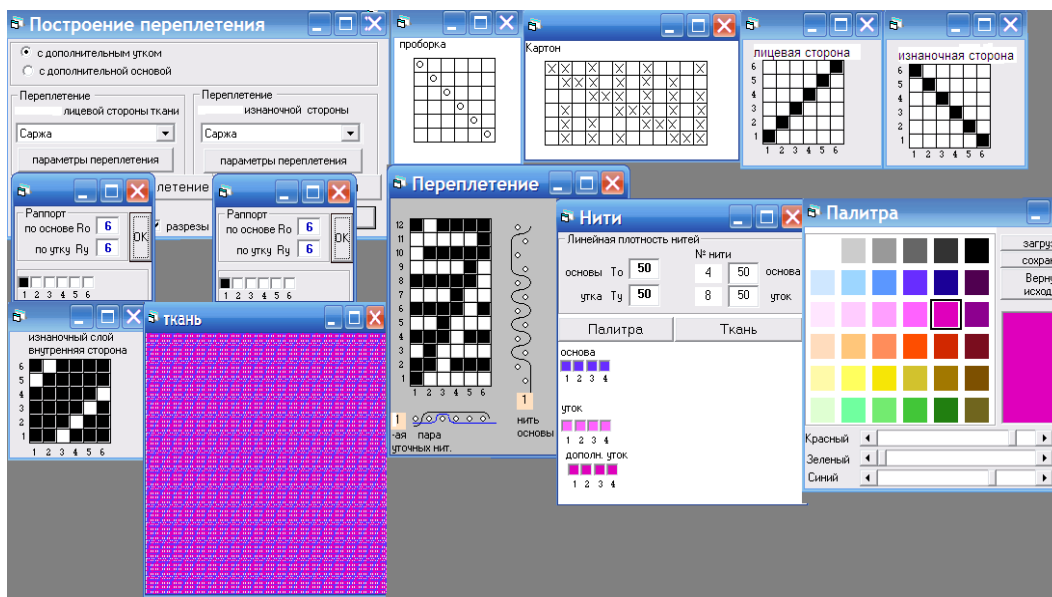


Рисунок 8.35 – Расположение окон при построении переплетения ткани

Оперативное изменение любого параметра (переплетения, цвета, плотности) с мгновенным обновлением изображения.

Возможность сохранения и печати всех этапов проекта: схем переплетения, проборок, картона, цветовых решений, визуализации ткани и отчетов по расчетам.

Учебная ценность системы:

- работа с «remis1.5» позволяет студентам:
- освоить специфику проектирования полутораслойных тканей – важного класса материалов для пальтово-костюмного ассортимента;
- увидеть прямую связь между инженерным расчетом (фаза строения, коэффициенты смятия, уработка) и конечными свойствами ткани (поверхностная плотность, внешний вид);
- научиться переходить от творческой задачи (дизайн, колористика) к полному пакету технической и технологической документации, необходимой для производства;
- проводить виртуальные эксперименты по влиянию толщины нитей, цвета и структуры переплетения на эстетику и свойства полотна, что формирует комплексное инженерно-художественное мышление.

Таким образом, данная САПР служит мощным инструментом для перехода от изучения базовых принципов ткачества к профессиональному проектированию сложных текстильных материалов.

8.10.3 Программное обеспечение для автоматизации проектирования цветowych и ткацких эффектов основного гобелена и выравнивания значений уработок нитей основы

Для освоения принципов проектирования наиболее сложных декоративных тканей: жаккардовых гобеленов – в учебном процессе используется специализированное программное обеспечение. Данный комплекс автоматизирует проектирование основных гобеленов – структур с несколькими системами основы и утка, предназначенных для мебельных тканей. Программа сфокусирована на работе с наиболее распространённой структурой: 4 системы основы и 3 системы утка (рис. 8.36).

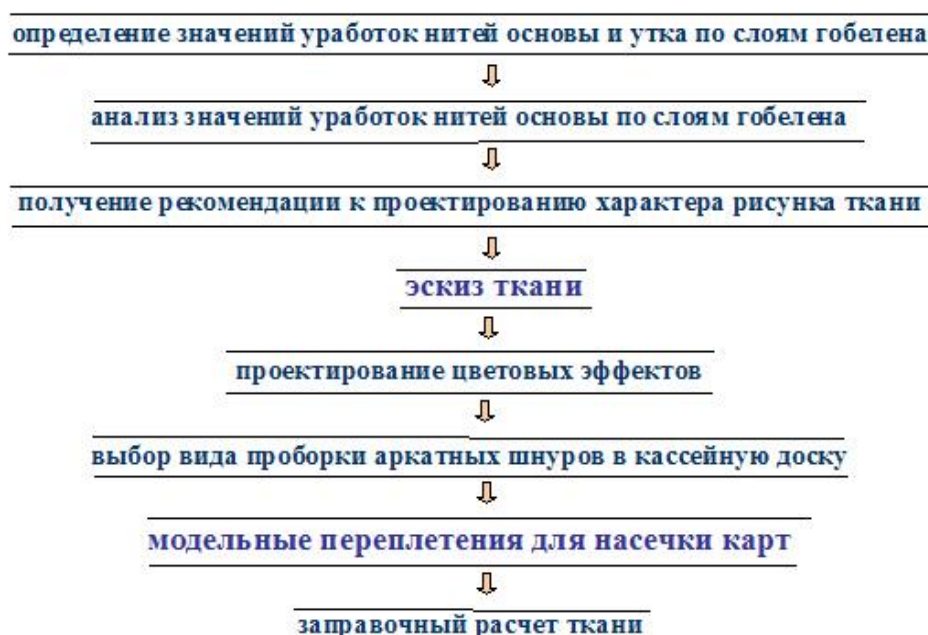


Рисунок 8.36 – Блок-схема программного обеспечения для проектирования гобеленовых тканей

Архитектура и ключевые возможности

Программный комплекс состоит из двух взаимосвязанных модулей, реализующих полный цикл проектирования.

1. Модуль инженерного расчета «Расчет уработок, предназначенный для определения технологических параметров:

- ввод исходных данных: линейные плотности нитей (t), коэффициенты деформации нитей по горизонтали (η_g) и вертикали (η_v), плотность ткани по основе (P_o) и утку (P_y);

- автоматический расчет уработки нитей: программа вычисляет уработку нитей основы и утка для каждого слоя ткани (лицевого, среднего, изнаночного) с учётом их взаимного расположения и натяжения.

– сравнительный анализ и рекомендации: на основе рассчитанных разностей уработок между слоями (разность значений уработок нитей основы среднего и лицевого слоя при использовании рубчикового ткацкого эффекта SR, разность значений уработок нитей основы среднего и лицевого слоя при использовании полотняного переплетения SP, разность значений уработок нитей основы среднего и изнаночного слоя SI) система автоматически генерирует рекомендации по выбору типа рисунка и модельных переплетений, оптимальных для заданной структуры ткани (рис. 8.37).

Уработка нитей по слоям гобеленовой ткани

используемое сырье

ОСНОВА Вид сырья: X/6 кардная Линейная плотность: 50

ПРИЖИМНОЙ УТОК Вид сырья: X/6 кардная Линейная плотность: 37

КОРЕННЫЕ УТКИ Вид сырья: Из ПАН-волокна Линейная плотность: 62

плотность по утку: 240

плотность по основе: 454

соотношение нитей основы: 2:2:2:1

Расчет уработок по слоям

основа	лицевой слой (рубчик)	лицевой слой (полотно)	средний слой	изнаночный слой
уработка	4.5098	7.8316	15.073	10.563

уток

уток	%	комментарий
5.8536	%	коренной уток лицевого слоя
12.746	%	прижимной уток (рубчик в лицевом слое)
6.7711	%	прижимной уток (полотно в лицевом слое)
7.7587	%	коренной уток изнаночного слоя

Рекомендации по проектированию ткани

- Цветовые эффекты равномерно распределены по площади раппорта узора ткани. При таком характере рисунка модельные переплетения могут иметь следующий вид: а) рубчиковый ткацкий эффект и полотняное переплетение одной из коренных основ с прижимным утком равномерно размещены на площади раппорта узора. Тогда, нити основы, формирующие цветовой эффект в лицевом слое при использовании рубчика, должны переходить в средний слой в других цветовых эффектах, где они не принимают участия в формировании лицевого слоя; нити основы, образующие цветовой эффект полотняным переплетением: в изнаночный. б) ткацкие эффекты неравномерно распределены по площади раппорта узора ткани. При минимальном использовании рубчикового ткацкого эффекта необходимо нити основы поочередно перемещать в средний и изнаночный слои, в цветовых эффектах, где они не формируют лицевой слой. При минимальном использовании полотняного переплетения одной из коренных основ с прижимным утком необходимо стремиться к перемещению нитей основы из лицевого слоя при использовании рубчика в средний для цветовых эффектов, которые занимают большую площадь рисунка. Соответственно, нити остальных цветовых эффектов и цветовых эффектов, образованных полотняным переплетением

Рисунок 8.37 – Диалоговое окно «Расчет уработки»

2. Модуль проектирования эффектов «Цветовые и ткацкие эффекты». Это творческо-конструкторский модуль для визуального воплощения идей:

– выбор базовой структуры: пользователь выбирает один из четырёх видов переплетений гобелена («рубчик», «рубчик1», «полотняное», «полотняное1»), определяющих роли разных систем нитей в формировании слоёв;

– конструирование цветового эффекта: для выбранной структуры программа предлагает библиотеку готовых вариантов образования эффектов: 18 вариантов для рубчиковых и 72 варианта для полотняных переплетений (рис. 8.38).



Рисунок 8.38 – Диалоговое окно «Варианты цветовых эффектов» («Рубчик», «Рубчик1»)

На основе этой матрицы разработано 72 варианта образования цветовых эффектов, выбор которых осуществляется в диалоговом окне «Варианты цветовых эффектов (Полотняное)» (рис. 8.39).

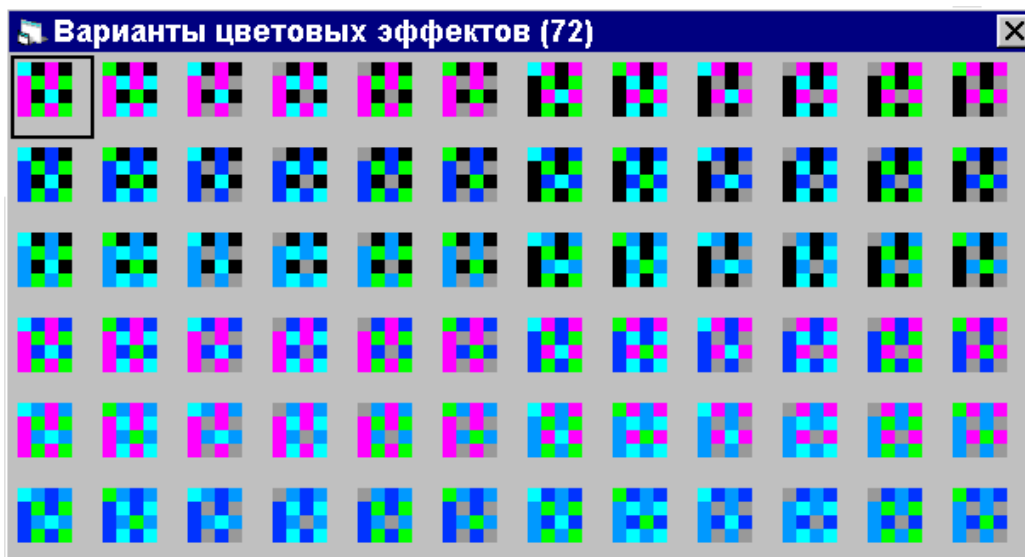


Рисунок 8.39 – Диалоговое окно «Варианты цветовых эффектов» («Полотняное», «Полотняное 1»)

- осуществляется детальная настройка: назначение цвета для каждой из 4 основных и 3 уточных нитей;
- задание физико-механических характеристик для каждой нити: линейная плотность, коэффициент сырьевого состава (c), коэффициенты деформации (η_g , η_v), коэффициент смятия (τ). Это позволяет моделировать влияние толщины и свойств сырья на конечный визуальный облик узора;
- визуализация и анализ: имитация элементарной цветовой ячейки ткани с учётом всех заданных параметров (цвет, толщина, деформация) (рис. 8.40).

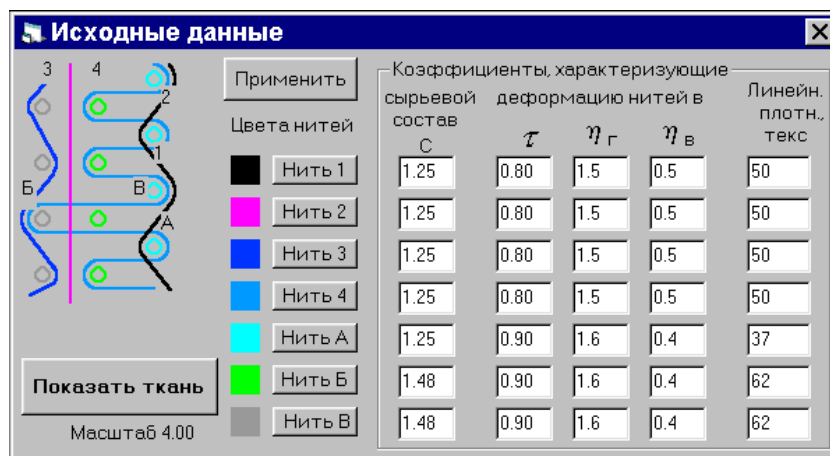


Рисунок 8.40 – Диалоговое окно «Исходные данные»

– просмотр готовой ткани в различном масштабе для оценки общего вида и деталей (рис. 8.41);

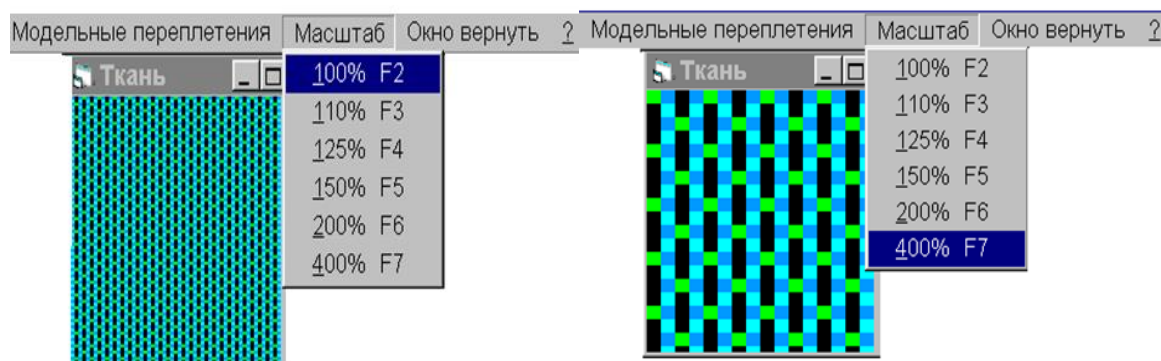


Рисунок 8.41 – Группа «Масштаб»

– автоматическая разработка модельных переплетений для жаккардовой машины на основе выбранных вариантов.

Что позволяет делать данный программный продукт:

– переводить художественный эскиз в технологические параметры: связывать желаемый цветовой узор с конкретными нитями (их номером системы, цветом и свойствами);

– научно обосновывать выбор конструкции, на основе расчёта уработок определять, какое базовое переплетение («рубчик» или «полотняное») и какой вариант цветового эффекта будут технологически реализуемы и дадут наилучший результат для заданной плотности и сырья;

– предотвращать брак при выработке: анализ разностей уработки между слоями позволяет прогнозировать и избегать проблем, связанных с чрезмерным внутренним напряжением в ткани (перекос, коробление), что критически важно для стабильности жаккардового рисунка;

– создавать полный пакет данных для жаккардового производства: от расчётных параметров уработки до визуальной модели узора и схем построения переплетений (рис. 8.42).

Рисунок 8.42 – Диалоговое окно:

а – «Линейная плотность», б – «Коэффициенты деформации»

Учебная ценность системы:

- позволяет понять уникальную многослойную структуру жаккардового гобелена и роль каждой системы нитей (коренная, прижимная, формирующая цвет);
- дает возможность освоить принцип расчета уработок как ключевого этапа проектирования, напрямую влияющего на качество и стабильность сложной ткани;
- позволяет научиться синтезировать художественные и инженерные задачи: создавать визуально сложные цветовые эффекты, которые одновременно являются технологически корректными и воспроизводимыми на станке;
- дает сформировать компетенцию проектирования для жаккардового производства, где ошибка в расчёте структуры ведёт к значительным материальным потерям.

Таким образом, программа служит мостом между теорией строения многослойных тканей, колористикой и практикой жаккардового ткачества, готовя специалистов, способных создавать как эстетически совершенные, так и технологически безупречные декоративные материалы.

8.10.4 Программное обеспечение для проектирования репсовых тканей

Для изучения и проектирования декоративных тканей с ярко выраженным рельефом в учебном процессе используется программное

обеспечение, автоматизирующее создание жаккардовых репсовых тканей. Программное обеспечение предусматривает автоматизированное проектирование ткацких эффектов и модельных переплетений для насечки карт, вывод их на печать. Программой предусматриваются пять видов репсовых тканей.

Программа предназначена для автоматизированного проектирования ткацких эффектов и генерации модельных переплетений для насечки жаккардовых карт (управляющих программ для жаккардовой машины). Она охватывает проектирование пяти основных видов репсовых тканей (рис.8.43–8.44).

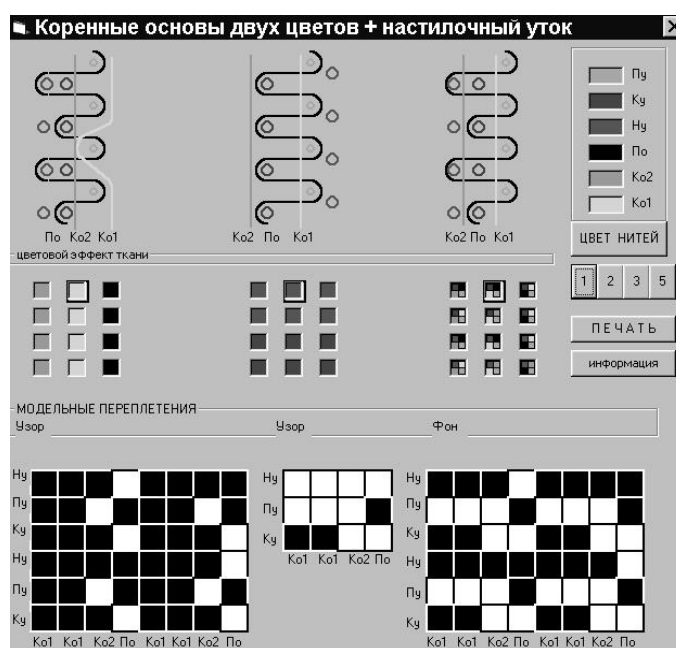


Рисунок 8.43 – Диалоговое окно для репсовой ткани узор, которой выявлен коренными основами двух цветов и настильным утком

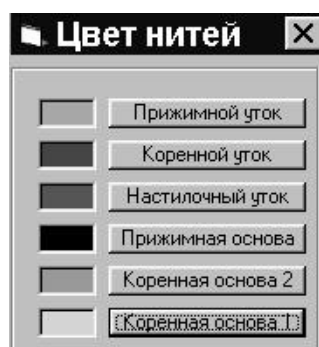


Рисунок 8.44 – Диалоговое окно «Цвет нити»

Данный программный продукт позволяет выполнять:

- проектирование по виду ткани: пользователь выбирает конкретный вид репсовой ткани (например, «Узор, выявленный

коренными основами двух цветов и настилочным утком»). Для каждого вида программа предоставляет уникальный интерфейс с соответствующими схемами и наборами эффектов;

- визуальный выбор ткацкого и цветового эффекта: в диалоговом окне отображаются схемы продольных разрезов ткани для «узора» и «фона», наглядно показывающие взаимное расположение нитей;

- выбор эффекта осуществляется простым щелчком мыши по нужному квадрату. Это действие автоматически меняет схемы разрезов и генерирует соответствующее модельное переплетение.

- настройку колористического решения: цвет каждой нити системы (прижимной – П, коренной – К и т. д.) можно задать или изменить с помощью встроенной палитры цветов. Палитра является расширяемой: можно создавать, сохранять и загружать собственные наборы цветов;

- автоматическая генерация технологической документации: в соответствии с выбранным визуальным эффектом программа автоматически строит модельные переплетения (схемы прокладок нитей), которые являются основой для насечки жаккардовых карт (рис. 8.45).

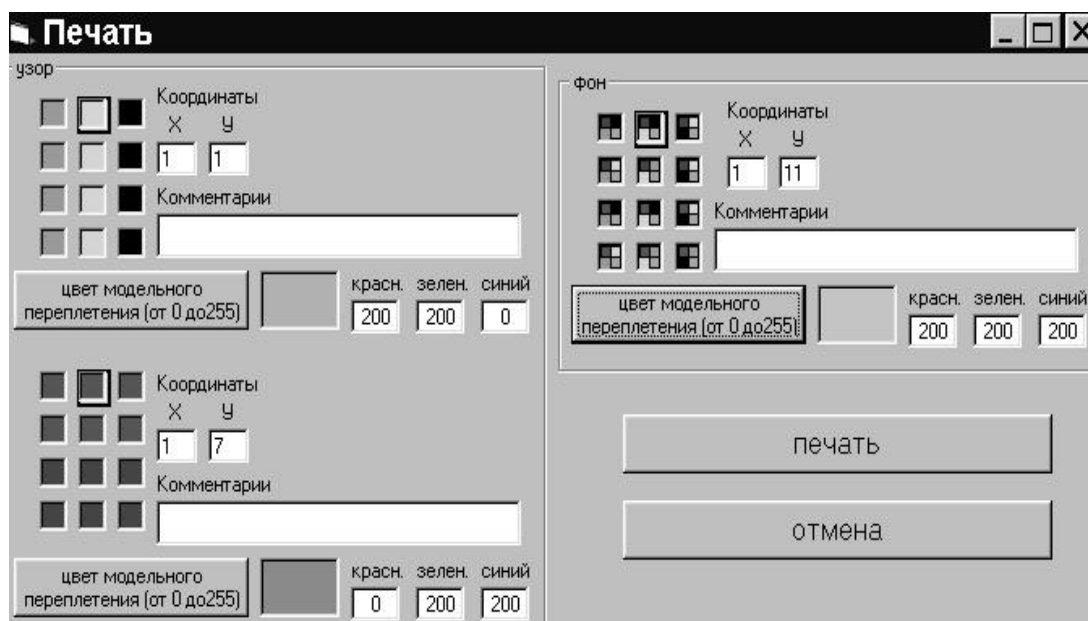


Рисунок 8.45 – Диалоговое окно «Печать» для репсовой ткани, узор которой выявлен коренными основами двух цветов и настилочным утком

- сгенерированные переплетения могут быть выведены на печать для дальнейшего использования в производстве;
- все параметры проекта (выбранный эффект, цвета нитей,

модельное переплетение) можно сохранить и распечатать в виде отчета.

Учебная ценность системы:

- работа с данной программой позволяет студентам закрепить знания о разновидностях репсовых структур и их визуальных особенностях;
- понять прямую и наглядную связь между выбранным цветовым квадратом (эффектом) и сложной схемой переплетения нитей в пространстве (продольный разрез) и на плоскости (модельное переплетение);
- освоить принцип автоматизированного перехода от дизайна к технологии: как творческое решение (сочетание цветов и рельефа) трансформируется программой в конкретную инструкцию для жаккардового станка;
- сформировать навык работы с программным обеспечением для жаккарда, где проектирование ведется на уровне «эффектов», а низкоуровневые схемы переплетений генерируются автоматически.

Таким образом, программа служит эффективным инструментом для демонстрации и освоения принципа параметрического проектирования в текстиле, где конечный технологический результат выводится из заданных высокоуровневых художественных и структурных параметров.

8.10.5 Программное обеспечение для автоматизации заправочного расчета «Zap_raschet» и «Jakkard»

Применение САПР «Zap_raschet» и «Jakkard» позволяет ускорить сроки проектирования и выработки продукции, повысить потребительское качество и художественно-колористическое оформление тканей. Программное обеспечение для автоматизации заправочного расчета ремизных и жаккардовых тканей ориентировано на ПК с операционной системой Windows.

Представленное программное обеспечение позволяет автоматизировать следующие этапы расчета и выполняет следующие функции:

- определение размеров ткани;
- определение плотности ткани по основе, по утку;
- определение уработки нитей и ткани;
- определение ширины заправки ткани по берду;
- определение длины основы в куске ткани;
- определение числа нитей основы в заправке;
- расчет снования;
- расчет жаккардовой заправки;

- расчет ламельного прибора;
- расчет линейной и поверхностной плотности ткани 4;
- конвертирование результатов заправочного расчета в текстовый файл;
- вывод результатов заправочного расчета на твёрдый носитель.

Заголовки групп команд организуют работу программы. Ввод исходных параметров организован с помощью диалогового окна «Входные параметры», появляющихся после ввода соответствующей команды головного меню (рис. 8.46).

Жаккард
Файл Вводные параметры

Входные данные

Вг 150 ширина готовой ткани, см
 Лг 40 длина куска готовой ткани, м
 Ус 5,6 по ширине притяжка (+)
 Уд 4,8 по длине усадка (-)

плотность готовой ткани, нит/см
 Pог 46,2 по основе
 Pуг 27,6 по утку

уровень, %
 ау 3 нитей утка
 ао 11,5 нитей основы

линейная плотность
 То 33,4 нитей основы
 Ту 33,4 нитей утка

число нитей, пробиваемых в зуб берда
 Zкр 4 кромки
 Zф 4 фона

число ремизок
 прф 4 для нитей фона
 пркр 2 для нитей кромки

Вкрз 3 ширина проборки кромочных нитей в бердо, (2,6 - 3 см)
 0,5 коэф. для расчета плотности ткани по основе в кромках (0,5-1)
 1,00 коэф. для опред. ширины проборки нит. основы в галеве ремизок, (1-2 см)
 1,00 коэф. для опред. ширины проборки нит. основы в ламельн. прибор, (1-2 см)
 Nлр 6 число ламельн. реек

аи 3,78 истинный приклей, %
 Вм -1,5 уменьш. (-) или увелич. (+) массы тк. в процессе отделки, %

Расчет

Рисунок 8.46 – Диалоговое окно «Входные параметры» программы «Zap_raschet»

Командная кнопка «Расчет» осуществляет в автоматизированном режиме заправочный расчет и выводит данные на монитор (рис. 8.47).

Выходные параметры		
Bc	158,89	ширина суровой ткани, см
Lc	38,167	длина куска суровой ткани, м
Poc	43,75	плотность по основе суровой ткани, нит.см
Puc	28,991	плотность по утку суровой ткани, нит.см
Pokpr	23,1	плотность готовой ткани по основе в
Bz	161,79	ширина заправки ткани по берду, см
Lok	43,127	длина основы в куске ткани, м
Bkpr	2,7470	ширина кромок в готовой ткани, см
поф	6803	число нитей основы фона
покр	63	число нитей основы в кромках
No	6866	общее число нитей основы
Xф	1700	число зубьев берда для фона
Xкр	15	число зубьев берда для кромок
X	1715	общее число зубьев берда
Nб	106	номер берда
Vp	162,79	ширина проборки нит. основы в галева ремизок, см
[изменить]		
Вл	163,79	ширина проборки нит. в ламельн. прибор, см
Рл	6,9864	плотность ламелей
Мо	20,295	масса основы в 100 м суровой ткани, кг
Му	15,191	масса утка в 100 м суровой ткани, кг
Мс	0,2265	поверхностная плотность суровой тк., кг.м2
Вш	2,52	остаток шлихты в ткани, %
Мош	20,806	масса шлихованной основы в 100 м суровой тк. с учетом остаточного приклея, кг
Мсш	0,3599	линейн. плотность суровой тк. из шлихт. основы
Мг	0,3383	линейн. плотность готовой тк. кг.м
Мгм	0,2255	поверхностная плотность готовой тк., кг.м2
нг	1731	общее число галев в ремизке
нгф	1700	число галев для фона
нгкр	31	число галев для кромок
нр	6	общее число ремизок
Pr	10,442	плотность галев на каждой ремизке

Рисунок 8.47 – Диалоговое окно «Выходные параметры» программы «Zap_raschet»

Программа не только рассчитывает номер берда, но и позволяет его скорректировать вручную. Это имитирует реальную производственную ситуацию, когда технолог выбирает ближайший доступный стандартный номер берда, отличный от теоретически рассчитанного.

После ручной корректировки номера берда программа автоматически пересчитывает все зависимые параметры (например, ширину заправки), демонстрируя взаимосвязь показателей.

Для выполнения заправочного расчета используется программа «Jakkard». Ввод исходных параметров организован с помощью диалогового окна «Входные параметры», появляющихся после ввода соответствующей команды головного меню. Командная кнопка «Расчет» осуществляет в автоматизированном режиме заправочный расчет и выводит данные на монитор (рис. 8.48).

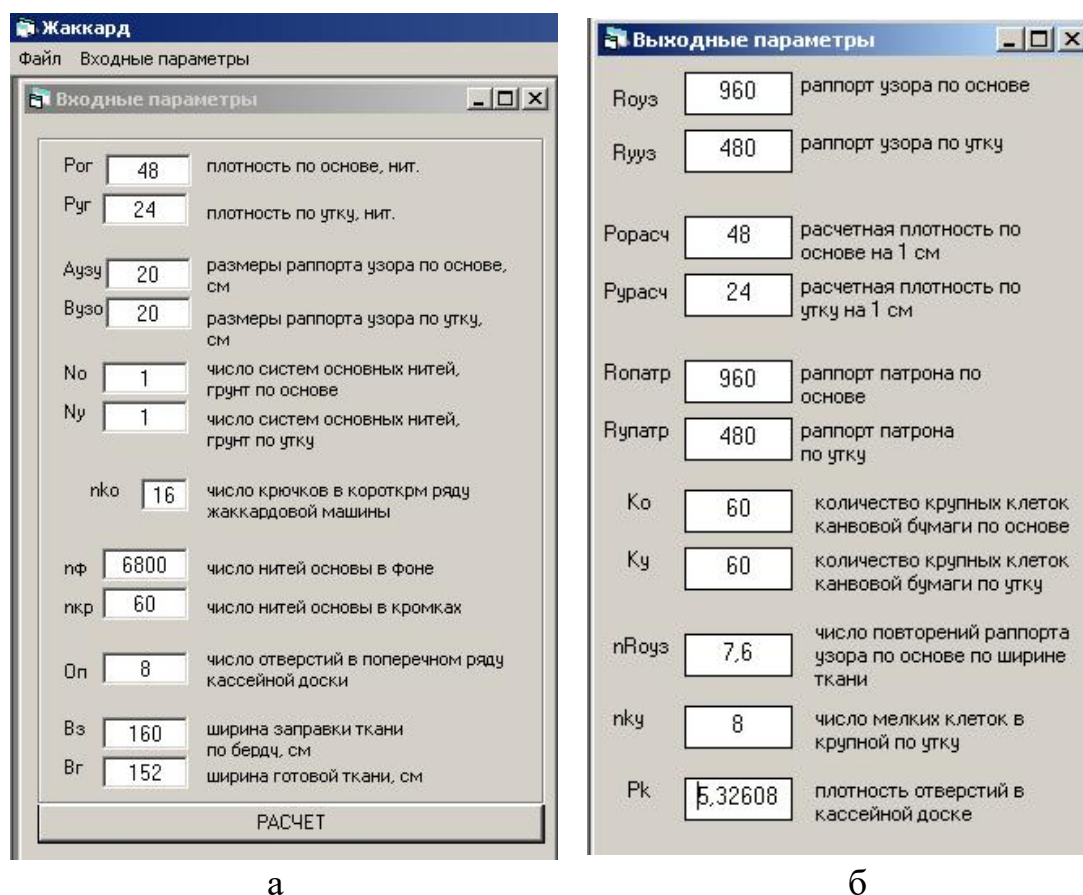


Рисунок 8.48 – Диалоговое окно программы «Jakkard»:
а – «Входные параметры», б – окно «Выходные параметры»

Учебная ценность систем «Zap_raschet» и «Jakkard» позволяет студентам:

- систематизировать знания: объединить все ранее изученные разрозненные параметры ткани (линейные плотности, плотности, уработки) в единую расчетную схему для получения конкретных установок станку;
- понять логику технологического расчета: увидеть алгоритмическую последовательность вычислений и жесткую взаимозависимость параметров (например, как изменение номера берда влияет на ширину заправки);
- освоить принцип итеративного проектирования: научиться анализировать автоматически полученные результаты, вносить в них коррективы, основанные на технологических реалиях (наличие стандартных номеров берда), и оценивать последствия этих корректировок;
- сформировать навык работы с отраслевым ПО, выполняющим строго регламентированные расчеты, что является основой деятельности инженера-технолога ткацкого производства.

Таким образом, данные программы завершают цепочку учебных САПР, переводя знания о конструкции и дизайне ткани в плоскость конкретных технологических инструкций для производства, что является конечной целью инженерной подготовки в области текстиля.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Каковы основные преимущества автоматизации проектирования тканей с использованием САПР?
2. Какие перспективные технологии применимы в контексте развития САПР для тканей?
3. Перечислите ключевые функции программы ArahWeave. Для какого типа ткачества она в первую очередь предназначена?
4. В чём заключается особенность интерфейса и подхода к проектированию в программе WeavePoint (например, Instant Drafting)?
5. Чем принципиально отличается программа TexGen от других рассмотренных САПР? Какова её основная сфера применения?
6. Каковы основные возможности программы WeaveMaker, направленные на сокращение производственного цикла?
7. Опишите назначение и ключевые возможности программного обеспечения EAT Design Scope Victor.
8. Какие модули входят в состав Penelope Dobby/Jacquard и как они помогают в процессе проектирования ткани?
9. Какие задачи решают российские разработки в области САПР тканей?
10. В чём суть методики цифрового проектирования однослойных переплетений с объёмными эффектами?
11. Какие основные программные продукты для проектирования тканей были разработаны на кафедре дизайна и моды ВГТУ? Перечислите их назначение.
12. Опишите функциональные возможности программного комплекса «RemiS1.5» для проектирования полутораслойных тканей. Какие блоки в него входят?
13. Сравните возможности программ ArahWeave и TexMind в части использования технологий ИИ.
14. Какая общая тенденция в развитии САПР для текстиля прослеживается через анализ зарубежных и отечественных систем?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа современных информационных технологий в проектировании тканей автором предложены новые программные продукты для проектирования ремизных тканей однослойных и сложных структур, а также репсовых и гобеленовых жаккардовых тканей. Приведено программное обеспечение для проведения заправочного расчета ремизных и жаккардовых тканей с полным учетом всех параметров заправки, структуры и оформления при подборе соответствующего сырья с точки зрения экономии. Программы для ЭВМ, разработанные на кафедре «Дизайн» УО «ВГТУ», могут быть использованы для расчета основных показателей свойств и прогнозирования внешнего вида и художественного оформления ремизных и жаккардовых тканей.

В учебном пособии приведены примеры работы с программными продуктами с целью получения ремизных и жаккардовых тканей с заданными физико-механическими характеристиками и показателями внешнего вида. Рассмотрены основные характеристики и строение ремизных и жаккардовых тканей, особенности заправки и выработки тканей на ткацких станках, методики анализа образцов.

Изучены вопросы создания программного обеспечения для автоматизации проектирования цветовых и ткацких эффектов в тканях простого и сложного строения, а также автоматизация заправочного расчета ремизных и жаккардовых тканей.

Разработанное программное обеспечение и результаты теоретических и экспериментальных исследований могут использоваться в качестве заправочных параметров оборудования для производства тканей оптимального строения, обновления ассортимента, соответствующего современному мировому дизайну.

Данное учебное пособие будет полезно для специалистов текстильных предприятий, студентов, аспирантов и научно-технических работников, занимающихся изучением технологических процессов ткацкого производства. Основные результаты, полученные при проведении исследований, нашли практическое применение на текстильных предприятиях Республики Беларусь. Эти результаты будут полезны также в будущем при разработке ремизных и жаккардовых тканей новых структур и создании нового ассортимента высококачественных тканей с заданными потребительскими и качественными показателями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николаева, Е. А. Анализ современных систем по автоматизированному проектированию ткацких рисунков / Е. А. Николаева, С. С. Юхин, А. В. Фирсов. – Текст : электронный // Инженерный Вестник Дона. – 2023. – № 7 (103). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sovremennyh-sistem-po-avtomatizirovannomu-proektirovaniyu-tkatskih-risunkov> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.
2. Obe, O. Genetic Algorithm Approach for Fabric Pattern Generation in Textile Industries / O. Obe, O. S. Egwuche // Annals. Computer Science Series. – 2018. – Vol. 16, Issue 2. – С. 123–130.
3. Obe, O. Genetic Algorithm Approach for Fabric Pattern Generation in Textile Industries / O. Obe, O. S. Egwuche. – Текст : электронный // Academic and Scholarly Research Publication Center (Europub). – 2018. – URL: <https://europub.co.uk/articles/genetic-algorithm-approach-for-fabric-pattern-generation-in-textile-industries-A-550034> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: Europub.co.uk.
4. Доргам, М. Э. FabricNet: Multi-Task Deep Learning with CNN for Classification of Woven Fabric Structures and Density Estimation / М. Э. Доргам, А. А. Давуд, Х. С. Эльнашар, Ш. Г. Абдельразек. – Текст : электронный // Annals of Computer Science Series. – 2025. – Т. 21, № 1. – С. 45–56. – URL: https://journals.ekb.eg/article_448960_42fca30b7c882c93ac68bc9fdd72e067.pdf (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: journals.ekb.eg.
5. Kuo, C.-F. J. Application of computer vision in the automatic identification and classification of woven fabric weave patterns / C.-F. J. Kuo, C.-Y. Shih, C.-E. Ho, K.-C. Peng. – Текст : электронный // Textile Research Journal. – 2010. – Vol. 80, No. 20. – P. 2144–2156. – URL: <https://doi.org/10.1177/0040517510373630> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: journals.sagepub.com.
6. Wu, X. Application of computer vision in the automatic identification and classification of woven fabric weave patterns / X. Wu, L. Li. – Текст : электронный // The Design Journal. – 2024. – Vol. 27, No. 2. – С. 270–290. – URL: <https://doi.org/10.1080/14606925.2024.2303236> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: doi.org.
7. ArahWeave: Textile design software for dobby and jacquard weaving / Arahne D.O.O. – Текст : электронный. – URL: <https://www.arahne.si/products/arahweave/> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: официальный сайт Arahne.

8. TexGen: Geometric textile modelling software / University of Nottingham. – Текст : электронный. – URL: <https://texgen.sourceforge.net/> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: SourceForge.

9. WeaveMaker: Professional dobby design software / Designer Software LLC. – Текст : электронный. – URL: <https://weavemaker.com/> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: официальный сайт WeaveMaker.

10. DesignScope Victor: Textile CAD and simulation software / EAT GmbH. – Текст : электронный. – URL: <https://www.designscopecompany.com/> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: официальный сайт DesignScope.

11. Клетиков К. С. Использование системы MATLAB для проектирования переплетений тканей / К.С. Клетиков, Т. Ю. Карева, Е. А. Варганова // Технология текстильной промышленности. – Иваново: Ивановский государственный политехнический университет, 2019. – № 4. – С. 56–62.

12. Казначеева, А. А. Разработка автоматизированной системы обнаружения дефектов на ткани с применением компьютерного зрения / А. А. Казначеева, С. В. Захаркина, О. М. Власенко, Е. А. Рыжкова. – Текст : электронный // ИВД. – 2021. – № 12 (84). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-avtomatizirovannoy-sistemy-obnaruzheniya-defektov-na-tkani-s-primeneniem-kompyuternogo-zreniya> (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: Научная электронная библиотека КиберЛенинка.

13. Толубеева, Г. И. Цифровые методы проектирования однослойных переплетений с объёмными эффектами / Г. И. Толубеева, Д. А. Мирошниченко, Т. Ю. Карева // Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 3. – С. 47–53.

14. Карева, Т. Ю. Поиск путей совершенствования цифрового представления текстильных материалов с целью обнаружения дефектов / Т. Ю. Карева [и др.]. // Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2 (398). – С. 104–108.

15. Плис, К. С. Этапы создания цифрового патрона образца многоэлементной жаккардовой ткани для выработки на заданном ткацком станке / К. С. Плис, Г. И. Толубеева, Д. А. Мирошниченко // Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 2. – С. 61–67.

16. Малецкая, С. В. Алгоритм автоматизированного построения рисунка вафельного переплетения ткани / С. В. Малецкая, Е. А. Женгурова. – Текст : электронный // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 3. – С. 33–37. – URL: https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/337_16.pdf (дата обращения: 15.12.2025). – Режим доступа: сайт журнала Известия высших учебных заведений.

17. Строение и проектирование тканей : методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 1-50 01 01 «Производство текстильных материалов» (технология и менеджмент) / УО «ВГТУ» ; сост.: Ж. Е. Тихонова, Н. С. Акиндинова. – Витебск, 2020. – 40 с.

18. САПР текстильных материалов : рабочая тетрадь для лабораторных работ для студентов специализации 1-50 01 01 04 «Технология тканей» заочной формы обучения / УО «ВГТУ» ; сост. В. В. Невских. – Витебск, 2015. – 36 с.

19. САПР тканей. Анализ структуры ткани по срезам : методические указания по выполнению лабораторных работ и курсового проектирования для студентов специальности 1-50 01 01 «Производство текстильных материалов (технология и менеджмент)» / УО «ВГТУ» ; сост.: Д. И. Кветковский, Е. М. Лобацкая. – Витебск, 2021. – 31 с.

20. Юхин, С. С. Автоматизированный метод проектирования тканей по заданной пористости / С. С. Юхин, С. Е. Мартыненко // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. – № 4. – С. 40–43.

21. Вильчевская, Е. С. Автоматизированный моделирующий комплекс для исследования полуциклового растяжения и разрыва пряжи из смеси хлопка и химических волокон / Е. С. Вильчевская, П. А. Севостьянов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 2. – С. 113–116.

22. Инновации в текстильной промышленности = Innovations in Textile Industry : монография / А. С. Дягилев, Н. С. Акиндинова, А. Н. Бизюк [и др.] ; УО «ВГТУ» ; Совет молодых ученых ВГТУ. – Витебск, 2016. – 220 с.

23. Казарновская, Г. В. Автоматизированные методы проектирования ремизных и жаккардовых тканей : монография / Г. В. Казарновская, А. Н. Абрамович, Н. Н. Самутина ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2013. – 262 с.

24. Плис, К. С. Разработка программного обеспечения для выполнения заправочного расчета многоэлементной петельной ткани / К. С. Плис, Г. И. Толубеева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2019. – № 1–2. – С. 122–126.

25. Киселев, А. М. Разработка методов проектирования и прогнозирования геометрических структур и свойств объемных текстильных преформ : монография / А. М. Киселев, В. В. Хамматова ; КНИТУ. – Казань, 2019. – 180 с.

26. Клетиков, К. С., Карева, Т. Ю., Варганова, Е. А. К вопросу применения системы MATLAB при проектировании текстильных технологий / К. С. Клетиков, Т. Ю. Карева, Е. А. Варганова. // Физика

волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2020. – № 1. – С. 299–302.

27. Степанов, С. Г. Математическая модель строения технических тканей для производства термопластичных композиционных материалов по сокращенной технологии / С. Г. Степанов, В. М. Джанпаизова, Ж. У. Мырхалыков [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 4(388). – С. 79–83.

28. Мирошниченко, Д. А. Разработка методов автоматизированного проектирования переплетений однослойных тканей с визуальными объемными эффектами : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : специальность 05.19.02 – «Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья» / Мирошниченко Денис Александрович – 2020. – 20 с.

29. Киселев, М. В. Создание пакета баллистической преграды на основе арамидных и углеродных нитей с повышенными защитными свойствами / М. В. Киселев, М. А. Фарух. // Инновационные текстильные технологии. Перспективы развития : тезисы докладов IV Всероссийской научной студенческой конференции с международным участием (23 ноября 2023 г.). – Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – С. 40–41.

30. Ершов, С. В. Численная параметризация структурной 3D-геометрии армирующей компоненты композита на волокнистой капиллярно-пористой основе / С. В. Ершов, В. Б. Кузнецов, Е. Н. Никифорова [и др.]. // Пластические массы. – 2023. – № 9–10. – С. 12–14.

31. McCulloch, J. A. Automated model discovery for textile structures: The unique mechanical signature of warp knitted fabrics / J. A. McCulloch [et al.]. // Acta Biomaterialia. – 2024. – Vol. 189. – P. 461–477.

32. Фарух, М. А. Анализ подходов к моделированию структуры ткани для проектирования тканых гибких преград для средств индивидуальной бронезащиты / М. А. Фарух. // Технологии и качество. – 2025. – № 3(69). – С. 12–19.

Учебное издание

Самутина Наталья Николаевна

САПР В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Учебное пособие

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *Н. Н. Самутина*

Подписано к печати 08.07.2026. Формат 60х90 ¹/₁₆. Усл. печ. листов 8,2.
Уч.-изд. листов 10,4. Тираж 20 экз. Заказ № 196.

Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

