

ВВЕДЕНИЕ

Известно [1,2], что значительное число дефектов швейных изделий определяется отклонением размеров деталей кроя от проектных значений вследствие значительных погрешностей при определении линейных параметров волокнисто-содержащих материалов и их способностью изменять, а затем восстанавливать свои геометрические характеристики после устранения факторов, вызывающих деформационно-релаксационные процессы.

Влияние деформационно-релаксационных процессов на размерные параметры изделий при неизвестных входных и текущих характеристиках материалов практически нельзя устранить только коррекцией технологических режимов их обработки. Для практического решения этих задач необходимо иметь теоретическую базу, приборное обеспечение и методику исследований напряжённо-деформированного состояния (НДС) материалов в статических и динамических условиях.

Комплексный анализ характеристик подготовительных процессов показывает, что главные технологические зоны обработки рулонных легкодеформируемых материалов, в которых возникают наибольшие деформации, на сегодняшний день предположительно выявлены [3].

Но достоверность этих предположений не подтверждена данными, полученными в номинальном режиме эксплуатации технологического оборудования, так как отсутствуют эффективные способы, методики и экспериментальная база проведения подобных исследований. Однако с определенной достоверностью можно утверждать, что самым значительным деформациям материал подвергается при выполнении таких подготовительных операций, как размотка, расправка, разворот сдвоенного материала в полную ширину, намотка в рулон и настиление, а также при выполнении процессов влажно-тепловой обработки.

Обеспечение качества выполнения подготовительных операций, в частности, ограничение деформаций материалов важно еще и с тех позиций, что уровень их НДС влияет на величины припусков, назначаемые при проектировании размерных параметров деталей одежды, а также на трудозатраты, рациональность

раскладок лекал и расход сырья на единицу изделия [4].

Анализ типовой технологической последовательности обработки швейных изделий на ряде предприятий показывает, что значительное количество деталей кроя подвергаются основочным операциям, направленных на коррекцию и доведение размеров деталей кроя до проектных значений. В связи с этим в зависимости от ассортимента дополнительно нерационально расходуется до 1.2% материала [5].

Таким образом, важнейшими характеристиками системы подготовки материалов к производству швейных изделий (ПМкПШИ) являются:

- качество кроя и продолжительность выполнения цикла подготовительных операций;
- уровень технического обеспечения процессов системы ПМкПШИ;
- качество получаемой информации на выходе организационно-технологических объектов системы ПМкПШИ;
- производственные затраты на выполнение комплекса подготовительных операций.

В первом и втором случае это связано с прогнозируемым качеством готовых изделий, производительностью и эффективностью труда исполнителей на подготовительном участке, а в третьем и четвёртом – с определением качества и количества поступивших для переработки материалов, их рациональным использованием, а также финансовыми и материальными затратами на выполнение операций подготовительного цикла.

Множество выходных параметров системы ПМкПШИ являются входными характеристиками следующего этапа производственного цикла изготовления швейных изделий. Поэтому с позиции теории сложных систем [6,7] комплекс операций ПМкПШИ можно характеризовать, как составную часть производственного цикла, а со стороны функции, как процесс раскрытия недоопределённости о качестве и количестве материалов с целью формирования достоверной информационной базы для ее дальнейшего технологического использования и принятия управленческих решений.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОДЕЖДЫ

Освоение современных ресурсосберегающих и информационных технологий в подготовительно-раскройном производстве швейных предприятий является одним из ключевых направлений его совершенствования. Это направление развития швейной индустрии требует последовательного решения следующих основных научно-технических задач:

- аналитического исследования структуры, функций, содержания и характеристик информационно-технологических объектов ПМкПШИ;
- декомпозиции ПМкПШИ, как многопараметрической системы, и моделирование деформационно-релаксационных процессов легкодеформируемых материалов с целью научного поиска и разработки методологии совершенствования подготовительно-раскройного производства и технических систем обеспечения;
- разработки теоретической, экспериментальной и методической базы исследований процессов ПМкПШИ с целью выбора объектов, наиболее перспективных и экономически приоритетных для инвестирования финансовых средств в совершенствование их технического и информационного обеспечения.

Значительная часть этих задач практически решена. Теоретические и экспериментальные исследования процессов ПМкПШИ, а также результаты их практической апробации рассмотрены в ряде работ [8...34].

Наименее исследованными и требующими неотложного решения вопросами следует считать разработку новых модельных и физических методов оценки технологического качества процессов ПМкПШИ. Необходим дальнейший научный поиск новых ресурсосберегающих технологий и средств их технического обеспечения, как для предприятий массового производства швейных изделий, так и, что особенно сегодня важно, для малых предприятий с часто изменяемым ассортиментом и небольшим объёмом выпуска продукции.

1.1 Исследование операций системы ПМкПШИ и приоритетность задач её совершенствования

Проведенные ранее исследования [33,34] и предложенные критерии выбора объектов ПМкПШИ, приоритетных для повышения уровня их технического обеспечения, базировались на оценках коэффициента повторяемости операций технологического цикла. Однако подобные критерии оценки актуальности и принятия решений по инвестированию финансовых средств в научные исследования, а также в разработку современных информационных технологий и новых технических средств их обеспечения в быстроменяющихся рыночных условиях в общем случае могут нередко оказаться недостаточно обоснованными или потерявшими с течением времени свою актуальность.

Кроме того, организационно-технологические переходы и информационное обеспечение процессов ПМкПШИ в отличие от швейных потоков имеют свои производственно-технические особенности. Обладая свойством инвариантности, система подготовки материалов к раскрою и запуску изделий в производство отличается доминирующей информационной компонентой, которая в значительной мере формируется на стадии входного контроля. При этом требования к информационной компоненте являются определяющими для обеспечения заданных проектных параметров работы предприятия.

Выбор объекта из множества в системе ПМкПШИ с целью его приоритетного совершенствования неоднозначен из-за сложностей оценки степени влияния действующих факторов на экономические последствия принимаемого решения по инвестированию средств в технологическое и техническое развитие. Практически всегда возникает своего рода недоопределённость вследствие несоответствия целевых задач и достигаемых результатов. Это объясняется тем, что за основу анализа могут быть взяты разные уровни ныне практикуемых технологий, систем организации производства и их технического обеспечения.

Для обоснованного определения приоритетности технологических и технических решений необходима дополнительная технико-экономическая оценка не только актуальности, но и финансовых возможностей предприятия для проведе-

ния соответствующих исследований и выполнения необходимого комплекса конкретных работ научно-технического характера.

Для реализации современной компьютерной технологии системы ПМкПШИ (рис.1.1) и создания непрерывного информационного пространства, что особенно приоритетно для крупных швейных предприятий, прежде всего, необходим высокого уровня автоматизированный контроль количества и качества длинномерных материалов с возможностью формирования на современных носителях технологической и управленческой информации.

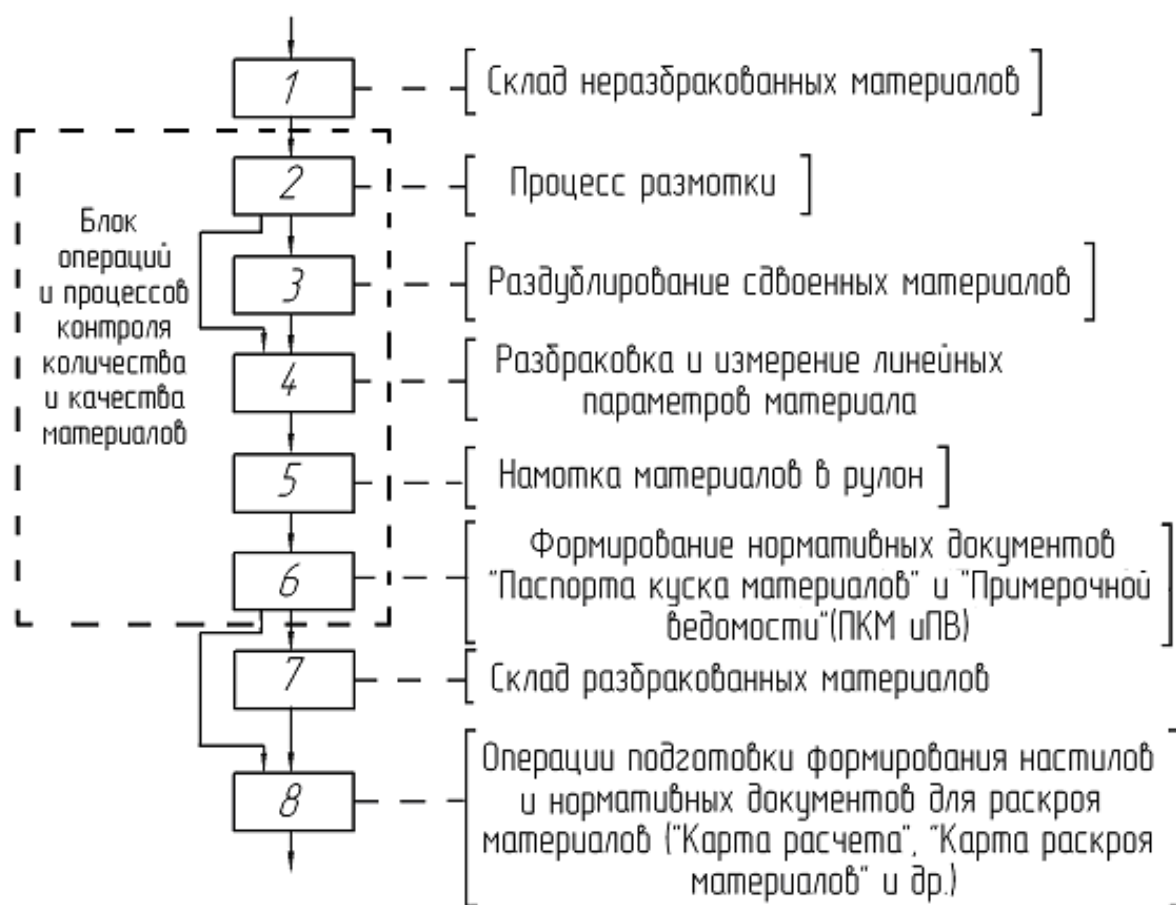


Рисунок 1.1 – Структура системы ПМкПШИ

Представление результатов входного контроля на совместимых электронных носителях с подключением их в корпоративную компьютерную сеть позволяет исключить из структуры ПМкПШИ ряд организационно-технологических переходов, минимизировать объём и улучшить качество представления информации, обеспечить непрерывность её трансформации и обмена с центральным процессором, а также повысить оперативность управления и снизить риск принятия

ошибочных решений.

В то же время вопросы конкурентоспособности продукции, ее цены и качества сегодня являются острейшими для подавляющего числа отечественных, как крупных, так и малых швейных предприятий. Доминантой, связанной с решением этих задач, является совершенствование технологии, организации, точности информационного обеспечения и оперативного управления системой ПМкПШИ, что может быть реализовано на базе разработки и создания принципиально новых высокоточных автоматизированных систем контроля и измерения технологических параметров.

Эффективное управление производством конкурентоспособных швейных изделий принципиально возможно в том случае, когда известен весь перечень производственно-технологических факторов, значимо влияющих на качество продукции с учётом степени корпоративности взглядов на эту проблему специалистов и лиц, принимающих управленческие решения. При этом не менее важно знать и те факторы, влияние которых на качество изделий на той или иной стадии технологического цикла может быть скорректировано при использовании дополнительных ресурсных возможностей или специальной настройкой режимов и параметров работы технологического оборудования.

Однако для согласованного принятия управленческих решений, прежде всего, необходимо знать, как оценивают влияние производственных этапов на качество швейной изделий главные специалисты различных служб предприятий, занимающиеся непосредственно организацией производства и реализацией готовой продукции.

Для выявления уровня значимости производственных этапов на качество швейных изделий и определения степени согласованности мнений специалистов в данном случае оказался наиболее приемлемым, и в работе был использован, метод априорного ранжирования факторов [35].

Для оценки качества готовых швейных изделий были введены показатели внешнего вида $(Y_1 \{y_{1i}\}), i = \overline{1, n_1}$, посадка на фигуре $(Y_2 \{y_{2j}\}), j = \overline{1, n_2}$ и размерная

точность ($Y_3 = \{y_{3k}\}$), $k = \overline{1, n_3}$. Эти комплексные оценки качества с подмножествами показателей $\{y_{1i}\}$, $\{y_{2j}\}$ и $\{y_{3k}\}$ являются основными выходными параметрами швейного производства, которое также можно условно представить в виде некоторой многопараметрической системы (МС) с введённым перечнем факторов (рис.1.2).

В качестве входных факторов МС были приняты подготовительные этапы производства, в частности, выбор: материалов с подмножеством характеристик ($X_1 = \{x_{1l}\}$), $l = \overline{1, m_1}$, моделей изделий с подмножеством оценочных критериев каче-

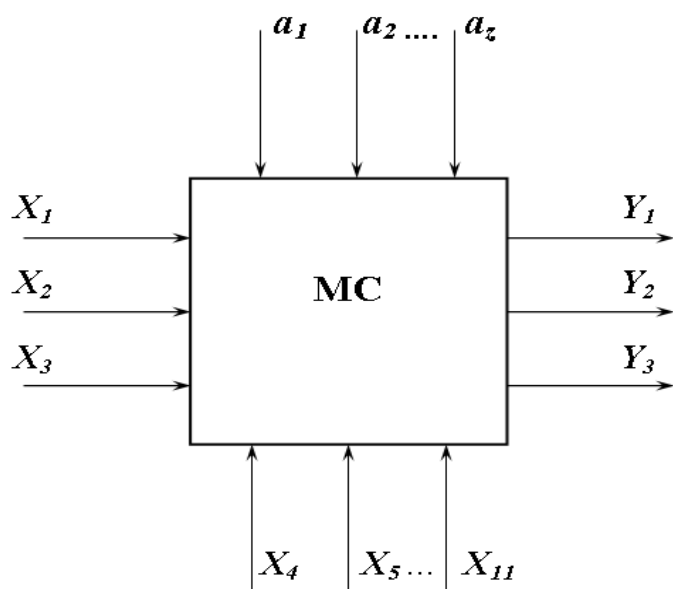


Рисунок 1.2 – Многопараметрическая система ПМКПШИ

и получения края ($X_5 = \{x_{5b}\}$), $b = \overline{1, m_5}$, перечень швейных ($X_6 = \{x_{6c}\}$), $c = \overline{1, m_6}$ и отделочных операций ($X_7 = \{x_{7d}\}$), $d = \overline{1, m_7}$, характеристики технического ($X_8 = \{x_{8e}\}$), $e = \overline{1, m_8}$, информационного ($X_9 = \{x_{9u}\}$), $u = \overline{1, m_9}$ и организационного обеспечения операций ($X_{10} = \{x_{10v}\}$), $v = \overline{1, m_{10}}$, а также факторы системы управления качеством всего технологического цикла ($X_{11} = \{x_{11\lambda}\}$), $\lambda = \overline{1, m_{11}}$.

Подмножество параметров $A = (a_1, a_2, \dots, a_z)$ (см. рис.1.2) представляет собой случайные факторы влияния на качество изделий, определяемые степенью

ства ($X_2 = \{x_{2\alpha}\}$), $\alpha = \overline{1, m_2}$ и характеристики проектно-конструкторской документации ($X_3 = \{x_{3\beta}\}$), $\beta = \overline{1, m_3}$.

К управляющим факторам (X_4, X_5, \dots, X_{11}) были отнесены технико-технологические параметры цикла изготовления швейных изделий, в частности, параметры операций и процессов подготовки материалов к раскрою ($X_4 = \{x_{4a}\}$), $a = \overline{1, m_4}$

нестабильности работы технологического оборудования, внешней средой, элементами субъективности в оценках и управленческих действиях и т.д.

Для проведения основных экспериментальных исследований по оценке влияния производственно-технологических факторов на качество швейных изделий были выбраны два ведущих швейных предприятия г.Новосибирска ОАО «Северянка» и «Синар», производящие верхнюю одежду женского и мужского ассортимента (пальто, куртки, костюмы, платья и т.д.).

Практический опыт решения подобных исследовательских задач показывает, что одними из наиболее ответственных этапов априорного ранжирования является корректность постановки задачи, разработка формы и содержания опросных анкет, а также выбор специалистов – экспертов. При проведении исследований в эксперимент были вовлечены главные специалисты технологических производств, исполнители, выполняющие реализацию швейных изделий через торговую сеть, а также представители профильных учебных заведений. В процедуре анкетирования участвовало 40 специалистов - экспертов.

Расчёты, проведенные согласно рекомендуемой методике [35], показали достаточную корпоративность взглядов экспертов на степень значимости факторов, оцениваемую коэффициентом конкордации (W).

Расчёт коэффициента W участников анкетного опроса специалистов ОАО «Синар» (производитель мужского ассортимента) и ОАО «Северянка» (производитель женского ассортимента) достигает $W=0.55$, что при статистической оценке по критерию Пирсона ($\chi^2_{расч.} = 83$) > ($\chi^2_{табл.} = 18$) [36] с доверительной вероятностью $P=0.95$ говорит о достаточной согласованности мнений в корпоративной оценке влияния входных факторов на качество готовых изделий.

Диаграмма априорного ранжирования (рис.1.3) показывает, что весомость выбранных факторов убывает неравномерно. Поэтому при организации производственного цикла следует учитывать все указанные факторы влияния на качество готовых изделий. Однако среди рассматриваемого перечня представляется возможным выделить наиболее значимые факторы, средней значимости и наименее значимые.

Согласно диаграмме для обеспечения качества готовых изделий наиболее значимыми являются качество сырья, выбор модели изделия и соответствие проектно-конструкторской документации сформулированным требованиям. Эти факторы являются входными, но их управляющее действие возможно лицами, принимающими решения, только на стадии начального этапа общей подготовки производства. То есть, если рассматривать швейное производство в виде МС, то факторы, обозначенные как (X_1, X_2, X_3) , находятся вне рамок технологического цикла и на стадии непосредственного изготовления швейных изделий их следует исключить из разряда управляющих технологическим процессом.

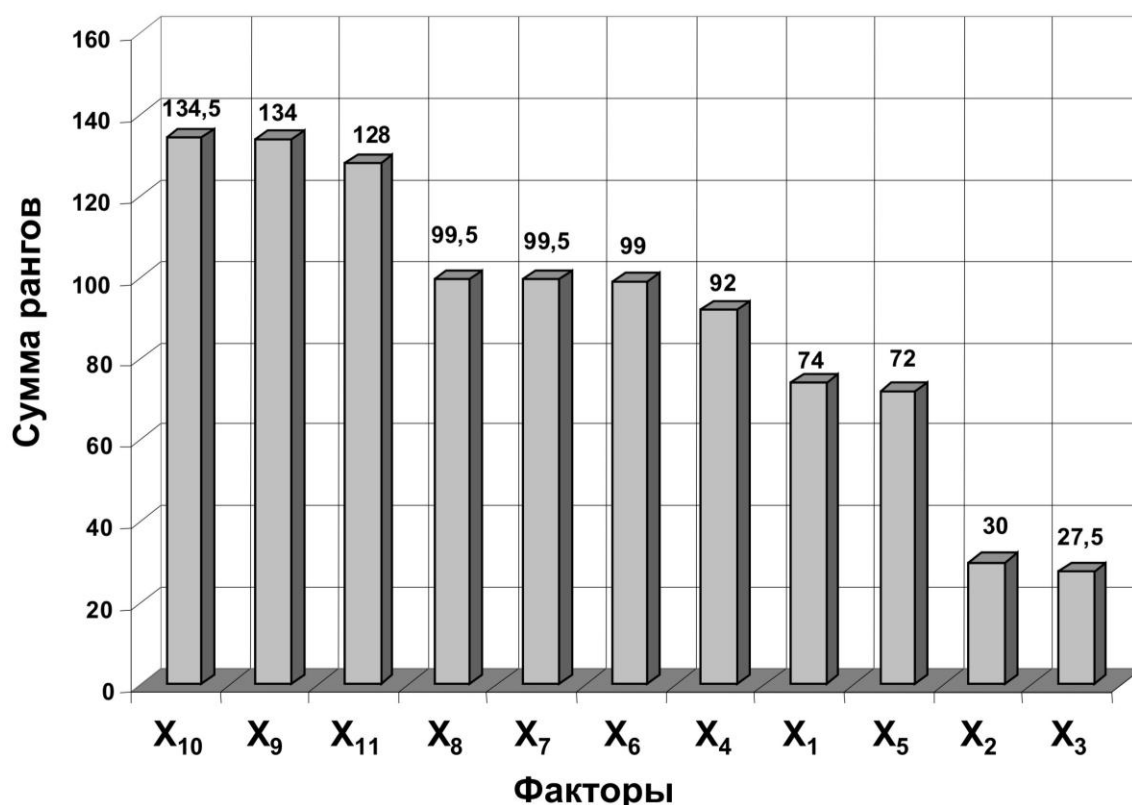


Рисунок 1.3 - Диаграмма априорного ранжирования влияния производственных факторов на качество одежды

На второе место по уровню значимости эксперты поставили подгруппу технологических факторов, в частности, подмножество операций подготовительно-раскройного производства и уровень их технического обеспечения. И в этом есть своя логика, так как после выбора модели, комплектующих материалов и приобретения (или разработки) проектно-конструкторской документации, качественный внешний вид изделий, необходимая посадка на манекене и точность размер-

ных характеристик формируется в технологическом цикле, базовой основой которого являются операции и процессы подготовительно-раскройного производства.

Таким образом, согласно результатам психологического эксперимента было установлено, что внешний вид, посадка на манекене и размерная точность верхней одежды в значительной мере зависят от целого перечня факторов, отнесённых к технологическому, техническому и информационному обеспечению операций и процессов подготовительно-раскройного производства (ПРП).

Однако начинающим производителям одежды, впрочем, как и многоопытным практикам, важно знать, какие информационно-технологические и технические характеристики подготовительных операций и раскройных процессов наиболее весомо влияют на обозначенные качественные характеристики, и, в частности, на размерную точность, что в первоочередном порядке необходимо учитывать при организации подготовительно-раскройного производства. При этом необходимо также учитывать и то обстоятельство, что размерные характеристики деталей кроя коррелируют с обеспеченностью требуемых параметров внешнего вида и посадкой изделий на манекене.

Учитывая отсутствие объективных инструментальных методов оценки влияния свойств материалов, а также уровня информационно-технологического и технического обеспечения ПРП на размерную точность готовых изделий в работе методом априорного ранжирования факторов были проведены дополнительные исследования.

На предварительной стадии исследования специалистами упомянутых выше швейных предприятий и профильных учреждений было выделено 14 факторов ПРП, которые предположительно в разной степени могут влиять на размерную точность готового изделия. В работе перечень принятых во внимание факторов был условно представлен двумя группами – подсистемами технологических и информационно-технических факторов.

К технологическим факторам отнесены: усадочные свойства материалов (X_1^1), качество конфекционирования (X_2^1), степень деформации материалов при выполнении ряда подготовительных операций, в частности, при промере и раз-

браковке (X_3^1), формировании настилов для раскроя (X_4^1), непосредственном выполнении раскройных операций и получении деталей кроя (X_5^1), а также количество мерных полотен в настиле (X_6^1) и время их отлёжки (X_7^1).

Факторы погрешностей лекал (при неавтоматизированном раскрое) (X_8^1), точность измерения линейных параметров материалов (X_9^1) и выполнения раскройных операций (X_{10}^1); уровень технического (X_{11}^1) и информационного обеспечения ПРП (X_{12}^1) подготовительно-раскройных операций; системы межоперационного контроля и управления качеством подготовительно-раскройных операций (X_{13}^1), а также уровень организации ПРП (X_{14}^1) объединены в группу информационно-технических факторов влияния на размерную точность готовых изделий.

Для определения весомости влияния перечисленных факторов на размерную точность готовых изделий в этой части исследований также использован метод анкетирования. В состав опрашиваемых респондентов был включен рассмотренный ранее состав специалистов швейных производств и профильных учреждений. Результаты компьютерной обработки экспериментальных данных в виде диаграмм представлены на рисунке 1.4.

Анализ диаграмм априорного ранжирования показывает, что доминирующую роль в обеспечении размерного соответствия изделий проектным параметрам играют усадочные свойства материала, качество конфекционирования, точность размерных характеристик лекал (для неавтоматизированного раскроя).

В следующую группу факторов, наибольшим образом влияющую на размерную точность готовых швейных изделий и оцениваемую экспертами практически равнозначно, входят качество выполнения раскройных операций, деформация материалов при формировании настила полотен, уровень технического обеспечения подготовительных этапов производства.

Фактор времени отлёжки сформированных полотен в настиле, который, как следует из научно-технических источников [23], априори должен был оказаться

одним из наиболее весомых в обеспечении размерной точности деталей кроя и готовых изделий. Однако по корпоративному мнению специалистов разных швейных предприятий и профильных учреждений, занимающихся проектированием, изготовлением верхней одежды и продвижением её в торговую сеть, фактор количества полотен в настиле оказался в числе наименее значимых.

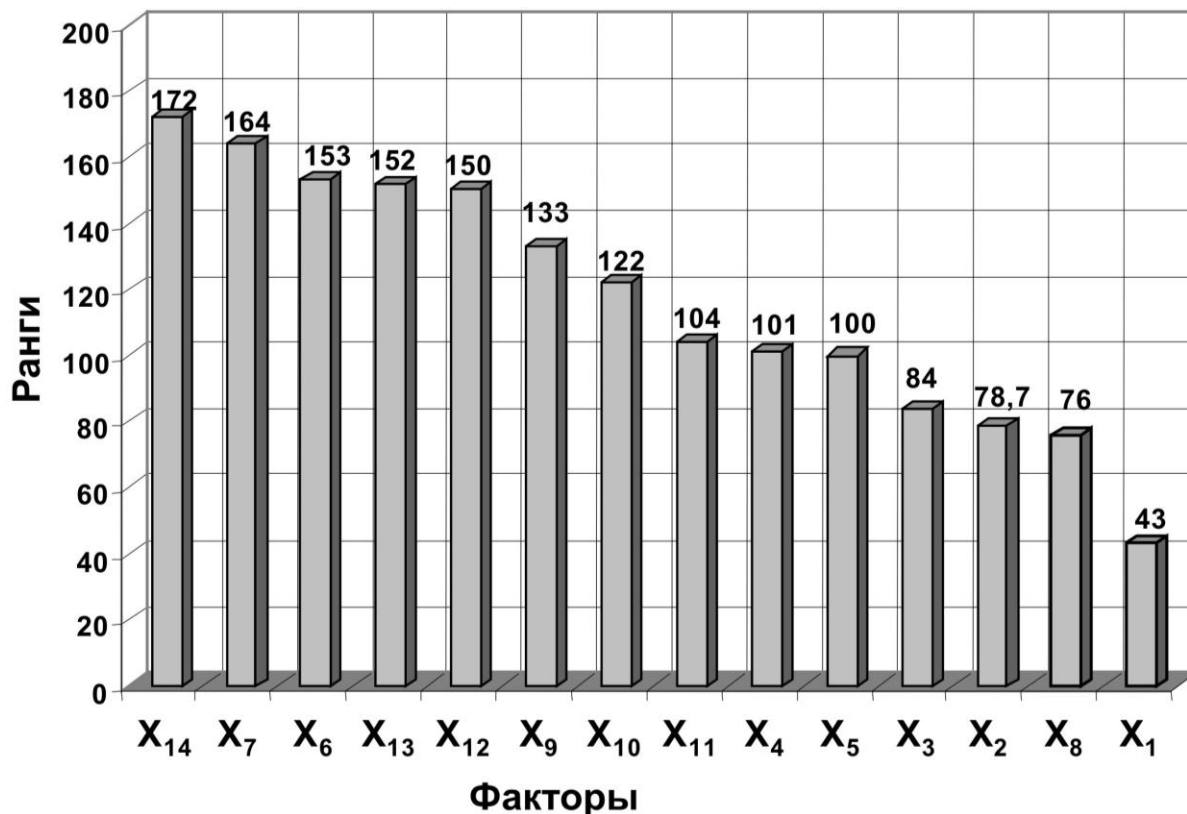


Рисунок 1.4 - Диаграмма априорного ранжирования влияния информационно-технологических факторов на качество одежды

И этому можно дать своё объяснение, суть которого состоит в следующем. Сформированные и уложенные в настилы полотна практически неподвижны относительно друг друга вследствие значительных сил трения между ними, пропорционально возрастающими от верхнего полотна к поверхности настольного стола, не имеют возможности эффективной релаксации напряжённо-деформированного состояния при отлёжке. Вследствие действующих сил трения между полотнами в настиле отлёжка, как фактор релаксации деформации, по мнению специалистов малоэффективен. Полученные деформации при формировании настила в ограниченный по технологии промежуток времени практически не релаксируют, что позволяет утверждать, что время отлёжки полотен в настиле

не является значимым фактором влияния на размерную точность деталей кроя.

Учитывая, что характер диаграммы априорного ранжирования носит также как и результаты предыдущего эксперимента, неравномерный характер, то согласно методике отсеивания незначимых факторов в данном случае необходимо учитывать весь их перечень при организации производства одежды и совершенствовании техники и технологии подготовительно-раскройных операций.

Экспериментально доказана весомость факторов ПРП при оценке их влияния на размерную точность готовых изделий и определена статистическая значимость степени согласованности мнений (коэффициент конкордации) специалистов швейных предприятий, отличающихся между собой, как по техническому уровню оснащения, так и объёму производства.

Коэффициенты конкордации при их расчёте для каждого отдельного предприятия находились в диапазоне от 0.5 до 0.7, а коэффициент ранговой корреляции достигает значения 0.88, что позволяет сделать вывод о достаточной корпоративности взглядов и мнений специалистов швейных предприятий на вопросы совершенствования системы ПМкПШИ и повышения размерной точности готовых изделий.

Делая аналитическое обобщение структурным характеристикам, особенностям процессов ПМкПШИ и результатам исследований, полученных методом априорного ранжирования влияния факторов на размерную точность готовых изделий, следует отметить, что весь их перечень может быть соотнесён к одному показателю качества подготовительно-раскройных процессов – показателю обеспечения требуемых параметров напряжённо-деформированного состояния материалов в процессе их обработки. Это обстоятельство требует выполнения широкой программы разноплановых теоретических и экспериментальных исследований. Поведение легкодеформируемых материалов при их механической обработке требуют специальных исследований ещё и потому, что процессы этого производственного этапа значительно влияют на характеристики рациональности расхода материалов.

Таким образом, при организации швейного производства, нацеленного на

высокое товарное качество и ресурсосбережение, следует брать во внимание, прежде всего, на то обстоятельство, что размерная точность, как один из критериев качества изделий, закладывается на стадии выполнения процессов и операций системы ПМкПШИ, представляющей базовую основу построения всего технологического цикла.

1.2 Моделирование деформационно-релаксационных процессов легкодеформируемых материалов

Прогнозирование поведения материалов при различных уровнях контактного взаимодействия с рабочими органами технологического оборудования особенно необходимо, когда лабораторные и производственные методы испытаний затруднены. В этих случаях предпочтительным, а иногда единственно возможным является использование модельных методов исследования и решения практических задач.

Механические характеристики швейных легкодеформируемых материалов, как впрочем, и других твёрдых тел оцениваются обычно прочностными и деформационно-релаксационными свойствами. Что касается оценки их прочностных характеристик и создания инструментальных методов, то эти задачи достаточно полно разработаны и в необходимой для практики мере изучены. Однако разработка способов изучения деформационно-релаксационных свойств легкодеформируемых материалов моделирования, а также создание экспериментальных методов их исследования требуют дальнейшего научного поиска.

Это обстоятельство становится особенно важным в связи с тем, что в условиях производства, переработки и эксплуатации изделия из легкодеформируемых материалов подвергаются разнонаправленным деформациям, а сами материалы подвергаются нагрузкам, значительно меньшим, чем разрывные, но действуют длительное время и в разных влажностно-температурных условиях.

При действии этих факторов особенно отчётливо проявляется деформационно-релаксационный характер поведения легкодеформируемых материалов. К большому сожалению, это обстоятельство далеко не всегда учитывают при проектировании процессов и технических средств обеспечения системы ПМкПШИ, что

влияет на качество изделий и рациональность расхода материала на единицу изделия. Причиной тому является недостаточные исследования основных закономерностей протекания деформационно-релаксационных процессов, особенно для новых видов материалов, предлагаемых предприятиями, производящими текстиль и трикотаж.

Для исследования процесса и определения качественной картины релаксации напряжения при постоянной деформации материала достаточно успешно могут быть использованы методы моделирования на базе построения механических аналогов, дающих представление о деформационно-релаксационных свойствах легкодеформируемых материалов [37..42].

Придание изделию проектной формоустойчивой конфигурации, устранение складкообразований на поверхности детали, увеличение её площади и т.д. возможно, когда при фиксированных значениях составляющих деформации создаваемое напряжение практически полностью релаксирует [41].

Для технического обеспечения заданной деформации изделий в свободном ненапряжённом состоянии необходимо знать режимы и время действия рабочих органов, что зависит от вида материала, условий формования и действия внешних факторов (температуры, влаги и т.д.).

Вследствие нелинейности поведения текстильных материалов для их исследования в условиях постоянной деформации в работе [39] рассматривается возможность использования механического аналога в виде модели Кельвина-Фойгта-Лидермана, где в качестве упругого элемента предложен элемент негуковской пружины (рис. 1.5). Деформация негуковской пружины (ε_{np}) в этом случае моделируется, как

$$\varepsilon_{np} = \frac{\sigma}{E_1} (1 + \alpha \sigma).$$

Однако вследствие той же нелинейности модельное исследование поведения материалов вызывает значительные и неоправданные для поиска решения сложности. Исходя из практического опыта и уровня общих допускаемых по-

грешностей при проектировании НДС легкодеформируемых материалов, можно с

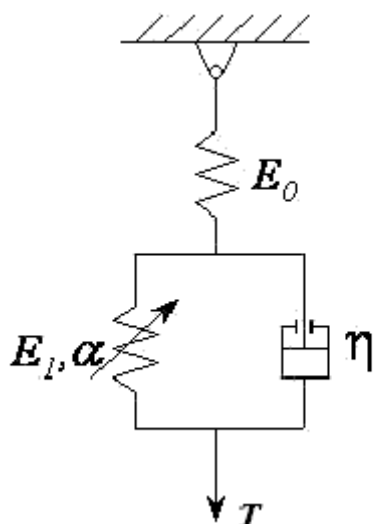


Рисунок 1.5 – Трёхпараметрическая модель Кельвина-Фойгта-Лидермана

определённым допущением принять, что $\alpha = 0$, $\varepsilon_{np} = \frac{\sigma}{E_1}$ и перейти к рассмотрению

обобщённого упруговязкого тела в виде трёхпараметрической механической модели, описывающей процесс релаксации напряжения при постоянной деформации без учёта нелинейности, а также действия температуры, влаги и т.д. Обозначим модули упругости гуковских элементов H_0 и H_1 через E_0 и E_1 , а коэффициент вязкости гидравлического демпфера (элемент Ньютона) - через

$$\eta, \left[\frac{нс}{м^2} \right] \text{ (см. рис. 1.5).}$$

Тогда напряжения в этих элементах будут соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0^H &= E_0 \cdot \varepsilon_0^H; \\ \sigma_1^H &= E_1 \cdot \varepsilon_1^H; \\ \sigma^N &= \eta \cdot \dot{\varepsilon}^\chi. \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

Реологические уравнения системы (1.1) будут иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \sigma_0^H = \sigma_1^H + \sigma^\chi; \\ \varepsilon &= \varepsilon_0^H + \varepsilon_1^H; \\ \varepsilon_1^H &= \varepsilon^\chi. \end{aligned} \right\}, \quad (1.2)$$

где верхние индексы H и χ относятся соответственно к условному элементу Гука и вязкому элементу - демпферу.

Подставив в (1.2) систему уравнений (1.1) и опуская для простоты записи верхние индексы H , получим следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= E_0 \cdot \varepsilon_0 = E_1 \cdot \varepsilon_1 + \eta \dot{\varepsilon}^\chi; \\ \dot{\varepsilon}^\chi &= \dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0; \\ E_0 \cdot \varepsilon_0 &= E_1 \cdot \varepsilon_1 + \eta(\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0); \\ E_0 \cdot \varepsilon_0 &= E_1(\varepsilon - \varepsilon_0) + \eta(\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0); \\ (E_0 + E_1) \cdot \varepsilon_0 + \eta \cdot \dot{\varepsilon}_0 &= E_1 \cdot \varepsilon + \eta \cdot \dot{\varepsilon}. \end{aligned} \right\}. \quad (1.3)$$

Так как $\varepsilon_0 = \frac{\sigma}{E_0}$; $\dot{\varepsilon}_0 = \frac{\dot{\sigma}}{E_0}$, то из последнего уравнения системы (1.3) по-

лучим:

$$\frac{E_0 + E_1}{E_0} \sigma + \frac{\eta}{E_0} \dot{\sigma} = E_1 \varepsilon + \eta \dot{\varepsilon} \quad (1.4)$$

Разделив члены уравнения (1.4) на $\frac{E_0 + E_1}{E_0}$ и введя обозначения

$$E_\infty = \frac{E_0 E_1}{E_0 + E_1}, \quad T_R = \frac{\eta}{E_0 + E_1}, \quad (1.5)$$

получим

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = E_\infty \varepsilon + E_0 T_R \dot{\varepsilon}. \quad (1.6)$$

При постоянстве деформации $\varepsilon = const$ ($\varepsilon = \varepsilon_0$) из уравнения (1.6) имеем:

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = E_\infty \varepsilon_0. \quad (1.7)$$

Перейдём методом Бернулли [43] от дифференциального уравнения (1.7) к соответствующему интегральному уравнению

$$\sigma(t) = u(t)v(t);$$

Тогда

$$\dot{\sigma} = \dot{u}v + \dot{v}u.$$

Проведя дальнейшие преобразования и принимая во внимание требования $T_R \dot{u} + u = 0$, общее решение этого уравнения будет иметь вид:

$$u = e^{-\frac{t}{T_R}};$$

$$\begin{aligned}
T_R \dot{v} e^{-\frac{t}{T_R}} &= E_\infty \varepsilon(t) + E_0 T_R \dot{\varepsilon}(t); \\
\dot{v} &= \frac{E_\infty}{T_R} \varepsilon(t) e^{\frac{t}{T_R}} + E_0 \dot{\varepsilon}(t) e^{\frac{t}{T_R}}; \\
v &= \frac{E_\infty}{T_R} \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{\frac{\tau}{T_R}} d\tau + E_0 \int_0^t \dot{\varepsilon}(\tau) e^{\frac{\tau}{T_R}} d\tau + C; \\
\sigma(t) &= \frac{E_\infty}{T_R} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau + E_0 \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \dot{\varepsilon}(\tau) d\tau + C e^{-\frac{t}{T_R}};
\end{aligned}$$

Если поставлена задача Коши, то

$$\sigma(0) = \sigma_0 \Rightarrow \sigma(0) = C = \sigma_0.$$

Итак

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}} + \frac{E_\infty}{T_R} \int_0^t \varepsilon(\tau) e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} d\tau + E_0 \int_0^t \dot{\varepsilon}(\tau) e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} d\tau. \quad (1.8)$$

Интегрируя последний интеграл равенства (1.8) по частям, получим:

$$\begin{aligned}
\sigma(t) &= \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}} + \frac{E_\infty}{T_R} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau + \left(E_0 e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) \right) \Big|_0^t - \frac{E_0}{T_R} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau = \\
&= \varepsilon_0 E_0 e^{-\frac{t}{T_R}} + \frac{E_\infty}{T_R} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau + E_0 \varepsilon(t) - E_0 \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{T_R}} - \frac{E_0}{T_R} \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau = \\
&= E_0 \left(\varepsilon(t) - \int_0^t \frac{E_0 - E_\infty}{T_R E_0} e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \varepsilon(\tau) d\tau \right).
\end{aligned}$$

Окончательно имеем:

$$\sigma(t) = E_0 \left(\varepsilon(t) - \int_0^t K(t-\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \right). \quad (1.9)$$

Таким образом, получили интегральное уравнение Вольтерры 2-го рода [42]

с ядром релаксации:

$$K(t - \tau) = \frac{E_0 - E_\infty}{T_R E_0} e^{-\frac{t-\tau}{T_R}}.$$

При $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$ интегральное уравнение (1.8) имеет вид:

$$\sigma(t) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \int_0^t K(t - \tau) d\tau \right).$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sigma(t) &= E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \int_0^t \frac{E_0 - E_\infty}{T_R E_0} e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} d\tau \right) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \frac{E_0 - E_\infty}{T_R E_0} e^{-\frac{t}{T_R}} \int_0^t e^{\frac{\tau}{T_R}} d\tau \right) = \\ &= E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \frac{E_0 - E_\infty}{T_R E_0} e^{-\frac{t}{T_R}} \cdot T_R e^{\frac{\tau}{T_R}} \Big|_0^t \right) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - 1 + \frac{E_\infty}{E_0} + \frac{E_0 - E_\infty}{E_0} e^{-\frac{t}{T_R}} \right) = (1.10) \\ &= E_\infty \varepsilon_0 + (E_0 - E_\infty) \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{T_R}} = \sigma_\infty + (\sigma_0 - \sigma_\infty) e^{-\frac{t}{T_R}}. \end{aligned}$$

Исходя из того, что

$$\begin{aligned} \sigma(\infty) &= \sigma_\infty = E_\infty \cdot \varepsilon_0; \\ \sigma(0) &= \sigma_\infty + \sigma_0, \end{aligned}$$

окончательно получим

$$\sigma(t) = \sigma_\infty + \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}}, \quad (1.11)$$

где $\sigma(t)$ - напряжение материала в момент времени t ; σ_∞ , σ_0 , T_R - константы, характеризующие реологические свойства материала.

Полученное уравнение релаксации напряжения при постоянной деформации, рассматриваемое в области вязкоупругих значений, соответствует уравнению Кольрауша-Слонимского [40].

Однако анализ уравнения (1.11) также показывает, что при $t \rightarrow \infty$ в материале могут сохраняться остаточные напряжения (σ_∞), что может характеризоваться появлением некоторого значения пластической составляющей деформации, присутствующей наряду с вязкоупругим деформированием и как бы «вплетён-

ной» в неё.

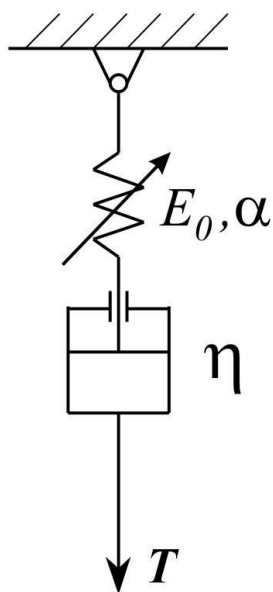
Обеспечение нулевого значения остаточного напряжения ($\sigma_\infty = 0$) возможно при дальнейшей обработке легкодеформируемого материала под воздействием внешних факторов, например, действием паровоздушной среды.

Следуя тому, что прогнозирование поведения текстильных материалов, представляющих собой ориентированные полимеры, затруднено из-за нелинейности их внутренних свойств, релаксационный процесс в общем случае следует представлять как нелинейный объект, аналогом которого может быть механическая модель Максвелла с введением в неё негуковского элемента Лидермана (рис. 1.6).

Используя негуковскую пружину в механической модели Максвелла, получим уравнение:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{1}{E} (1 + 2\alpha\sigma)\dot{\sigma} + \frac{\sigma}{\eta}, \quad (1.12)$$

решение, которого в случае релаксации напряжения имеет вид:



$$\sigma(t)e^{2\alpha(\sigma-\sigma_0)} = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}}. \quad (1.13)$$

Уравнение (1.13) относительно σ аналитически решить нельзя. Однако, если допустить, что исследования проводятся в ограниченном диапазоне деформаций, когда $\alpha \approx 0$, т.е. считать, что с некоторым приближением обеспечивается линейность поведения рассматриваемых материалов, то уравнение (1.12) можно записать в виде

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{F_0} + \frac{\sigma}{\eta}. \quad (1.14)$$

Рисунок 1.6- Двухпараметрическая модель Максвелла-Лидермана

Отсюда дифференциальное уравнение упруговязкого тела Максвелла будет иметь вид:

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = \eta \cdot \dot{\varepsilon}, \quad (1.15)$$

Используя тот же подход, что при исследовании трёхпараметрической мо-

дели, перейдём от дифференциального (1.15) к эквивалентному интегральному уравнению.

С учётом (1.15) запишем

$$T_R(\dot{u}v + \dot{v}u) + uv = \eta \dot{\varepsilon}. \quad (1.16)$$

Согласно предшествующим рассуждениям уравнение (1.15) с учётом общего решение уравнения $T_R \dot{u} + u = 0$ примет вид:

$$T_R e^{-\frac{t}{T_R}} \dot{v} = \eta \dot{\varepsilon}. \quad (1.17)$$

Решая полученное уравнение, относительно \dot{v} и проведя преобразования, получим

$$\dot{v} = \frac{\eta}{T_R} e^{\frac{t}{T_R}} \dot{\varepsilon} = E_0 e^{\frac{t}{T_R}} \dot{\varepsilon};$$

$$v(t) = E_0 \int_0^t e^{\frac{t-\tau}{T_R}} \dot{\varepsilon}(\tau) d\tau + C_1; \quad (1.18)$$

$$\sigma(t) = C e^{-\frac{t}{T_R}} + E_0 \int_0^{t_1} e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \dot{\varepsilon}(\tau) d\tau. \quad (1.19)$$

По условию Коши $\sigma(0) = \sigma_0 \Rightarrow C = \sigma_0$.

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}} + E_0 \int_0^t e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \dot{\varepsilon}(\tau) d\tau. \quad (1.20)$$

Интегрируя уравнение (1.20) по частям, и проведя необходимые аналитические преобразования, окончательно получим

$$\sigma(t) = E_0 [\varepsilon(t) - \int_0^t K(t-\tau) \varepsilon(\tau) d\tau] \quad (1.21)$$

Уравнение (1.21) есть интегральное уравнение Вольтерры 2-ого рода с несколько отличным от предыдущего варианта ядром релаксации напряжения

$$K(t-\tau) = e^{-\frac{t-\tau}{T_R}} \quad (1.22)$$

При рассмотрении релаксации напряжения легкодеформируемых материалов при постоянной деформации $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$ интегральное уравнение (1.21) примет вид:

$$\sigma(t) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \int_0^t K(t-\tau) d\tau \right) \quad (1.23)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sigma(t) &= E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \int_0^t \frac{e^{-\frac{t-\tau}{T_R}}}{T_R} d\tau \right) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \frac{e^{-\frac{t}{T_R}}}{T_R} \int_0^t e^{\frac{\tau}{T_R}} d\tau \right) = \\ &= E_0 \varepsilon_0 \left(1 - \frac{e^{-\frac{t}{T_R}}}{T_R} \cdot T_R e^{\frac{\tau}{T_R}} \Big|_0^t \right) = E_0 \varepsilon_0 \left(1 - 1 + e^{-\frac{t}{T_R}} \right) = E_0 \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{T_R}} = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}} \quad (1.24) \end{aligned}$$

Сложность теоретического расчёта кинетики релаксации напряжения при постоянной деформации ($\varepsilon = const$) для моделей (1.11 и 1.24) характеризуется сложностью определения параметров $E_\infty = f(E_0, E_1)$, $T_R = f(\eta, E_0, E_1)$, E_1 и η , что потребовало поиска и разработки экспериментальных методов исследования кинетических характеристик легкодеформируемых материалов.

Из выражений (1.24 и 1.5) следует, что для выполнения практических расчётов необходимо знать постоянную времени процесса (T_R) релаксации напряжения (σ) или усилия (T) при фиксированной деформации. В теоретическом рассмотрении решение этой задачи представляет собой значительную сложность, так как отсутствуют аналитические соотношения, связывающие кинетические характеристики релаксационных переходов с факторами внешнего воздействия.

В главе 2 (см. п.4) рассматриваются разработанные прибор, методика и приводятся результаты экспериментальных исследований кинетики релаксации уси-

лия в материале $T = f(t)_{\varepsilon=const}$.

Данные экспериментальных исследований (рис. 1.7) подтверждают непрерывность и плавность характера функции $T(t)$, что позволяет с достаточной для практики эффективностью решать технологические задачи и использовать теоретико-экспериментальный подход к построению математической модели релаксации напряжения ($\sigma = f(t)_{\varepsilon=const}$) или усилия $T = f(t)_{\varepsilon=const}$ в материале.

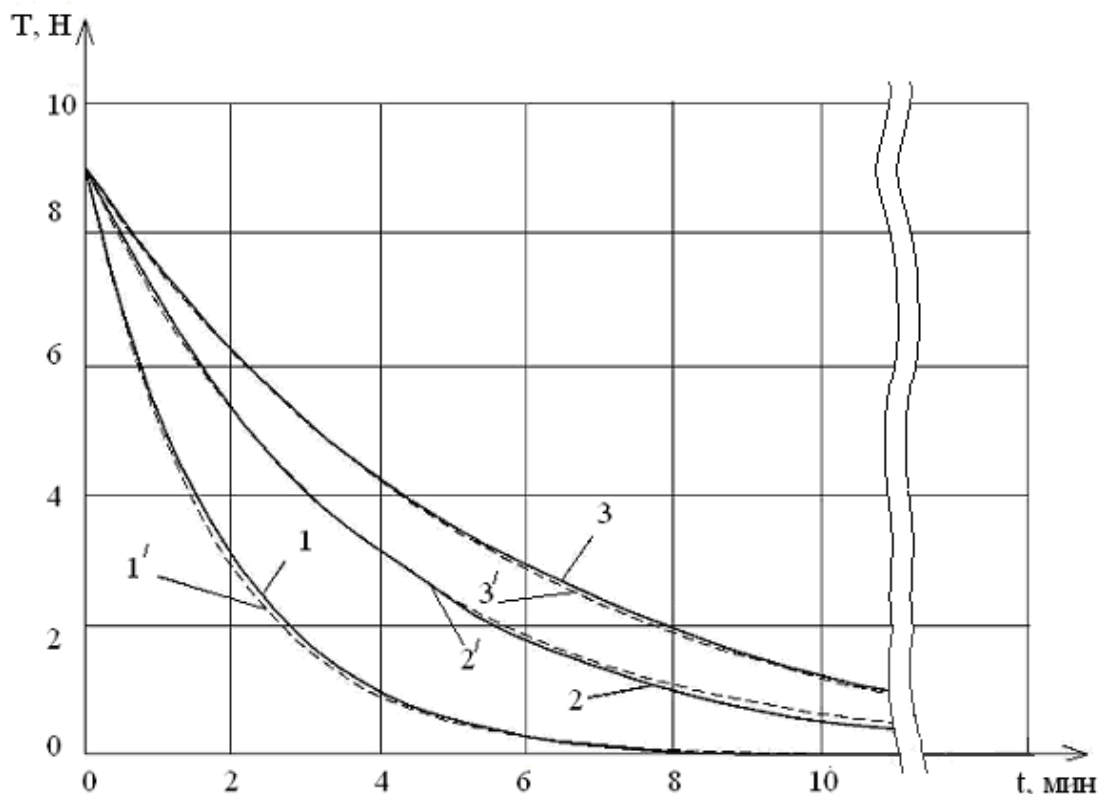


Рисунок 1.7 - Кинетика процесса релаксации усилия при $\varepsilon=const$: 1',2' и 3' экспериментальные кривые; 1, 2, и 3 – аппроксимирующие кривые.

Рассматривая решение уравнения механической модели Максвелла-Лидермана (1.24) при допущении $\alpha = 0$ и используя полученные экспериментальные данные для конкретного вида материала (например, драп «Садко», арт. 22385, в/с: шерсть 70%, ПА 20%, ПЭ 10%) с последующим расчётом, T_R (см. рис. 1.7), как функции параметров паровоздушной среды, экспериментально-теоретическая модель будет иметь вид

$$T(t) = T_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_R}} \quad (1.25)$$

где T_0 - начальное усилие

$$T_R = 4490 \cdot \Theta^{-1,5},$$

где $\Theta \in [80, 180^\circ\text{C}]$ - температура паровоздушной среды.

В технологическом отношении выбор T_R зависит для конкретного вида материала от параметров внешнего воздействия и, в частности, от параметров паровоздушной среды. Согласно рисунку 1.8 следует, что зависимость $T_R = f(\Theta^\circ\text{C})$ имеет нелинейный характер и с учётом воздействия паровоздушной среды в исследуемом диапазоне температур на упомянутый выше материал колеблется от 1,5 до 4,5с.

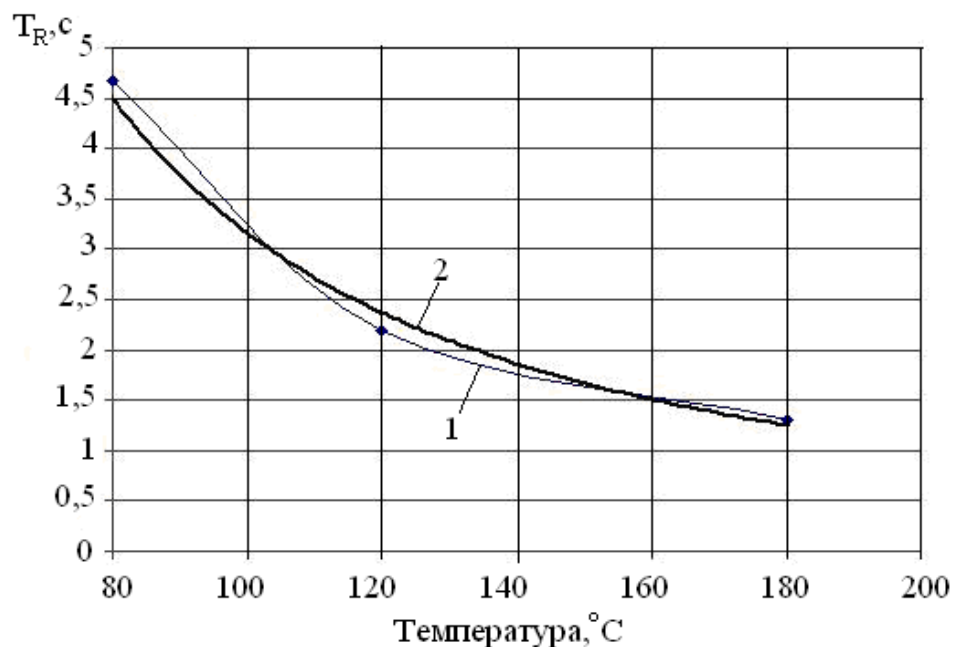


Рисунок 1.8 – Зависимость $T_R = f(\Theta^\circ\text{C})$: 1 - экспериментальная зависимость; 2 – расчётная зависимость.

Таким образом, построенная экспериментально-теоретическая модель для конкретных видов материала и технологических режимов позволяет использовать компьютерные технологии для исследования и проектирования кинетики релаксации усилия при фиксированной деформации при выполнении процессов ВТО в производстве швейных изделий.

Анализ полученных зависимостей релаксации напряжения (1.24) и экспериментально-теоретической модели релаксации усилия (1.25) при постоянной де-

формации, в рассматриваемой в области вязкоупругих значений, показывает, что при $t \rightarrow \infty$ в материале не должно быть остаточных напряжений, т.е. $\sigma_{\infty} \rightarrow 0$ (или усилий $P \rightarrow 0$). Тем самым можно утверждать, что механическая модель Максвелла-Лидермана рассматривает как бы идеальные условия деформирования и релаксации напряжения в области вязкоупругих значений, что с некоторым приближением в общем случае может быть принято в качестве расчётной модели кинетики процесса релаксации напряжения (усилия) при фиксированной деформации. Однако, как это будет показано далее (см.гл.2), экспериментальные данные по исследованию релаксации напряжения при постоянной деформации при рассмотрении в ограниченный промежуток времени в большей степени соответствуют 3-х параметрической модели, описываемая уравнением Кольрауша-Слонимского.

1.3 Исследование НДС волокнистых легкодеформируемых материалов методом конечных элементов

Моделирование деформационно-релаксационного поведения материалов является ключевым при решении также целого ряда вопросов, связанных с прогнозированием параметров технологических процессов системы ПМкПШИ и проектированием технологического оборудования для производства и переработки волокнистых материалов. Сегодня при проектировании технических средств обеспечения подготовительных операций в производстве швейных изделий обычно используются традиционные методы без учёта деформационно-релаксационных свойств перерабатываемых легкодеформируемых материалов. В действительности, легкодеформируемые материалы, вследствие контактного взаимодействия с рабочими органами технологического оборудования, подвергаются разнонаправленным деформациям, что приводит к десинхронизации скоростных режимов обработки, отклонению процессов от технологических требований, появлению дополнительных погрешностей в системе функционирования механизмов, в частности, в устройствах, в частности, в системах измерения линейных параметров. Так, например, величина деформации легкодеформируемых материалов при намотке в рулон на операциях промера и разбраковки может достигать 6% и

более [44, 45], что делает работу по созданию высокоточных систем измерения длины без учета этого фактора малоэффективной.

Конструкции многих технологических машин могли быть пересмотрены, если бы на стадии проектирования использовалась информация о деформациях элементарных участков материалов в местах их контакта с рабочими органами, зонах свободного провисания, при ориентации движения полотна относительно заданной линии и т.д.

Если практикуемые технологии и действующее оборудование не позволяют при обработке материалов устранить появляющиеся макро и микроструктурные изменения, то необходимо иметь возможности прогнозирования деформационных явлений и учёта влияния их на выходные параметры процесса.

Рассмотрим методику и результаты исследований статического деформирования волокнистых материалов методом конечных элементов (МКЭ). Такой подход позволяет в ряде случаев отказаться от дорогостоящих и длительных экспериментов и посредством моделирования процессов получить недостающие данные для проектирования исполнительных механизмов машин и параметров технологических операций.

В общем случае МКЭ позволяет решить систему матричных уравнений вида:

$$P = K \cdot \Delta; \quad (1.26)$$

где P - система сил; K и Δ – соответственно матрица жёсткости и перемещений исследуемого объекта.

Развёрнутая запись матричного уравнения (1.26) имеет вид:

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \dots P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} \dots P_{2n} \\ \dots & \dots \\ P_{m1} & P_{m2} \dots P_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \dots k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} \dots k_{2n} \\ \dots & \dots \\ k_{m1} & k_{m2} \dots k_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} \dots \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} \dots \delta_{2n} \\ \dots & \dots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} \dots \delta_{mn} \end{bmatrix} \quad (1.27)$$

Методика решение уравнения (1.27) известными программными средствами (COSMOS/ M; ANSYS; ALGOR и др.) сводится к следующему:

- модель исследуемого объекта разбивается на элементы, где третий размерный параметр принят равным «1»;
- для каждого элемента составляется матрица жёсткости k ;
- матрицы жёсткости отдельных элементов объединяются в матрицу жесткости объекта;
- решается система уравнений (1.27) и определяются перемещения узлов конечных элементов δ ;
- на базе теории упругости определяются деформации и напряжения в узловых точках исследуемого объекта.

Для решения системы уравнений (1.27) в общем случае необходимы численные значения условного модуля упругости объекта (E'), условного коэффициента Пуассона или поперечного сокращения (μ) и предела пропорциональности (σ_n), что может быть, вследствие отсутствия для текстильных материалов нормативной информации, получено только экспериментальным путём.

В частности, для получения численного значения условного коэффициента Пуассона и расчёта НДС, а для решения ряда технологических задач – определения коэффициента заужения – был разработан специальный экспериментальный прибор (рис. 1.9).

Прибор состоит из несущей платформы 1, на которой смонтированы все его функциональные звенья и элементы. В состав прибора входят зажимы 2 и 3 для фиксации срезов образца, элементы 4 (опорная платформа) и 5 для устранения возможного свободного провисания образца в исходном состоянии, винтовая передача 6 для перемещения одного из срезов образца, упругий элемент (динамометр) 7.

Для отсчёта значений продольной деформации и величины нагружения предусмотрены оцифрованные шкалы 8 и 9, а для определения поперечной деформации - индикатор 10.

При постановке эксперимента подготовленные для испытания образцы шириной 25мм и длиной 100мм (их рабочая часть) одним срезом закреплялись в не-

подвижном зажиме 2, а другим – в подвижном зажиме 3 с обеспечением условий их непровисания и возможности расправки на опорной плите 4. При этом шток измерительного индикатора 10 выставлялся по осевой линии образца с фиксацией нулевой базы отсчёта относительно этой линии.

После деформации образца под действием соответствующего ей нагружением стрелка индикатора выставлялась с совпадением с осевой линией. Винтовой передачей 11, перемещая стрелку 12, постоянно контактирующую со штоком индикатора, расправляет при этом закрученную кромку, что происходит в основном при продольной деформации трикотажного материала, отсчитывали показания поперечной деформации (заужения) при совпадении расправленной боковой линии образца с указателем стрелки.

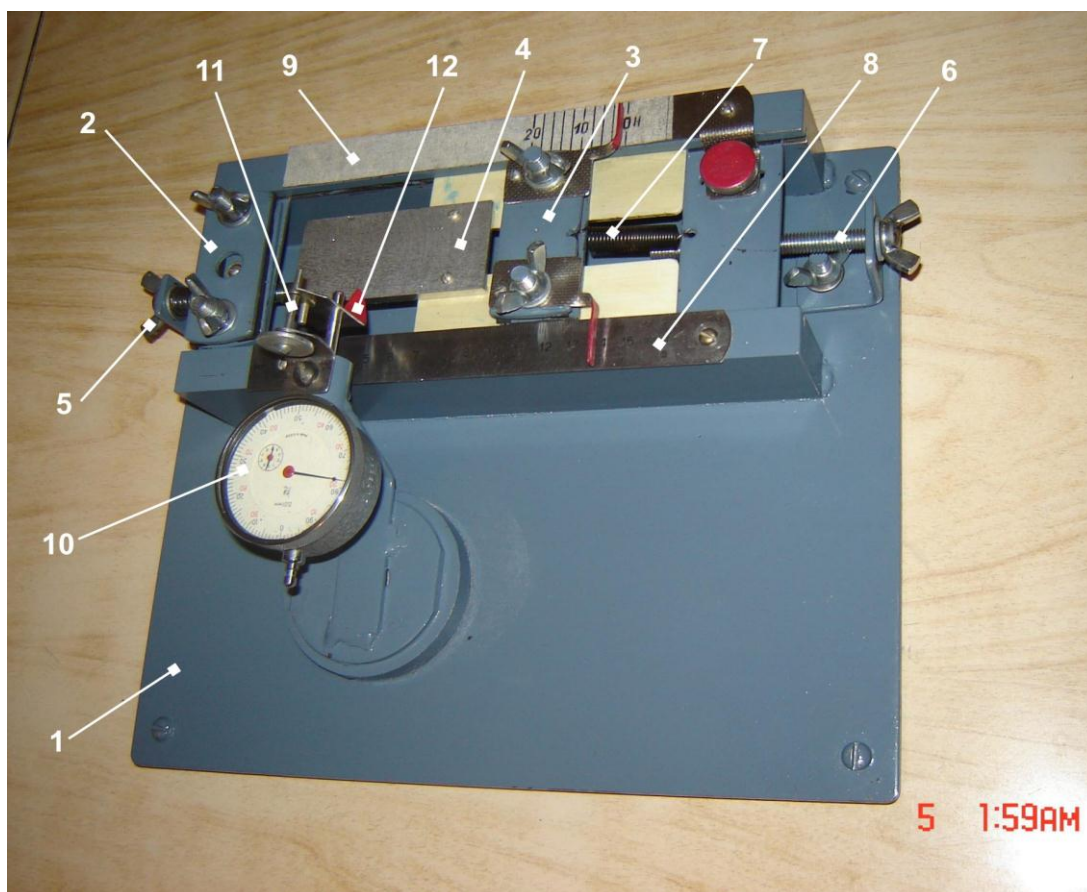


Рисунок 1.9 - Экспериментальный прибор для определения условного коэффициента Пуассона: 1 – несущая платформа; 2, 3 – зажимы; 4 – опорная площадка; 5 – регулировочный винт; 6 – винтовая передача; 7 – пружинный динамометр; 8,9 – оцифрованные шкалы; 10 – индикатор поперечного перемещения; 11 – винтовая пара индикатора; 12 – подвижная стрелка.

Последовательно меняя нагрузку и фиксируя значения продольной (Δl) и поперечной деформации (заужение) (ΔH) деформации отношения $\frac{\Delta H}{\Delta l}$ определяем коэффициент $\mu = \frac{\Delta H}{\Delta l}$. Результаты экспериментальных данных для текстильных и трикотажных материалов в диапазоне деформаций от нагрузки в 10Н представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований параметра μ для одного из видов материала трикотажного переплетения (арт. MG 530)

№ опыта п/п	T_i , Н	$\overline{\Delta l}_i$, мм	$\overline{\Delta H}_i$, мм	$\overline{\mu}_i = \Delta H / \Delta l$
1	2	12.81	6.44	0.50
2	4	21.70	10.55	0.49
3	6	25.91	12.80	0.49
4	8	30.21	16.01	0.53
5	10	33.20	17.01	0.51

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований параметра μ для одного из видов тканей пальтовой группы (арт. 13581)

№ опыта п/п	T_i , Н	$\overline{\Delta l}_i$, мм	$\overline{\Delta H}_i$, мм	$\overline{\mu}_i = \Delta H / \Delta l$
1	2	6.41	1.28	0.20
2	4	8.08	1.65	0.20
3	6	9.40	1.91	0.20
4	8	10.51	2.01	0.20
5	10	11.61	2.20	0.19

Для апробации методики и исследования возможностей использования МКЭ при прогнозировании НДС материалов воспользуемся некоторыми известными экспериментальными данными [44]. Кривые деформации материалов

(рис.1.8) в области двух зон I и II действующих сил могут быть аппроксимированы соответственно функциями вида:

$$\varepsilon_{1,2} = a_{1,2}T_1,$$

где $\varepsilon_{1,2}$ - относительная деформация материала, %; T_1 - сила натяжения, Н; $a_{1,2}$ - коэффициенты, определяющие наклон графиков деформаций для I-ой и II-ой зоны.

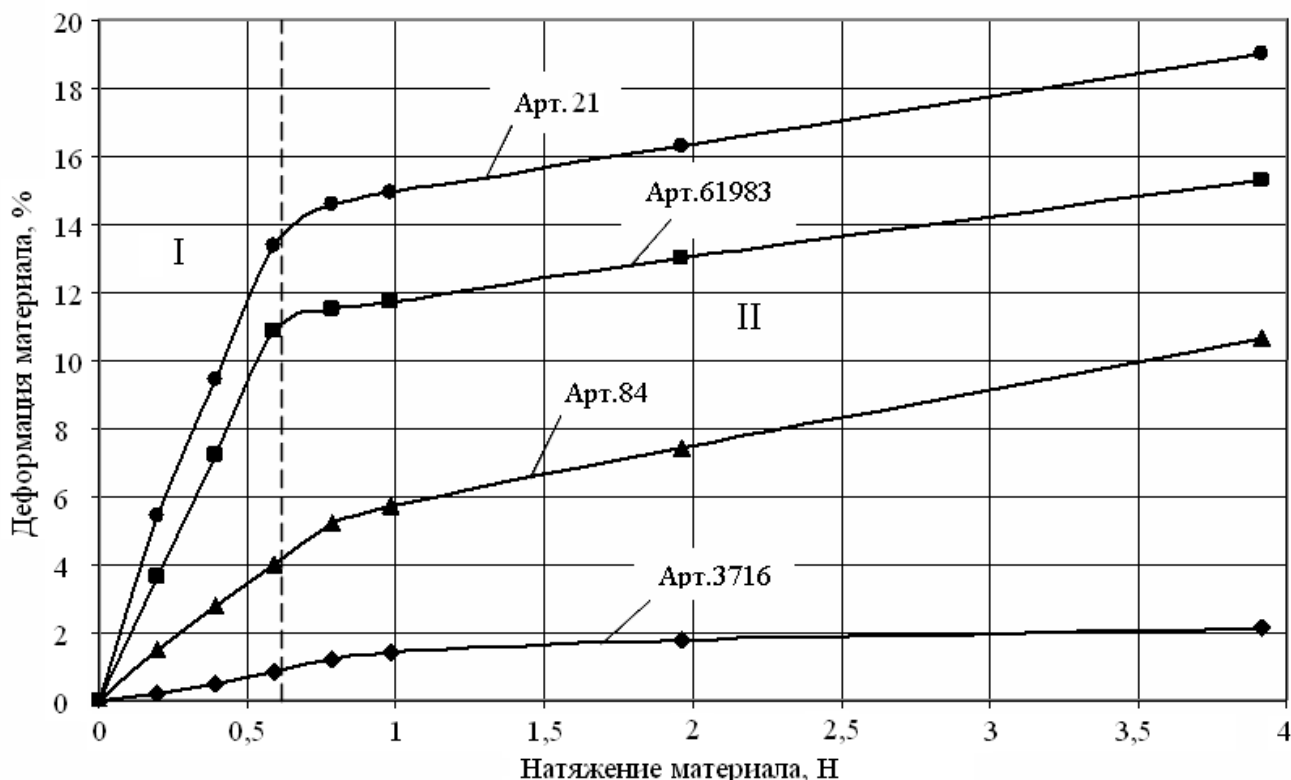


Рисунок 1.10 - Экспериментальная зависимость $\varepsilon = f(T)$

Для I-ой области деформаций разных артикулов материалов значения a_1 и площади их поперечных сечений (S) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Артикул ткани / параметры	3716	61983	84	21
a_1	1,246	18,563	7,199	24,776
$S \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2$	42	72	42	60

Допустим, что условный модуль упругости материала (E) в зонах рассмат-

риваемых деформаций определяется известным выражением

$$E' = \frac{T_1 \cdot l}{\Delta l \cdot S}, \quad (1.28)$$

где l и Δl – соответственно первоначальная длина, м; Δl – удлинение, м.

С учётом того, что

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} 100 \%,$$

выражение (1.27) приведём к виду:

$$E' = \frac{T_1 \cdot 100}{\varepsilon_i \cdot S};$$

Но так как $a_{1,2} = \frac{\varepsilon_{1,2}}{T_1}$, то $E' = \frac{100}{a_{1,2} \cdot S}$. (1.29)

Согласно данным таблицы и выражению (1.29) условные модули упругости (быстрого процесса [46]) для рассматриваемых артикулов будут соответственно равны:

$$\begin{aligned} E'_{3716} &= 1,911 \text{ МПа}; & E'_{61983} &= 0,075 \text{ МПа}; \\ E'_{84} &= 0,331 \text{ МПа}; & E'_{21} &= 0,067 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

На рис.1.10 выделены две зоны деформации, изменяющиеся в исследуемом диапазоне нагружения (T_1) по линейным законам. Границы между зонами определяются пределами условной упругости материалов.

$$\begin{aligned} \sigma_{n3716} &= 0,0233 \text{ МПа}; & \sigma_{n61983} &= 0,0082 \text{ МПа}; \\ \sigma_{n84} &= 0,0187 \text{ МПа}; & \sigma_{n21} &= 0,0098 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Что касается значений условного коэффициента Пуассона (μ) для мягких композитов, то диапазон его изменения в отличие от твёрдых тел может весьма различаться в зависимости от структуры материала, волокнистого состава, способов получения и т.д. Поэтому при расчёте НДС легкодеформируемых материалов с использованием МКЭ необходимо параметр μ определять для каждого конкретного вида материала. Определение этого параметра имеет свои сложности, и особенно для трикотажных легкорастяжимых материалов, когда упругая составляю-

шая продольной деформации может достигать 100 и более процентов в сопровождении с появлением значительного краевого эффекта (спиралевидные кромки).

В качестве примера проведём МКЭ исследования НДС материала арт. 84 (трикотажная группа материалов), движущегося по горизонтальной поверхности разбраковочного экрана 1 контрольно-мерильной машины и взаимодействующего с мерительным роликом 2 (рис.1.11).

На материал действуют следующие виды нагружения: сосредоточенная сила (T), состоящая из силы трения материала по столу от веса ролика и его трения качения в опорах, нагрузка на единицу площади материала от сил трения по столу (q_1), погонные нагрузки от натяжения при размотке (q_2) и от привода движения материала (q_3).

Согласно предварительным расчётам

$$T=0,227 \text{ Н}; q_1 = 5,75 \text{ Па}; q_2 = 3,91 \text{ Н/м}; q_3 = 6,39 \text{ Н/м}.$$

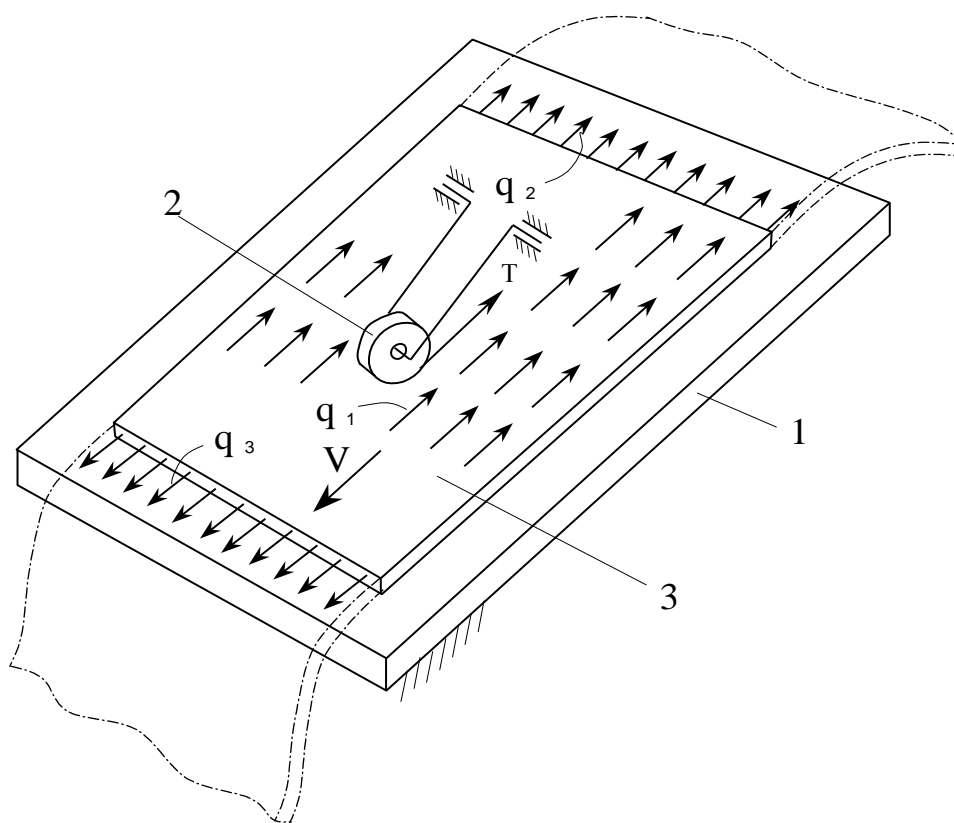
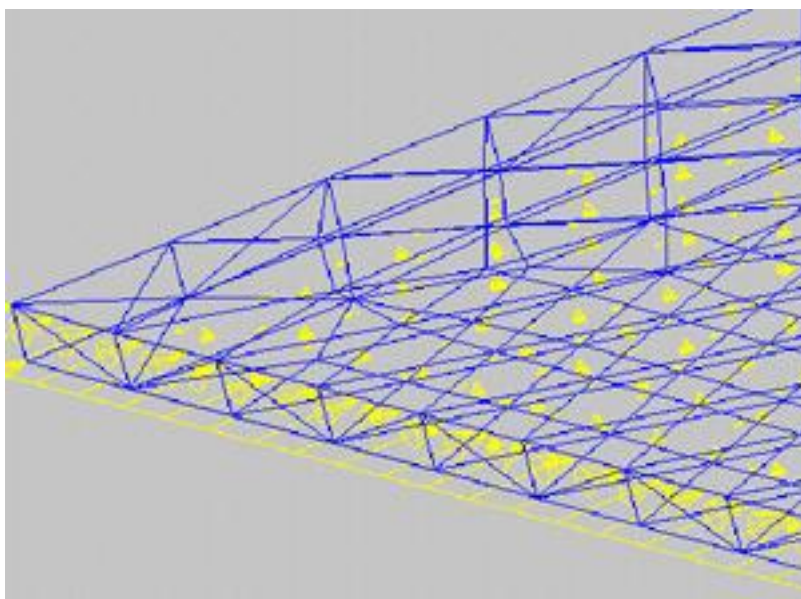


Рисунок 1.11 - Схема действия сил на движущийся материал

Принятые значения являются составляющими вектора сил (P) матричного уравнения (1.26). Расчёт НДС материала проводился по схеме трёхмерного твёрдотельного проектирования с использованием модуля FEA Calculation 3D. Со-

гласно процедуре моделирования объекта после проверки степеней свободы и состояния равновесия по рассматриваемым нагрузкам запускается опция генерации сетки конечных элементов (рис.1.12). Далее определяется количество элементов и узлов сетки, строится и решается система уравнений относительно искомых параметров.

Результаты моделирования представлены на рисунке 1.13 в виде диаграммы

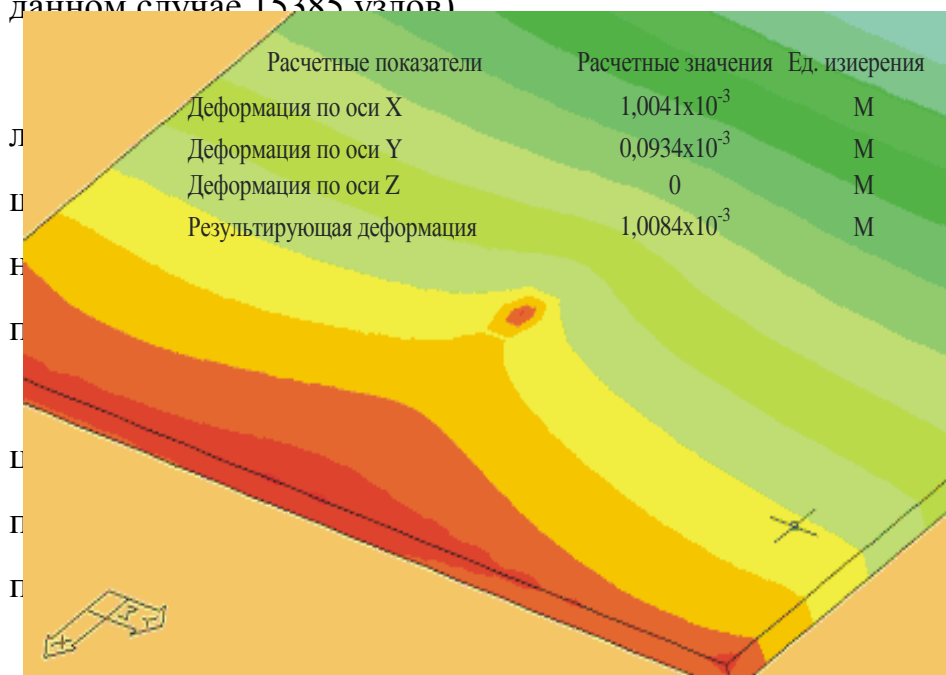


перемещений (деформаций) материала, которая отражает степень неравномерности их распределения. При этом наиболее рельефно выделена локальная зона НДС материала, создаваемая его контактом с мерительным роликом 2 (см. рис.1.11).

Рисунок 1.12 - Схема разбиения объекта на конечные элементы

Результаты моделирования НДС материалов могут

быть представлены как в виде минимаксных значений, так и в виде полного листинга значений напряжений и перемещений во всех узлах генерируемой сетки (в данном случае 15385 узлов)



конечного элемента. По-
 я одной из составляю-
 что может быть учтено
 и оценки точности вос-
 НДС материала в грани-
 ено перемещение узлов
 мации и вносимой доли
 вания процессов и обо-

рудования для производства и переработки волокнистых материалов с использованием МКЭ позволяет значительно сократить процедуры поиска рациональных технологических и технических решений, обеспечить требуемую точность воспроизведения заданных функций, прогнозировать режимы работы технических средств и вносить необходимые коррективы в конструктивно-технологические параметры создаваемых производственных объектов.

Рисунок 1.13 – Характер и значения деформаций материала

2 НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НДС ВОЛОКНИСТО-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Исходя из общей задачи разработки методологической базы проектирования и совершенствования подготовительно-раскройных процессов в производстве одежды, необходимо знать степень соответствия модельных построений экспериментальным данным, полученным при исследовании практикуемых технологических решений и технических средств в сопоставлении их с предлагаемыми поисковыми вариантами.

Судя по информационным источникам, особую сложность решения этих за-

дач представляет собой возможность эффективно, надёжно и с требуемой точностью осуществлять измерение напряжённо-деформированного состояния (НДС) легкодеформируемых материалов при их механической обработке, транспортировании по технологическому тракту и действию термомеханических факторов. Особой сложностью отличается задача оценки усадочных свойств волокнисто-содержащих композитов и измерения кинетики релаксации напряжения волокнисто-содержащих материалов при их фиксированной деформации. Умение физическими методами оценивать параметры НДС легкодеформируемых материалов в процессе их обработки позволяет выйти на новый методологический уровень проектирования, как технологических операций, так и технических систем их обеспечения.

В настоящем разделе работы рассматриваются вопросы математического и компьютерного моделирования процессов обработки волокнисто-содержащих материалов в разных условиях и режимах, а также результаты экспериментальных исследований, выполненных на базе разработанных и апробированных принципиально новых физических методов оценки НДС и структуры движущихся материалов при действии механических и термомеханических факторов.

2.1 Теоретические и экспериментальные исследования релаксации напряжения волокнистых материалов методом колебаний

Каждый раз при выборе материалов для производства швейных изделий того или иного ассортимента параметры подготовительно-раскройных операций, включая режимы декатировочных процессов и влажно-тепловой обработки (ВТО), определяются в основном опытным путём. Такой традиционный подход нерационален по многим оценочным критериям, в частности, по критериям ресурсосбережения, производительности труда и обеспечению технологического качества. В процессе производства требуется постоянная коррекция режимов работы технологического оборудования и адаптация процессов к требуемым условиям. Например, для обеспечения эксплуатационной формоустойчивости швейных изделий на стадии ВТО определяют и корректируют опытным путём продолжительность действия рабочих органов технологического оборудования в за-

висимости от вида обрабатываемых материалов и режимов процесса (температуры, давления, влаги и т.д.). Как показали результаты научного поиска [47..49], решение задач по определению продолжительности релаксации потенциала приложенных сил при фиксированной деформации материала инструментальными методами в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия эффективных методов и доступных технических средств.

В период с 1998 по 2005г.г. по настоящее время на кафедре машины и аппараты лёгкой промышленности Новосибирского технологического института выполнялась и продолжает выполняться комплексная программа по разработке новых методов [50, 51] и экспериментальных приборов [52,53,54] для исследования НДС волокнисто-содержащих материалов в условиях действия механических и термомеханических факторов.

На основе результатов научного поиска и выполненных предпроектных исследований был предложен ряд патентоспособных идей по экспериментальному определению кинетики процесса релаксации напряжения при фиксированной деформации. Экспериментально было установлено [50], что в процессе релаксации напряжения мягких композитов значительно изменяются их динамические характеристики, в частности, параметры собственных колебаний, текущие значения которых могут быть информативным показателем релаксационных процессов.

Рассмотрим теоретическое обоснование связи релаксации напряжения материала при фиксированной деформации с параметрами его вынужденных поперечных колебаний.

Из работ [50...52] известно, что при колебаниях однородной пластины (рис. 2.1) прогиб $y(x, t)$ является функцией линейной координаты (x) и времени (t).

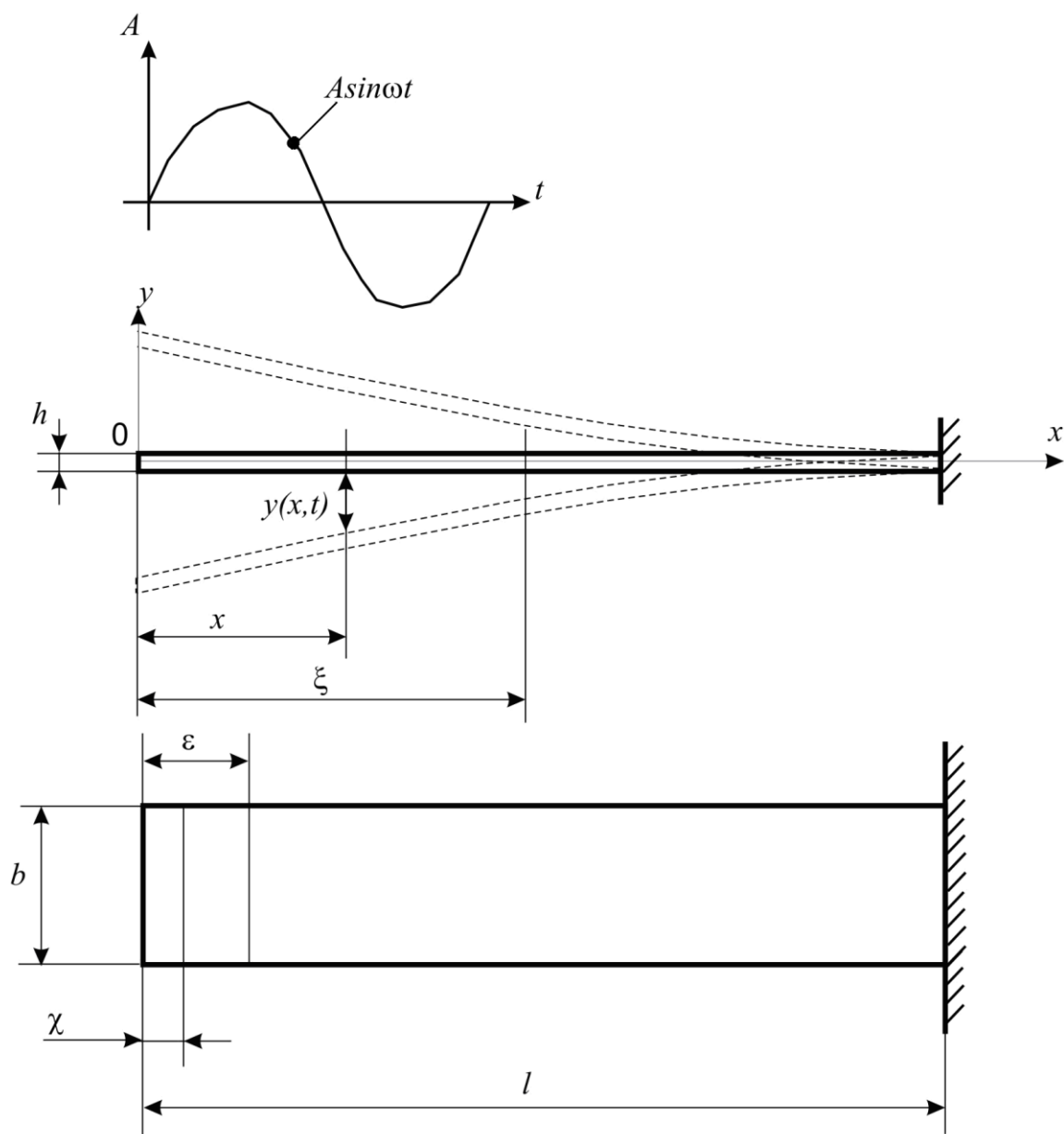


Рисунок 2.1 – Схема к расчёту колебаний однородной пластины
легкодеформируемого материала

С некоторыми допущениями задачу о вынужденном прогибе полоски волокнисто-содержащего материала рассмотрим, как колебания упругой однородной пластины.

$$\frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial t^2} + b^2 \frac{\partial^4 y(x, t)}{\partial x^4} = f(x, t), \quad (2.1)$$

где $f(x, t) = \frac{1}{\rho S} F(x, t)$; ρ – объёмная плотность; S – площадь поперечного сечения пластины; $F(x, t)$ – внешняя сила, изменяющаяся во времени и рассчитанная на еди-

ницу длины материала; $b = \sqrt{\frac{EJg}{p}}$; EJ – изгибная жёсткость материала в плоскости колебаний; p – погонный вес; g – гравитационная постоянная.

Задачу рассмотрим, как начально-краевую на отрезке $x \in [0; l]$ с нулевыми начальными условиями, т.е.:

$$y(x, t)|_{t=0} = 0; \left. \frac{\partial y(x, t)}{\partial x} \right|_{t=0} = 0. \quad (2.2)$$

Граничные условия в случае жёсткого закрепления правого конца отрезка, а левый при этом условно свободен, зададим следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} y(x, t)|_{x=l} = \frac{\partial y(x, t)}{\partial x} \Big|_{x=l} = 0 \\ \frac{\partial^2 y(x, t)}{\partial x^2} \Big|_{x=0} = \frac{\partial^3 y(x, t)}{\partial x^3} \Big|_{x=0} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.3)$$

Возмущающая сила сосредоточена в точке $x=0$, т.е.

$$f(x, t) = \begin{cases} A \cdot \sin \omega t & \text{при } x = 0; \\ 0 & \text{при } x \neq 0. \end{cases} \quad (2.4)$$

Согласно методу Фурье разделения переменных получим при $f(x, t) = 0$ решение соответствующего однородного уравнения свободных колебаний в виде $y_n(x, t) = K\varphi_n(x)T_n(t)$ [57].

Имеем
$$T_n''(t)\varphi_n(x) + b^2T_n(t)\varphi_n^{(4)}(x) = 0,$$

или

$$\frac{T_n''(t)}{b^2T_n(t)} = -\frac{\varphi_n^{(4)}(x)}{\varphi_n(x)} = -\lambda_n^4. \quad (2.5)$$

Откуда

$$T_n''(t) + b^2\lambda_n^4T_n(t) = 0 \Rightarrow T_n(t) = \sin(\lambda_n^2bt);$$

$$\varphi_n^{(4)}(x) - \lambda_n^4\varphi_n(x) = 0 \Rightarrow \varphi_n(x) = C_1ch\lambda_nx + C_2sh\lambda_nx + C_3\cos\lambda_nx + C_4\sin\lambda_nx.$$

Находим собственные функции $\varphi_n(x)$, используя граничные условия (2.3):

$$\varphi_n'(x) = C_1\lambda_nsh\lambda_nx + C_2\lambda_nch\lambda_nx - C_3\lambda_n\sin\lambda_nx + C_4\lambda_n\cos\lambda_nx;$$

$$\varphi_n''(x) = C_1 \lambda_n^2 \operatorname{ch} \lambda_n x + C_2 \lambda_n^2 \operatorname{sh} \lambda_n x - C_3 \lambda_n^2 \cos \lambda_n x - C_4 \lambda_n^2 \sin \lambda_n x;$$

$$\varphi_n''' = C_1 \lambda_n^3 \operatorname{sh} \lambda_n x + C_2 \lambda_n^3 \operatorname{ch} \lambda_n x + C_3 \lambda_n^3 \sin \lambda_n x - C_4 \lambda_n^3 \cos \lambda_n x;$$

При $\varphi_n''(0) = 0 \Rightarrow \lambda_n^2 (C_1 - C_3) = 0 \Rightarrow C_1 = C_3$

$$\varphi_n'''(0) = 0 \Rightarrow \lambda_n^3 (C_2 - C_4) = 0 \Rightarrow C_2 = C_4,$$

Поэтому

$$\varphi_n(x) = C_1 (\operatorname{ch} \lambda_n x + \cos \lambda_n x) + C_2 (\operatorname{sh} \lambda_n x + \sin \lambda_n x);$$

$$\varphi(l) = 0 \Rightarrow C_1 (\operatorname{ch} \lambda_n l + \cos \lambda_n l) + C_2 (\operatorname{sh} \lambda_n l + \sin \lambda_n l) = 0; \quad (2.6)$$

$$\varphi'(l) = 0 \Rightarrow \lambda_n [C_1 (\operatorname{sh} \lambda_n l - \sin \lambda_n l) + C_2 (\operatorname{ch} \lambda_n l + \cos \lambda_n l)] = 0.$$

Последние два соотношения образуют однородную систему линейных уравнений относительно неизвестных C_1 и C_2 , которая имеет нетривиальное решение при $\Delta = 0$.

$$\Delta = 0 \Rightarrow (\operatorname{ch} \lambda_n l + \cos \lambda_n l)^2 - (\operatorname{sh}^2 \lambda_n l - \sin^2 \lambda_n l) = 0;$$

$$\operatorname{ch}^2 \lambda_n l + 2 \operatorname{ch} \lambda_n l \cdot \cos \lambda_n l + \cos^2 \lambda_n l - \operatorname{sh}^2 \lambda_n l + \sin^2 \lambda_n l = 0;$$

$$2 + 2 \operatorname{ch} \lambda_n l \cdot \cos \lambda_n l = 0;$$

$$\operatorname{ch}(\lambda_n l) \cdot \cos(\lambda_n l) = -1. \quad (2.7)$$

Здесь λ_n – положительные корни трансцендентного уравнения. Графическое решение этого уравнения (рис.2.2), численные значения корней ($\lambda_n l$), а также спектр собственных колебаний (f_n), рассчитанные по выражению

$$f_{ni} = \frac{\omega_i}{2\pi} = \frac{\lambda_n^2}{2\pi} \sqrt{\frac{E'_i I g}{p}}; \quad i = \overline{1, m}$$

для образца костюмной ткани (арт. 2330) с начальными параметрами $p = 0,14$; $E'_0 = 1,42$ МПа; длиной $l = 0,225$ м, шириной $b = 0,05$ м и толщиной $h = 0,0013$ м приведены в таблице 2.1 и 2.2.

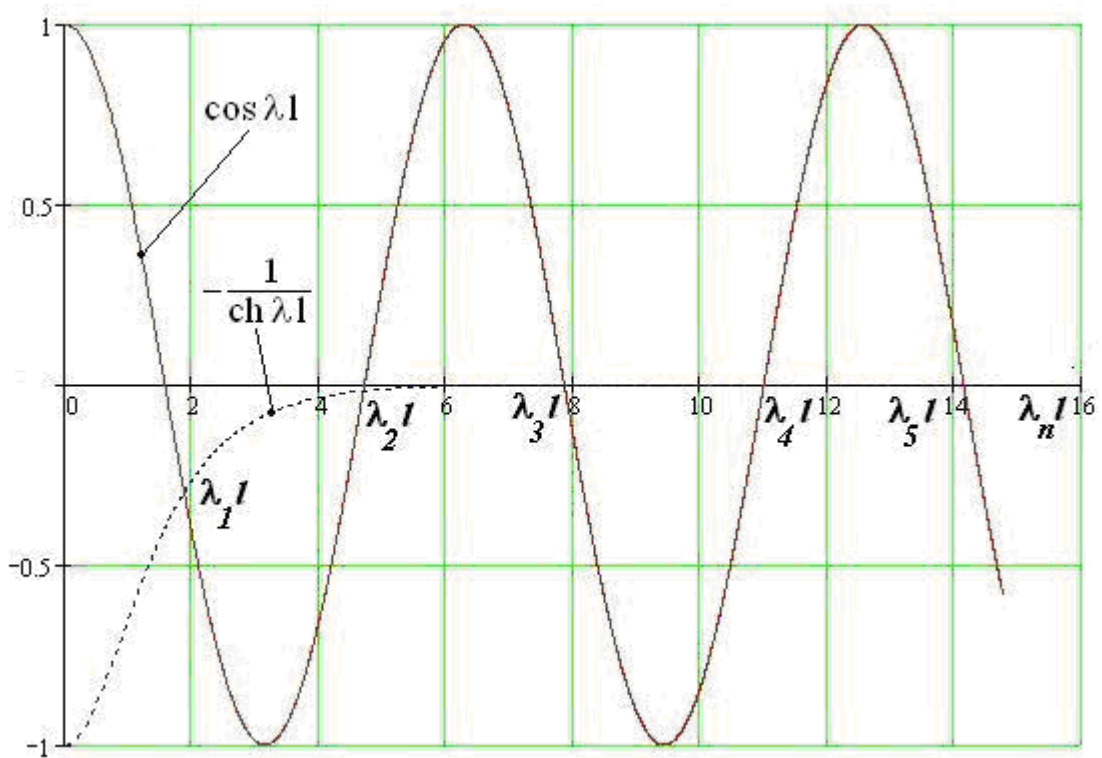


Рисунок 2.2 – Результаты графического решения уравнения (2.7)

Таблица 2.1

$j =$	1	2	3	4	5	6	...	n
$\lambda_j l =$	1,875	4,694	7,855	10,996	14,137	17,279	...	$\lambda_n l$

Таблица 2.2

$\varepsilon_i, \%$	E'_i, \cdot МПа	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	...	f_n
0	1,42	0,33	2,09	5,85	11,46	18,97	28,33		
1	1,52	0,34	2,16	6,09	11,85	19,62	29,31		...
2	1,63	0,35	2,24	6,26	12,28	20,32	30,35		...
3	1,75	0,37	2,32	6,49	12,72	21,07	31,45		...
4	1,95	0,39	2,45	6,85	13,43	22,23	33,20		...
5	2,22	0,42	2,61	7,31	14,33	23,72	35,42		...

При полученных значениях $\lambda_n l$ и решении уравнения (2.5) относительно C_1 и C_2 имеем

$$\frac{C_2}{C_1} = -\frac{ch\lambda_n l + \cos \lambda_n l}{sh\lambda_n l + \sin \lambda_n l} \Rightarrow C_1 = C(sh\lambda_n l + \sin \lambda_n l); C_2 = -C(ch\lambda_n l + \cos \lambda_n l).$$

Следовательно, собственные функции $\varphi_n(x)$ имеют вид:

$$\varphi_n(x) = C \left[\begin{array}{l} (sh\lambda_n l + \sin \lambda_n l)(ch\lambda_n x + \cos \lambda_n x) - \\ - (ch\lambda_n l + \cos \lambda_n l)(sh\lambda_n x + \sin \lambda_n x) \end{array} \right] \quad (2.8)$$

Для решения уравнения (2.1) введём функцию влияния Грина [55] и рассмотрим теоретические подходы к её построению. В этом случае решение уравнения (2.1) с заданными начальными (2.2) и краевыми условиями (2.3) представим в виде ряда

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \varphi_n(x), \quad (2.9)$$

где $\varphi_n(x)$ - ранее найденные собственные функции:

С учётом (2.5) уравнение (2.1) получим в виде:

$$\sum_{n=1}^{\infty} T_n''(t) \varphi_n(x) + b^2 \sum_{n=1}^{\infty} T_n(t) \varphi_n^{(4)}(x) = f(x, t). \quad (2.10)$$

Так как собственные функции $\varphi_n(x)$ на участке пластины длиной (l) ортогональны, т.е.

$$\int_0^l \varphi_n(x) \cdot \varphi_m(x) dx = 0 \text{ при } n \neq m, \text{ то, предполагая, что функция}$$

$f(x)$ разлагается в ряд по собственным функциям $\varphi_n(x)$, получим:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \varphi_n(x),$$

где B_n в силу ортогональности $\varphi_n(x)$ получим известным образом [57]:

$$B_n = \frac{\int_0^l f(\xi) \varphi_n(\xi) d\xi}{\|\varphi_n\|^2}, \quad (2.11)$$

где $\|\varphi_n\|^2$ - квадрат нормы собственной функции φ_n в пространстве функций, интегрируемых с квадратом.

Для удобства построения формулы Грина функцию $f(x, t)$ представим разложенной в виде следующего ряда:

$$f(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \varphi_n(x) f_n(t). \quad (2.12)$$

В силу соотношений (2.5) из (2.10) имеем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} (T_n''(t) + b^2 \lambda_n^4 T_n(t)) \varphi_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n \varphi_n(x) f_n(t).$$

Отсюда

$$T_n''(t) + b^2 \lambda_n^4 T_n(t) = B_n f_n(t) \quad (2.13)$$

Решаем дифференциальное уравнение (2.13) методом Лагранжа вариации произвольных постоянных, т.е. ищем общее решение в виде:

$$T_n(t) = u(t) \cos(b \lambda_n^2 t) + v(t) \sin(b \lambda_n^2 t) \quad (2.14)$$

Составляем систему уравнений для \dot{u} и \dot{v} :

$$\begin{cases} \dot{u} \cos(b \lambda_n^2 t) + \dot{v} \sin(b \lambda_n^2 t) = 0 \\ -\dot{u} b \lambda_n^2 \sin(b \lambda_n^2 t) + \dot{v} b \lambda_n^2 \cos(b \lambda_n^2 t) = B_n f_n(t) \end{cases} \quad (2.15)$$

Решая систему (2.15), получим:

$$\begin{cases} \dot{u}(t) = -\frac{1}{b \lambda_n^2} B_n f_n(t) \sin(b \lambda_n^2 t) \\ \dot{v}(t) = \frac{1}{b \lambda_n^2} B_n f_n(t) \cos(b \lambda_n^2 t). \end{cases} \quad (2.16)$$

Интегрируя (2.16) в промежутке времени $[0; t]$, определим:

$$\begin{cases} u(t) = -\frac{1}{b \lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b \lambda_n^2 \tau) d\tau + \tilde{C}_1 \\ v(t) = \frac{1}{b \lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \cos(b \lambda_n^2 \tau) dt + \tilde{C}_2. \end{cases} \quad (2.17)$$

Определим постоянные интегрирования \tilde{C}_1 и \tilde{C}_2 .

Подставляя (2.17) в (2.14), получим:

$$T_n(t) = \left(\tilde{C}_1 - \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right) \cos b\lambda_n^2 t + \\ + \left(\tilde{C}_2 + \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \cos(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right) \sin(b\lambda_n^2 t).$$

Полученный результат после преобразований запишем в виде:

$$T_n(t) = \tilde{C}_1 \cos b\lambda_n^2 t + \tilde{C}_2 \sin b\lambda_n^2 t - \left[\frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right] \cos(b\lambda_n^2 t) + \\ + \left[\frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \cos(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right] \sin(b\lambda_n^2 t). \quad (2.18)$$

Дифференцируя выражение (2.18) по t , получим:

$$\dot{T}_n(t) = \left(\tilde{C}_1 - \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right) (-b\lambda_n^2 \sin(b\lambda_n^2 t)) + \\ + \left(\tilde{C}_2 + \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \cos(b\lambda_n^2 \tau) d\tau \right) b\lambda_n^2 \cos(b\lambda_n^2 t). \quad (2.19)$$

С учётом начальных условий (2.3) имеем: $T_n(0) = 0$; $\dot{T}_n(0) = 0$, что подставляя в (2.18 и 2.19), получим $\tilde{C}_1 = 0$ и $\tilde{C}_2 = 0$.

С учётом (2.17) выражение (2.14) примет вид:

$$T_n(t) = \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \left[\sin(b\lambda_n^2 t) \cos(b\lambda_n^2 \tau) - \cos(b\lambda_n^2 t) \sin(b\lambda_n^2 \tau) \right] d\tau = \\ = \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b\lambda_n^2 (t - \tau)) d\tau. \quad (2.20)$$

Следовательно, согласно (2.9 и 2.20) получим:

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t B_n f_n(\tau) \sin(b\lambda_n^2 (t - \tau)) \varphi_n(x) d\tau. \quad (2.21)$$

Выражение (2.11) в силу того, что имеет место (2.12) и, принимая во внимание, что функция $y(x, t)$ разлагается не только по x , но и по t , может быть пред-

ставлено в следующем виде:

$$B_n f_n(\tau) = \frac{\int_0^l f(\xi, \tau) \varphi_n(\xi) d\xi}{\|\varphi_n\|^2}. \quad (2.22)$$

Подставляя (2.22) в (2.21), получим:

$$y(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{b\lambda_n^2} \int_0^t \frac{\int_0^l f(\xi, \tau) \varphi_n(\xi) d\xi}{\|\varphi_n\|^2} \sin(b\lambda_n^2(t-\tau)) \varphi_n(x) d\tau.$$

Меняя суммирование с интегрированием местами, имеем:

$$y(x, t) = \int_0^t \int_0^l \left(\frac{1}{b} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(x) \varphi_n(\xi)}{\lambda_n^2 \|\varphi_n\|^2} \sin(b\lambda_n^2(t-\tau)) \right) f(\xi, \tau) d\xi d\tau \quad (2.23)$$

или, если обозначить

$$G(x, \xi, t) = \frac{1}{b} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(x) \varphi_n(\xi)}{\lambda_n^2 \|\varphi_n\|^2} \sin(\lambda_n^2 bt), \quad (2.24)$$

то формула (2.21) примет вид

$$y(x, t) = \int_0^t \int_0^l G(x, \xi, t-\tau) f(\xi, \tau) d\xi d\tau, \quad (2.25)$$

где $G(x, \xi, t-\tau)$ и есть функция Грина.

Рассматривая предлагаемую методику построения модели прогиба однородной пластины при заданных начальных условиях, необходимо также определить квадрат нормы собственной функции.

Для этого воспользуемся известной формулой А.Н. Крылова [56].

$$\|\varphi_n\|^2 = \int_0^l \varphi_n^2(x) dx = \frac{l}{4} \varphi_n^2(l) + \frac{l}{4\lambda_n^4} (\varphi_n''(l))^2 - \frac{l}{2\lambda_n^4} \varphi_n'(l) \cdot \varphi_n'''(l) \quad (2.26)$$

Выполним вычисления составляющих выражения (2.26):

$$\begin{aligned} \varphi_n(l) &= 0; \\ \varphi_n'(l) &= \lambda_n C \left[(sh^2 \lambda_n l - \sin^2 \lambda_n l) - (ch \lambda_n l + \cos \lambda_n l)^2 \right]; \\ \varphi_n''(l) &= 2\lambda_n^2 C (ch \lambda_n l \cdot \sin \lambda_n l - sh \lambda_n l \cos \lambda_n l); \end{aligned}$$

$$\varphi_n'''(l) = \lambda_n^3 C \left[(sh^2 \lambda_n l - \sin^2 \lambda_n l)^2 - (ch^2 \lambda_n l - \cos^2 \lambda_n l) \right]$$

$$\varphi_n'(l) \cdot \varphi_n'''(l) = -4\lambda_n^4 C^2 sh \lambda_n l \sin \lambda_n l (1 + ch \lambda_n l \cdot \cos \lambda_n l).$$

Тогда квадрат нормы собственной функции равен:

$$\begin{aligned} \|\varphi_n\|^2 &= \frac{lC^2}{4\lambda_n^4} \cdot 4\lambda_n^2 (ch \lambda_n l \cdot \sin \lambda_n l - sh \lambda_n l \cdot \cos \lambda_n l)^2 + \\ &+ \frac{lC^2}{2\lambda_n^4} \cdot 4\lambda_n^4 \cdot sh \lambda_n l \cdot \sin \lambda_n l (1 + ch \lambda_n l \cos \lambda_n l) = \\ &= lC^2 (ch^2 \lambda_n l \cdot \sin^2 \lambda_n l + sh^2 \lambda_n l \cdot \cos^2 \lambda_n l + 2sh \lambda_n l \sin \lambda_n l). \end{aligned} \quad (2.27)$$

Итак, имеем:

$$\|\varphi_n\|^2 = lC^2 \left[ch^2(\lambda_n l) \cdot \sin^2(\lambda_n l) + sh^2(\lambda_n l) \cdot \cos^2(\lambda_n l) + 2sh(\lambda_n l) \cdot \sin(\lambda_n l) \right] \quad (2.28)$$

Рассмотрим возмущающую силу (2.4), как предельный случай той ситуации, когда $f(x, t)$ действует лишь на промежутке $(0; \varepsilon)$, а вне этого промежутка - действие силы равно нулю.

Тогда
$$\int_0^\varepsilon f(\xi, \tau) d\xi \rightarrow f(0, \tau) \text{ при } \varepsilon \rightarrow 0.$$

Согласно интегральной теореме о среднем

$$\int_0^l f(\xi, \tau) \varphi_n(\xi) d\xi = \int_0^\varepsilon f(\xi, \tau) \varphi_n(\xi) d\xi = \varphi_n(\chi) \int_0^\varepsilon f(\xi, \tau) d\xi \quad (2.29)$$

$$(0 < \chi < \varepsilon).$$

При $\varepsilon \rightarrow 0$

$$\varphi_n(\chi) \int_0^\varepsilon f(\xi, \tau) d\xi \rightarrow \varphi_n(0) f(0, \tau) \quad (2.30)$$

Вычисляем $\varphi_n(0)$

$$\varphi_n(0) = 2C (sh \lambda_n l + \sin \lambda_n l). \quad (2.31)$$

Тогда из (2.23 и 2.29) получим

$$y(x, t) = \frac{A}{b} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(0)}{\lambda_n^2 \|\varphi_n\|^2} \int_0^t \sin(\omega \tau) \cdot \sin(\lambda_n^2 b(t - \tau)) d\tau. \quad (2.32)$$

Отдельно вычислим определённый интеграл по τ в формуле (2.32).

$$\begin{aligned}
& \int_0^t \sin \omega \tau \sin [\lambda_n^2 b(t - \tau)] d\tau = \frac{1}{2} \int_0^t \cos [(\lambda_n^2 b + \omega)\tau - \lambda_n^2 b] d\tau - \\
& - \frac{1}{2} \int_0^t \cos [(\lambda_n^2 b - \omega)\tau - \lambda_n^2 b] d\tau = \frac{\sin [(\lambda_n^2 b + \omega)\tau - \lambda_n^2 b] \Big|_0^t}{2(\lambda_n^2 b + \omega)} - \\
& - \frac{\sin [(\lambda_n^2 b - \omega)\tau - \lambda_n^2 b] \Big|_0^t}{2(\lambda_n^2 b - \omega)} = \frac{\sin \omega \tau + \sin \lambda^2 b \tau}{2(\lambda_n^2 b + \omega)} + \frac{\sin \omega \tau - \sin \lambda_n^2 b \tau}{2(\lambda_n^2 b - \omega)} = \\
& \frac{\lambda_n^2 b}{\lambda_n^4 b^2 - \omega^2} \cdot \sin \omega t - \frac{\omega}{\lambda_n^4 b^2 - \omega^2} \cdot \sin \lambda_n^2 b t.
\end{aligned}$$

Подставляя полученный результат интегрирования в (2.32), окончательно получим:

$$y(x, t) = A \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(0) \cdot \sin \omega t \cdot \varphi_n(x)}{\|\varphi_n\|^2 (\lambda_n^4 b^2 - \omega^2)} - \frac{A \omega}{b} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\varphi_n(0) \sin \lambda_n^2 b t \cdot \varphi_n(x)}{\lambda_n^2 \|\varphi_n\|^2 (\lambda_n^4 b^2 - \omega^2)} \quad (2.33)$$

В этой итоговой формуле $\varphi_n(0)$ вычисляется по выражению (2.31), $\|\varphi_n\|^2$ - по формуле (2.28), $\varphi_n(x)$ - по соотношению (2.8). Анализируя результаты компьютерного моделирования математической модели прогиба однородного образца материала (2.33) при фиксированной частоте вынужденных колебаний видим (рис.2.3), что при изменении значений его модуля упругости (напряжения), определённым образом изменяются параметры колебаний, что соответствует представлениям о физике процесса.

Кроме того, результаты исследований показывают, что зависимость параметров колебаний от НДС материала (в спектре первой главной частоты) представляют собой монотонную нелинейную функцию (рис. 2.4).

Из общего анализа модели прогиба и его графического отображения следует, что при релаксации напряжения легкодеформируемых материалов и $\varepsilon = const$ изменяются их динамические свойства и соответственно параметры вынужденных колебаний. Изменяющиеся характеристики вынужденных колебаний при возможности их инструментального определения могут являться информативными параметрами процесса релаксации напряжения при фиксированной деформации, что может быть основой для разработки методов и средств исследова-

ния релаксации НДС легкодеформируемых материалов, что и было предложено использовать в дальнейших теоретических и экспериментальных исследованиях.

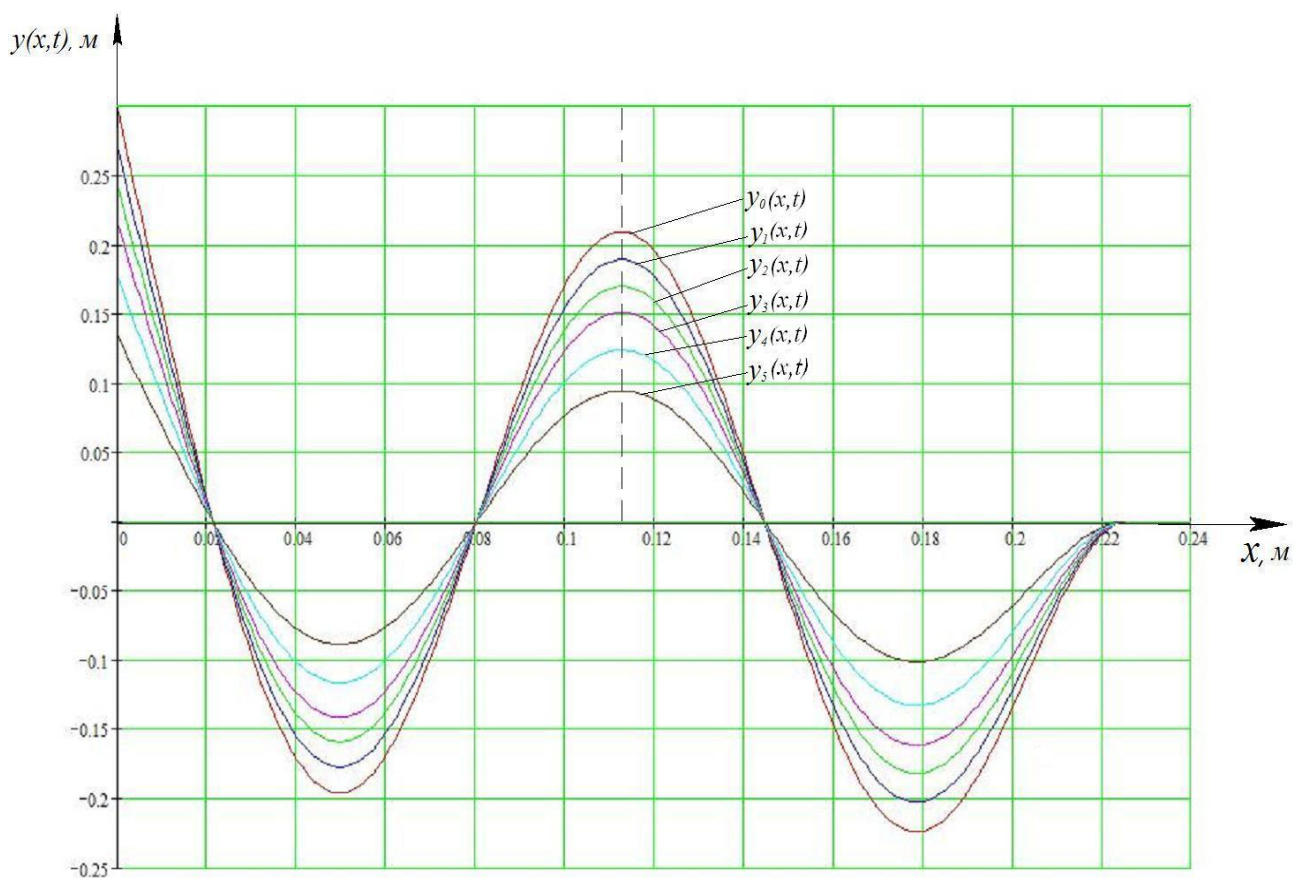


Рисунок 2.3 – Параметрические колебания легкодеформируемой пластины из текстильного материала (костюмная ткань, арт. 2330; $f_0 = 18,967$ Гц; $A = 0,01$ м);

$$y_0(x) \Leftrightarrow E_0 = 1,42 \text{ МПа}, y_1(x) \Leftrightarrow E_1 = 1,52 \text{ МПа}; y_2(x) \Leftrightarrow E_2 = 1,63 \text{ МПа}; y_3(x) \Leftrightarrow E_3 = 1,75 \text{ МПа}; y_4(x) \Leftrightarrow E_4 = 1,95 \text{ МПа}; y_5(x) \Leftrightarrow E_5 = 2,22 \text{ МПа}.$$

Однако с учётом технической сложности и отсутствии практических возможностей измерения напряжения текстильных материалов физическими методами было предложено оценивать процесс релаксации их напряжений косвенным методом, в частности, посредством измерения параметров колебаний металлической пластины, скреплённой с исследуемым образцом.

При рассмотрении задачи в такой постановке ключевым вопросом является необходимость знать координаты размещения датчика для измерения параметров колебаний (в частности, скорости вибрации) по условию максимальной чувствительности измерительной схемы.

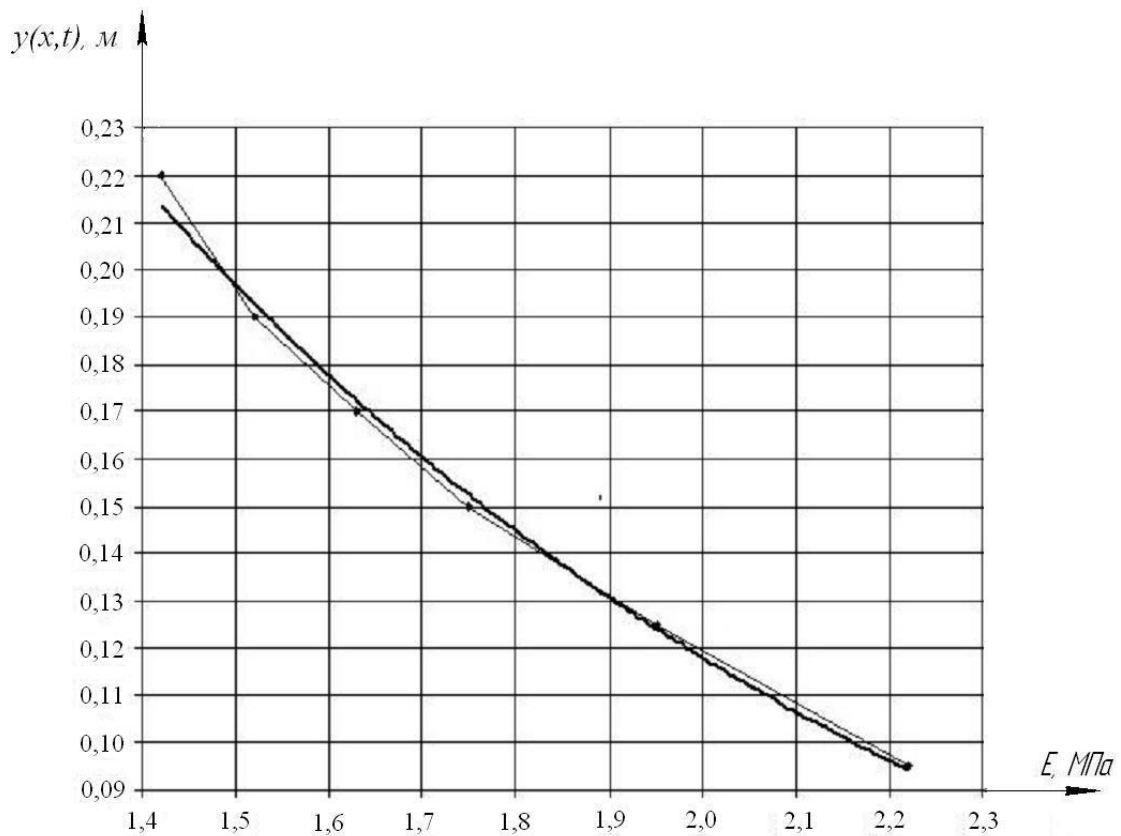


Рисунок 2.4 – Зависимость амплитуды вынужденных параметрических колебаний от напряженно-деформированного состояния материала (для $x = 0.116\text{ м}$)

Теоретическая часть решения этой части задачи была сведена к построению математической модели свободных колебаний для определения положения пучностей и узловых линий стоячих волн, формируемых посредством генератора механических колебаний (ГМК) на составных частях неоднородной пластины.

Итак, примем: дана горизонтально расположенная пластина (рис. 2.5), представляющая собой деформированный отрезок $x \in [0; l_1]$ мягкого легкодеформируемого текстильного материала, скрепленного с металлической полосой 2 (отрезок $x \in [l_1; l_1 + l_2]$). Постоянство деформации мягкого композита достигается нагрузочным устройством 3.

Участки пластины колеблются под действием возмущающей силы, прикладываемой со стороны незащемленного конца. Пересечение центральных осей со стороны свободного конца пластины примем за начало координат.

Второй конец неоднородной пластины закреплен неподвижно в заделке. Определим координаты (x) узловых линий и пучностей, как место расположения

датчика 5 для измерения параметров колебаний по условию максимальной чувствительности измерительной схемы.

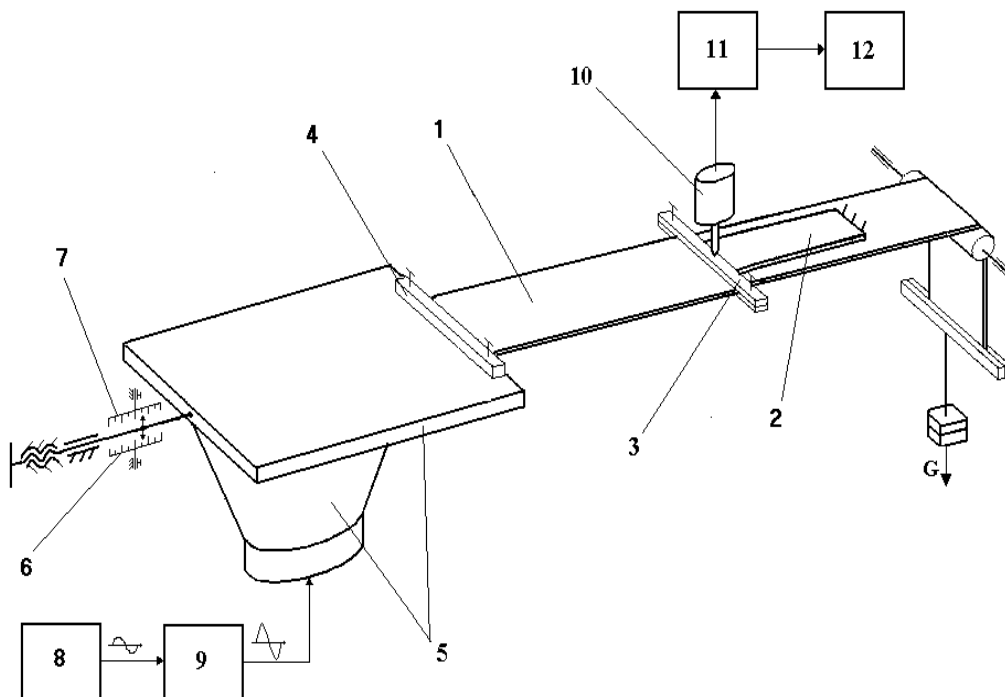


Рисунок 2.5 – Схема-модель для теоретических и экспериментальных исследований НДС легкодеформируемых композитов

В этом случае дифференциальное уравнение поперечных свободных колебаний отрезка пластины $x \in [0; l_1]$ будет иметь вид [58]:

$$\frac{\partial^2 [y_1(x, t)]}{\partial t^2} = -b_1^2 \frac{\partial^4 y_1(x, t)}{\partial x^4}, \quad (2.40)$$

где $y_1(x, t)$ – прогиб абсциссы x при колебаниях в момент времени t ; $b_1^2 = \frac{E_1 I_1 g}{p_1}$;

$E_1 I_1$ – изгибная жёсткость образца в плоскости колебаний, p_1 – погонный вес образца; g – гравитационная постоянная.

Так как на свободном конце пластины ($x=0$) изгибающий момент (M) и поперечная сила (Q) обращаются в ноль, то граничные условия соответственно запишем в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 [y_1(x, t)]}{\partial x^2} &= 0 \\ \frac{\partial^3 [y_1(x, t)]}{\partial x^3} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.41)$$

Это означает, что

$$M = -E_1 I_1 \frac{\partial^2 y_1(x,t)}{\partial x^2} = 0; \quad \frac{\partial M}{\partial x} = -E_1 I_1 \frac{\partial^3 y_1(x,t)}{\partial x^3} = 0.$$

Для металлической части пластины $x \in [l_1; l_1 + l_2]$ соотношение (2.40) имеет аналогичный вид:

$$\frac{\partial^2 y_2(x,t)}{\partial t^2} = -b_2^2 \frac{\partial^4 y_2(x,t)}{\partial x^4}, \quad \text{где } b_2^2 = \frac{E_2 I_2 g}{\rho_2}. \quad (2.42)$$

Граничные условия при $x = l_1 + l_2$:

$$\left. \begin{array}{l} y_2(x,t) = 0; \\ \frac{\partial [y_2(x,t)]}{\partial x} = 0 \end{array} \right\}, \quad (2.43)$$

так как при жёстком закреплении пластины ордината $y_2(x,t)$ и её производная равны нулю.

Ищем решение в виде:

$$\left. \begin{array}{l} y_1(x,t) = Y_1(x) \sin(\omega t + \varphi) \\ x \in [0; l_1] \\ y_2(x,t) = Y_2(x) \sin(\omega t + \varphi) \\ x \in [l_1; l_1 + l_2] \end{array} \right\}. \quad (2.44)$$

Подставим в выражения (2.40 и 2.41) уравнение (2.44)

$$\left. \begin{array}{l} -\omega^2 Y_1 \sin(\omega t + \varphi) = -b_1^2 \frac{\partial^4 Y_1}{\partial x^4} \sin(\omega t + \varphi); \\ x \in [0; l_1] \\ -\omega^2 Y_2 \sin(\omega t + \varphi) = -b_2^2 \frac{\partial^4 Y_2}{\partial x^4} \sin(\omega t + \varphi) \\ x \in [l_1; l_1 + l_2] \end{array} \right\}. \quad (2.45)$$

Преобразуя систему уравнений (2.45), получим дифференциальные уравнения четвёртого порядка вида:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{d^4 Y_1}{dx^4} - k_1^4 Y_1 = 0, \quad \text{где } k_1^4 = \frac{\omega^2}{b_1^2} \\ \frac{d^4 Y_2}{dx^4} - k_2^4 Y_2 = 0, \quad \text{где } k_2^4 = \frac{\omega^2}{b_2^2} \end{array} \right\}. \quad (2.46)$$

Общие решения этих уравнений имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} Y_1(x) &= C_1 \operatorname{ch} k_1 x + C_2 \operatorname{sh} k_1 x + C_3 \cos k_1 x + C_4 \sin k_1 x \\ Y_2(x) &= B_1 \operatorname{ch} k_2 x + B_2 \operatorname{sh} k_2 x + B_3 \cos k_2 x + B_4 \sin k_2 x \end{aligned} \right\}. \quad (2.47)$$

Граничные условия на свободном конце пластины согласно (2.41) должны выполняться независимо от времени и дают:

$$Y_1''(0) = 0 \Rightarrow C_1 = C_3; \quad Y_1'''(0) = 0 \Rightarrow C_2 = C_4. \quad (2.48)$$

$$\text{Поэтому} \left. \begin{aligned} Y_1(x) &= C_1 (\operatorname{ch} k_1 x + \cos k_1 x) + C_2 (\operatorname{sh} k_1 x + \sin k_1 x) \\ Y_1'(x) &= C_1 k_1 (\operatorname{sh} k_1 x - \sin k_1 x) + C_2 k_1 (\operatorname{ch} k_1 x + \cos k_1 x) \end{aligned} \right\}. \quad (2.49)$$

Согласно граничным условиям (2.43), когда $x = l_1 + l_2$, получим:

$$\begin{aligned} Y_2(l_1 + l_2) = 0 \rightarrow B_1 \operatorname{ch} k_2 (l_1 + l_2) + B_2 \operatorname{sh} k_2 (l_1 + l_2) + \\ + B_3 \cos k_2 (l_1 + l_2) + B_4 \sin k_2 (l_1 + l_2) = 0 \end{aligned} \quad (2.50)$$

Для линии стыка разных частей пластины, т. е. при $x = l_1$ обязательны следующие условия:

$$\left. \begin{aligned} (1) \quad Y_1(l_1) &= Y_2(l_1) \\ (2) \quad Y_1'(l_1) &= Y_2'(l_1) \\ (3) \quad Y_1''(l_1) &= Y_2''(l_1) \\ (4) \quad Y_1'''(l_1) &= Y_2'''(l_1) \end{aligned} \right\}, \quad (2.51)$$

где 1) – условие непрерывности пластины на линии стыка её разнородных частей; 2, 3 и 4) – соответственно равенство углов поворотов сечений, изгибающих моментов и поперечных сил пластины на линии стыка.

$$\text{Обозначим} \quad \lambda = \frac{k_1}{k_2} = \sqrt{\frac{b_2}{b_1}}. \quad (2.52)$$

Согласно (2.51) с учётом (2.48) из (2.49) получим:

$$\left. \begin{aligned} B_1 \operatorname{ch} k_2 l_1 + B_2 \operatorname{sh} k_2 l_1 + B_3 \cos k_2 l_1 + B_4 \sin k_2 l_1 &= C_1 (\operatorname{ch} k_1 l_1 + \cos k_1 l_1) + C_2 (\operatorname{sh} k_1 l_1 + \sin k_1 l_1) \\ B_1 \operatorname{sh} k_2 l_1 + B_2 \operatorname{ch} k_2 l_1 - B_3 \sin k_2 l_1 + B_4 \cos k_2 l_1 &= \lambda C_1 (\operatorname{sh} k_1 l_1 - \sin k_1 l_1) + \lambda C_2 (\operatorname{ch} k_1 l_1 + \cos k_1 l_1) \\ B_1 \operatorname{ch} k_2 l_1 + B_2 \operatorname{sh} k_2 l_1 - B_3 \cos k_2 l_1 - B_4 \sin k_2 l_1 &= \lambda^2 C_1 (\operatorname{ch} k_1 l_1 - \cos k_1 l_1) + \lambda^2 C_2 (\operatorname{sh} k_1 l_1 - \sin k_1 l_1) \\ B_1 \operatorname{sh} k_2 l_1 + B_2 \operatorname{ch} k_2 l_1 + B_3 \sin k_2 l_1 - B_4 \cos k_2 l_1 &= \lambda^3 C_1 (\operatorname{sh} k_1 l_1 + \sin k_1 l_1) + \lambda^3 C_2 (\operatorname{ch} k_1 l_1 - \cos k_1 l_1) \end{aligned} \right\} \quad (2.53)$$

Введём дополнительную систему обозначений:

$$k_1 l_1 = \varphi; \quad k_2 l_1 = \psi; \quad \alpha = k_2 (l_1 + l_2); \quad \beta = \alpha - \psi = k_2 l_2 = \mu \varphi, \quad \text{где } \mu = \frac{l_2}{l_1}. \quad (2.54)$$

Однородная система уравнений (2.53) имеет нетривиальное решение, если выполняется условие:

$$1 + \lambda^4 + (1 - \lambda^4)(ch\varphi \cos \varphi + ch\beta \cos \beta) + \lambda^3(ch\varphi \sin \varphi + sh\varphi \cos \varphi) * \\ * (\cos \beta sh\beta - ch\beta \sin \beta) + \lambda(sh\varphi \cos \varphi - ch\varphi \sin \varphi)(\cos \beta sh\beta + ch\beta \sin \beta) + (2.55) \\ + (1 + \lambda^4)ch\varphi \cos \varphi ch\beta \cos \beta - 2\lambda^2 sh\varphi \sin \varphi sh\beta \sin \beta = 0$$

Опуская промежуточные преобразования, из системы уравнений и обозначений (2.53 и 2.54) выражаем B_1 , B_2 , B_3 и B_4 :

$$B_1 = \frac{\lambda(1 + \lambda^4)}{2} \left[\begin{array}{l} shk_2(l_1 + l_2) + chk_1 l_1 \cos k_1 l_1 * \\ * (chk_2 l_1 \sin k_2 l_2 + \\ + shk_2 l_1 \cos k_2 l_2) \end{array} \right] + \frac{\lambda(1 - \lambda^4)}{2} * \\ * \left[\begin{array}{l} chk_1 l_1 \cos k_1 l_1 shk_2(l_1 + l_2) + \\ + chk_2 l_1 \sin k_2 l_2 + shk_2 l_1 \cos k_2 l_2 \end{array} \right] - \lambda^4 chk_2 l_1 \sin k_2 l_2 (chk_1 l_1 \sin k_1 l_1 + (2.56) \\ + shk_1 l_1 \cos k_1 l_1) + \lambda^2 chk_2 l_1 \cos k_2 l_2 (chk_1 l_1 \sin k_1 l_1 - \\ - shk_1 l_1 \cos k_1 l_1) + \lambda^3 shk_1 l_1 \sin k_1 l_1 (chk_2 l_1 \sin k_2 l_2 - shk_2 l_1 \cos k_2 l_2).$$

$$B_2 = \frac{\lambda(1 + \lambda^4)}{2} \left[\begin{array}{l} chk_2(l_1 + l_2) - chk_1 l_1 * \\ * \cos k_1 l_1 (chk_2 l_1 \cos k_2 l_2 + \\ + shk_2 l_1 \sin k_2 l_2) \end{array} \right] + \frac{\lambda(1 - \lambda^4)}{2} * \\ * \left[\begin{array}{l} chk_1 l_1 \cos k_1 l_1 chk_2(l_1 + l_2) - \\ - shk_2 l_1 \sin k_2 l_2 - \\ - chk_2 l_1 \cos k_2 l_2 \end{array} \right] + \lambda^4 chk_2 l_1 \sin k_2 l_2 (chk_1 l_1 \sin k_1 l_1 + (2.57) \\ + shk_1 l_1 \cos k_1 l_1) + \lambda^2 shk_2 l_1 \cos k_2 l_2 (shk_1 l_1 \cos k_1 l_1 - \\ - chk_1 l_1 \sin k_1 l_1) + \lambda^3 shk_1 l_1 \sin k_1 l_1 (chk_2 l_1 \cos k_2 l_2 - shk_2 l_1 \sin k_2 l_2).$$

$$B_3 = \frac{\lambda(1 + \lambda^4)}{2} \left[\begin{array}{l} \sin k_2(l_1 + l_2) + chk_1 l_1 * \\ * \cos k_1 l_1 (\cos k_2 l_1 shk_2 l_2 + \\ + \sin k_2 l_1 chk_2 l_2) \end{array} \right] + \frac{\lambda(1 - \lambda^4)}{2} * \\ * \left[\begin{array}{l} chk_1 l_1 \cos k_1 l_1 \sin k_2(l_1 + l_2) + \\ + \cos k_2 l_1 shk_2 l_2 + \\ + \sin k_2 l_1 chk_2 l_2 \end{array} \right] + \lambda^4 \sin k_2 l_1 shk_2 l_2 (chk_1 l_1 \sin k_1 l_1 + (2.58) \\ + shk_1 l_1 \cos k_1 l_1) + \lambda^2 \cos k_2 l_1 chk_2 l_2 (shk_1 l_1 \cos k_1 l_1 - chk_1 l_1 \sin k_1 l_1) + \\ + \lambda^3 shk_1 l_1 \sin k_1 l_1 (\sin k_2 l_1 chk_2 l_2 - \cos k_2 l_1 shk_2 l_2).$$

$$\begin{aligned}
B_4 = & -\frac{\lambda(1+\lambda^4)}{2} \left[\begin{array}{l} \cos k_2(l_1+l_2) + \operatorname{ch} k_1 l_1 * \\ * \cos k_1 l_1 * (\cos k_2 l_1 \operatorname{ch} k_2 l_2 - \\ - \sin k_2 l_1 \operatorname{sh} k_2 l_2) \end{array} \right] - \frac{\lambda(1-\lambda^4)}{2} * \\
& * \left[\begin{array}{l} \operatorname{ch} k_1 l_1 \cos k_1 l_1 \cos k_2(l_1+l_2) + \\ \cos k_2 l_1 \operatorname{ch} k_2 l_2 - \sin k_2 l_1 \operatorname{sh} k_2 l_2 \end{array} \right] - \lambda^4 \cos k_2 l_1 \operatorname{sh} k_2 l_2 (\operatorname{ch} k_1 l_1 \sin k_1 l_1 + \\
& + \operatorname{sh} k_1 l_1 \cos k_1 l_1) - \lambda^2 \sin k_2 l_1 \operatorname{ch} k_2 l_2 (\operatorname{ch} k_1 l_1 \sin k_1 l_1 - \operatorname{sh} k_1 l_1 \cos k_1 l_1) - \\
& - \lambda^3 \operatorname{sh} k_1 l_1 \sin k_1 l_1 (\cos k_2 l_1 \operatorname{ch} k_2 l_2 + \sin k_2 l_1 \operatorname{sh} k_2 l_2). \quad (2.59)
\end{aligned}$$

Подставим полученные коэффициенты в уравнение (2.47):

$$Y_2(x) = B_1 \operatorname{ch} k_2 x + B_2 \operatorname{sh} k_2 x + B_3 \cos k_2 x + B_4 \sin k_2 x. \quad (2.60)$$

Для нахождения координат положения узловых линий стоячей поперечной волны на отрезке пластины $x \in [l_1; l_1 + l_2]$ требуется решить уравнение:

$$Y_2(x) = 0 \Rightarrow B_1 \operatorname{ch} k_2 x + B_2 \operatorname{sh} k_2 x + B_3 \cos k_2 x + B_4 \sin k_2 x = 0, \quad (2.61)$$

а для нахождения пучностей – уравнение:

$$Y_2'(x) = 0 \Rightarrow B_1 \operatorname{sh} k_2 x + B_2 \operatorname{ch} k_2 x - B_3 \sin k_2 x + B_4 \cos k_2 x = 0. \quad (2.62)$$

Разложим функцию (2.62) в ряд Тейлора

$$\begin{aligned}
& B_1 \left(k_2 x + \frac{k_2^3 x^3}{3!} + \frac{k_2^5 x^5}{5!} + \dots \right) + B_2 \left(1 + \frac{k_2^2 x^2}{2!} + \frac{k_2^4 x^4}{4!} + \frac{k_2^6 x^6}{6!} + \dots \right) - B_3 \left(k_2 x - \right. \\
& \left. - \frac{k_2^3 x^3}{3!} + \frac{k_2^5 x^5}{5!} - \dots \right) + B_4 \left(1 - \frac{k_2^2 x^2}{2!} + \frac{k_2^4 x^4}{4!} - \frac{k_2^6 x^6}{6!} + \dots \right) = 0.
\end{aligned}$$

Группируя слагаемые, получим:

$$\begin{aligned}
& (B_2 + B_4) \left(1 + \frac{k_2^4 x^4}{4!} + \frac{k_2^8 x^8}{8!} + \dots + \frac{k_2^{4n} x^{4n}}{(4n)!} + \dots \right) + (B_1 - B_3) \left(k_2 x + \frac{k_2^5 x^5}{5!} + \frac{k_2^9 x^9}{9!} + \dots \right. \\
& \left. + \frac{k_2^{4n+1} x^{4n+1}}{(4n+1)!} + \dots \right) + (B_2 - B_4) \left(\frac{k_2^2 x^2}{2!} + \frac{k_2^6 x^6}{6!} + \frac{k_2^{10} x^{10}}{10!} + \dots + \frac{k_2^{4n+2} x^{4n+2}}{(4n+2)!} + \dots \right) + \\
& + (B_1 + B_3) \left(\frac{k_2^3 x^3}{3!} + \frac{k_2^7 x^7}{7!} + \frac{k_2^{11} x^{11}}{11!} + \dots + \frac{k_2^{4n+3} x^{4n+3}}{(4n+3)!} + \dots \right) = 0. \quad (2.63)
\end{aligned}$$

Количество членов (n) выбирается из условия требуемой точности (ζ):

$$\frac{[k_2(l_1 + l_2)]^{4n}}{(4n-1)! [(4n - k_2(l_1 + l_2))]} < \zeta.$$

Задавшись значением (ζ) и отбрасывая остальные члены ряда (2.63), необ-

ходимо решить уравнение (2.62) относительно x . Проведя преобразование уравнения (2.55), ограничиваясь членами разложения входящих в него функций в ряд Тейлора [57] (с точностью до φ^4) и решая преобразованное уравнение относительно (φ), получим:

$$\varphi = \sqrt[4]{\frac{12}{\left(1 + \frac{l_2}{l_1}\right)^4 - \left(\frac{l_2}{l_1}\right)^4 \left(1 - \frac{b_1^2}{b_2^2}\right)}}. \quad (2.64)$$

Таким образом, генерация стоячих волн на отрезке $x \in [l_1; l_1 + l_2]$ в режиме резонанса зависит от состояния физико-механических свойств b_1 и b_2 частей пластины, их длин l_1 , l_2 и частоты вынужденных колебаний (ω).

На основании полученных соотношений представляется возможным решить поставленную задачу в следующих вариантах:

1. При заданных l_1 и l_2 , а также известных параметрах b_1 и b_2 определяем согласно (2.64) значение φ . Из первого уравнения системы обозначений (2.54) определяем κ_1 , а из (2.46) вынужденную частоту колебаний, обеспечивающую стоячие волны в режиме резонанса на отрезке $x \in [0; l_1]$.

Из уравнения (2.52) определяем κ_2 , а и из уравнения (2.46) частоту колебаний ГМК, обеспечивающую резонансный режим стоячих волн на отрезке пластины $x_2 \in [l_1; l_1 + l_2]$.

2. Задавшись значением (ω) и зная параметры частей неоднородной пластины b_1 и b_2 , из соотношения (2.46) определяем κ_1 и κ_2 . Затем, выбрав значение l_1 , из (2.54) определяем φ , и далее из уравнения (2.64) длину l_2 металлической части пластины, которая при заданной частоте генерации (ω) будет совершать резонансные колебания.

Определив согласно (2.56...2.59) коэффициенты B_1, B_2, B_3 и B_4 по известным значениям l_1 , l_2 , κ_1 , κ_2 и решив трансцендентные уравнения (2.61) относительно x , найдём координаты (x) положения узловых линий и пучностей, т.е. ре-

комендуемые расположения датчика для измерения релаксации напряжения волокнисто-содержащих композитов по условию максимальной чувствительности измерительной схемы.

Разработанная математическая модель колебаний неоднородной пластины позволяет при известных свойствах её составных частей и заданных входных параметрах определить резонансные частоты вынужденных колебаний, координаты узловых линий и пучностей стоячих волн и соответствующие этому положения датчика для измерения фазовой скорости – информативного параметра, характеризующего релаксацию напряжения текстильного материала при его постоянной деформации.

На основе проведенных теоретических исследований и физического обоснования способа измерения НДС волокнистых легкодеформируемых материалов посредством колебаний разработаны измерительная схема и создан специальный экспериментальный стенд, физическая реализация которого представлена на рисунке 2.6. Для исключения влияния внешних источников колебаний на работу аппаратных средств и результаты измерения стенд смонтирован на специальном виброзащитном основании.

Измерительный стенд при рассмотрении его в более удобном схемном варианте (см. рис.2.5) включает в себя неоднородную пластину, представляющую собой образец исследуемого материала 1, скреплённого с упругим элементом 2 посредством зажима 3. Второй подвижный зажим 4 исследуемого образца установлен на резонаторном основании генератора механических колебаний (ГМК) 5, представляющего собой акустический динамик 25-ГД. В состав экспериментального стенда входит также система нагружения образца с оцифрованными шкалами натяжения и деформации 6 и 7, генератор 8, усилитель 9 (ФЕНИКС-002), вибродатчик 10, измерительный прибор 11 (ВИП-21) и контроллер с процессором 12. Вследствие технических ограничений на данном этапе исследований был выбран генератор колебаний диапазона звуковой частоты (ГЗ-33), хотя предпочтителен для постановки экспериментальных исследований диапазон инфразвуковых колебаний.

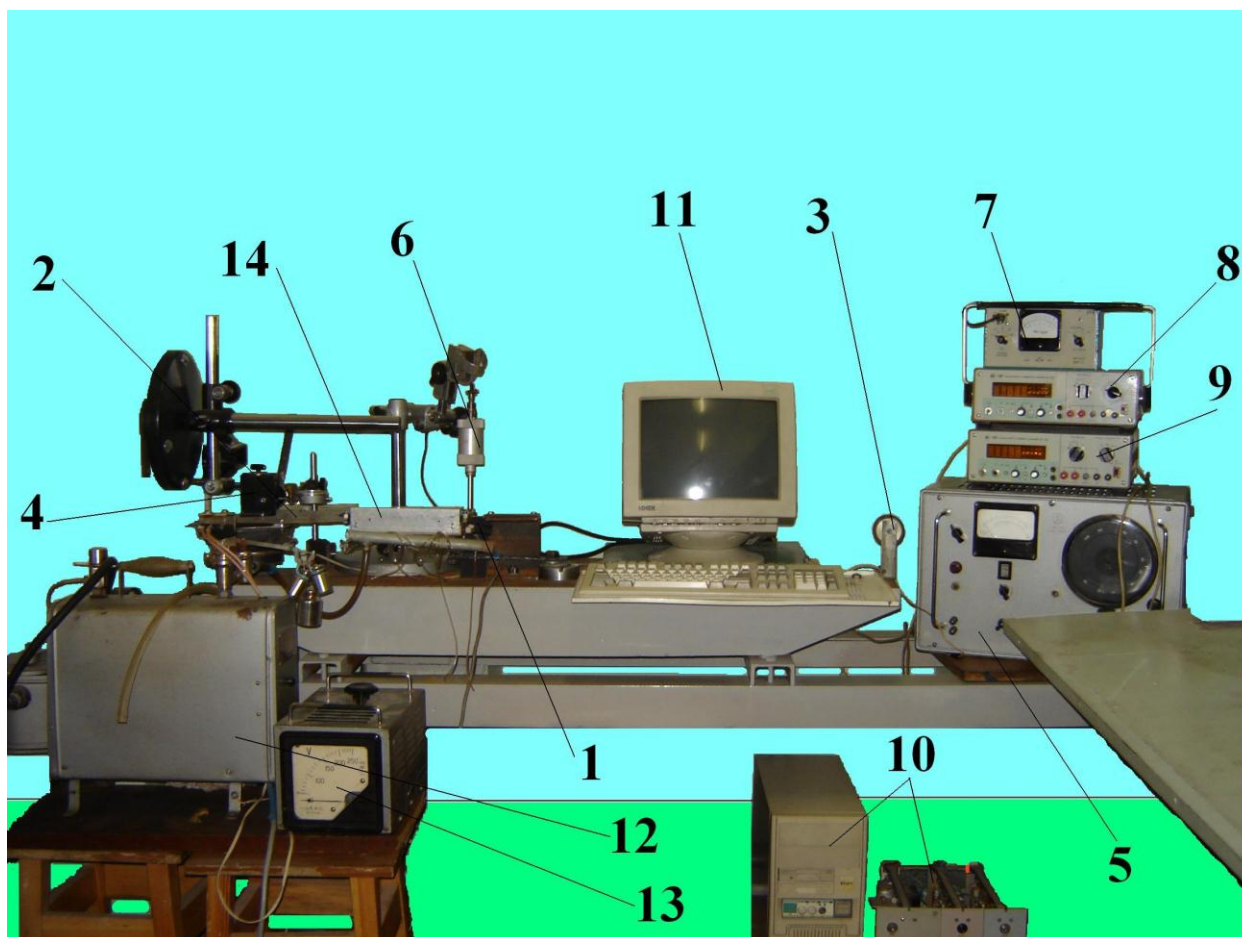


Рисунок 2.6 – Вид и состав экспериментального стенда

1 –упругий элемент; 2 –генератор механических колебаний; 3 –устройство предварительного нагружения; 4 -система нагружения образца с оцифрованными шкалами нагружения и деформации; 5 -генератор звуковой частоты; 6 –вибродатчик; 7 –виброизмерительный прибор; 8 –вольтметр; 9 –вольтметр; 10 –системный блок с контроллером; 11 –устройство ввода и вывода информации; 12 -парогенератор; 13 –автоматический трансформатор; 14 –термокамера.

Первый этап экспериментальных исследований был связан с тарировкой измерительной схемы стенда. Тарировка схемы была сведена к определению расчётно-экспериментальным путём зависимостей напряжения (σ) и деформации (ε) от нагрузки, т.е. $[\sigma = f(P)]$ и $[\varepsilon = f(P)]$, а также фазовой скорости $[V(x) = f(\varepsilon)]$ неоднородной пластины от деформации и, наконец, скорости вибрации от напряжения при постоянной деформации, т.е. $V(x) = f(\sigma)_{\varepsilon=const}$, в итоге представляющей собой тарировочную характеристику.

Методика экспериментального определения зависимостей $[\varepsilon = f(P)]$ и

$[V(x) = f(\varepsilon)]$ состояла в следующем. Подвижный срез образца шириной 50мм фиксировали в зажиме 4, а затем для исключения наблюдаемого провисания образца и обеспечения постоянства условий и качества эксперимента посредством груза ($G = 0.05H$) создавали начальное ограниченное натяжение (T_0). Затем на длине $l = 150$ мм (активная часть образца) скрепляли материал посредством зажима 3 с упругой частью 2 пластины. Подвижный срез образца нагрузочным устройством и зажимом 4 перемещали совместно с ГМК на заданную величину с последующей их фиксацией в заданном положении. Величину нагрузки и деформации определяли (для каждого вида материала) по оцифрованным шкалам 6 и 7. Функцию $[\sigma = f(P)]$ определяли расчётным путём с учётом коррекции поперечного сечения образца вследствие его деформации растяжения.

Деформированный образец при фиксированном температурно-влажностном режиме подвергался механическим колебаниям со стороны зажима 4. Частота колебаний зажима 4, положение и закрепление неподвижного зажима 3 на упругой пластине 2 рассчитывались и выбирались по условиям достижения максимальной чувствительности измерительной схемы.

Входной вибросигнал от генератора звуковых колебаний 8 (ГЗ-33) в диапазоне исследуемых частот колебаний (28...56Гц) через усилитель 10 (ФЕНИКС-002) передавался ГМК (25ГД) и зажиму 4 образца текстиля 1, выполняющего функции исследуемого объекта. В ходе процесса релаксации напряжения изменялись реологические свойства образца (в частности, модуль упругости) и, соответственно, его напряжённое состояние, что вело к изменению параметров колебаний зажима 3 и упругой пластины 2. Параметры колебаний зажима 3 воспринимались вибродатчиком 10, сигналы которого поступали в вибропреобразовательный блок 11. Информация, характеризующая релаксацию напряжений, от блока 11 поступала непрерывно через контроллер в блок 12 для дальнейшего расчёта параметров до завершения процесса, фактом чего являлось установившееся состояние выходного сигнала.

В соответствии с релаксацией напряжения $[\sigma(t)]$ исследуемого образца во времени изменялась скорость вибрации упругой пластины и выходные параметры

индукционного датчика.

При действии вынужденных колебаний на один срез образца со стороны резонаторной пластины через каждую единицу времени, задаваемую процессором 12, записывались значения скорости вибрации второго зажима $[V(x) = f(t)]$ и по тарировочной характеристике $[V(x) = f(\sigma)_{\varepsilon = const}]$ (рис.2.7, квадрант 3) определялась кинетика релаксации напряжения $\sigma(t)$ в образце с фиксированной деформацией.

Таким образом, методика тарировки измерительной схемы стенда и исследований релаксации напряжения при постоянной деформации посредством волновых процессов сводилась к следующему:

- -расчётно-экспериментальным путём определялись зависимости σ и ε от нагрузки, т.е. $[\sigma = f(P)]$ и $[\varepsilon = f(P)]$ (рис. 2.7, квадрант 4 и 1);

- -варьируя значениями деформации для конкретного образца, экспериментально определялась и строилась зависимость начальной скорости вибрации от деформации образца, т.е. $[V(x) = f(\varepsilon)]$ (рис. 2.7, квадрант 2);

- -по значениям $[\sigma = f(P)]$ и $[V(x) = f(\varepsilon)]$ строилась тарировочная характеристика $[\sigma = f(V)]$ (рис. 2.7, квадрант 3);

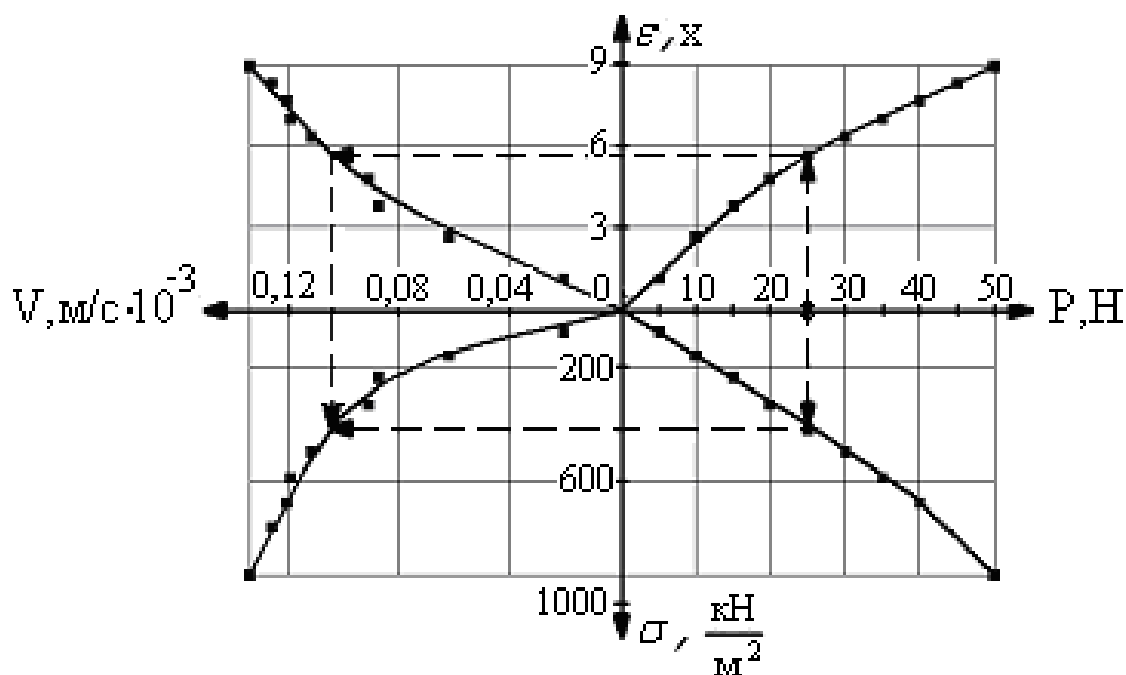


Рисунок 2.7 – Тарировочные характеристики

●-экспериментально при действии на зажим 4 деформированного образца вынужденных механических колебаний датчиком 11 фиксировалось изменение скорости колебаний зажима 3. По каналам связи посредством контроллера информация передавалась в микропроцессор, который с учётом полученной ранее зависимости $[V(x) = f(\sigma)_{\varepsilon=const}]$ рассчитывал параметры с визуализацией на экране монитора релаксации напряжения $\sigma(t)$ в реальном режиме времени.

При исследовании предлагаемого метода важно было оценить погрешность измерительного воздействия, т.е. определить влияние непосредственно механических колебаний на динамику релаксации напряжения образца. Для этих целей проводились исследования процесса релаксации напряжения при постоянном действии механических колебаний и через фиксированные промежутки времени.

Экспериментальные данные имели расхождения в интервале от 4-х процентов на начальном этапе процесса релаксации напряжения до 2-х процентов в завершающей его стадии, что соизмеримо с погрешностями используемых измерительных приборов и случайным отклонением начальных значений физико-механических свойств материалов. Учитывая, что в технологическом смысле нас интересует в основном продолжительность релаксации напряжений при разных режимах обработки всего спектра материалов, обрабатываемых, например, на прессах ВТО, то погрешность по этому показателю следует считать допустимой, чтобы утверждать о достаточно высокой точности предложенного экспериментального метода измерения релаксации напряжения волокнисто-содержащих композитов.

Полученная экспериментальная зависимость носит экспоненциальный характер и, например, для конкретно исследованного материала (драп, арт. 4919) может быть аппроксимирована уравнением вида:

$$\sigma(t)_{\varepsilon=const} = 43.6 + 855.9 e^{-1.05t^{0.58}},$$

где $\sigma(t)_{\varepsilon=const}$ – напряжение в фиксированный момент времени t ; $(43.6 = \sigma_{\infty}, \text{кН/м}^2)$ – равновесная составляющая напряжения; $(855.9 = \sigma_0, \text{кН/м}^2)$ – релаксируемая часть

напряжения; ($a=1.05$ и $\kappa=0.58$) – кинетические коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств волокнисто-содержащих материалов и действия внешних факторов.

Анализ полученных численных значений и формы экспериментальной зависимости говорит о том, что вид этой зависимости соответствует формуле Кольрауша–Слонимского [40] и является достаточным подтверждением возможности использования механических колебаний для исследования параметров НДС легкодеформируемых волокнисто-содержащих материалов.

Результаты экспериментальных исследований релаксации напряжения при постоянной деформации волокнисто-содержащих материалов показали, что использование механических колебаний следует считать одним из перспективных методов исследования НДС текстильных материалов. Однако с учётом сложностей технического характера организации исследований эксперименты проводились в ограниченном диапазоне параметров вынужденных колебаний образцов для каждого вида материала.

Важность исследований, связанных с поиском и разработкой экспериментальных методов оценки релаксации напряжения при фиксированном значении деформации материала, определяется также требованиями к качеству выполнения термомеханических процессов и целого ряда других технологических операций.

В практике производства швейных изделий продолжительность процесса влажно-тепловой обработки (ВТО), как один из критериев производительности и качества выполнения операции, определяется экспериментальным путём и зависит от волокнистого состава материала, давления прессподушки, параметров паровоздушной среды и других технологических и технических факторов. И если принять уровень давления, волокнистый состав, режим влагоотсоса, параметры паровоздушной среды и их фазовое взаимодействие, как входные факторы, то продолжительность операции ВТО по условию обеспечения требований к качеству процесса формования, будет являться функцией отклика. Задачу можно формулировать и в других постановках, например, когда по известному волокнистому составу материала, уровню технологического давления прессподушки, фазовому

взаимодействию факторов и фиксированному промежутку времени, необходимо определить параметры паровоздушной среды, обеспечивающей требуемое качество операции ВТО и т.д.

Таким образом, меняя условия и факторы влияния местами, можно решать задачу проектирования процесса ВТО по разным заданным условиям и реально действующим ограничениям.

Если технологическое давление, параметры паровоздушной среды и характеристики обрабатываемого материала могут быть определены известными инструментальными методами [59], то измерение релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации материала до сих пор вызывает трудности технического характера вследствие практического отсутствия до сих пор эффективных физических методов. Поэтому задачи по определению продолжительности операции формования практически решались и продолжают решаться итерационным методом через повторение натуральных экспериментов с визуальной оценкой качества процесса, что не даёт достаточных оснований для объективной оценки степени его завершённости.

До сих пор не представлялось также возможным дать количественную оценку влияния параметров паровоздушной среды и других факторов на скорость процесса релаксации напряжения в формуемом изделии. Это подтверждается и значительными колебаниями (в разы) рекомендуемой продолжительности ведения процесса [58]. Вопрос инструментальной количественной оценки влияния параметров паровоздушной среды на скорость релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации оставался в значительной степени открытым.

На базе созданного и описанного выше экспериментального стенда (см. рис.2.5) и разработанной методики проведены исследования скорости релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации в зависимости от параметров паровоздушной среды.

Методика экспериментальных исследований по определению зависимости $\sigma(\tau)_{\Theta_i=const}$, где Θ_i - уровни варьирования температуры паровоздушной среды, τ - время релаксации напряжения материала, заключалась в том, что деформиро-

ванный образец помещался в термокамеру 13, куда по программе эксперимента подавалась паровоздушная среда варьируемой температуры. Одновременно с подачей пара и достижением заданного режима образец со стороны одного из зажимов 4 подвергался вынужденным механическим колебаниям.

Результаты экспериментальных исследований кинетики релаксации напряжения при уровнях варьирования температуры паровоздушной среды до 180⁰С представлены на рисунке 2.8 соответственно для пальтовой и костюмной группы тканей (арт. 4655 и 2330).

На базе полученных и обработанных результатов экспериментальных исследований по тарировочным характеристикам, построены зависимости продолжительности релаксации напряжения при фиксированной деформации, как функция температуры паровоздушной среды, т.е. $\tau = f(\Theta^0C)$.

При постановке эксперимента важно было определить степень относительного влияния параметров паровоздушной среды на скорость релаксации напряжения для материалов разных видов. Для установления этого влияния процесс релаксации напряжения при постоянной деформации рассматривался в фиксированные промежутки времени (τ_i).

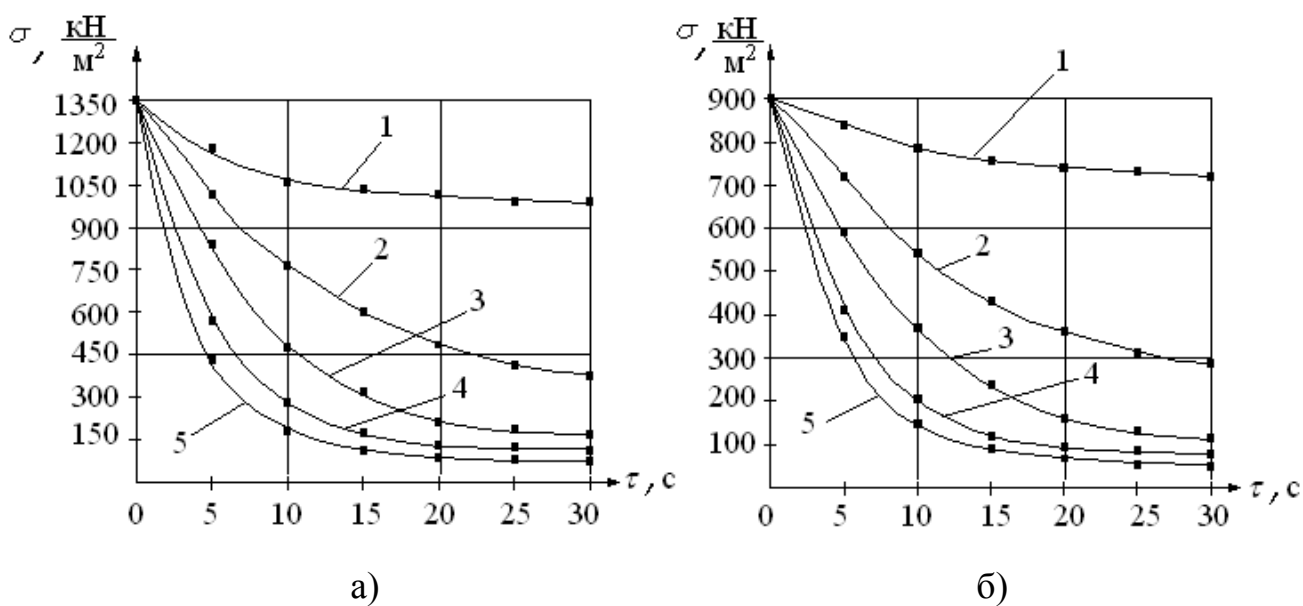


Рисунок 2.8- Кинетика процесса релаксации напряжений при постоянной деформации: а) костюмная группа тканей (арт.2330); б)пальтовая группа тканей (арт.4655) 1-20⁰С; 2-60⁰С; 3-100⁰С; 4-140⁰С; 5-180⁰С.

Процентные соотношения релаксации напряжения ($\xi, \%$) для различных видов материалов определялись по экспериментально- расчётным значениям:

$$\Delta\sigma(\Theta_i)_{\tau_i=const} = \sigma_0 - \sigma_{\tau_i};$$

$$\xi_i = \frac{\Delta\sigma(\Theta_i)_{\tau_i=const}}{\sigma_0} 100\%.$$

На рисунке 2.9 представлены расчётные результаты рассматриваемых соотношений в зависимости от параметров термомеханического воздействия для материалов пальтовой и костюмной групп тканей, как наиболее часто обрабатываемых по приданию им пространственной конфигурации формованием на прессах ВТО.

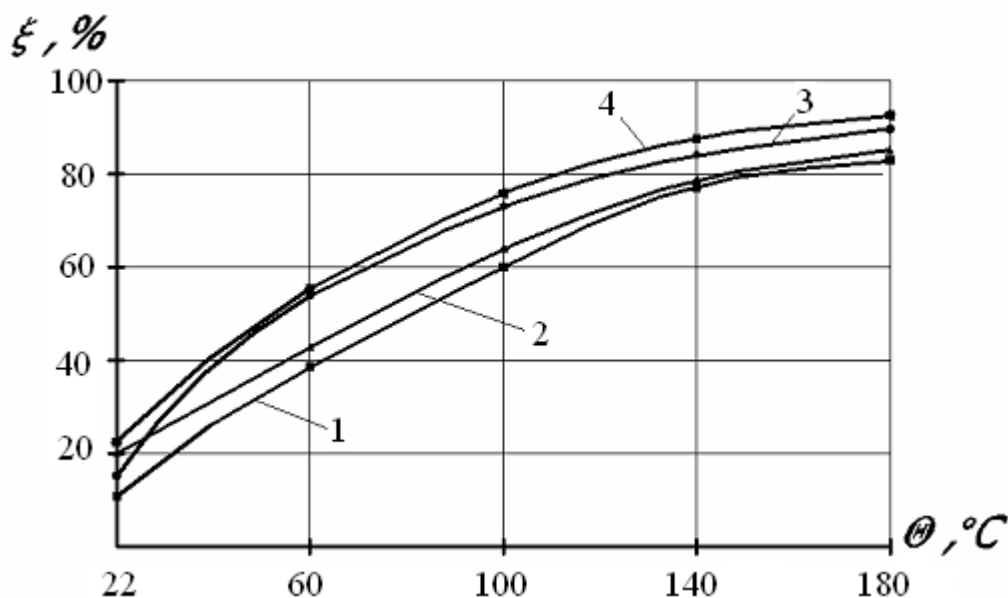


Рисунок 2.9 - Расчётные соотношения релаксации напряжения для различных видов материалов

Практическое совпадение полученных графиков по форме и количественным значениям для фиксированных промежутков времени следует считать подтверждением возможности использования разработанного метода для исследования релаксационно-деформационных характеристик мягких волокнисто-содержащих композитов, кинетики процессов и установления продолжительности формования изделий при разных режимах обработки.

На базе проведенных экспериментальных исследований установлено, что

степень влияния параметров термомеханического воздействия на скорость релаксации напряжения при фиксированной деформации композитов носит нелинейный характер, но их относительные значения для различных видов материалов в фиксированный промежуток времени практически равны, что соответствует теоретическим представлениям о физике процесса.

Теоретические исследования, предложенная методика исследований и полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что релаксация напряжения при фиксированной исходной деформации для разных материалов представляет собой экспоненциальную функцию с различными коэффициентами, зависящими от характеристик волокнистого состава материалов и параметров внешнего воздействия.

2.2 Оптоэлектронный метод исследования деформационно-релаксационных процессов легкодеформируемых материалов

Обеспечение минимума деформации при подготовке материалов к раскрою посредством различных технических средств или технологических приёмов, в частности, созданием компенсационной петли на тракте движения материала [30] необходимое, но недостаточное условие. При движении ткани по траектории, представляющей цепную линию определённой длины, происходит только частичная компенсация деформации (деформационной предыстории).

Для достижения практически полной релаксации деформации должен быть обеспечен весьма значительный промежуток времени нахождения материала в относительно свободном ненагруженном состоянии. Но с точки зрения эффективности процесса обеспечение этих условий нерационально или технологически невозможно. Поэтому на предприятиях для ускорения процесса декатировки материал обрабатывают паровоздушной средой или его проводкой через специальную термокамеру, обеспечивая тем самым релаксацию деформационной предыстории.

При этом продолжительность внешнего теплового воздействия зависит от волокнистого состава материала, степени исходной деформации, параметров паровоздушной среды. И в каждом конкретном случае необходимо согласно технологическим требованиям экспериментально устанавливать параметры термомеха-

нической обработки.

Для исследования влияния термомеханических факторов на продолжительность релаксации вязкоупругой составляющей деформации материалов в требуемом диапазоне параметров паровоздушной среды была разработана и создана специальный экспериментальный прибор, который позволяет с достаточно высокой точностью проводить необходимые исследования и определять время релаксации деформаций для различных условий ведения процесса.

Отличительной особенностью измерительной схемы этого прибора является использование в качестве информативного параметра перемещение контрольной метки, установленной на специальном монтажно-измерительном элементе, обладающим значительно меньшими, по сравнению с изучаемыми материалами, деформационными свойствами.

Монтажно-измерительный элемент непосредственно связан с испытуемым образцом для его нагружения (деформации), но вынесен, за исключением узкой монтажной полоски, из зоны воздействия паровоздушной среды. Поэтому считывание оптоэлектронными средствами перемещения контрольной метки элемента, как информативного параметра НДС материала, практически не зависит от его деформационно-релаксационных свойств и термомеханических факторов, так как этот элемент в процессе измерения находится в условиях действия нормальных температур.

Экспериментальный образец стенда-прибора (рис. 2.10) содержит термокамеру 1 с внутренним теплоизоляционным покрытием 2 и нагревательными элементами 3; подвижно-съёмную кассету 4, представляющую собой каркас с перфорированной и покрытой тефлоном 5 пластиной 6, часть которой с неподвижным зажимом 7 для одного среза испытуемого образца, расположена непосредственно внутри тепловой камеры 1, а вторая часть – вне её. Специальный монтажный элемент 8 с нанесённой на ней контрольной меткой в деформационно-релаксационном процессе скользит по поверхности специального тефлонового покрытия. Регулируемая по расходу система подачи рабочей среды представляет собой обойму 9 с конденсатоотводчиком и возможностью изменения её положе-

ния в пространстве термокамеры 1 относительно испытуемого образца материала.

В состав прибора также входят: система измерения деформационно-релаксационных параметров 10, которая выполнена оптоэлектронной и скоммутирована через блок сопряжения с микропроцессором 11, механизм нагружения и разгрузки испытуемого материала, состоящий из подвижного зажима 12, тросика 13, перекинутого через блок 14 и переменного груза 15.

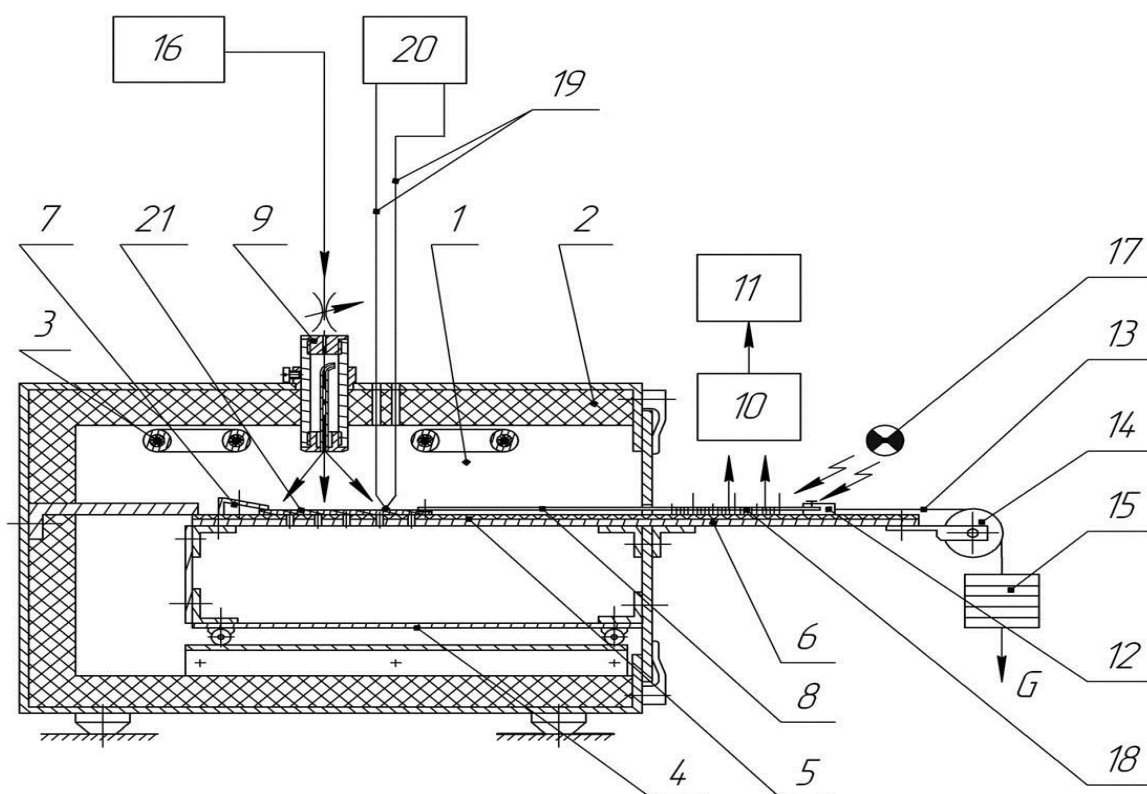


Рисунок. 2.10 - Структурная схема опытного прибора для исследования НДС легкодеформируемых материалов

Для обеспечения технологических требований, воспроизводимости эксперимента и точности исследований в состав устройства дополнительно входят: система подачи и регулирования паровоздушной среды 16, элемент для подсветки контрольной линии 17 и оцифрованная шкала 18. В качестве датчика температурного режима в термокамере установлена медь-константановая термопара 19, которая посредством аппаратных средств 20 позволяет измерять непосредственно температуру рабочей среды и образца.

Посредством разработанного экспериментального прибора была выполнена программа экспериментальных исследований деформационно-релаксационных характеристик волокнисто-содержащих легкодеформируемых композитов, в

частности, образцов текстильных и трикотажных материалов. Образцы выбирались как с деформационной предысторией (т.е. без предварительной декатировки), так и с предварительным снятием деформации известными методами [60].

Методика эксперимента была следующей. Перед исследованием испытуемые образцы укладывались на перфорированную, покрытую тефлоном, пластину 6 и одним срезом фиксировались неподвижно в зажиме 7. Тефлоновое покрытие пластины при усадке материала обеспечивало минимальный коэффициент его трения о пластину, а её перфорация совместно с пластиной создавала возможность циркуляции и равномерность распределения рабочей среды в области расположения образца 21. Затем подвижно-съёмная кассета 4 с образцом загружалась в термокамеру и фиксировалась в заданном положении. Образцы материалов разных ассортиментных групп размерами 100×50 мм подвергались варьируемому нагружению с определением их деформации по перемещению контрольной метки для различных условий внешнего воздействия, фиксируемой оптоэлектронной системой.

При этом регистрация перемещения контрольной метки на монтажном элементе осуществлялась в реальном режиме времени посредством цифровой фотокамеры и микропроцессора 11. Фрагмент записи процесса в реальном режиме времени представлен на рисунке.2.11.

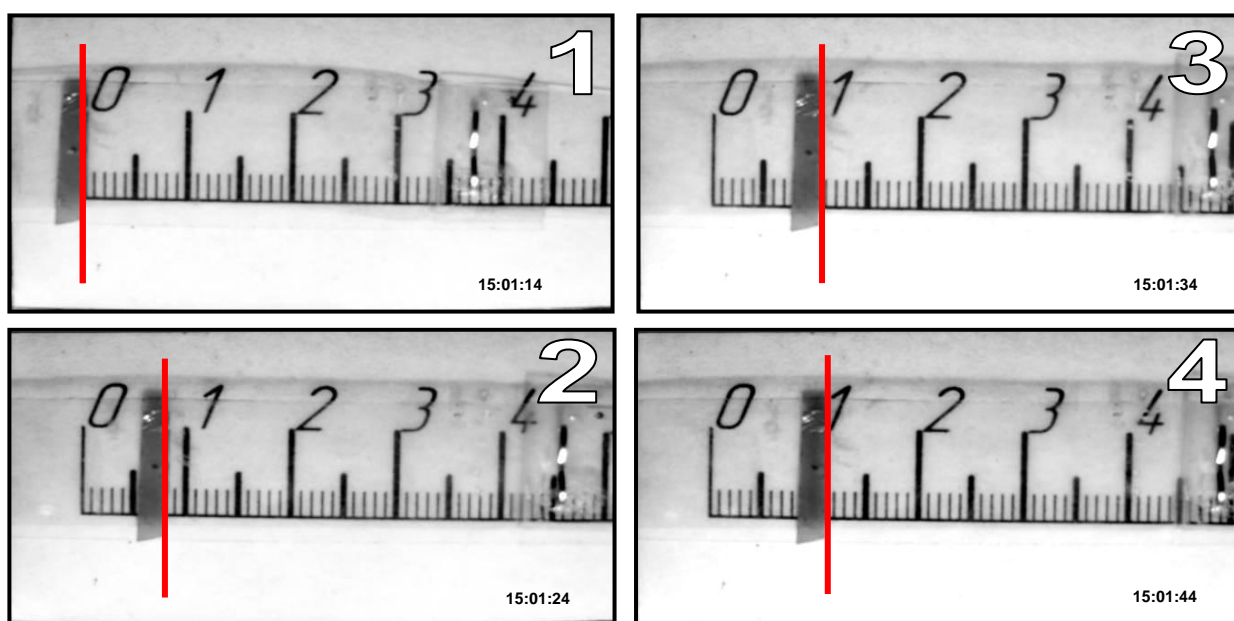


Рисунок. 2.11 - Цифровые фотоснимки перемещения контрольной линии

После снятия нагрузки и известной при этом деформации в термокамеру подавалась паровоздушная среда в диапазоне температур от 20^0C до 140^0C и происходил процесс усадки материала, что определялось перемещением контрольной линии, фиксируемой оптоэлектронной системой.

Фрагменты результатов исследований, в частности, графики процесса релаксации деформации ткани с эластаном без предварительной декатировки, т.е. $\varepsilon_0 \neq 0\%$ и трикотажа (волокнистый состав-100% полиэстер) с предварительной декатировкой, т.е. $\varepsilon_0 = 0\%$, представлены на рисунках.2.12 и 2.13.

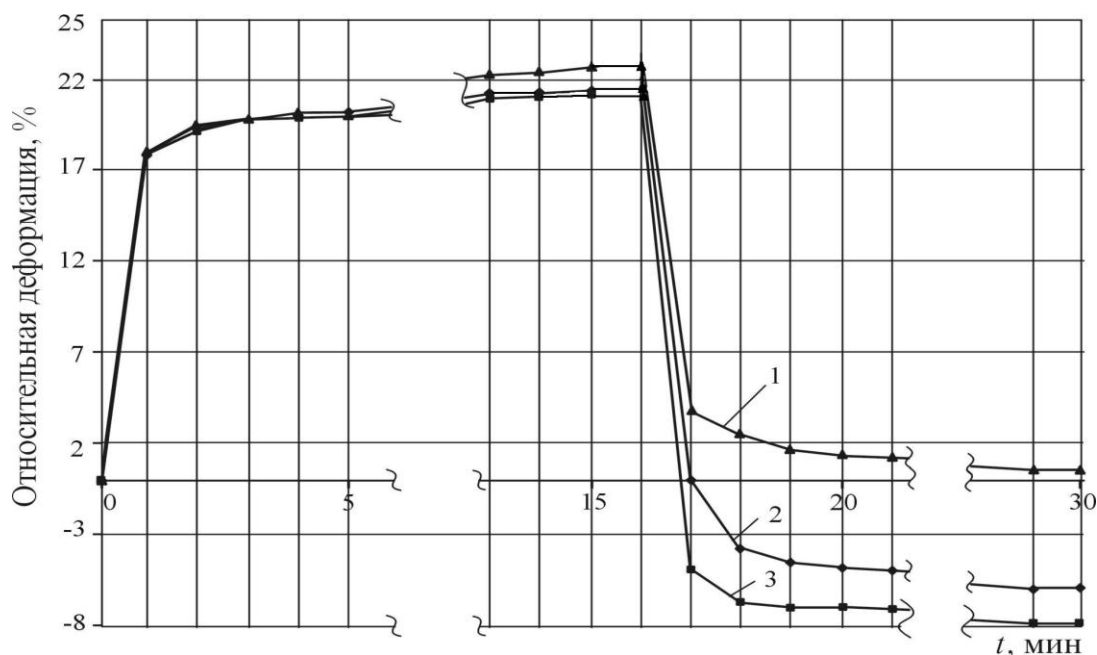


Рисунок 2.12 - Графики релаксации деформации ткани с эластаном при $\varepsilon_0 \neq 0\%$; $P_n = 5H$; 1 - 20^0C ; 2 - 80^0C ; 3 - 140^0C .

Анализ экспериментальных данных показывает, что полученные графики аналогичны по своему виду, но значительно отличаются продолжительностью процесса и потенциальными значениями остаточных деформаций, зависящих от предыстории, условий нагружения, физико-механических свойств материалов и параметров паровоздушной среды.

Такая характерная зависимость при действии паровоздушной среды наблюдается как для материалов, имеющих деформационную предысторию, так и предварительно подвергшихся усадке.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что для материалов с

предысторией напряжённо-деформированного состояния график релаксации деформаций (рис.2.13) находится в условно «отрицательной области», представляющей собой продолжение процесса усадки, и характеризует собой деформационное состояние материалов в рулоне перед началом их технологической переработки в изделия.

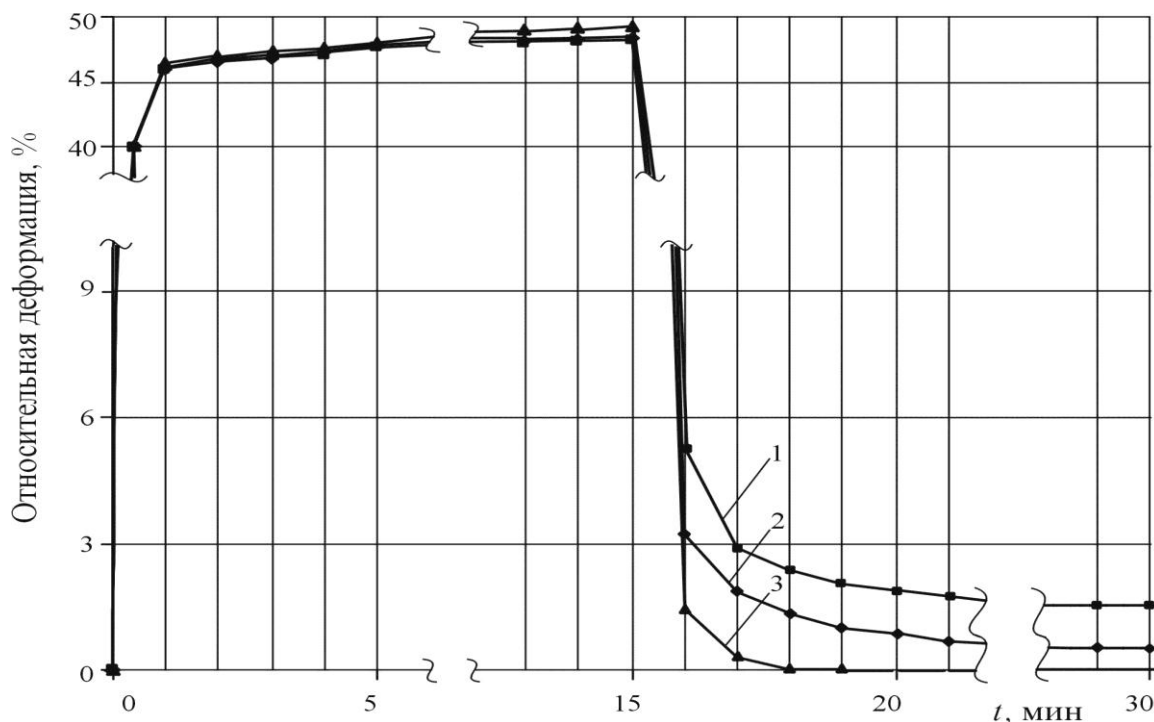


Рисунок 2.13 - Графики релаксации деформации трикотажа (полиэстер 100%) при $\varepsilon_0 = 0\%$; $P_n = 5H$; 1 - 20°C; 2 - 80°C; 3 - 140°C

Если исходить из задач по определению соответствия действительных величин усадок регламентированным значениям [61] прибор позволяет реализовать необходимые условия посредством их варьирования в требуемом диапазоне параметров паровоздушной среды.

Из результатов экспериментальных исследований следует, что при наличии вязкоупругой составляющей деформации материала процесс релаксации практически завершается в зависимости от параметров паровоздушной среды в диапазоне температур 20-140°C за время от двух до пяти минут.

Полученные экспериментальные данные являются исходными для проектирования усадочных процессов и могут служить в качестве информационных параметров при создании декатировочного оборудования. Принципиально важно и

то, что при транспортировании и контактном взаимодействии материалов с рабочими органами технологического оборудования необходимо искать такие технические решения, при которых деформации не должны превышать условно упругие значения.

2.3 Методика и результаты исследований НДС движущегося материала посредством стробоскопического эффекта

Если практикуемые производственные технологии и действующее оборудование не позволяют устранить появляющиеся деформационные явления, сопровождающиеся изменениями в макроструктуре материалов, то необходимо иметь возможности их прогнозирования и учёта влияния на выходные параметры объекта, что принципиально может быть решено посредством современных измерительных систем и информационных технологий проектирования процессов и технических средств их обеспечения.

При создании технологического оборудования для подготовительных операций одним из критериев проектирования исполнительных механизмов и расчёта рабочих органов являются требования по ограничению уровня контактного нагружения и снижения деформаций при выполнении процессов физико-механической обработки многих легкодеформируемых материалов. Тем самым могут быть сформированы критериальные требования к исполнительным механизмам и рабочим органам технологического оборудования.

Для проведения экспериментальных исследований деформационных характеристик материалов при их взаимодействии с рабочими органами технических средств обеспечения подготовительных операций авторами разработан и апробирован принципиально новый бесконтактный метод измерения структуры и НДС движущегося материала, базирующийся на стробоскопическом эффекте [62,63].

Использование этого метода позволило значительно упростить организацию экспериментальных исследований в лабораторных и производственных условиях и определить деформационную составляющую движущегося материала в процессе выполнения размоточно-намоточных и настилочных операций в номинальном режиме эксплуатации технологического оборудования.

Рассмотрим аналитические исследования возможности оценки НДС легкодеформируемых материалов сетчатой структуры по изменению линейных параметров элементов переплетений при действии технологических нагрузок. При этом введем следующие допущения:

- поперечные сечения нитей основы, утка или пряжи (для варианта трикотажных переплетений) принимаются в моделируемых пределах нагружения образца неизменно круглыми;

- деформация материала обусловлена только макроструктурными изменениями, полагая, что диапазон нагружения не превышает допустимых значений, за пределами которых деформационный процесс принимает иной характер.

На рисунке 2.14 показан условный продольный разрез текстильного материала полотняного переплетения.

Согласно принятым допущениям радиусы нитей утка (r_y) и основы (r_o) постоянны, а геометрические характеристики макроструктуры a , l_1 и h изменяются при внешнем силовом воздействии. Причём область изменения шага переплетения h находится в пределах

$$2(r_y + r_o) < h \leq AB. \quad (2.65)$$

Определим параметр AB из построения.

$$AB = AC + CD + DB. \quad (2.66)$$

Согласно принятым допущениям следует, что при изменении структуры материала возможные перемещения каждого элемента переплетения AB равны по величине. Для определения линейного параметра AB при нагружении образца необходимо знать углы β и α .

По построению $\beta = \pi - 2\alpha - 2\gamma$. Из прямоугольного треугольника OO_1Q :

$$a = h \operatorname{tg} \alpha \rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \frac{a}{h} = \operatorname{arctg} \frac{\delta - 2r_y}{h}, \quad (2.67)$$

Из треугольника $OCK \rightarrow OC = \rho = OK \cdot \cos \gamma$, $OK = \frac{1}{2} OO_1 = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{h^2 + a^2}$.

Тогда
$$\rho = \frac{1}{2} \sqrt{h^2 + a^2} \cos \gamma; \quad \gamma = \arccos \frac{2\rho}{\sqrt{h^2 + a^2}}. \quad (2.68)$$

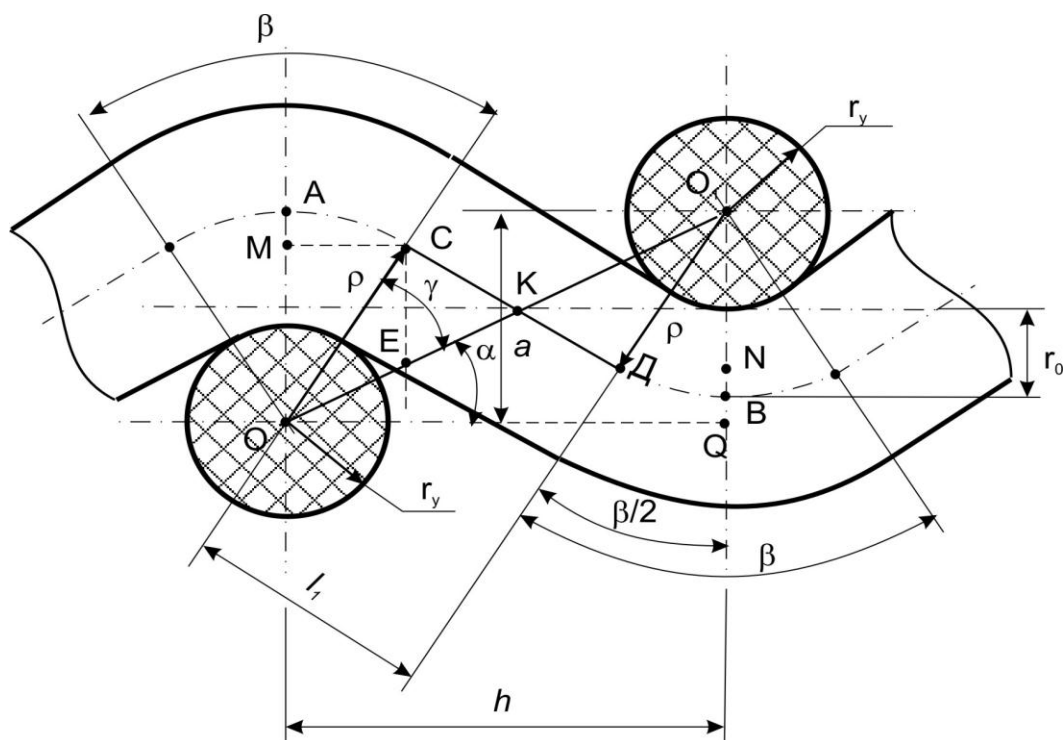


Рисунок 2.14 - Расчётная схема шага полотняного переплетения

Преобразуя систему уравнений (2.65...2.68), определим основные геометрические параметры переплетения:

$$\rho = r_y + r_0;$$

$$\beta = \pi - (2 \arccos 2\rho / \sqrt{h^2 + a^2}) - 2 \arctg a/h; \quad (2.69)$$

$$AB = \rho\beta + \sqrt{\left(2\rho \cos \frac{\beta}{2} - a\right)^2 + \left(h - 2\rho \sin \frac{\beta}{2}\right)^2} = const. \quad (2.70)$$

Параметры ρ , a и h определяются характеристиками материалов и предварительными измерениями. Выражение (2.70) позволяет обосновать размерные изменения в структуре материала и принципиальную возможность их количественной оценки инструментальными, в частности, оптическими средствами.

Если для определения деформации элементов структуры материала под действием статической нагрузки может быть использован оптико-визуальный метод оценки наблюдаемого явления, то для исследований НДС движущегося материала в номинальном режиме работы оборудования необходим был поиск принципиально иного технического подхода к решению задачи. В частности, для решения этой задачи было предложено использовать стробоскопический эффект,

наступающий при синхронизации частоты работы строботометра с линейной скоростью материала, движущегося по технологическому тракту [62].

Введём обозначения: h_0 -раппорт (шаг) переплетения материала в недеформированном (исходном) состоянии; h_i - шаг переплетения материала в i -ом напряжённо-деформированном состоянии; ξ_0 - синхронизирующая частота строботометра; V_0 -линейная скорость движения материала; τ_0 - время пошагового перемещения раппорта переплетения материала в недеформированном состоянии.

Запишем соотношения введённых параметров:

$$\tau_0 = \frac{h_0}{V_0}; \quad \xi_0 = \frac{1}{\tau_0} = \frac{V_0}{h_0} . \quad (2.71)$$

Согласно (2.71) при известном параметре h_0 по настройке синхронизирующей частоты стробоскопа ξ_0 можно определить скорость перемещения материала (V_0), так как $V_0 = \xi_0 h_0$. Задача может решаться и в другой постановке: по известной скорости V_i и частоте синхронизации ξ_i определяется h_i , т.е. определяется изменение шага переплетения.

При определении размера раппорта переплетения материала в недеформированном (свободном) состоянии применительно к тому или иному артикулу и синхронизации по нему работу строботометра, то его частота при заданной скорости V_0 может служить информативным параметром НДС для этого вида материала. Если приложить к движущемуся материалу силовое воздействие T_i неизвестной величины, то по частоте стробозффекта можно определить изменённый параметр h_i материала, т. е. $h_i = V_0 / \xi_i$, и, как следствие, его деформацию, которая будет равна:

$$\varepsilon = \frac{(h_i - h_0)100}{h_0} = \frac{(V_0 / \xi_i - V_0 / \xi_0)100}{V_0 / \xi_0} = \left(\frac{\xi_0}{\xi_i} - 1 \right) \cdot 100\% . \quad (2.72)$$

По экспериментальным значениям ξ_0 и ξ_i можно построить диаграмму «деформация–частота синхронизации» для того или иного артикула материала, а затем, зная $\varepsilon = \varphi(T_i)$, рассчитать действующие натяжения T_i .

Таким образом, если измерение базового (исходного) и переменного значений h_0 и h_i выполняется на одном и том же оборудовании и с той же скоростью движения материала, то теоретически эту скорость знать совсем не обязательно. В этом случае достаточно определить синхронизирующую частоту строботачометра ξ_i .

Чтобы пересчитать параметр ξ_0 для недеформированного материала на другую скорость его движения необходимо выполнить преобразование вида:

$$\xi_i = \frac{\xi_0 \cdot V_i}{V_0}, \quad (2.73)$$

где ξ_i – новое значение синхронизирующей частоты строботачометра для другой скорости движения материала (V_i).

Таким образом, методика определения натяжения материала (T) и его деформации (ε) по значению частоты синхронизации (ξ) может быть сведена к следующему алгоритму:

- предварительно определяется раппорт переплетения артикула h_0 в исходном недеформированном состоянии и синхронизирующая частота стробоскопа ξ_0 для заданной скорости движения материала V_0 и его ширина b ;
- измеряется синхронизирующая частота ξ_i для i -ого напряжённо-деформированного состояния движущегося материала;
- определяется относительная деформация материала при его контактном взаимодействии с рабочими органами технологического оборудования:

$$\varepsilon = \left(\frac{\xi_0}{\xi_i} - 1 \right) \cdot 100\%,$$

- по тарифовочному графику «натяжение–деформация» $\varepsilon = \varphi(T)$ определяется натяжение материала в технологической зоне его обработки.

Для апробации предложенного способа измерения деформационных параметров легкодеформируемых материалов был разработан специальный опытный прибор, позволяющий проводить исследования НДС материалов, как в лабораторных, так и производственных условиях.

На рисунках 2.15 и 2.16 представлены схема измерения и вид экспериментального прибора для проведения исследований НДС материала $\varepsilon = f(T)$ и построения тарировочной характеристики измерительной системы $\xi = f(T)$.

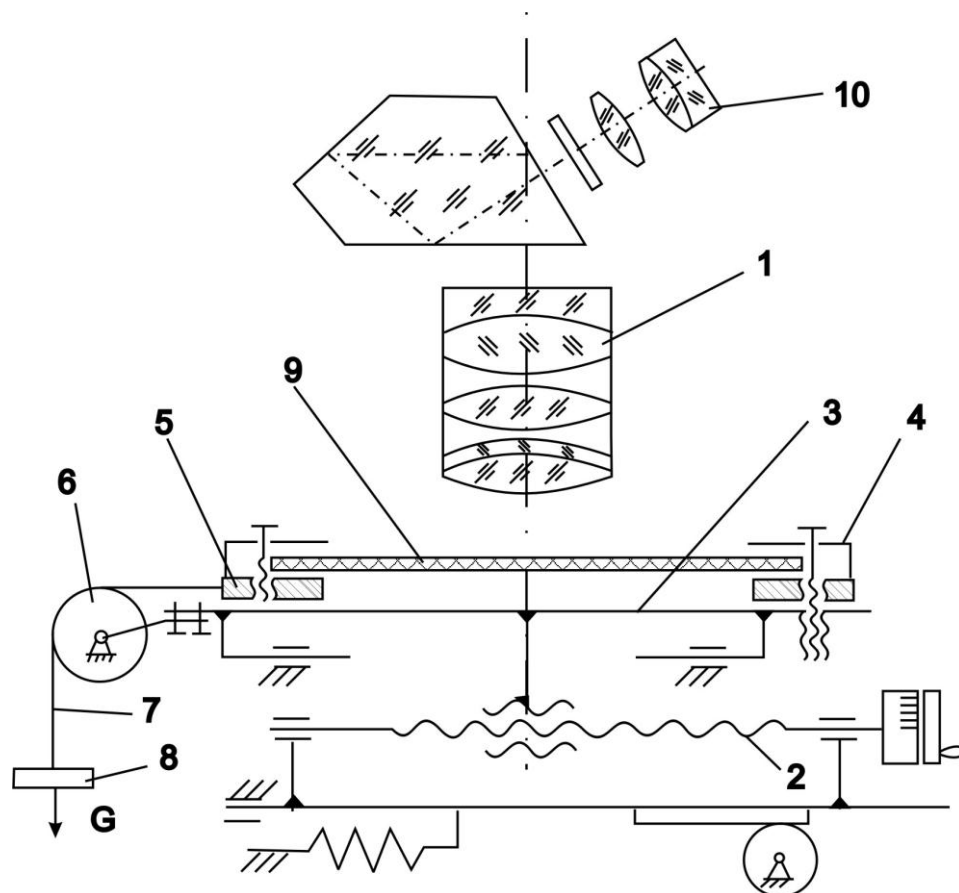


Рисунок 2.15 - Схема экспериментального стенда

Стенд-прибор представлял собой стандартные аппаратные средства и специально изготовленное приспособление. Приспособление (см. рис. 2.15) состоит из горизонтальной платформы 3, неподвижного 4 и подвижного зажимов 5 для установки образца 9, свободно вращающегося блока 6, подвески 7 с грузами 8. Для определения параметра h в свободном и нагруженном состоянии образцов материала использовались элементы микроскопа марки ММИ, в частности, его объектив 10, тубус для фокусирования изображения переплетения и микрометр 2. Микроскоп марки ММИ обеспечивал 50-ти кратное увеличение с абсолютной погрешностью измерения линейных параметров ± 0.005 мм.

Приспособление обеспечивало горизонтальное размещение и перемещение образца под действием растягивающих усилий в соответствии с выбранным диапазоном нагружения.

В качестве контрольного участка для измерения деформации материалов

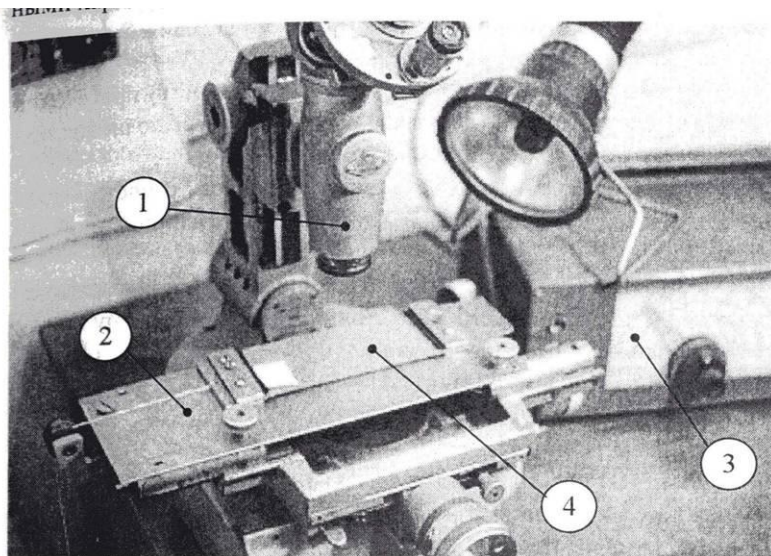


Рисунок 2.16 - Вид экспериментального прибора; 1-микроскоп; 2-спецприспособление; 3- строботахометр; 4-материал

был принят один раппорт переплетения (h), определяемый расстоянием между нитями утка для тканей или петельным шагом трикотажного переплетения (рис. 2.17 и 2.18).

В отличие от традиционных методов исследования деформационно-релаксационных процессов, когда измеряется изменение

линейных параметров всего образца, предлагаемый метод позволял посредством синхронизации скорости перемещения шага переплетения с частотой импульсов генератора строботахометра наблюдать деформационную картину одного или нескольких его элементов.

Допустим, что шаг переплетения материала определённого артикула в свободном недеформированном состоянии равен h_0 . Если приложить усилие T_i к подвижному концу образца, то изменится величина шага переплетения до значения h_i . Деформация в этом случае равна:

$$\varepsilon_i = \frac{h_i - h_0}{h_0} 100\%.$$

Путём совмещения вертикальной оси шкалы микроскопа с вершинами нитей в точках 1 и 2 (рис. 2.19) приращение шага Δh_i определялось как разность показаний микрометра продольного перемещения, что и является характеристикой НДС материала.

В качестве базового измерительного участка было выбрано h_0 , как среднее значение из пяти раппортов переплетений (рис.2.20). Выбор такого количества

элементов структуры материала был обусловлен визуальным восприятием измеряемой зоны, ограниченной зрительным полем микроскопа, в частности, для ММИ, равным 7мм.

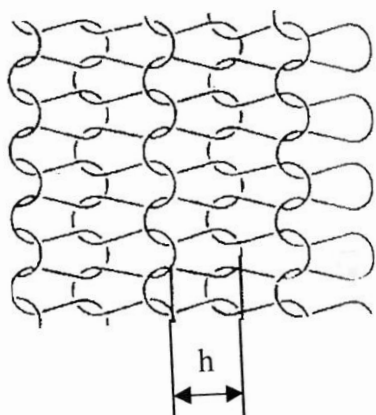


Рисунок 2.17

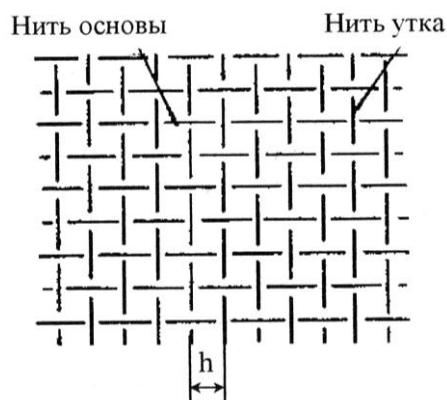
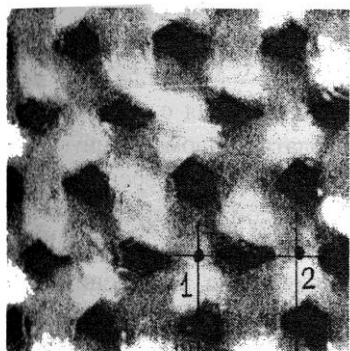
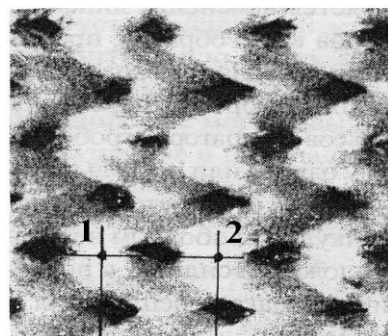


Рисунок 2.18



а)



б)

Рисунок 2.19 - Фотоизображение структуры движущихся раппортов переплетения образца: а) в ненагруженном состоянии; б) при нагружении

Так как установочная деталь измерительного стола микроскопа не превышала по конструктивным ограничениям 200мм, то, учитывая элементы крепления образца, его активная длина могла быть не более 150мм. Наибольшая ширина устанавливаемой детали на измерительную часть стола микроскопа также по конструктивным ограничениям не могла превышать 60мм. При этом ширина испытуемого образца « b » и прикладываемое к нему усилие должны быть соотнесены к полной ширине материала в рулоне « B » и реально действующему натяжению (T_p) на разных операциях подготовки материалов к раскрою, т. е. $T_p = \frac{Tb}{B}$, Н.

Так, например, при ширине материала 1.4м и его нагружении в реальных условиях обработки до 80-100Н моделируемое физическое усилие не должно бы-

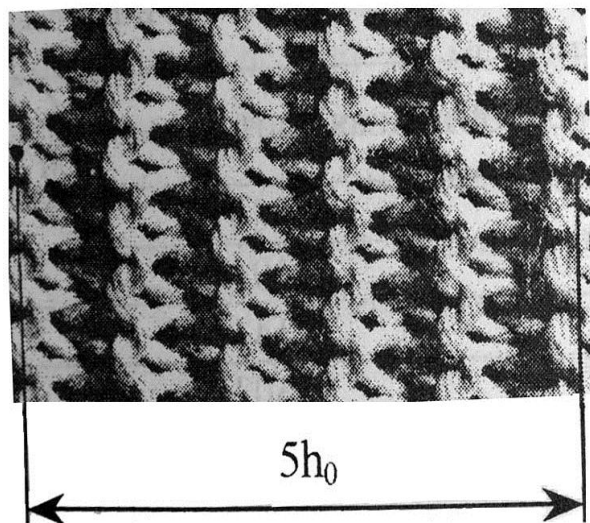


Рисунок 2.20.

диапазона варьирования условно упругих и вязко-упругих свойств, характерных для материалов, используемых в производстве одежды женского и мужского ассортимента.

Шаг варьирования нагрузки образцов в диапазоне $0 \dots 1$ Н составлял 0.2Н, а в диапазоне до 4Н - 1Н. Такие уровни и диапазоны варьирования обоснованы тем, что область перехода деформационных характеристик материала из зоны условно упругих составляющих в область вязкоупругих предположительно находится в первом диапазоне нагружения. Поэтому с целью более точного определения переходной зоны деформационных характеристик материалов уровни варьирования были выбраны разными, одновременно полагая, что внутри каждого из диапазонов нагружения характеристики «натяжение–деформация» носят зависимости, близкие к линейным.

Разрешающая способность измерительной части экспериментального стенда позволяла измерять параметр h с погрешностью не более 1%, т. е. построить тарировочные графики «натяжение–деформация» для материалов с разными деформационными характеристиками с достаточно высокой точностью.

Организация и условия проведения экспериментальных исследований определялись диапазоном внешних силовых воздействий и учётом других факторов,

ло превышать 4Н, что и определило область варьирования этого параметра при проведении экспериментальных исследований.

Экспериментальные исследования с целью построения тарировочных характеристик $\varepsilon = f(T)$ проводились с образцами материалов, указанными в табл. 2.3 Образцы подбирались с учётом предположительно необходимого

приведённых в соответствие к реальным условиям проведения технологических операций, в частности:

- внешние параметры (температура и влажность) проведения технологических экспериментов соответствовали реальным производственным условиям;
- натяжение опытных образцов определялось расчётным путём и приведением реально действующих сил к единице ширины материала;
- вектор приложенных усилий совпадал с направлением движения материала по технологическому тракту.

Таблица 2.3

Артикул материала	Толщина материала, мм	Объёмная плотность, $\frac{кг}{м^3}$
84	0.7	286
61983	1.2	194
21	1.0	144
3716	0.7	302

Результаты исследований отражены на тарировочных графиках $\varepsilon = f(T)$ (см. рис. 1.10). Полученные зависимости являлись как бы первым этапом постановки эксперимента по определению натяжения материалов по величине их деформации в процессе обработки.

При теоретическом обосновании возможностей использования стробоскопического эффекта для измерения деформации движущихся материалов отмечалось, что в этом случае необходимо иметь диаграмму «натяжение–частота синхронизации»

Для построения этой тарировочной характеристики был использован тот же экспериментальный стенд с подвижной горизонтальной платформой микроскопа (см. рис.2.15), линейная скорость которой известна и равна $V_0 = 0.012 \frac{м}{с}$.

В качестве импульсного источника света использовался стробоскопический тахометр СТ-5. Экспериментальные исследования проводились по той же методике и в той же последовательности нагружения образцов, как и при построении

тарировочной зависимости «натяжение–деформация».

По результатам эксперимента построены тарировочные зависимости $\xi = f(T)$ «натяжение–частота синхронизации» (рис. 2.21) для условий движения материалов с постоянной скоростью V_0 , сопоставление которых с тарировочным графиком «натяжение–деформация» (например, арт. 84) позволяет утверждать о полном их зеркальном подобии (рис. 2.22).

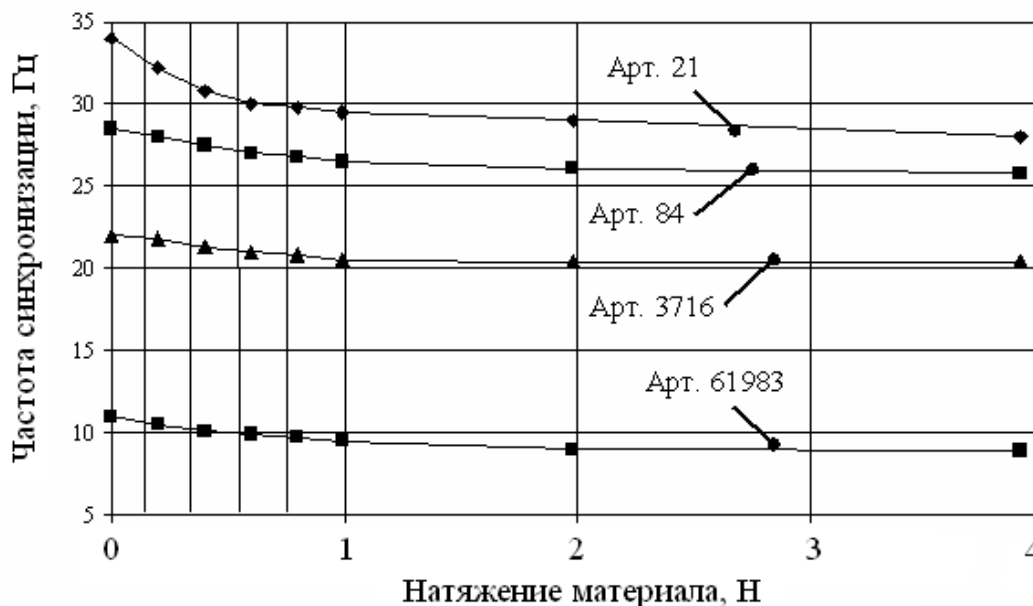


Рисунок 2.21- Диаграммы «натяжение – частоты синхронизации».

Результаты исследований, представленных на рис. 2.23, доказывают возможность применения предлагаемого способа и разработанной методики для исследования НДС движущихся материалов. Кроме того, такой подход даёт основания и возможности по выражениям (2.72 и 2.73) теоретического пересчёта тарировочных графиков «натяжение–деформация» в зависимости «натяжение–частота синхронизации».

Оперируя относительными величинами изменения частот синхронизации (рис. 2.23), представляется возможным исключить зависимость тарировочных параметров от скорости перемещения материала, так как полученные соотношения справедливы для любых её значений. Исходно критериальным параметром остаётся только базовая частота стробоскопического эффекта ξ_0 , определяемая для материалов, находящихся в свободном недеформированном состоянии.

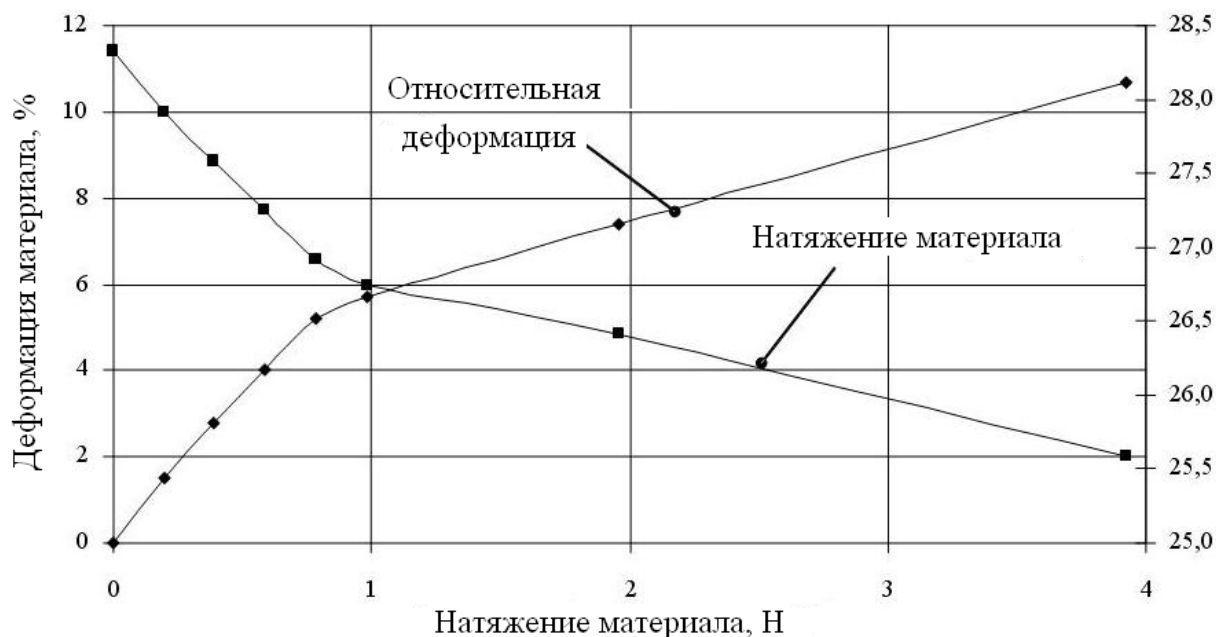


Рисунок 2.22 – Соотношения диаграмм «натяжение – деформация» и «натяжение – частота синхронизации»

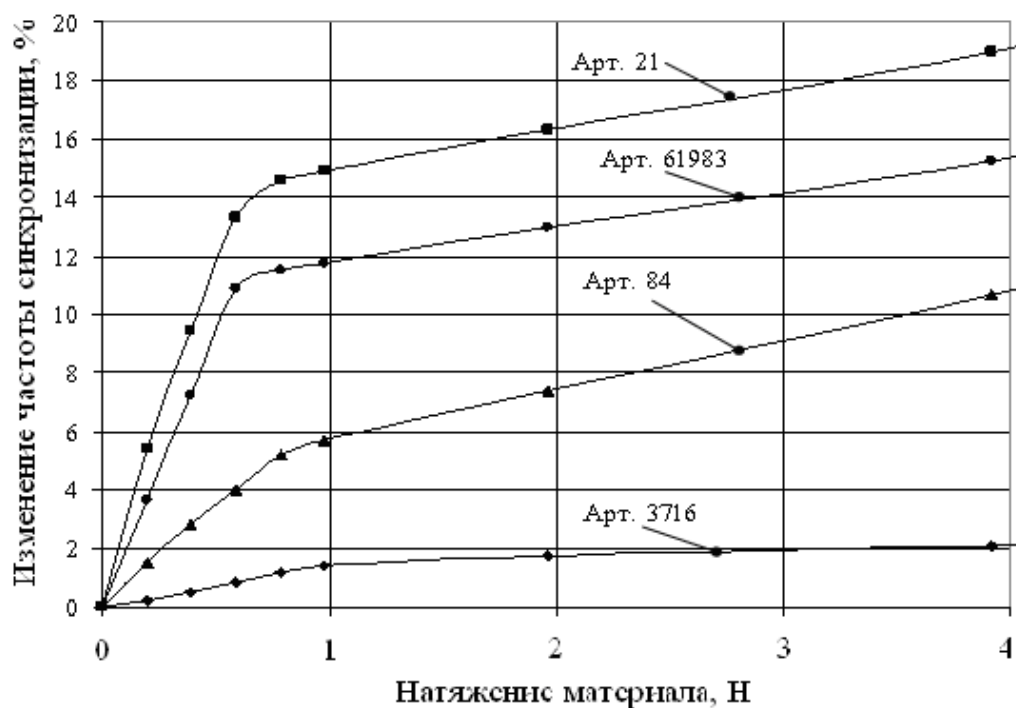


Рисунок 2.23 – Диаграммы изменения частоты синхронизации в зависимости от натяжения материала

В рамках апробации разработанного способа были проведены экспериментальные исследования измерения НДС материалов в процессе их размотки и намотки в рулон. Производственные условия системы размотки материала и его транспортирования при намотке в рулон позволяли обеспечивать постоянную ли-

нейную скорость движения ($V_1 = 0.333 \frac{м}{с}$).

Натяжение материала при размотке определялось между ролягангом и приводным подающим валиком. Деформируемая макроструктура движущегося переплетения визуально различима в микроскопе при подборе синхронизирующей частоты импульсной лампы строботачометра. При совпадении частот работы строботачометра и скорости перемещения одного раппорта переплетения материала в объективе микроскопа устойчиво наблюдается условно неподвижное его изображение. Показания шкалы строботачометра являлись теми исходными данными, по которым определялись величины относительной деформации и натяжения материала. При проведении эксперимента базовые значения частот синхронизации ξ'_0 предварительно пересчитывались с учётом соотношения тарировочной и технологической скоростей движения материала (см. табл.2.4).

Тарировочные же графики «натяжение–частота синхронизации» были использованы для обработки данных физического эксперимента с учётом ширины материала.

Таблица 2.4

Артикул материала	Шаг переплетения материала в недеформ. состоянии, (h_a), мм	Частота синхронизации ξ_0 (Гц) для $V_0 = 0.012 \frac{м}{с}$	Частота синхронизации ξ'_0 (Гц) для $V_1 = 0.333 \frac{м}{с}$
84	0.430	28.3	749.8
61983	1.118	10.9	288.3
21	0.357	34.1	902.4
3716	0.590	20.6	546.4

При проведении экспериментальных исследований синхронизирующие частоты фиксировались при заданных углах поворота рулона, которые определялись по меткам, нанесённым на скалке. Полученные значения частот синхронизации были преобразованы в относительные величины с учётом базовых характеристик

материала, а затем по тарировочному графику (см. рис. 1.10) – натяжение материала с поправками на ширину.

В качестве примера в таблице 2.5 приведены основные параметры материала (арт. 84) и базовые частоты синхронизации.

Таблица 2.5

Арт. м-ла	Толщина м-ла $\delta, м.$	Объёмная плотность м-ла $(\rho), кг/м^3.$	Рапорт $(h_0), м.$	Базовая частота синхронизации $(\xi_0), гц$ при $V_0 = 0.012 м/с.$	Базовая частота синхронизации $(\xi_1) гц$ при $V_1 = 0.333 м/с$
84	0.0007	286	0.00043	28.3	749.6

На рис. 2.24 представлены результаты измерения натяжения материала при размотке посредством приводного рольганга (гр.2) в сопоставлении с расчётными значениями (гр.1) и размотке системой с гибкими приводными рабочими органами (гр.3), разработанной в рамках выполнения программы совершенствования

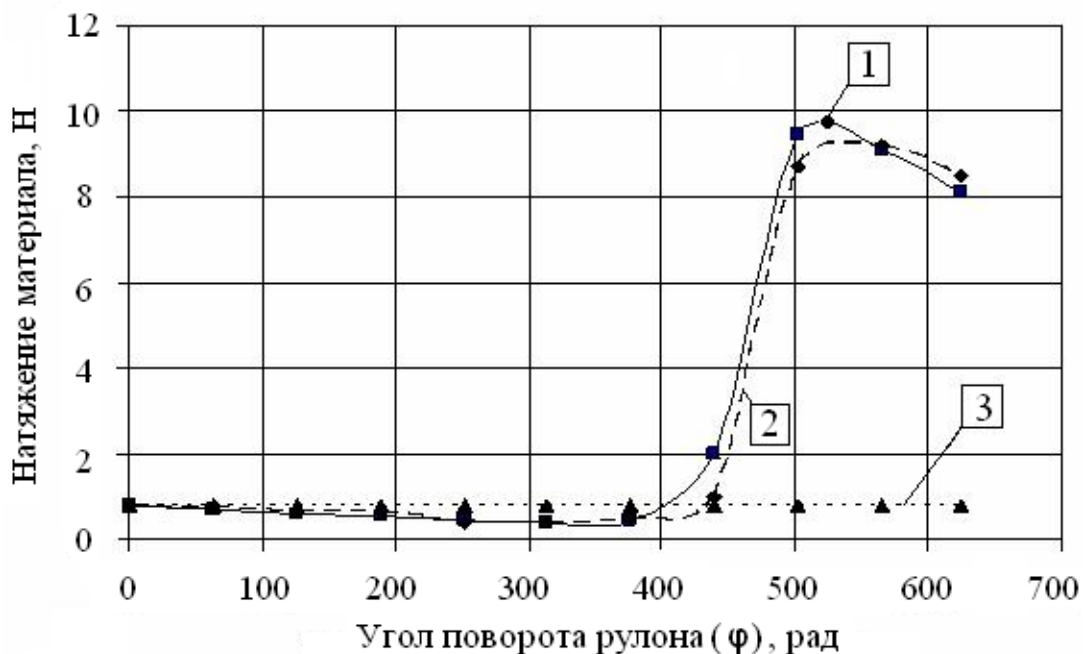


Рисунок 2.24- Результаты экспериментальных исследований натяжения материала в процессе размотки рулона; 1,3 - экспериментальные зависимости, 2 – расчётная зависимость

значениями (гр.1) и размотке системой с гибкими приводными рабочими органами (гр.3), разработанной в рамках выполнения программы совершенствования

оборудования для подготовительно-раскройного производства швейных предприятий

Результаты исследований методом стробоскопии процесса намотки длиннономерных легкодеформируемых материалов в рулон одновалковой намоточной системой без наличия петли провисания (гр.1) и в варианте намотки с компенсационной петлёй провисания (гр.2) представлены на рис. 2.25.

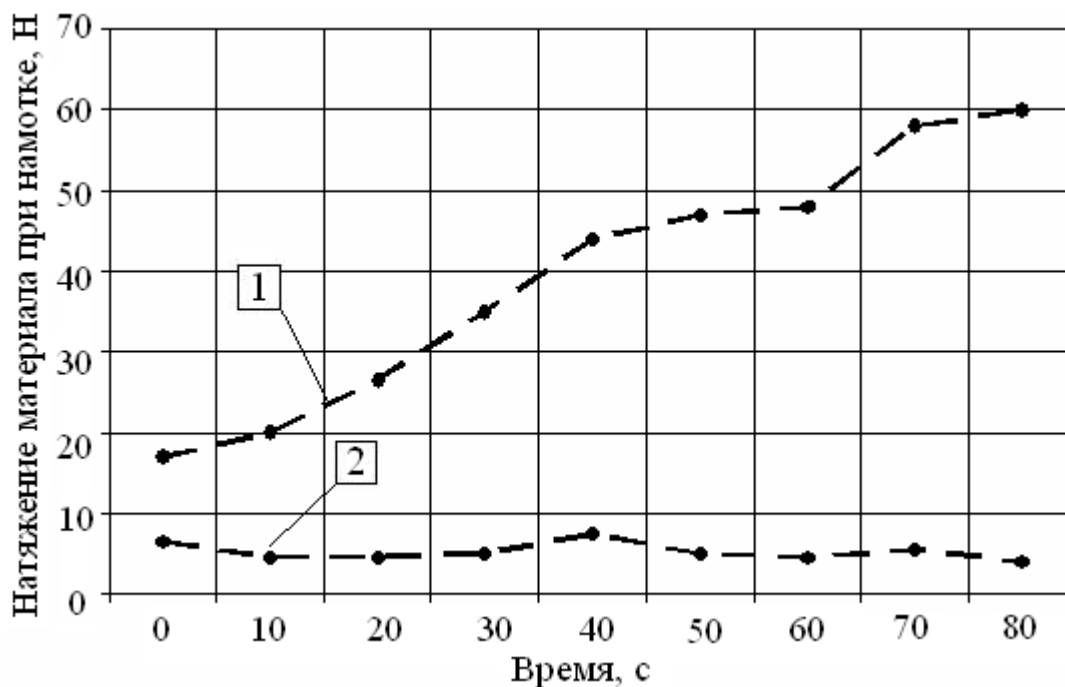


Рисунок. 2.25 - Результаты экспериментальных исследований натяжения материала в процессе намотки в рулон; 1- без петли провисания, 2- с петлёй провисания.

Расхождение экспериментальных и расчётных данных натяжения при использовании приводного рольганга (см. гр. 1 и 2 рис. 2.24) не превышало 9%.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что разработанный метод измерения НДС материалов, основанный на использовании стробоскопического эффекта, позволяет эффективно и с достаточной степенью точности проводить исследования релаксационно-деформационных характеристик различных легкодеформируемых материалов сетчатой структуры, как в лабораторных, так и производственных условиях непосредственно при эксплуатации технологического оборудования в подготовительно-раскройном производстве.

В то же время результаты эксперимента подтверждают возможность обес-

печения практического постоянства натяжения материалов в ходе выполнения подготовительно-раскройных процессов на заданном уровне. Предложенный метод позволяет решать целый комплекс вопросов по совершенствованию и проектированию типовых операций при производстве материалов и их переработке со всеми вытекающими отсюда последствиями, как-то: решение вопросов внедрения ресурсосберегающих технологий, обеспечение размерного качества готовых изделий и т.д.

Использование метода стробоскопии для измерения НДС материалов просматривается и в дальнейшей перспективе при решении целого перечня других технологических вопросов. В частности, метод может быть использован для повышения точности измерения линейных размеров длинномерных легкодеформируемых материалов сетчатой структуры, а также для создания более простых и эффективных систем ориентации материала относительно заданной линии движения, снижения энергозатрат на выполнение технологических операций при подготовке материалов к раскрою и т.д.

Для повышения точности измерения линейных параметров материалов в рамках программы научного поиска на базе использования стробоскопического эффекта разработаны системы измерения [64,65], позволяющие учитывать деформационные характеристики движущихся материалов.

2.4 Методы исследования НДС, основанные на использовании иных физических эффектов

Несмотря на общую функциональную эффективность методов исследования НДС легкодеформируемых материалов, основанных на стробоскопическом эффекте, определённым недостатком следует считать сложность их практической реализации в производственных условиях. Это обусловлено тем, что метод основан на косвенном методе измерения, использование которого, как правило, требует введения в техническое решение дополнительных элементов, проведения тарировочных операций для каждого вида материала, что снижает технологическую эффективность и надёжность измерительной системы.

Дальнейшие научные исследования в области разработки физических ме-

тодов исследования НДС движущихся легкодеформируемых материалов сетчатой структуры были направлены на поиск прямых способов измерения, упрощение средств их технической реализации и повышение точности.

С этих позиций определённый интерес представляют собой методы экспериментальных исследований НДС движущихся материалов, основанные на использовании пьезометрических преобразователей [66], которые позволяют значительно упростить их практическую реализацию, обеспечивая при этом повышение точности измерения НДС движущихся легкодеформируемых материалов сетчатой структуры.

Основная суть такого метода предлагаемого технологического решения заключается в том, что размер раппорта переплетения, как информативный параметр деформации легкодеформируемого материала, определяется посредством сканирования пьезопреобразователем поверхности движущегося рельефа при постоянном контактном взаимодействии с ним. При этом по числу генерируемых импульсов, определяемых количеством элементов структуры (например, раппортов переплетения) в эталонной длине движущегося участка, посредством процессора рассчитывается среднее значение текущего линейного параметра раппорта переплетения, и полученные результаты периодически сравниваются с соответствующими исходными данными недеформированного участка материала.

Предлагаемый и практически апробированный способ измерения деформации (ε) материала на базе использования пьезометрического преобразователя состоит в следующем:

- предварительно одним из известных методов определяют среднее значение линейного параметра раппорта переплетения h_0^{cp} по количеству поперечных элементов (уточных нитей) на выбранной эталонной длине l_0 ненагруженного материала (рис.2.26), что регламентируется соответствующими нормативными документами (ГОСТ № 3812-72), и вводят, как исходные данные, в процессор;

- при движении материала по технологическому тракту пьезопреобразователем генерируются электронные импульсы, число которых определяется количеством деформированных раппортов переплетения (рис. 2.27), соответствующих

эталонной длине $l_э$;

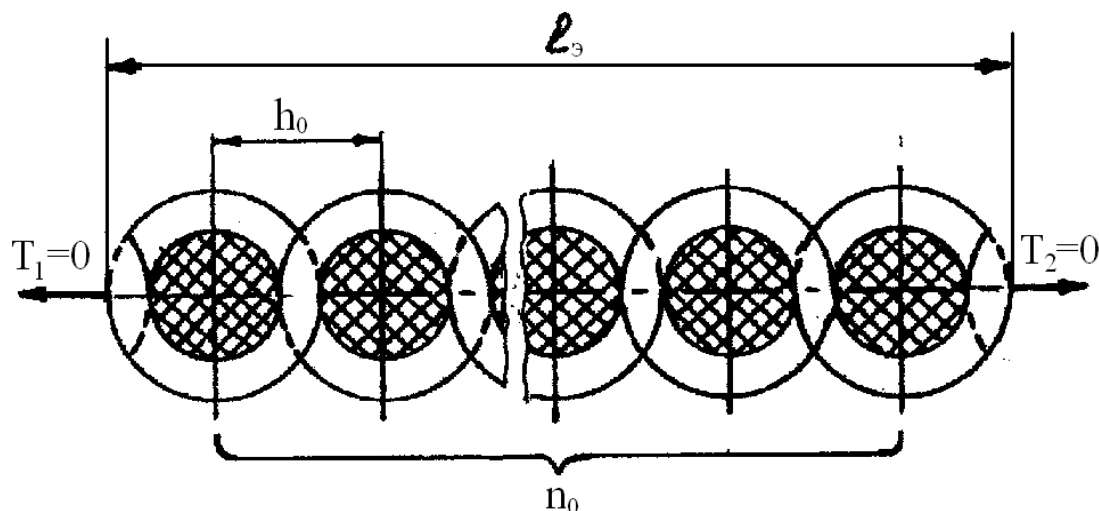


Рисунок 2.26 – Условное изображение среза материала в свободном недеформированном состоянии

- микропроцессор рассчитывает деформацию на участке движения материала, определяемого эталонной длиной, по формуле

$$\varepsilon = \frac{\frac{l_э}{n_1} - h_0^{cp}}{h_0^{cp}} 100\%,$$

где n_1 - количество импульсов, считанных пьезоэлементом при перемещении эталонного участка материала $l_э$; h_0^{cp} - средний линейный параметр раппорта недеформированного материала.

При движении материала по измерительному тракту и его силовом взаимодействии с рабочими органами технологического оборудования (например, с транспортирующими валиками контрольно-мерильного станка) происходит деформация материала.

При этом щуп 1 (рис. 2.27), связанный с пьезоэлементом 2, находится в постоянном силовом контакте с движущейся поверхностью под действием заданного усилия P в диапазоне от 0.1 до 0.25Н и происходит непрерывное сканирование рельефа поверхности исследуемого объекта, в частности, считывание количества поперечных элементов структуры (например, уточин текстильного материала) на заданной эталонной длине (рис. 2.28).

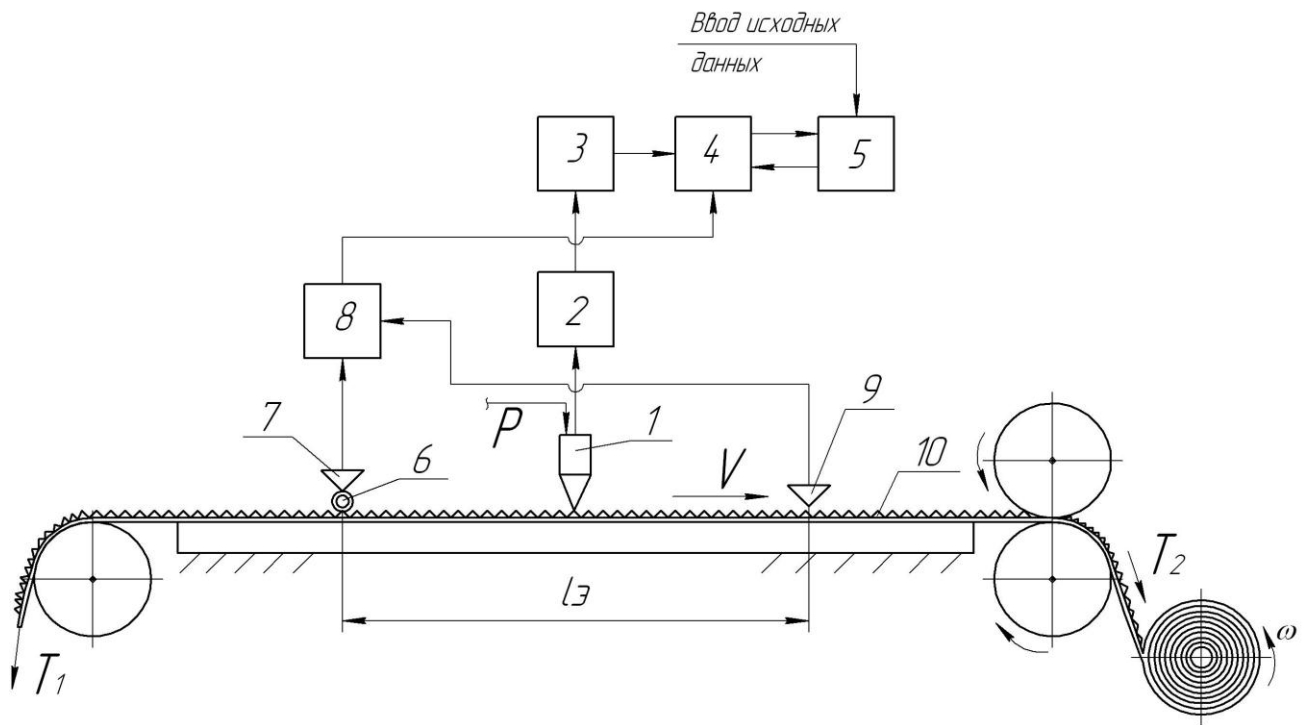


Рисунок 2.27 – Структурная схема измерения НДС материалов с использованием пьезометрического датчика

Каждому раппорту переплетения (читай, сканированной уточине) соответствует электронный импульс, генерируемый пьезопреобразователем, т.е. формируемое пьезопреобразователем количество сигналов соответствует количеству считанных структурных элементов текстильного материала.

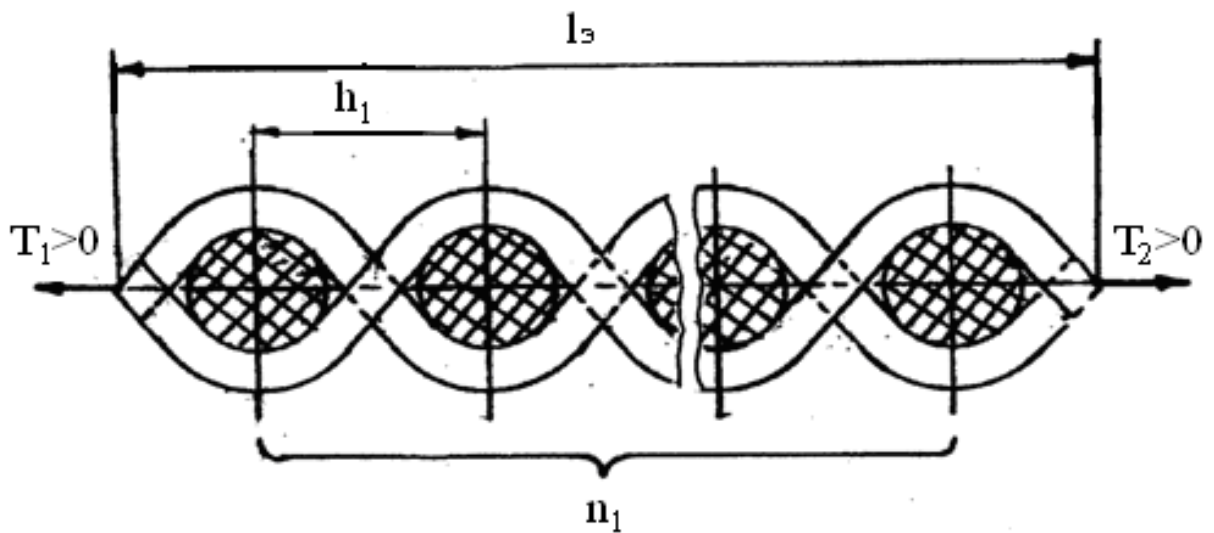


Рисунок 2.28 - Условное изображение среза материала в деформированном состоянии

Генерируемые пьезоэлементом 2 сигналы усиливаются в блоке 3 и поступают в измерительно-вычислительную систему. Однако сигналы от пьезоэлементов

та 2, усиленные в блоке 3, не могут пройти через блок сопряжения (контроллер) 4 в процессор 5, до тех пор, пока не будет считана метка 6 на движущемся материале датчиком 7 начала эталонной длины l_0 и дано соответствующее разрешение.

Как только датчик 7 выработает импульс, в блоке 8 сформируется потенциальный сигнал, который даст разрешение на прохождение информации от пьезопреобразователя 2 и усилителя 3 в блок сопряжения 4 и далее в процессор 6. В момент взаимодействия движущейся метки с датчиком 9 конца эталонной длины l_0 сформируется сигнал перевода блока 8 в исходное первоначальное состояние и вход сигналов от усилителя 3 в блок сопряжения 4 будет заблокирован.

Таким образом, в процессор поступит количество импульсов, равных количеству раппортов участка материала 10, соответствующих эталонной длине l_0 . При этом количество импульсов не зависит от возможного проскальзывания материала относительно рабочих органов технологического оборудования, его остановки при технологической необходимости, а только от степени его деформации.

Полученное значение деформации может быть использовано для расчёта его натяжения по функциональной зависимости $\varepsilon = f(T)$ и формирования команд управления исполнительными механизмами технологического оборудования (на рис.2.27 не показаны) для устранения недопустимого отклонения процесса обработки материалов от заданных режимов.

Рассмотренные ранее способы, идеи [50..52] и технические решения для исследования релаксации усилия (напряжения) материалов при фиксированной деформации формируют новые подходы в области создания физических методов и технических систем для изучения реологических характеристик самых различных видов материалов и могут являться предметом для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований. Однако их внедрение в промышленность и практическое использование представляет собой, по тем или иным причинам, определённые технические трудности и ограничения технологического характера.

В рамках выполнения программы научных исследований в области созда-

ния приборов для исследования НДС мягких волокнисто-содержащих композитов разработан и апробирован достаточно простой в конструктивном отношении метод исследования релаксации усилия (напряжения) в материалах, основанный на базе использования системы пневматических элементов.

Для исследования релаксации усилия (напряжения) был разработан опытный прибор-стенд (рис.2.29), который содержит пневмопривод, имеющий в своём составе специальный пневмоцилиндр 1 (рис.2.30), во внутренней части которого между торцевыми стенками установлен кольцевой упор 2 для фиксации поршня 3 в исходном положении с возможностью герметизации штоковой полости *A* посредством специальной накладки 4. Для мгновенного сброса давления в полости *B* пневмоцилиндра предусмотрен двухлинейный клапан 6, поршень 3 имеет шлицевые срезы 5.

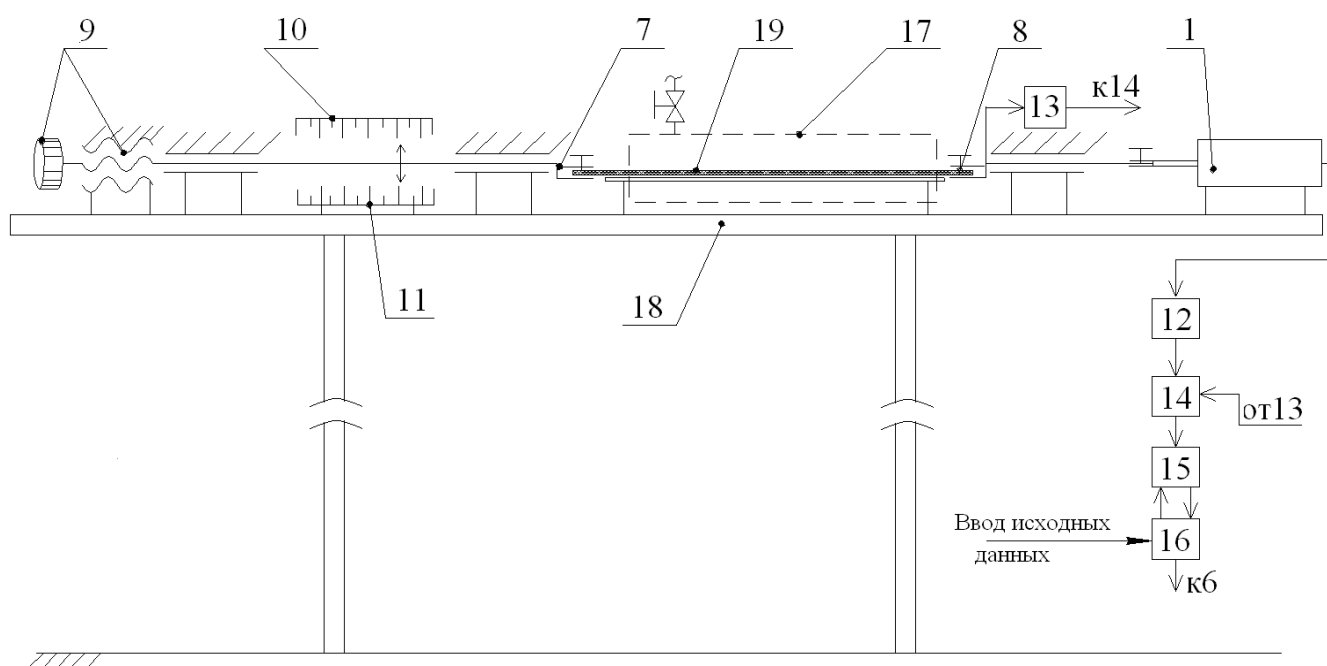


Рисунок 2.29 - Структурная схема прибора

В структуру прибора входят также два зажима 7, 8, винтовая система нагружения 9 и оцифрованные шкалы 10 и 11 показаний «усилие - деформация». Один из зажимов 7 (левый) связан с системой нагружения, а второй (правый) условно неподвижный зажим 8 связан с измерительным блоком, состоящим из поршня пневмоцилиндра 3, датчика давления цифрового типа 12 и сенсорного датчика 13 начала движения поршня.

Для варьирования параметрами паровоздушной или иной среды (ПВС), влияющих на скорость процесса релаксации напряжения в материале, имеется термокамера 17 с набором элементов, смонтированных на общей станине 18. Полный перечень элементов для контроля температурного режима процесса релаксации напряжения и обеспечения надёжной и корректной работы устройства, так как в излагаемом контексте не несёт на себе информационного содержания, на рисунках не показан. Для компьютерной обработки результатов исследования в состав прибора входит

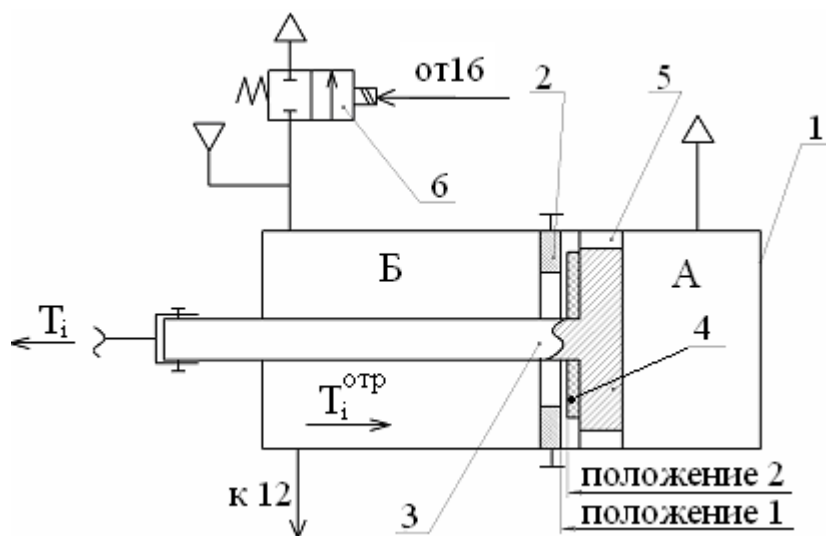


Рисунок 2.30 - Схема управления пневмоцилиндром специальной конструкции

логический блок «И» - схема совпадения 14, блок сопряжения 15 (контроллер) и процессор 16.

Исследование релаксации напряжения при фиксированной деформации может осуществляться как в номинальном температурном режиме и влажности, так и при действии теплоносителя в виде паровоздушной среды варьированной влажности или газовой среды различного температурного уровня.

Перед исследованием испытуемый образец текстильного материала 19 устанавливается в зажимах 7, 8 и фиксируется в заданном положении пространства термокамеры 17. Нагружение образца материала в зависимости от требуемой деформации осуществляется посредством винтовой передачи 9 и подвижного зажима 7. При этом регистрация перемещения (деформации) подвижного среза образца материала осуществляется на оцифрованных шкалах 10 и 11 показаний «усилие - деформация».

Заданная деформация образца текстильного материала и приложенное при этом усилие, как часть исходных данных, фиксируется и передаётся в процессор

16. В условиях приложения усилия к образцу штоковая часть поршня пневмоцилиндра 1, жёстко связанная с условно неподвижным зажимом 8, поршневой частью 3 упирается в кольцевые выступы и герметично изолирует между собой полости *A* и *B*. С учётом жёсткой связи штоковой части поршня пневмоцилиндра с зажимом 8 последний в исходном положении неподвижен, фиксирует срез материала, обеспечивая тем самым заданную деформацию.

После деформации образца на заданную величину и её фиксации в термокамере при закрытом клапане 6 в полость *B* пневмоцилиндра подаётся воздух под давлением, которое возрастает вплоть до начала движения поршня. Давление в полости *B* при этом измеряется цифровым манометром 12 и в виде электронного кода поступает на вход блока 14.

Сигнал о начале трогания зажима 8 совместно со штоковой частью поршня 3 пневмоцилиндра формируется посредством сенсорного датчика 13. Появление сигнала трогания на одном из входов блока совпадения 14 даёт разрешение на передачу информации о величине давления через блок сопряжения 15 в процессор 16.

Процессор наряду с другими функциями формирует команду управления двухлинейным клапаном 6, который коммутирует магистраль подготовки воздуха с атмосферой и с поршневой полостью *B*. Давление, соответствующее началу трогания поршня, является информативным параметром, так как усилие T_i^{omp} отрыва поршня от разделительного кольца 2 изменяется и определяется как:

$$T_i^{omp} = T_i + \Delta T ; i = \overline{1, n},$$

где T_i - усилие, действующее на материал с учётом её релаксации; ΔT - сила трения при взаимодействии элементов пневмоцилиндра при их относительном движении.

Изменяющееся в каждом измерительном цикле давление в виде кода цифровых сигналов поступает через логический блок совпадения 14 и блок сопряжения 15 в процессор 16, который обрабатывает информацию по заданному алгоритму и формирует команды управления измерительной системой, в том числе

клапаном 6. При закрытии клапана 6 воздух из блока подготовки поступает в поршневую полость *B* цилиндра для повторения цикла измерения.

Начало трогания поршня с фиксированного места определяется с помощью сенсорного оптоэлектронного индикатора 13, выполненного на базе компьютерной «мыши». Соответствующая этому началу релаксация деформации образца, величина которой несоизмеримо мала по сравнению с её задаваемым и фиксированным значением, при достижении необходимых условий может быть принята незначимой.

Так как релаксация созданного усилия (а, следовательно, внутреннего напряжения) в материале происходит непрерывно, то при повторении цикла измерения убывает давление и, соответственно, усилие отрыва ($T_i^{omp.}$) поршня пневмоцилиндра от кольцевой стенки. При этом процессор в режиме реального времени строит кинетику релаксации усилия $T_i^{omp.}(t)$ при фиксированной деформации. С учётом объективных ограничений по техническим возможностям исполнения, но без изменений принципиального характера, для оценки работоспособности предложенного метода был создан действующий стенд-прибор (рис. 2.31 и 2.32), на базе которого выполнена программа экспериментальных исследований, фрагмент результатов которых представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Вид материала и его состав	Линейные размеры образца, $l \times b \times h$, м	Параметры эксперимента		Контрольные точки		Давление в штоковой полости, Па	Усилие в материале $T, Н$
		Температура ПВС, $t^{\circ}C$	Деформация	№п/п замера	время τ , с		
Драп «Садко» Арт. 22385 Шерсть 70% ПА 20% ПЭ 10%	0,45×0,05 ×0,003	180	5%	1	-	178926	9,0
				2	60	123260	6,2
				3	120	73559	3,7
				4	180	39761	2,0
				5	240	25845	1,3
				6	300	21869	1,1
				7	360	17893	0,9
				8	420	13917	0,7
				9	480	7952	0,4
				10	540	1988	0,1

Методика экспериментальных исследований состояла в следующем. Образцы легкодеформируемого материала линейных размеров $0.45 \times 0.05 \times 0.003$ м (длина и ширина образца ограничивались конструктивными параметрами тепловой камеры) деформировали со стороны подвижного зажима на заданную величину, что контролировалось по соответствующим оцифрованным шкалам.

Для определения начального значения давления в цилиндре и, соответственно, усилия в образце базовый замер выполнялся в номинальных условиях без воздействия паровоздушной среды.

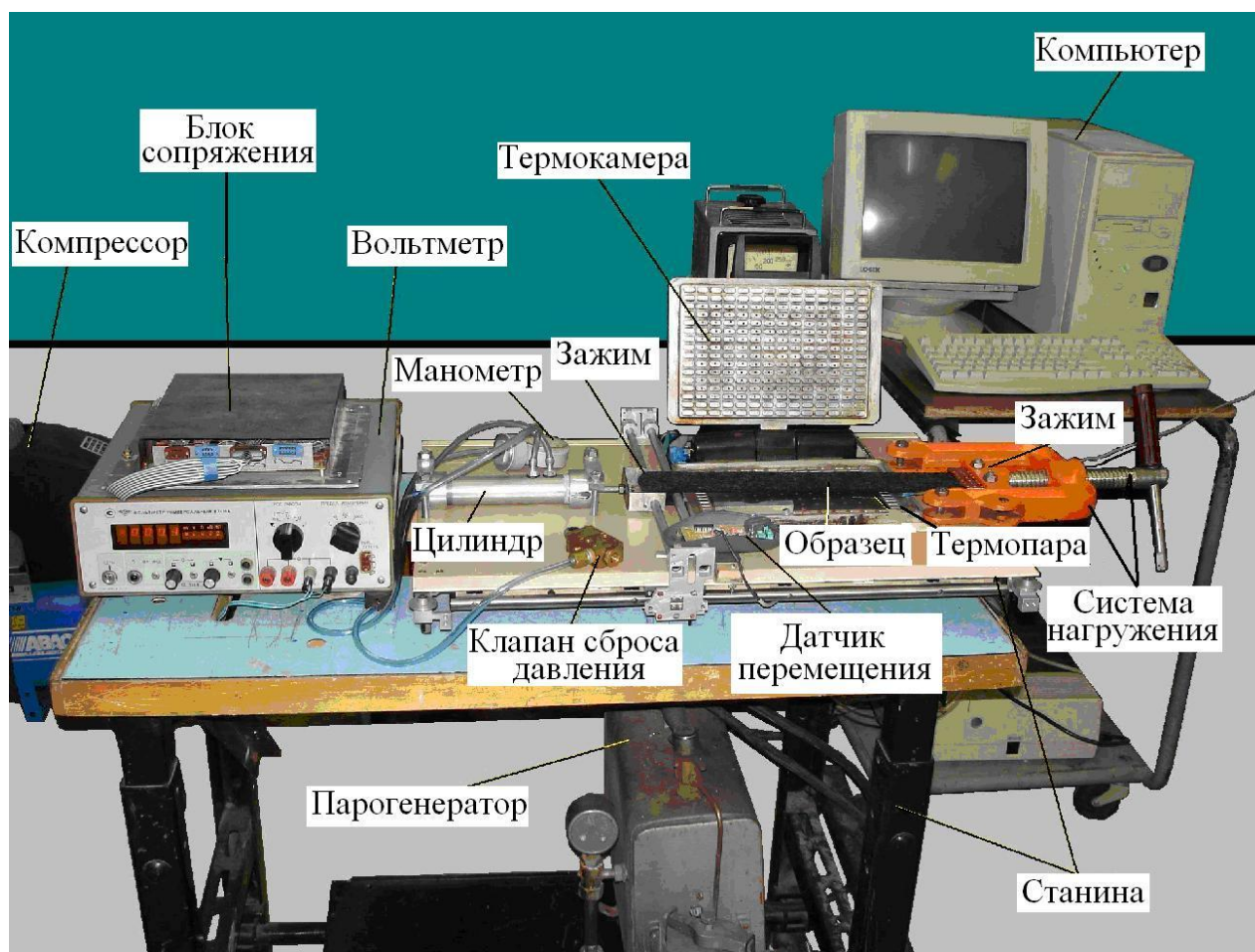


Рисунок 2.31 – Общий вид и элементный состав экспериментального стенда

Далее внутреннее негерметизированное пространство термокамеры заполнялось паровоздушной средой (ПВС) заданной температуры из парогенератора ОАГ-2. Достигаемые и контролируемые посредством медь-константановой термопары варьируемые температуры образца и технологической среды осуществлялись за промежуток времени в несколько раз меньшей продолжительности процесса релаксации усилий.

В фиксированные промежутки времени соответствующие началу движения поршня пневмоцилиндра с помощью цифрового манометра определялось изменение давления в измерительной камере. Импульс начала движения поршня цилиндра фиксировался посредством сенсорного датчика – сигнализатора 13.

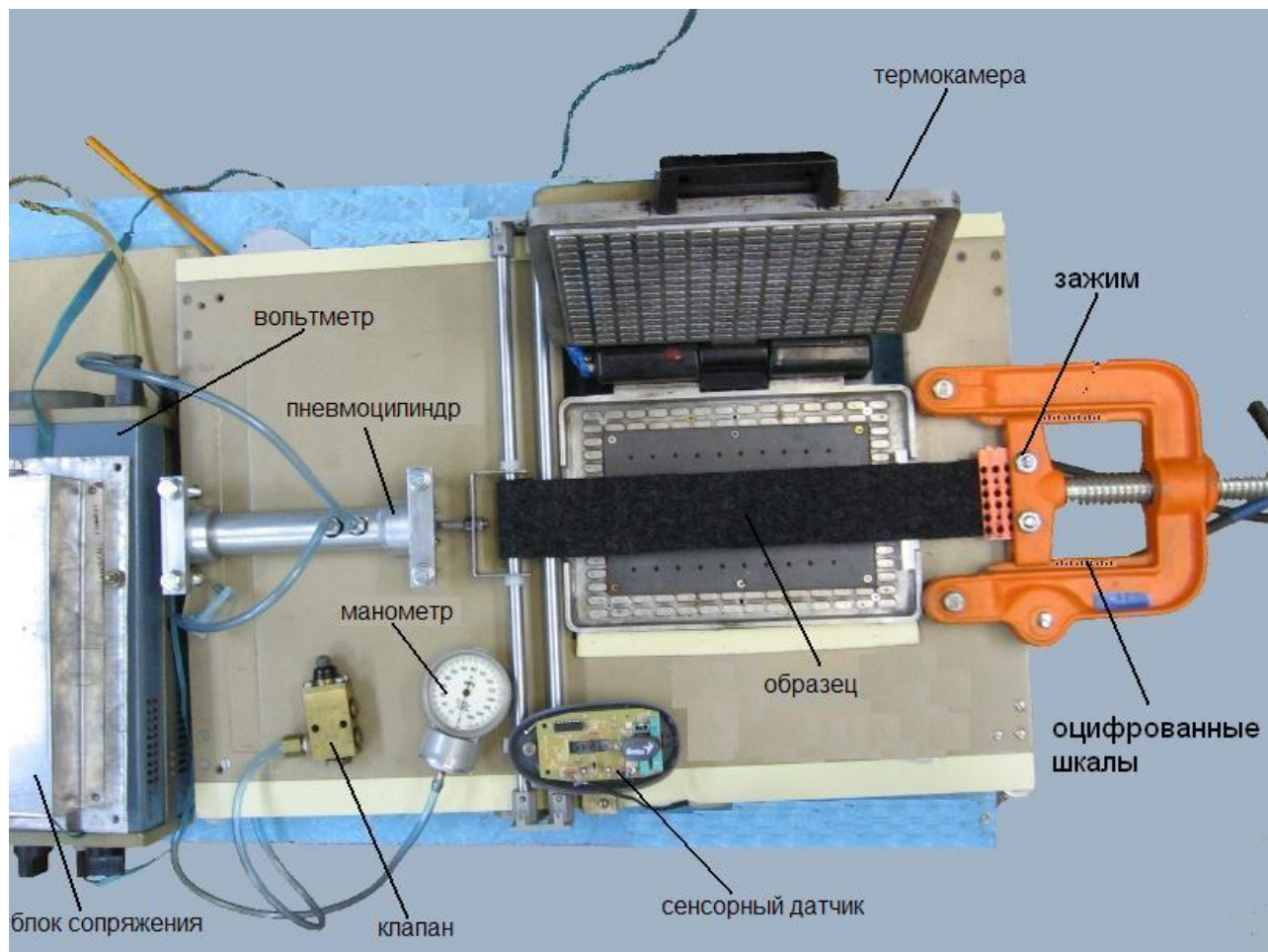


Рисунок 2.32 – Вид основных элементов стенда сверху

Информация об изменении давления через блок сопряжения в режиме реального времени по коммутационным каналам передавалась в процессор и одновременно считывалась по шкале цифрового манометра. После передачи информации в процессор автоматически и практически мгновенно посредством клапана управления, скомутированного со штоковой полостью, сбрасывалось давление, и поршень цилиндра под действием изменяющихся усилий в образце занимал исходное фиксированное положение.

Текущее давление (соответственно релаксация усилия) определялось с

интервалом в 30с до наступления стабилизации показаний манометра, что свидетельствовало о практическом завершении кинетики процесса. Статистически обработанные посредством компьютерных технологий экспериментальные данные (рис.2.33), показывают, что процесс релаксации усилия (напряжения) при условии $\varepsilon = const$ носит экспоненциальный характер и нелинейно зависит от действия термомеханических факторов.

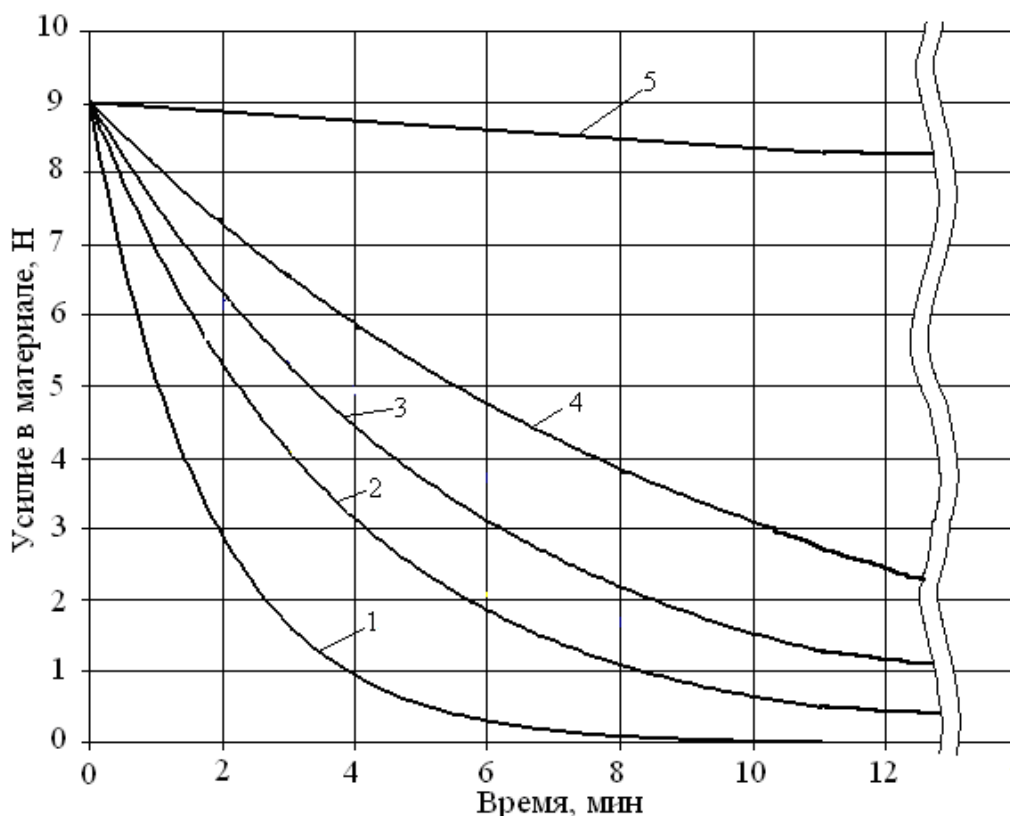


Рисунок 2.33 - Графики релаксации усилия в образце: 1-180⁰; 2-120⁰ и 3-80⁰ при действии ПВС; 4 –180⁰С (подогретый воздух), 5-20⁰С без ПВС.

Анализ результатов эксперимента в выбранной области исследований позволяет сделать вывод об эффективности использования разработанной методики и экспериментального стенда для оценки релаксации напряженного состояния легкодеформируемых композитов при фиксированной деформации и решения практических задач проектирования процессов влажно-тепловой обработки в производстве одежды.

3 НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ШВЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Практически используемое технологическое оборудование и некоторые из ранее проектных вариантов систем технического обеспечения подготовительных процессов [12...14,33,34,44,67], в частности, в опытном исполнении: средства для измерения линейных параметров длинномерных материалов, входного контроля их качества, выполнения декатировочных, настилочных и раскройных операций или конструктивно сложны, или не удовлетворяют экономическим, технологическим и эксплуатационным требованиям. Перечень перечисленных требований определён необходимостью обеспечения заданной точности измерения линейных параметров материалов, минимума их деформации при обработке, производительности технических средств, а также ограничениями по их стоимости и т.д.

В определённой степени неадаптированность ранее разработанных, причём достаточно высокого технического уровня опытных разработок к конкретным условиям швейного производства, неоднозначность параметров реализуемых функций, особые требования к конструктивно-технологическим характеристикам аппаратных средств потребовали дальнейших исследований и научного поиска в направлении совершенствования систем обеспечения подготовительно-раскройных и вспомогательных операций в производстве одежды.

3.1 Технические средства для измерения линейных параметров движущихся материалов и определения координат пороков

Важнейшие факторы достижения нормативной точности деталей кроя, проектно-размерных параметров швейных изделий и рационального расхода сырья непосредственно связаны с точностью измерения линейных характеристик длинномерных материалов, определением координат пороков и объективной оценкой имеющих место основных размерных погрешностей. Требуемая точность измерения длины (линейных перемещений) может быть достигнута, во-первых, при всестороннем количественном анализе и выявлении причин, порождающих основные систематические и случайные погрешности, включая влияние на результаты измерения физико-механических свойств обрабатываемых легкодеформируемых

материалов и условий контактного взаимодействия с рабочими органами. Во-вторых, необходим научный поиск соответствующего уровня технических решений, позволяющих устранить основные погрешности измерения и контроля линейных параметров.

Для каждого класса, группы или конкретной технической системы, реализующей тот или иной способ измерения длины и ширины материалов в рулоне (куске), перечень факторов и степень их влияния на их точность может быть разной, неоднозначной и взаимозависимой [64,65,67...89].

Анализ процессов контактного взаимодействия легкодеформируемых материалов с транспортирующими органами и элементами преобразователей линейных перемещений показывает, что точность определения длины зависит от выбранного метода, конструктивных параметров измерительной системы, плотности, влажности, исходного напряжённо-деформированного состояния и других физико-механических свойств материалов в момент измерения. Эти факторы полностью или частично, но практически всегда имеют место, порождая составляющие погрешностей вне зависимости от способа измерения и в ныне действующих разновидностях регистрационно-измерительных систем.

Однако при реализации косвенного способа измерения появляются и дополнительные факторы влияния, которые необходимо учитывать при оценке погрешностей измерения длины материала. К ним относятся: условия контактного взаимодействия материала с элементами преобразователя линейных перемещений (см. п.1.2), если таковые используются; положение материала в пространстве движения относительно условно заданной линии транспортирования; влияние допусков на изготовление конструктивных элементов оборудования; способов получения, обработки, передачи, регистрации результатов измерения и т. д.

По некоторым оценкам [90] общий удельный вес потерь материалов по длине составляет более 18%, при этом значительная часть их зависит от величины концевых остатков, неточности отмеривания полотен и т.д. Ряд причин, связанных с ресурсосбережением (качество сырья, поставляемые длины кусков материала, выбор ассортимента швейных изделий, формирование длин мерных полотен

в настилы, раскладка лекал и т.д.), носят внутриотраслевой характер и в условиях практически действующих технических систем подготовительно-раскройного производства (ПРП) могут быть отнесены к разряду устранимых.

В последние годы, в частности, при создании автоматизированного промышленно-разбраковочного комплекса [9,21,34,67...86] был предложен ряд новых технологических и технических идей, по классификации относящихся как к косвенным, так и прямым методам измерения длины материалов, названных по определению "комбинированными". Разработан целый класс преобразователей линейных перемещений и измерительных систем высокой точности [67], основными элементами которых являются: мерный движитель или ролик, воспроизводимые (механическая, электронная или магнитная) метки с элементами считывания и автоматического корректирования информации, а также их комбинации.

Рассмотрим ряд перспективных технических решений последнего времени, в которых используются принципиально новые подходы к технологии входного контроля материалов, определению их количественных и качественных характеристик, основанные на адаптивном корректировании результатов измерения, самодиагностике, фиксации и расчёте погрешностей вследствие отклонений одной из боковых кромок полотна от условно заданной линии движения.

Значительный интерес с точки зрения практической значимости и дальнейших перспектив внедрения в производство представляют собой технические средства, у которых в качестве движителя полотна используется транспортёрная (мерная) лента, а в качестве преобразователя линейных перемещений – оптоэлектронная система с блоками динамической коррекции результатов измерения по стационарной или подвижной эталонной мере длины [21,68...79].

Одним из недостатков этих вариантов технических решений для измерения длины легкодеформируемых материалов является возможность повреждения поверхностей ткани и трикотажа, чувствительных к механическим воздействиям. Кроме того, технологическое включение и отключение механических схватов нередко ведёт к появлению отказов в работе элементов системы, функционирующей в спорадическом режиме.

В то же время использование транспортёрной ленты в качестве мерного эталона следует считать одним из наиболее удачных (новаторских) направлений технического совершенствования преобразователей линейных перемещений, которое имеет дальнейшую перспективу широкого использования, в том числе и в других отраслях промышленности, связанных с производством и переработкой длинномерных легкодеформируемых материалов.

Система измерения длины легкодеформируемых материалов с поверхностью, чувствительной к механическому повреждению. В работе [86] сделан принципиально новый шаг по совершенствованию систем измерения длины, выполненных на базе использования транспортёрной ленты, несущей функцию эталонного мерного элемента. Здесь недостатки существующих систем устраняются тем, что средство сцепления эталонной длины с движущимся объектом выполнено в виде неприводного эластичного движителя, зеркально установленного над приводным мерным ленточным транспортером, что позволяет дополнительно измерять и материалы, поверхность которых чувствительна к механическому воздействию. Основной и вспомогательный транспортёр кинематически связаны посредством сил трения, причем длина приводного ленточного транспортера представляет собой эталонную меру, а выходы блоков регистрации текущей длины и коррекции результатов измерения скомутированы с процессором.

Схема построения и принцип работы измерителя представлены на рисунках. В предлагаемом техническом решении (рис. 3.1) привод первичного преобразователя линейных перемещений материала состоит из двигателя 1, муфты 2, клиноременной передачи 3, червячного редуктора 4 и цепной передачи 5. Преобразователь перемещений 6 включает также в себя эластичную замкнутую транспортёрную ленту - движитель 7, натяжной и приводной валики 8, 9, оптронный диск 10, датчик длины 11 (оптронную пару) и систему динамической коррекции результатов измерений.

Система динамической коррекции состоит из светонепроницаемой метки-флажка 12, консольно закреплённого на эластичном движителе 7, и датчика 13, определяющего цикл считывания эталонной меры длины ($l_{эi}$).

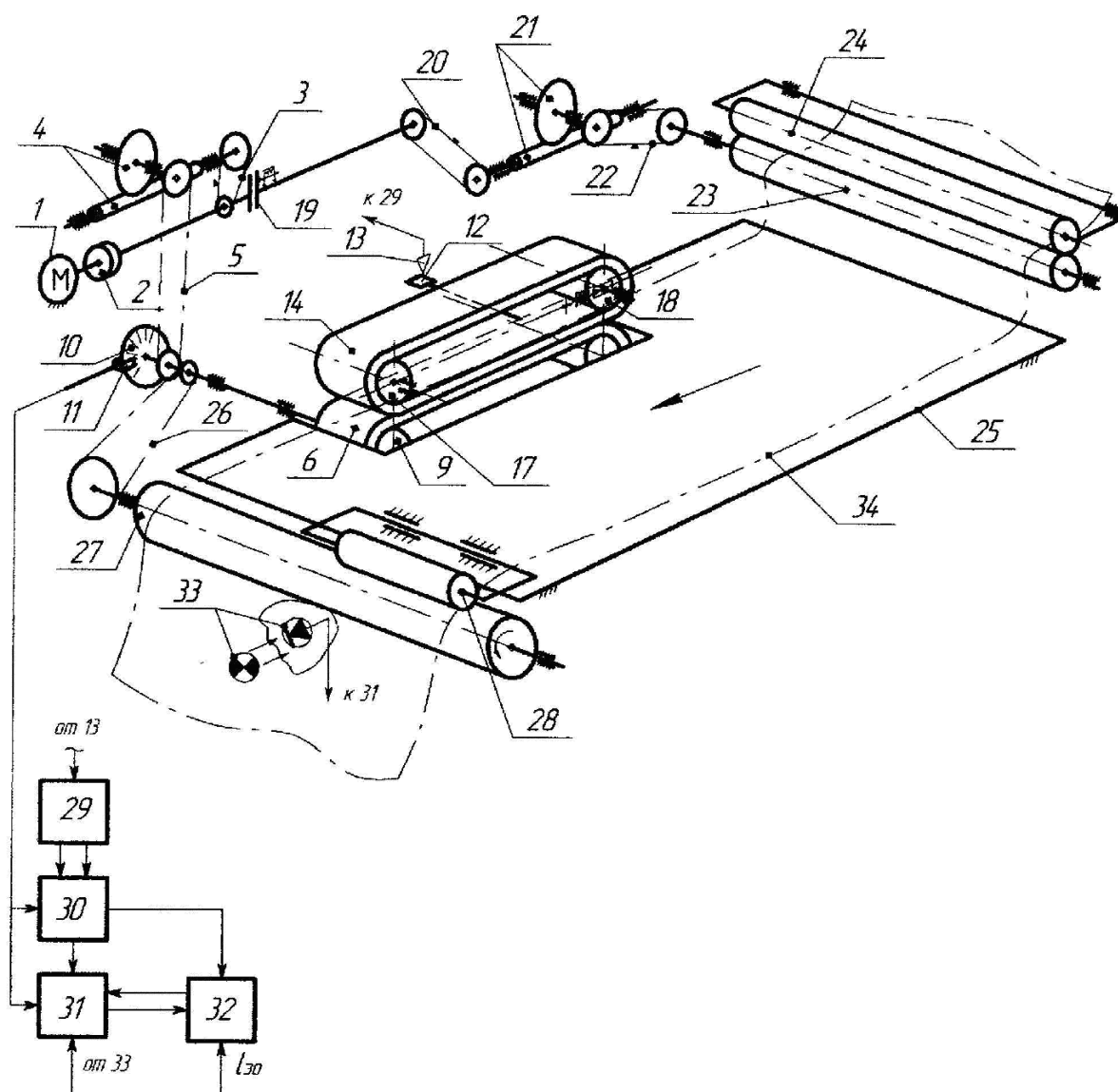


Рисунок 3.1 – Структурно-кинематическая схема системы измерителя длины

Неприводной вспомогательный транспортёр 14 (рис.3.2) содержит замкнутую эластичную ленту 15 (см. рис. 3.3), аналогичную движителю 7, и два свободно вращающихся валика 17 и 18; механизм подачи материала, включающий электромагнитную муфту 19, клиноременную передачу 20, червячный редуктор 21, цепную передачу 22 и транспортирующие валы 23 и 24; механизм перемещения материала по опорной поверхности 25, включающий цепную передачу 26, передающую вращение приводному валику 9 барабана 27, и прижимной валик 28; а также систему регистрации и коррекции результатов измерения в каждом цикле, включающую блок 29 управления информационным регистром коррекции 30, регистр 31 записи текущего значения длины, микропроцессор 32 и оптоэлектронные

элементы 33 для формирования команды начала и завершения процесса измерения длины материала.

Транспортёрная лента 7 преобразователя линейных перемещений 6 выполняет одновременно функции движителя и нестационарной эталонной меры длины ($l_{эi}$). Закреплённая на ней метка определяет начало и конец измерения собственной длины транспортной ленты по линии её нулевой деформации.

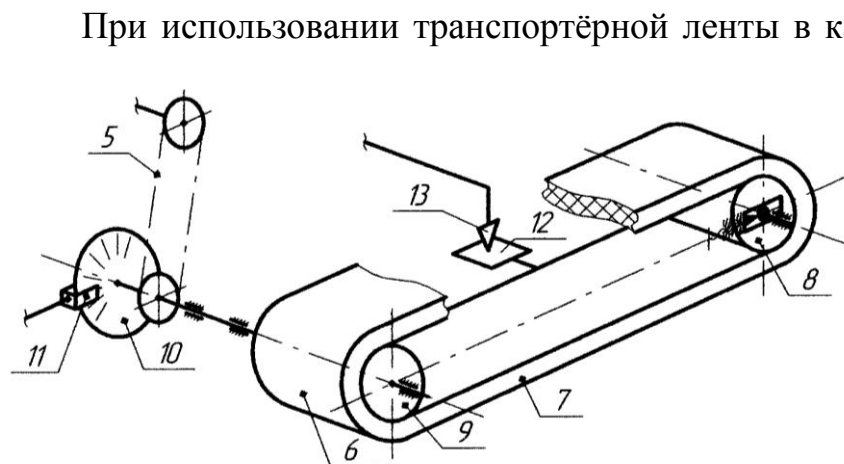


Рисунок 3.2 – Кинематическая схема преобразователя линейных перемещений

лонной меры длины вследствие дрейфа её деформации в процессе эксплуатации, возможно появление погрешности, вносимой системой коррекции в результаты измерения.

Однако, благодаря использованию принципа автокорректирования коэффициента динамической коррекции $K_{Di} = \frac{l_{эi}}{n_{эi}}$ (где $n_{эi}$ - количество импульсов с датчика длины, соответствующее текущей эталонной мере $l_{эi}$), значение этой погрешности не только не превышает значения максимально возможной погрешности, а, напротив, имеет тенденцию к снижению вследствие реального увеличения длины транспортёрной ленты из-за накапливающейся во времени её остаточной деформации.

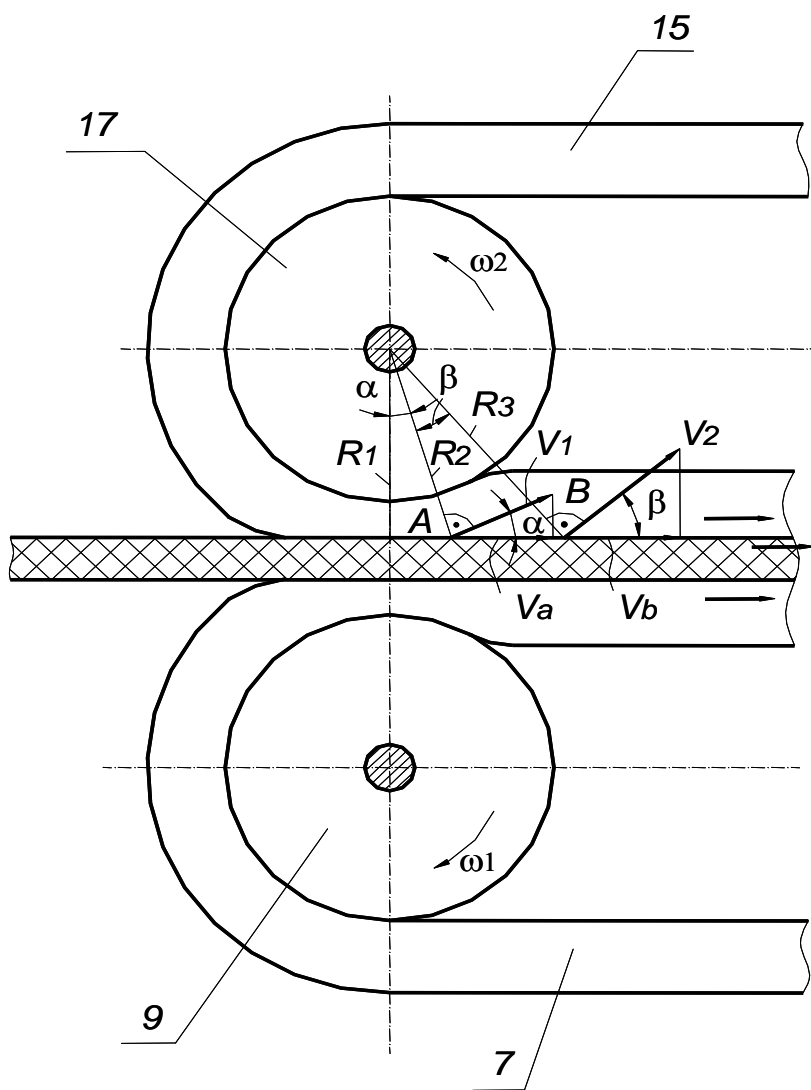
При настройке измерительной системы в работу материал 34 вручную направляют между приводным и прижимным валиками 23 и 24. Свободный срез материала заправляют между эластичным движителем 7 первичного преобразователя 6 и эластичным движителем 15 неприводного транспортёра 14. Далее полотно в той его части, которая свободно скользит по опорной плоскости 25, фиксируют на приводном барабане 27 под прижимным валиком 28 для надёжности сцепления материала с поверхностью барабана 27.

Разрешение на запись текущей информации о длине материала возникает с момента поступления сигнала от оптоэлектронного элемента 33 и формирования команды для прохождения импульсов текущего значения длины от датчика 11 на вход блока 31.

Постоянную скорость движителю 7 задаёт приводной валик 9, соединенный посредством кинематической передачи с двигателем 1. Измеряемый материал в ходе процесса постоянно находится между эластичными движителями 7 и 15. Конструктивно заложенное усилие их сжатия, создаваемое валиками нижней и верхней транспортёрной ленты, обеспечивает надёжное сцепление и совместное синхронное движение с находящимся между ними материалом.

В зоне сжатия движителей образуется прямолинейная плоскость надёжного и технологически необходимого контакта движителей с измеряемым объектом.

С
Т
Д
Е
И
С
Т
Р
У
К
Т
У
Р
А
М
А
Т
Е
Р
И
А
Л
О
М
И
З
М
Е
Р
Я
Е
М
Ы
Й
О
БЪЕКТ
О
БРА
З
У
Е
Т
С
Я
П
Р
Я
М
О
Л
И
Н
Е
Й
Н
О
Й
П
ЛО
С
К
О
С
Т
Ь
НА
Д
Ё
Ж
НО
ГО
И
ТЕ
Х
НО
ЛО
ГИ
Ч
Е
С
КИ
НЕ
О
Б
ХО
ДИ
МО
ГО
К
ОН
ТА
К
ТА
Д
ВИ
ЖИ
ТЕ
ЛЕ
Й
С
И
З
М
Е
Р
Я
Е
М
Ы
М
О
БЪЕ
К
Т
О
М.



ичным движителем, в любой
ие, что подтверждается сле-
ых точек A и B (рис.3.3) на
яется как:

$$\frac{v}{\beta} \quad (3.1)$$

$$\frac{v}{\beta} \quad (3.2)$$

ения материала согласно

$$R\omega; \quad R\omega. \quad (3.3)$$

а не зависит от степени его
удалённости от поверхности приводных валиков. Это условие обеспечивает по-

Рисунок 3.3 – Схема взаимодействия материала с мерной лентой

стоянство коэффициента передачи измерительной системы.

При вращении диска 10 (см. рис. 3.2), оптически взаимодействующего с датчиком 11, формируются импульсы, которые поступают на входы блоков 30 и 31. При этом сигналы о прохождении метки-флажка 12 относительно датчика 13 подаются на блок управления 29, который по одному из выходов формирует команду обнуления регистра 30 и передачи информации в микропроцессор, а по второму выходу даёт разрешение на запись в него импульсов, поступающих от датчика 11 текущей длины материала.

Микропроцессор 32 (см. рис.3.1) согласно предварительно внесённому коду начального значения эталонной длины $l_{\varepsilon 0}$ осуществляет управление потоками информации и выполняет расчёты согласно приведенному ниже алгоритму:

где $(K_D)_0$ - исходное значение коэффициента динамической коррекции; $l_{\varepsilon 0}$ - эталонная мера длины (длина движителя по линии его нулевой деформации); $n_{\varepsilon 0}$ - количество импульсов, соответствующее исходной мере длины; i – индекс цикла расчётов, соответствующих циклам прохождения приводного движителя 7 (а именно, его метки-флажка 12) относительно датчика 13; l_i^T , n_i^T - откорректированное значение текущей длины материала и соответствующее ей количество импульсов; $(\Delta l)_{ocm}$, $(\Delta n)_{ocm}$ - участок материала, длина которого по значению меньше

$$\left. \begin{aligned} (K_D)_0 &= \frac{l_{\varepsilon 0}}{n_{\varepsilon 0}}; \\ (K_D)_i &= \frac{l_{\varepsilon i}}{n_{\varepsilon i}}; \\ l_i^T &= (K_D)_i \cdot n_i^T; \overline{i, m}; \\ L_{\Phi} &= \sum_i l_i^T + (\Delta l)_{ocm}; \\ (\Delta l)_{ocm} &= (K_D)_m \cdot (\Delta n)_{ocm} \end{aligned} \right\} (3.4)$$

эталонной меры (некратный $l_{\varepsilon i}$), и соответствующее ему количество импульсов, L_{Φ} - фактическая (суммарная) длина измеряемого материала.

Таким образом, согласно каждому очередному сигналу от датчика 13 блок

управления 29 формирует передачу импульсов текущей длины от преобразователя линейных перемещений 6 в блок 30, откуда информации поступает в микро-

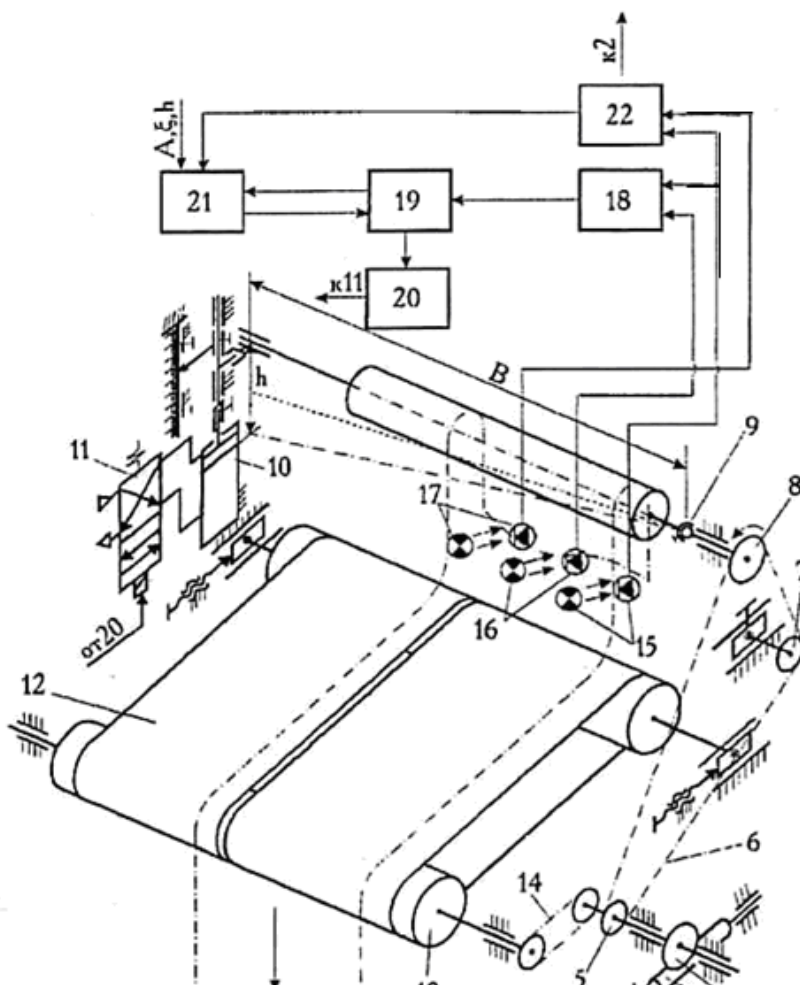
процессор, который через блок сопряжения циклически запрашивает информацию из блока 31 регистрации текущей длины и ведёт расчёт суммарного значения длины.

После того, как материал пройдёт датчик 33 завершения процесса измерения (конец материала), процессор формирует команды завершения расчёта по определению фактической длины (L_{ϕ}), остановки привода устройства и вывода информации на монитор.

Другим направлением снижения или устранения основных составляющих погрешностей измерения длины материала является учёт перекоса движущегося полотна и поиск таких технических решений, которые бы обеспечивали возможность автоматического корректирования положения измерительных элементов относительно заданной условной линии движения материала.

В работах [64,79] сформулированы некоторые идеи, даны технологические подходы и технические решения по снижению погрешности измерения длины материала вследствие перекоса линии его движения посредством введения в результаты

возмо
пере
чени
ала с
межд
ный
микр
движ
ны э



(рис. 3.4).

ие, обеспечивающее воз
м использования фактора
ния длины материала.

[79] заключается в обеспе
ых автоколебаний матери
ахом, равным расстоянию
их количества в электрон
считывается посредством
отка линейной траектории
а затем произведение дли
й.

Рисунок 3.4 – Структурно-кинематическая схема измерителя длины

Решение задачи в такой постановке достигается тем, что схема измерения длины движущегося полотна снабжена системой ориентации с приводным рабочим органом валкового типа. Система ориентации гарантированно обеспечивает в каждом цикле переходного процесса линейную траекторию движения материала между системой двух оптоэлектронных датчиков, а электронный счётчик фиксирует количество размахов автоколебаний. Количество автоколебаний являются исходными данными для расчёта длины материала в рулоне по заданному алгоритму.

Схема (см. рис. 3.4), реализующая предлагаемую технологию измерения длины, содержит систему ориентации движения материала, в состав которой входят валик 1 с фрикционным покрытием и два привода. Один привод предназначен для вращения валика, состоит из двигателя 2, муфты сцепления 3, червячной передачи 4, звёздочки 5, цепной передачи 6, натяжной и ведомой звёздочек 7 и 8 и сферического шарнира 9; а второй – для его наклона и состоит из пневмоцилиндра 10 и распределителя 11.

В состав измерительной схемы также входит транспортерная лента 12, приводимая в движение через приводной барабан 13 от цепной передачи 14; две оптоэлектронные пары 15 и 16, являющиеся также составной частью системы ориентации движения материала и расположенные друг от друга на расстоянии, которое определяет размах поперечных автоколебаний движущегося полотна.

Для автоматизации процесса определения длины и выполнения вычислительной процедуры в схему устройства включён датчик конца рулона 17, блок формирования стандартных импульсных сигналов 18, счётчик этих импульсов 19 и микропроцессор 21.

Для управления распределителем 11 используется блок 20, а логический блок 22 (конъюнктор) предназначен для формирования команд останова системы измерения и расчёта по заданному алгоритму длины материала в рулоне.

Перед заправкой полотна 23 и пуском устройства в работу валик 1 системы ориентации устанавливается в одно из крайних положений, при котором одна из боковых кромок материала располагается в зоне чувствительности оптоэлектрон-

ной пары 15 или 16.

После включения системы измерения в работу полотно при контактном взаимодействии с фрикционной поверхностью вращающегося валика механизма ориентации и гарантированном их сцеплении под действием определённо направленного силового поля непрерывно перемещается без проскальзывания как в тангенциальном, так и в поперечных направлениях. При этом полотно перемещается под некоторым заданным углом к продольной оси и по линейной траектории на величину, определяемую положением второй оптоэлектронной пары.

При выходе кромки полотна из зоны чувствительности, например, оптоэлектронной пары 16, потенциальный сигнал, сформированный в блоке 18 до стандартного импульсного, поступает в счётчик 19 и тем самым фиксируется переключение валика системы ориентации в другое крайнее положение, определяющее начало счёта количества размахов автоколебаний материала в зоне его измерения.

Одновременно с записью в счётчик информации о состоявшемся переключении каждый его нечётный выход формирует через блок управления 20 команду на переключение распределителя 11 и пневмоцилиндра 10, который вследствие ограниченности хода штока практически мгновенно меняет положение оси валика системы ориентации. При этом происходит перераспределение силовых соотношений контактного взаимодействия валика с материалом и появляется поперечная составляющая его перемещения в противоположном направлении.

Таким образом, используя двухпозиционную систему управления ориентацией движения материала, осуществляется его непрерывный и периодически разнонаправленный перенос относительно условно заданной линии движения перпендикулярно положению оси вращающегося валика по линейному закону, то есть периодически происходит изменение направления движения материала и кроме тангенциальной составляющей, появляется составляющая его перемещения в поперечном направлении.

По достижении кромки материала второго крайнего положения срабатывает оптоэлектронная пара 15. Полученный от датчика сигнал подаётся на второй вход

блока 18 для формирования стандартного импульсного с последующей записью в счётчик 19.

При отсутствии сигнала с нечётного выхода счётчика 19 распределитель с односторонним управлением под действием собственной пружины возвращается в исходное положение и, соответственно, шток пневмоцилиндра с валиком займут второе крайнее положение.

Подобные циклы непрерывно повторяются до тех пор, пока не будет обработан весь кусок материала. Фиксируя количество размахов автоколебаний, и зная длину каждого отдельного участка перемещаемого полотна за один полупериод, перемножением этих параметров определяется длина всего материала в рулоне.

Для исключения возможных помех от сил гравитации и достижения устойчивого транспортирования материала в продольном направлении на другие технологические позиции или укладки его в “книжку” на выходе системы ориентации установлена транспортерная лента 12. Лента обеспечивает перемещение материала в продольном направлении с отклонением от заданной линии движения на величину, равную половине расстояния между датчиками 15 и 16.

Таким образом, зная величину поперечного перемещения материала (ξ) относительно условно заданной линии движения, что задается настройкой системы ориентации, угол наклона (γ) оси равняющего валика 1 и количество размахов автоколебаний, нетрудно определить расчетным путем длину материала в рулоне.

Значение длины каждого отдельного участка (l_i) согласно рисунку 3.5 вычисляется посредством микропроцессора по выражению

$$l_i = 2\xi / \sin \gamma, \quad \text{где} \quad \gamma = \arcsin h/B \quad (3.5)$$

Откуда $l_i = 2B\xi / h$, (3.6)

где 2ξ - размах автоколебаний, определяемый, как расстояние между оптоэлектронными парами 15 и 16; γ - угол наклона валика системы ориентации относительно нейтрального положения, определяемый ходом штока пневмоцилиндра, задается конструктивно; h – перемещение оси валика в точке приложения управ-

ляющего воздействия; B – расстояние между точкой приложения регулирующего воздействия и осью наклона валика системы ориентации (см. рис.3.4).

Всю фактическую длину материала в куске (L_{ϕ}) определяют посредством микропроцессора 21 по формуле:

$$L_{\phi} = (m - 1)l_i = 2B\xi(m - 1) / h, \quad (3.7)$$

где m – количество автоколебаний, записанное в счетчике 19.

Для выполнения расчетных функций перед измерением длины материала в

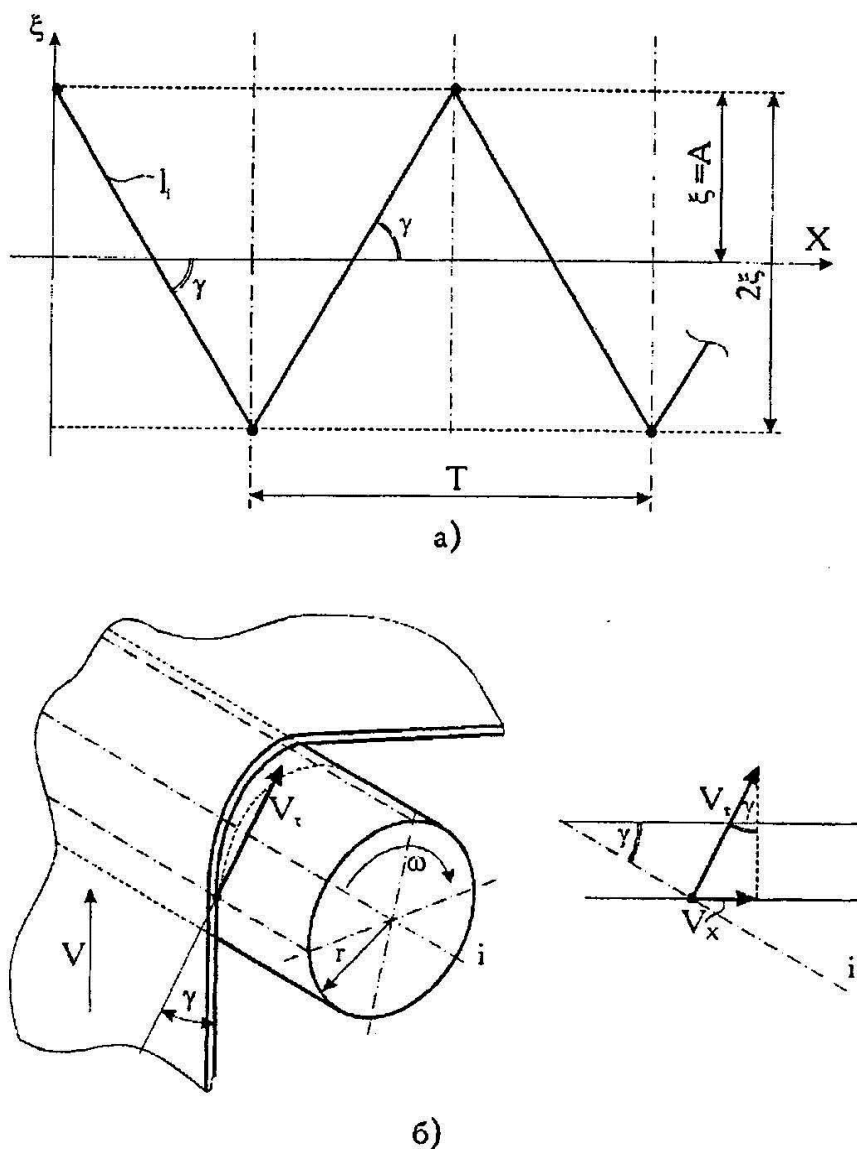


Рисунок 3.5 - Расчётные схемы для определения длины участка (l_i)

оперативную память микропроцессора вносятся параметры h , B и размах колебаний 2ξ .

По признаку конца полотна, определяемого совпадением сигналов с датчи-

ков 16 и 17, блок 22 формирует команду микропроцессору на запрос количества автоколебаний m в счетчике 19 и вычисление фактической длины по выражению (3.7).

Такой подход к построению измерительной технологии позволяет за ненадобностью исключить преобразователи линейных перемещений, как таковые.

Кроме того, предлагаемое решение позволяет значительно упростить конструкцию технологического оборудования, совместив в одном устройстве функции системы ориентации движения и измерения длины материала.

Значительный интерес и особую перспективу имеет также одно из принципиально новых направлений совершенствования систем измерения длины и ширины движущихся легкодеформируемых материалов с учётом изменения при обработке их деформационных характеристик. Одним из возможных решений этого направления является использование *стробоскопического эффекта* [64,65].

Как показывает практика апробации, подобные системы позволяют учесть погрешности измерения линейных параметров материалов от деформационной предыстории и их последующей деформации вследствие контактного взаимодействия с рабочими органами технологического оборудования.

Для решения задачи в такой постановке в рассматриваемое устройство введена система динамической коррекции результатов измерения длины с учётом деформационного поведения материалов.

Система измерения длины материала с использованием стробозэффекта (рис.3.6) содержит электродвигатель 1 привода перемещения материала, редуктор 2, цепные передачи 3 и 4 и измеритель длины. Измеритель длины состоит из двух пневматических транспортирующих валиков 5 и 6, представляющих собой две, сообщающиеся посредством гибкого воздухопровода 7 воздушные камеры, кинематически связанные между собой посредством зубчатого зацепления 8; оптический диск 9; датчик 10.

Вопросы коррекции результатов измерения вследствие перекоса линии движения материала решаются посредством использования оптических линеек 11 и 12, определяющих положение одной из кромок материала на столе 13.

Элементы 14 предназначены для считывания информации о положении материала в пространстве движения; а электронные регистры 15 и 16 для записи информации о положении линии движения материала относительно стола 13.

В состав измерительной схемы также входят: блок сопряжения 17 для обмена информацией с микропроцессором 18; блок 19 разрешения считывания длины материала; система измерения величины деформации, состоящая из оптического усилителя 20, оптоэлектронной системы 21, генератора 22 с программно-цикловым блоком задания частоты генерации импульсов, импульсной лампы 23 и блока совпадения "И" 24; датчик 25 начала и конца материала; опорно-намоточные барабаны 26, связанные цепной передачей 27, и блок подготовки сжатого воздуха 28.

При работе системы измерения длины материал 29 проходит зону действия

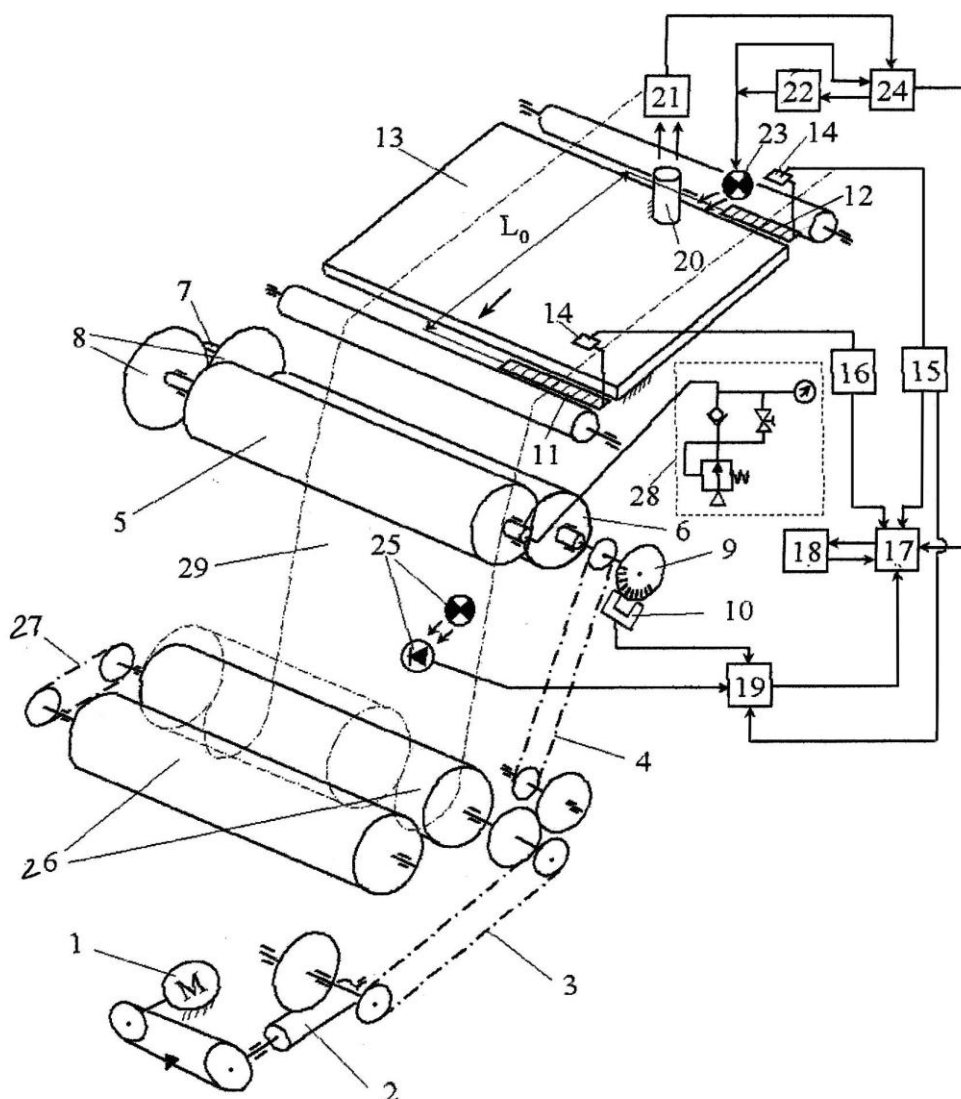


Рисунок 3.6 – Структурно-кинематическая схема измерителя длины

оптической линейки 12. При этом в регистре 15 формируется соответствующий сигнал, который подается параллельно на блок сопряжения 17 с микропроцессором 18 и блок 19 разрешения считывания информации о длине материала. Далее материал движется по поверхности стола 13 и входит в зону действия оптической линейки 11.

Считывание датчиками 14 информации с оптических линеек 11 и 12 о ширине материала в регистры 15 и 16 происходит непрерывно. При выходе со стола материал контактирует с эластичными валиками 5 и 6 измерителя длины. Полости валиков связаны с источником сжатого воздуха, а наружные поверхности выполнены в виде эластичных резинотканевых баллонов с изменяющимися в процессе работы геометрическими параметрами и обладают заданной степенью податливости посредством соответствующей настройки блока подготовки воздуха 28.

При срабатывании датчика 25, определяющего наличие материала в зоне измерения, информация поступает на один из входов блока 19, который формирует разрешение для прохождения импульсов от датчика 10 через блок сопряжения 17 в микропроцессор 18.

Конструктивно заложенный параметр L_0 , как расстояние между оптронными линейками 11 и 12, записывается в память микропроцессора в виде соответствующего кода до начала измерения длины. Информация, считанная с оптронного диска 9 датчиком 10 и переданная в микропроцессор, в программном режиме сравнивается с кодом длины L_0 . Совпадение кодов означает, что материал прошел путь от оптической линейки 12 до линейки 11. Этот конструктивный параметр определяет дискретность считывания информации о деформационных параметрах материала.

При каждом такте измерения запоминается местоположение контролируемой боковой кромки по длине материала путём определения количества “открытых” и “закрытых” светодиодов оптических линеек 11 и 12. Информация из регистров 15 и 16 через блок сопряжения 17 передается в микропроцессор, в котором происходит корректировка результатов измерения длины материала по величине перекоса его движения.

Коррекция результатов измерения длины материала от деформации производится по результатам распознавания стробоскопического эффекта фиксируемого оптоэлектронной системой 21, появляющегося при совпадении скорости движения элементов переплетения с частотой работы генератора 22 и, соответственно, импульсной лампы 23.

Согласно рассмотренному ранее методу измерения деформации (ε) движущихся материалов (см. п. 2.1) имеем:

$$\varepsilon = \left(\frac{\xi_0}{\xi_1} - 1 \right) 100, \% . \quad (3.8)$$

Частоты стробоскопического эффекта ξ_0 для недеформированных состояний того или иного артикула материалов вводятся в микропроцессор 18, как исходные данные. Текущий параметр ξ_i определяется следующим образом.

При движении материала по поверхности стола генератор 22 непрерывно в программном режиме и по циклу, определяемому временем прохождения участка материала длиной L_0 между линейками 12 и 11, изменяет частоту работы импульсной лампы 23 в заданном диапазоне. При совпадении частоты работы импульсной лампы 23 со скоростью движения материала посредством оптического усилителя 20 наступает видимое квазиустановившееся изображение движущейся структуры переплетения.

Оптоэлектронная система элементов 21 фиксирует текущее значение частоты (ξ_i) стробоскопического эффекта (см. п.2.2) и в соответствии с этим формирует на одном из входов блока 24 сигнал, разрешающий с одного из его выходов передачу значения частоты (ξ_i) через блок сопряжения 17 в микропроцессор 18. На втором выходе блока 24 формируются команды запуска генератора импульсов 22 в программно - цикловой режим работы.

Микропроцессор, оперируя полученными данными, с учётом деформации материала (ε_i) и параметра перекося линии его движения (γ_i) производит корректирующий перерасчёт результатов измерения участков и всей длины по следующему алгоритму:

$$L_D = \sum_{i=1}^n \left(\frac{L_0 \cdot (1 - \varepsilon_i)}{\cos \gamma_i} \right) + L_k (1 - \varepsilon_i), \quad (3.9)$$

где L_D - действительное значение длины материала; L_0 - конструктивно заложенное расстояние между оптическими линейками; γ_i - угол перекоса средней линии материала на i -ом участке; L_k - концевой остаток материала, длина которого меньше L_0 ; n - количество циклов измерения материала.

Измерение и коррекция полученных данных продолжается до тех пор, пока не будет полностью открыта оптическая линейка 11, что является признаком конца измерения длины материала в рулоне, т.е. цикл измерения длины материала в рулоне с коррекцией погрешностей измерения от деформации и перекоса средней линии его движения завершается.

Экспериментальные исследования измерителя длины с использованием стробоскопического эффекта показали возможность использования этого подхода и к измерению ширины движущихся материалов, что также принципиально отличается от ранее созданных систем [13,14,78...80] и имеет широкую перспективу внедрения.

Измеритель ширины [65], схема которого представлена на рис. 3.7, (дополнительно к системе измерения длины [64]) содержит две линейки инфракрасных излучателей 1 и 2, располагаемые по боковым сторонам разбраковочного стола 3.

При этом линейка излучателей 1 установлена неподвижно, а линейка 2 имеет возможность перемещаться относительно стола 3 в поперечном направлении. Фотодатчики-приёмники 4 и 5 установлены над линейками излучателей на регулируемой высоте 1...1.5 м. При этом фотодатчик – приёмник 4 установлен неподвижно относительно линейки 1 и соответственно одной боковой кромки материала, а фотодатчик- приёмник 5 установлен с расположением на середине хода регулируемого положения линейки инфракрасного излучателя 2. Излучатель 2 имеет возможность перемещаться в поперечном направлении. Для настройки измерителя на заданную (ярлычную) ширину материала ИК-элементы линеек излучателей 1 и 2 расположены с заданным шагом, определяющим задаваемую погреш-

ность измерения.

В состав измерителя ширины также входят блок управления 6, который тактирует работу дешифратора 7. Выход дешифратора через транзисторные ключи 8 и 9 подключён к излучателям ИК- импульсов 1 и 2, а также тактирует работу коммутатора 10, на вход которого поступают сигналы от электронных преобразователей 11 и 12, входы которых скомутированы с выходами фотодатчиков-приёмников 4 и 5.

Выход коммутатора 10 подключен к входу регистра 13 текущих значений ширины, выход которого через контроллер 14 скомутирован с процессором 15. Кроме того, измеритель ширины содержит систему коррекции результатов измерения, состоящую из оптического усилителя 16 структурных элементов материала, блока оптоэлектронных элементов 17 распознавания стробоскопического эффекта и формирования сигнала управления генератором 18 с программно - цикловым устройством задания частоты генерации световых импульсов лампой 19 и блоком совпадения 20. Блок совпадения обеспечивает при появлении стробоскопического эффекта трансформирование значения их частот через контроллер 14 в процессор 15, где вычисляются значения поперечной деформации.

При подаче на один из входов блока управления 6 серии импульсов τ_i , а на второй его вход сигнала разрешения через контроллер 14 от микропроцессора 15, на выходе блока 6 формируются импульсы по числу, равному общему числу излучателей в линейках 1 и 2, которые подаются на вход дешифратора 7. С выхода дешифратора 7 сигналы через электронные ключи 8 и 9 поступают на входы ИК-излучателей 1 и 2, которые генерируют заданную последовательность импульсов.

Последовательность ИК-импульсов с незатемнённых тканью излучателей фиксируется фотодатчиками - приёмниками 4 и 5, преобразуется в электронных преобразователях 11 и 12 в нормированные сигналы и поступает на вход коммутатора 10, управляющего последовательностью передачи информации от фотодатчиков 4 и 5 в регистр текущего значения. Во избежание ложных срабатываний коммутатор 10 обеспечивает пропуск сигналов от фотодатчика 4 при подаче последовательности ИК-импульсов от излучателей 1 и блокирует прохождение им-

пульсов от фотодатчика 5, и наоборот, пропускает импульсы от фотодатчика 5 при выработке последовательности ИК-импульсов излучателем 2 и блокирует прохождение импульсов от фотодатчика 4.

Последовательность импульсов с выхода коммутатора 10 подается на вход регистра текущего значения 13, в котором за каждый цикл работы устройства

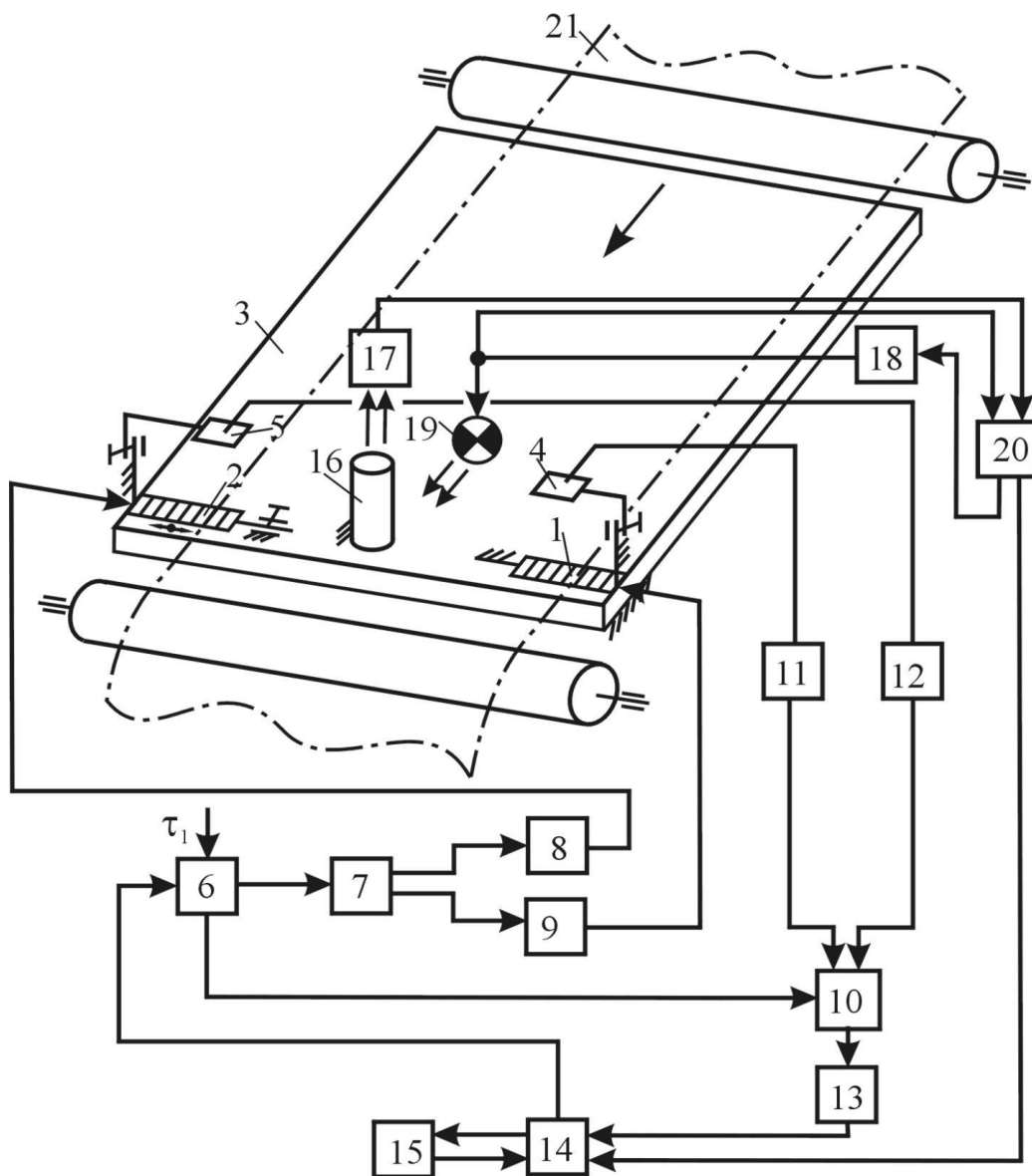


Рисунок 3.7 – Структурно-кинематическая схема измерителя ширины движущихся материалов

хранится количество импульсов, поступивших от незатемнённых излучателей, являющиеся показателем величины отклонения ширины движущегося материала от конкретно заданного значения. Это значение с выхода регистра текущего значе-

ния 13, через контроллер 14 поступает в микропроцессор 15, в котором и осуществляется корректировка результатов измерения ширины.

Корректировка результатов измерения ширины с учётом поперечной деформации производится по результатам распознавания стробоскопического эффекта, фиксируемого при совпадении скорости движения структурных элементов измеряемого материала с частотой работы генератора 18 и, соответственно, лампы световых импульсов 19, что распознаётся системой оптоэлектронных элементов 17. При этом блок элементов 17 формирует сигналы разрешения на прохождение через блок совпадения от генератора в микропроцессор значений частоты (ξ) стробоскопического эффекта.

Частоты стробоскопического эффекта (ξ_0) для недеформированного состояния материала, его ярлычная ширина, количество излучателей в одной линейке, шаг их расположения вводятся в микропроцессор 18, как исходные данные. Параметр же ξ_i физически определяется следующим образом.

При движении материала 21 по поверхности стола генератор 18 непрерывно или дискретно в программно–цикловом режиме изменяет в заданном диапазоне частоту работы лампы световых импульсов 19. Сигналы этой же частоты поступают также на один из входов блока совпадения 20. При совпадении частоты работы импульсной лампы 19 со скоростью движения материала наступает, видимое посредством оптического усилителя 16, квазиустановившееся изображение движущейся, и вследствие деформации, изменяющейся структуры элементов переплетения, что является информативным параметром продольной деформации.

Система оптоэлектронных элементов 17 распознаёт наступление стробоскопического эффекта и формирует на одном из входов блока 20 управляющие сигналы, разрешающие с одного из его выходов передачу посредством контроллера 14 в микропроцессор 15 значений частот стробоскопического эффекта (ξ_i) в реальном режиме времени.

Одновременно на втором выходе блока 20 формируются команды управления программно-цикловым режимом работы генератора импульсов 18. Микропроцессор, оперируя полученными данными, с учётом продольной деформации

материала (ε_i) производит корректирующий перерасчёт результатов измерения ширины по следующему алгоритму:

$$B_i^T = [B_{я} + H(n - K)](1 + \mu\varepsilon_i), \quad (3.10)$$

где B_i^T – текущая ширина; $B_{я}$ – ярлычное значение ширины; H - шаг расположения излучателей; n – количество излучателей в одной линейке; K – количество открытых излучателей (определяется автоматически в рабочем режиме); μ - коэффициент поперечного сужения выбирается (определяется по справочным данным или экспериментально) в зависимости от ассортимента и вида материала.

Рабочий цикл измерителя ширины тактирован сигналом разрешения от микропроцессора 15. Кроме того, микропроцессор реализует алгоритм, по которому при отклонении текущей ширины (B_i^T) на величину больше допустимой (Δ_{don}), ее значение записывается в память микропроцессора, т.е. при выполнении условия $|B_i^T - B_{i-1}^T| \geq \Delta_{don}$, параметр ширины (B_i^T) записывается в память микропроцессора.

При наличии датчика длины (на рисунке не показан) можно формировать массив длин, при которых произошло отклонение ширины от допустимой величины и значения этого отклонения.

Таким образом, использование в технологическом оборудовании предлагаемого технического решения для промера ширины рулонных легкодеформируемых материалов позволяет получить в автоматизированном режиме более достоверную информацию об её изменении по всей длине и вследствие этого повысить коэффициент использования материала при его переработке в швейные изделия.

Измерение линейных параметров длинномерных материалов и поиск путей рационального расхода материалов при выполнении системы ПМкПШИ непосредственным образом связано с вопросами точности определения координат видимых пороков.

При выполнении программы научных исследований по совершенствованию подготовительных процессов в производстве одежды [34,67...89,91...113] реализо-

ван ряд принципиально новых проектов и созданы *системы автоматизированного определения вида и координат пороков* [76,91].

Одним из недостатков действующих систем является относительно конструктивная сложность и невысокая точность определения координат пороков материала по отношению к точности измерения его длины вследствие автономного функционирования измерительных механизмов. При этом погрешность определения координат и размеров пороков по длине в значительной мере обусловлена типом, размерами и дискретностью установки элементов считывания.

Вариант технического решения, предложенный в работе [92], позволяет значительно повысить точность определения координат и размеров пороков рулонных материалов с одновременным упрощением конструкции отдельных узлов контрольно-мерильного оборудования.

Структурно-кинематическая схема устройства определения вида и координат пороков (рис. 3.8) содержит линейку 1, установленную на трубчатой планке 2, и узел 3 для её перемещения по направляющим 4, закрепленным на наклонном разбраковочном экране 5. Узел перемещения 3 планки 2 с линейкой 1 состоит из двух пар роликов 6 с осями вращения, параллельными плоскости экрана, один из которых выполнен соосно и заодно с оптронным диском 8, и двух пар роликов 7 с осями вращения, перпендикулярными плоскости экрана.

Преобразователь линейных перемещений состоит из приводного барабана 9; транспортёра 10; схватов 11; один из которых, имеет флажок 12; оптронного диска 13 и датчиков 14 и 15, расположенных друг от друга на эталонной длине l_3 .

В состав системы также входят оптоэлектронные датчики 16 и 17, блоки формирования нормированных импульсных и потенциальных сигналов 18 и 20; линия временной задержки 19; регистр 21 количества импульсов, соответствующих эталонной мере длины, (l_3) блок 22 сопряжения измерительной схемы с микропроцессором 23 и блок 24 регистрации результатов измерения на внешних носителях информации.

При работе устройства материал 25 посредством транспортёрной ленты 10

и дополнительных механизмов (на рисунке не показаны) перемещается сверху вниз по разбраковочному экрану 5. При этом контрольная линейка 1 вместе с планкой 2 находится в исходном положении, т.е. в крайней нижней зоне экрана 5.

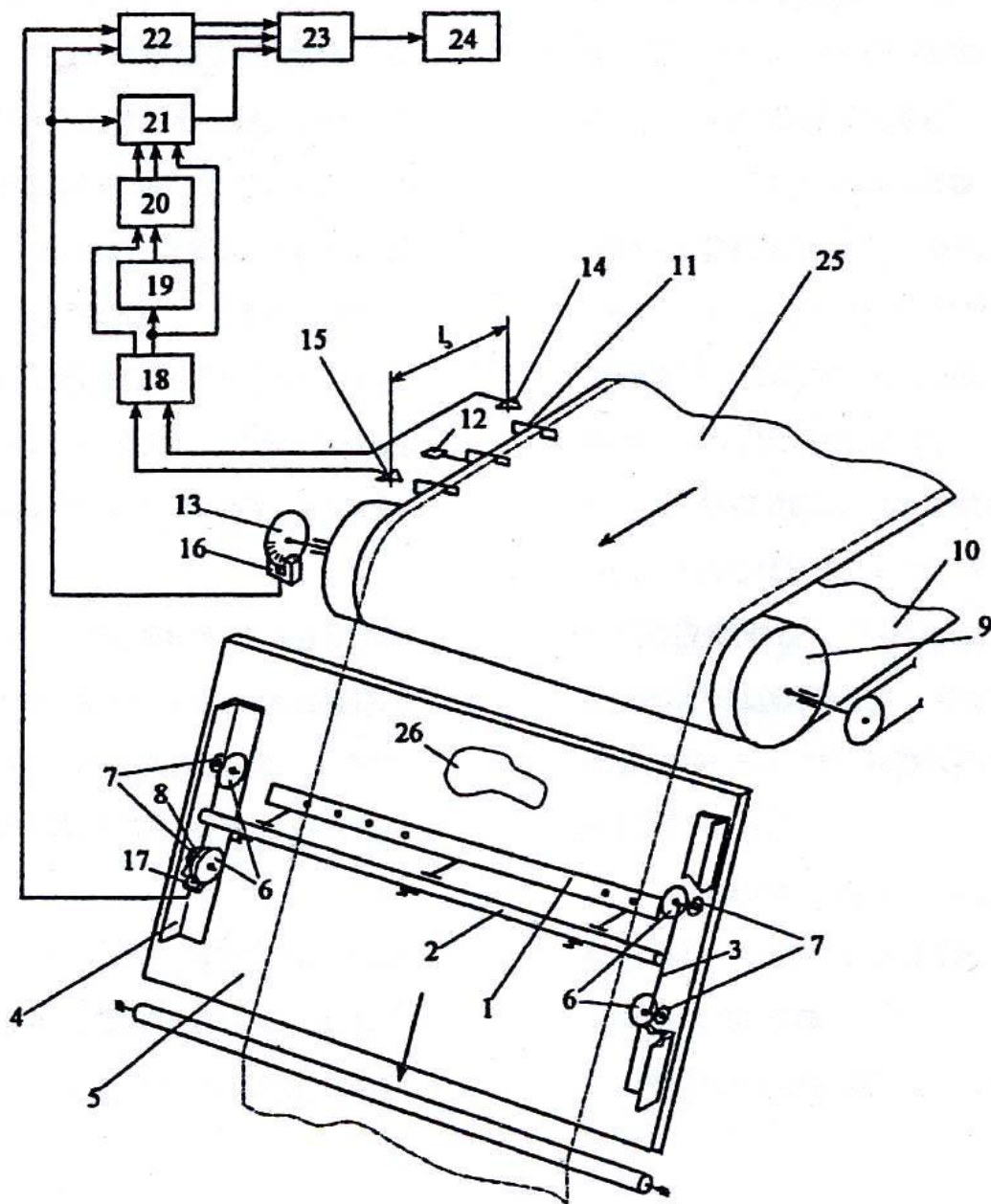


Рисунок 3.8 – Структурно-кинематическая схема для определения координат пороков

Исполнитель операции визуально производит разбраковку движущегося материала и, обнаружив порок, выключает привод барабана 9 транспортёрной ленты 10.

Для определения координат порока по длине материала оператор перемещает планку 2 вверх и совмещает нижнюю границу порока 26 с контрольным ви-

зиром линейки 1. При перемещении планки 2 ролики 6 и 7 катятся по направляющим 4. Одновременно с одним из роликов, поступательно перемещаясь, вращается оптронный диск 8, угол поворота которого распознается подвижно установленной оптоэлектронной парой 17.

При движении ленты транспортёра 10 прижимы 11, сцепляя с ней материал, перемещаются совместно относительно датчиков 14 и 15 начала и конца эталонной длины. При движении метка 12 попадает в зону действия датчика 14, подающего сигнал на первый вход блока 18. На одном из каналов первого выхода блока 18 формируется импульсный сигнал передачи информации из блока 21 в микропроцессор 23 без её воспроизведения в блоке 21.

Одновременно по другому каналу этого же выхода сигнал идёт через линию временной задержки 19 на один из входов блока 20, который формирует потенциальный сигнал разрешения очередной записи в блок 21 количества импульсов от измерителя длины, соответствующих эталонной мере l_0 .

При этом одновременно импульсы от датчика 16 измерителя текущего значения длины движущегося материала поступают через блок сопряжения 22 в микропроцессор 23.

При прохождении флажком 12 эталонной длины l_0 со второго выхода блока 18 поступает сигнал на другой вход блока 20, формирующего команду запрещения прохождения в блок 21 информации о длине материала с оптоэлектронного датчика 16.

Таким образом, в микропроцессор по одному из каналов поступает количество импульсов, соответствующих эталонной мере длины, а по другому – текущей длине движущегося материала. Вычислительные процедуры выполняются в микропроцессоре 23 по алгоритму, согласно которому в каждом цикле определяется коэффициент коррекции результатов измерения длины материала, координат и размеров пороков по эталонному значению.

При перемещении контрольной линии линейки 1 от исходного значения и вращении роликов 7 совместно с диском 8 и движущимся поступательно оптоэлектронным датчиком 17, последний генерирует количество сигналов, соответ-

ствующих линейным координатам пороков. Информация через второй выход блока сопряжения 22 поступает в микропроцессор 23, который программными средствами в соответствии с вычисленным коэффициентом корректирует результаты полученной информации о координатах пороков, поступающей от датчика 17. Тем самым обеспечивается повышение точности определения координат и их линейных размеров до уровня, соответствующего точности измерения длины.

Скорректированные значения длины материала, координат и размеров пороков поступают в блок 24 вывода результатов на внешние носители информации. При визуальном обнаружении следующего порока цикл измерения координат и их линейных размеров повторяется.

3.2 Технические средства для размотки и намотки материалов в рулон

При выполнении программы исследований по совершенствованию подготовительных процессов швейного производства в Новосибирском технологическом институте для обработки рулонных материалов разработана и в производственных условиях апробирована целая группа в техническом отношении современных размоточно-намоточных механизмов и систем [24...32,93...95].

Среди этой группы технических решений необходимо выделить группу *размоточных систем с разводными консолями* [93], которые обеспечивают основное технологическое условие – постоянство сил сцепления рабочих органов с рулоном в ходе всего процесса, что исключает их относительное проскальзывание в завершающей стадии операции и значительное изменение натяжения материала.

Реализуемое постоянство сил сцепления является необходимым, и, при определённых технологических режимах, достаточным условием для обеспечения равномерности напряжённо-деформированного состояния (НДС) материалов в ходе процесса размотки.

Однако если в процессе размотки материал подаётся в технологическую машину с постоянной линейной скоростью, как это необходимо, например, в промерочно-разбраковочном оборудовании, то подвижность центра масс рулона ведёт к нарушению требований материального баланса разматываемого и отводи-

мого материала из размоточной зоны, что создаёт условия неравномерности и скачкообразного повышения уровня НДС легкодеформируемых материалов.

Дадим теоретическое обоснование этому утверждению. Предположим, что угол развода (λ) консолей (рис.3.9) не изменяется, а начальный радиус рулона (R) в процессе размотки уменьшается от r_1 до r_2 по известному закону $r_i = R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_i$, где δ - толщина материала; φ_i - угол поворота рулона.

Из геометрических соотношений треугольников AB_2O_2 и AB_1O_1 (рис. 3.10) можно определить отрезок B_1B_2 .

$$B_1B_2 = AB_1 - AB_2 = r_1 \operatorname{tg} \lambda - r_2 \operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \lambda (r_1 - r_2). \quad (3.11)$$

С учётом (3.11)

$$B_1B_2 = \operatorname{tg} \lambda \frac{\delta}{2\pi} (\varphi_2 - \varphi_1). \quad (3.12)$$

Если линейная скорость V движения рулонного материала постоянна (кон-

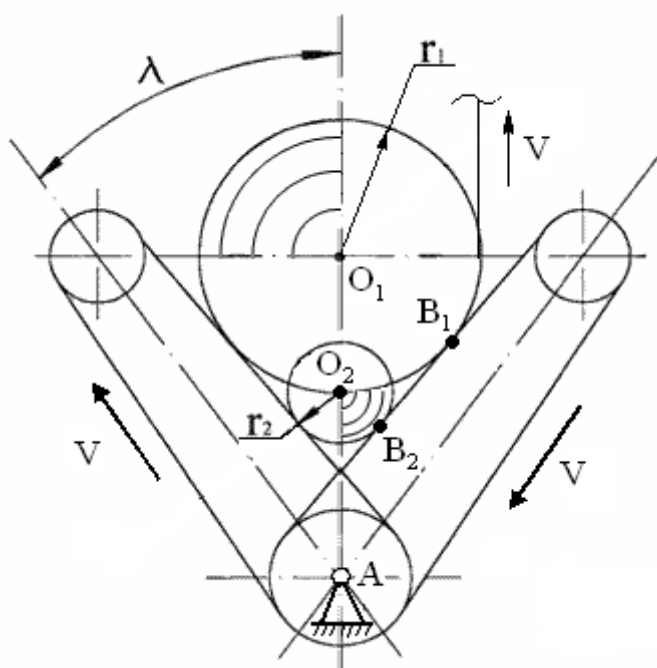


Рисунок 3.9 - Схема размотки гибкими рабочими органами со смещающимся центром положения оси рулона

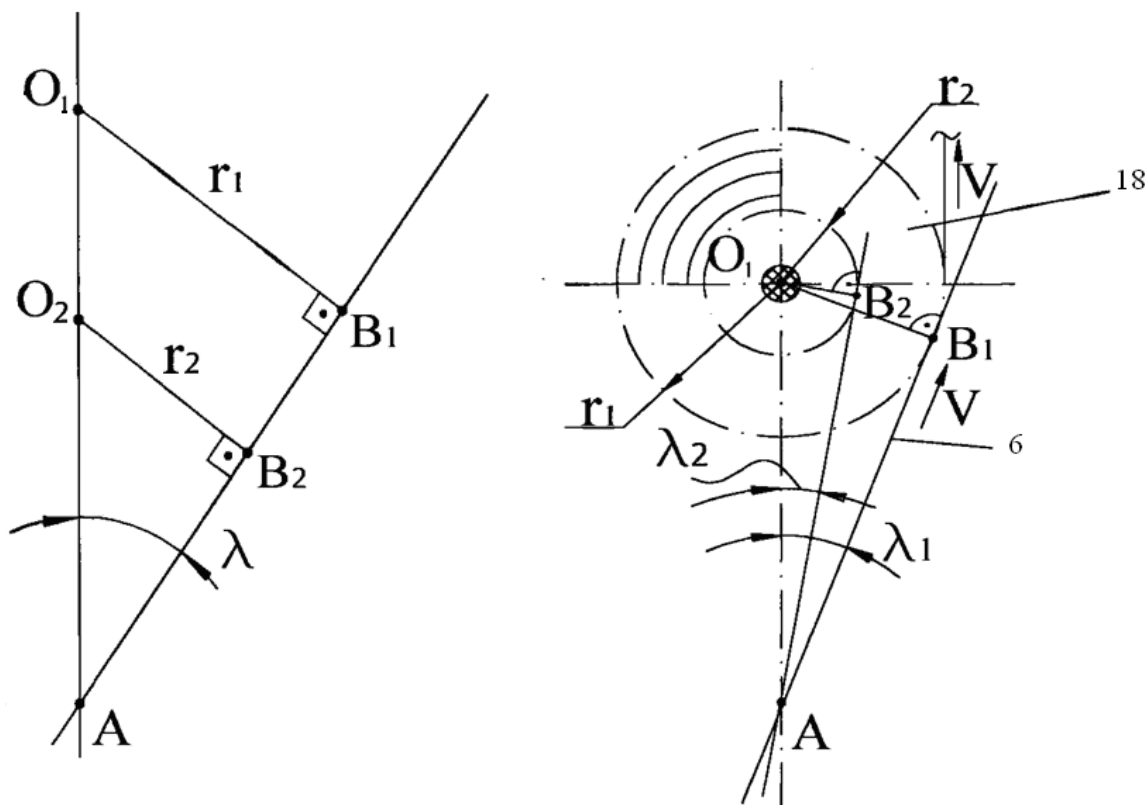
структивно-технологические требования), то при уменьшении диаметра рулона его центр масс перемещается вниз. Для обеспечения материального баланса в разматывающем устройстве изменяющаяся длина участка материала B_1B_2 должна компенсироваться или дополнительной подачей материала на это же значение увеличением скорости движения рабочего органа по определённому закону, или

уменьшением скорости отвода полотна из размоточной зоны, что ведёт к значительному усложнению конструкции системы. Однако требуемого изменения линейной скорости рабочих органов можно избежать, если сохранить положение оси вращения (центр масс) рулона. Неизменность положения оси вращения рулона, что соответствует постоянству расстояния между осью перекатных валиков и линией касания обрабатываемого объекта с рабочими органами и условию материального баланса, может быть достигнута при соответствующем законе изменения угла развода консолей. Определим требуемые соотношения для обеспечения постоянства центра масс рулона в процессе его размотки. Допустим, что радиус рулона изменяется от значения r_1 до r_2 (рис.3.10а,б), а угол развода консолей при этом от λ_1 до λ_2 .

Для обеспечения заданных требований размотки должно выполняться условие $AO = const$. Из геометрических соотношений треугольников AB_2O и AB_1O :

$$AO = \frac{OB_2}{\sin \lambda_2} = \frac{r_2}{\sin \lambda_2} = \frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_2}{\sin \lambda_2}; \quad (3.13)$$

$$AO = \frac{OB_1}{\sin \lambda_1} = \frac{r_1}{\sin \lambda_1} = \frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_1}{\sin \lambda_1}. \quad (3.14)$$



а)

б)

Рисунок 3.10 - Расчётная схема для определения закона развода

консолей с гибкими рабочими органами

Приравняв правые части соотношений (3.13 и 3.14), получим:

$$\frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_2}{\sin \lambda_2} = \frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_1}{\sin \lambda_1}$$

Зададимся начальными условиями: при $t=0 \Rightarrow \varphi_1 = \varphi_0 = 0$; $\lambda_1 = \lambda_0$. Тогда, принимая во внимание эти условия и проведя несложные преобразования:

$$\frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_1}{\sin \lambda_1} = \frac{R}{\sin \lambda_0} = C_1; \quad C_1 \sin \lambda_2 = R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_2; \quad \sin \lambda_2 = \frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_2}{C_1},$$

получим требуемый закон развода консолей $[\lambda_i(\varphi)]$:

$$\lambda_i(\varphi) = \arcsin \left(\frac{R - \frac{\delta}{2\pi} \varphi_i}{C_1} \right). \quad (3.15)$$

Графическое отображение соотношения (3.15), по которому должно осуществляться управление консольными рабочими органами с требуемым технологическим условием, представлено на рис. 3.11.

Исходя из требований постоянства сил сцепления рулона с рабочими органами в процессе размотки, в рамках проектирования опытного образца конструкции было предложено принципиально новое технологическое решение и техническое средство его обеспечения, устраняющие недостатки предлагаемых ранее вариантов построения размоточных систем [94].

Технологическая и расчётная схема этого решения в исходном и текущем положениях представлены на рис. 3.12. Технически поставленная задача решается посредством того, что штанги с перекатными валиками консольно установлены на разных приводных валах. Каждый приводной вал смонтирован внутри приводного секционного барабана и соосно с ним, причём механизм привода штанг выполнен с возможностью обеспечения постоянства расстояния между осью вращения

перекатных валиков и линией касания рулона с рабочими органами.

Одна из конструкций системы размотки (рис.3.13) спроектирована по заданным условиям и содержит приводной секционный барабан 1; два перекатных валика 2 и 3, установленные на приводных штангах 4 и 5. Перекатные валики

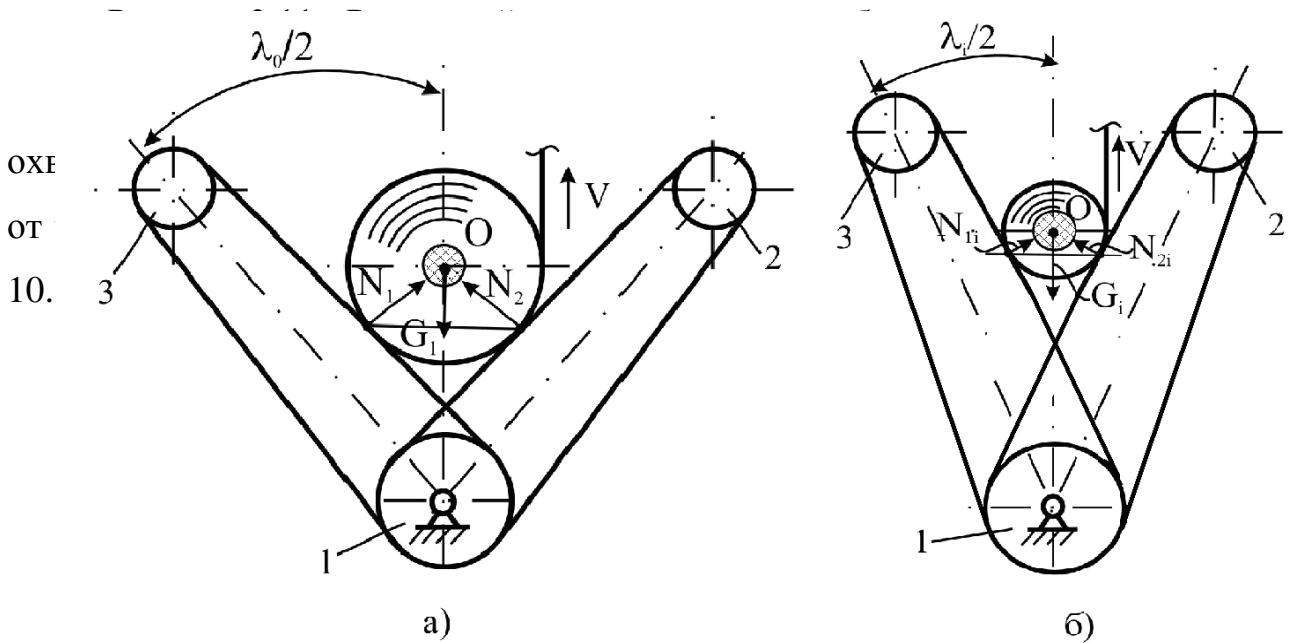
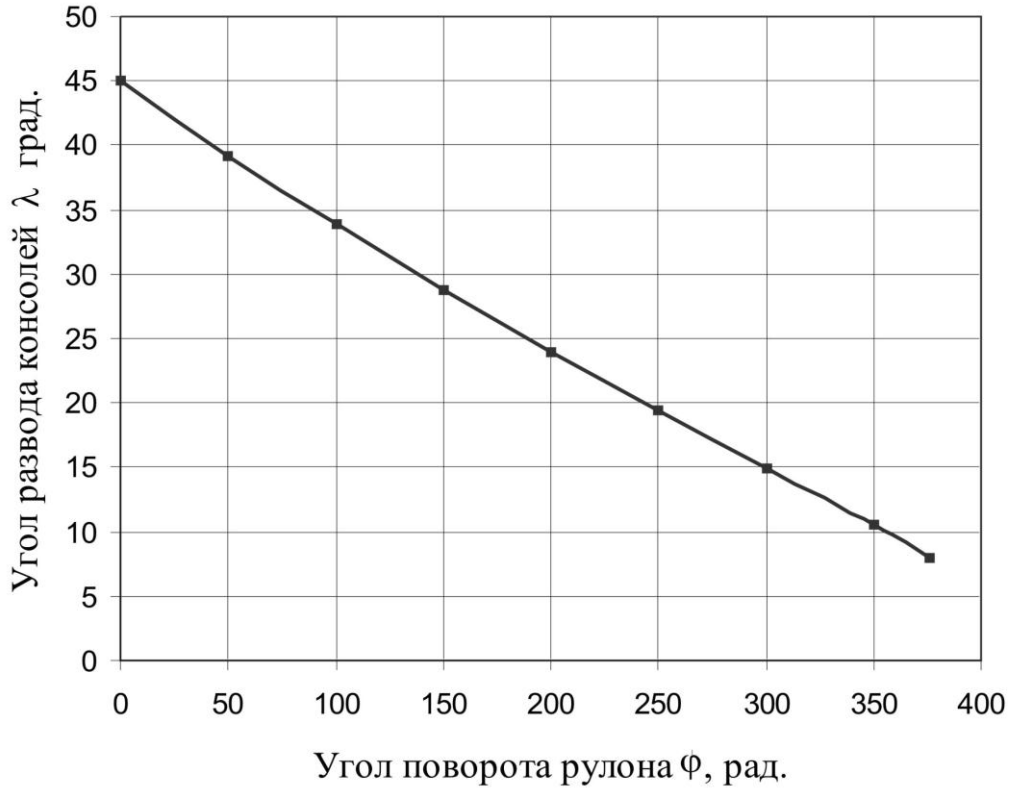


Рисунок 3.12 – Исходное и текущее положения гибких рабочих органов системы размотки легкодеформируемых материалов

Валы 9 и 10, на которых консольно смонтированы штанги 4 и 5, установлены соосно с секционным барабаном 1 и во внутренней его полости. Валы получают вращательное движение от реверсивного мотор-редуктора (РД) 11 посредством муфты 12 и зубчатых зацеплений 13 и 14.

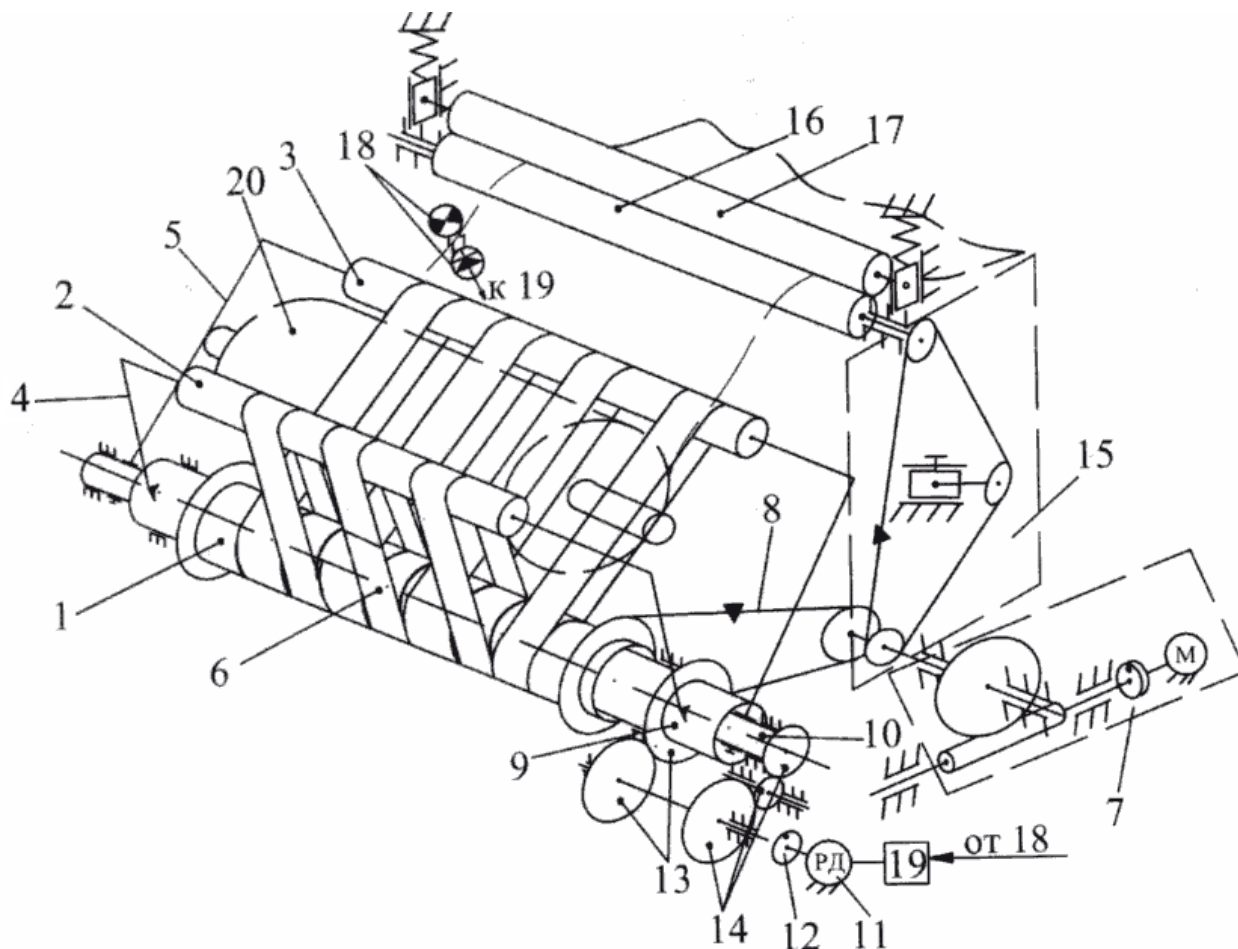


Рисунок 3.13 - Кинематическая схема размоточной системы с регулируемым углом развода консолей

Для активного отвода материала из зоны размотки устройство содержит передаточный механизм 15, приводящий в движение транспортирующие валики 16 и 17. Для управления реверсированием привода возвратно-поворотного движения штанг с перекатными валиками размоточное устройство содержит оптоэлектронную пару 18 и блок управления 19.

Постоянство положения центра масс рулона при достаточности сил сцепления его с рабочими органами обеспечивается соответствующим изменением угла наклона консолей (λ_i), что достигается следующим образом.

В исходном положении приводные штанги 4 и 5 разведены на угол λ_0 . Ру-

лон 20 укладывается на гибкие рабочие органы (ремни) 6 между консольными штангами 4 и 5, материал проводится по технологическому тракту между приводными транспортирующими валиками 16 и 17 и далее на другие рабочие органы технологической машины (на рисунке не показаны). При включении привода 7 через клиноремённую передачу 8 вращательное движение передаётся секционному барабану 1, гибким рабочим органам 6, перекатным валикам 2 и 3, а также через передаточный механизм 15 транспортирующим валикам 16 и 17, последовательно установленным в технологической машине. Движущиеся рабочие органы контактируют с рулоном материала без проскальзывания и передают ему вращательное движение.

Одновременно с включением основного привода и началом процесса размотки включается реверсивный мотор-редуктор (РД) 11, приводящий в движение посредством муфты 12 передаточные механизмы 13 и 14 развода штанг. Подтверждением для включения РД и встречного движения штанг с перекатными валиками в одном направлении является сигнал от оптоэлектронной пары 18, фиксирующей наличие материала в зоне размотки. Угол развода консольно закреплённых штанг в процессе размотки уменьшается по требуемому закону (см. рис.3.11), создавая условие для поддержания постоянства положения центра масс и требуемых значений сил трения для гарантированного сцепления изменяющегося веса рулона с рабочими органами. Совместное синхронное разнонаправленное поворотное движение штанг с перекатными валиками и рабочими органами, а также вращательное движение секционного барабана продолжается до полного разматывания рулона, чем и обеспечивается постоянство НДС материала с одновременным поддержанием его на заданном уровне.

После завершения процесса размотки привод 7 останавливается, оптоэлектронная пара 18 формирует инверсный сигнал, подтверждающий отсутствие материала в зоне размотки. Сигнал поступает на блок управления 19, который формирует команду на реверсивное движение РД и возвращение консольных штанг в исходное положение для повторения цикла.

При производстве ряда швейных изделий из материалов, отличающихся

особыми деформационными свойствами (лёгкий трикотаж), наиболее важным технологическим требованием является обеспечение постоянства натяжения материалов с предельно низкой деформацией, когда их значения не должны выходить на макроуровне за пределы условно упругих значений. Реализация таких технологических требований может быть достигнута техническим решением, предложенным в работе [95].

В условиях, когда требуется решать задачи одновременного обеспечения минимума и стабильного натяжения легкодеформируемого материала, в схеме последовательного построения исполнительных механизмов технологического оборудования может быть использована *адаптивно-управляемая размоточная система*, представленная на рисунках 3.14....3.17.

Адаптивно-управляемая система размотки рулонных материалов содержит приводной секционный барабан 1 (см. рис.3.14), жёстко закреплённый на валу 1',

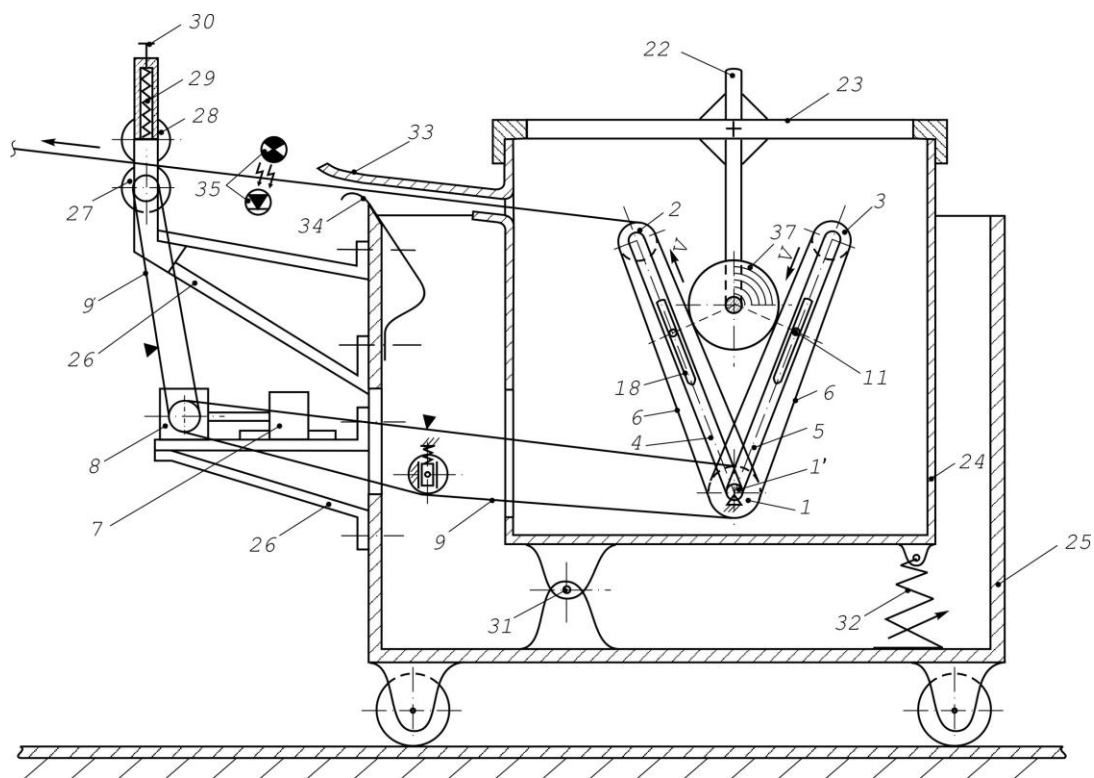


Рисунок 3.14 – Конструктивно-кинематическая схема адаптивной размоточной системы

два перекатных валика 2 и 3, установленных на консолях 4 и 5. Валики 2 и 3 и приводной барабан 1 в "шахматном" порядке охватываются гибкими рабочими

органами 6, вращательное движение которым передается от электродвигателя 7 через червячный редуктор 8 и ременную передачу 9.

Консоли 4 и 5 опираются шарнирно одной стороной на вал приводного барабана 1, а их вторая (верхняя) часть удерживается в рабочем положении под действием грузов 10 и шарнирных пальцев 11 (см. рис.3.15), установленных на одном из звеньев роликовых цепей 12 (см. рис.3.16). Роликовые цепи расположены в желобах неподвижных дисков 13, каждый из которых придан только одной консоли.

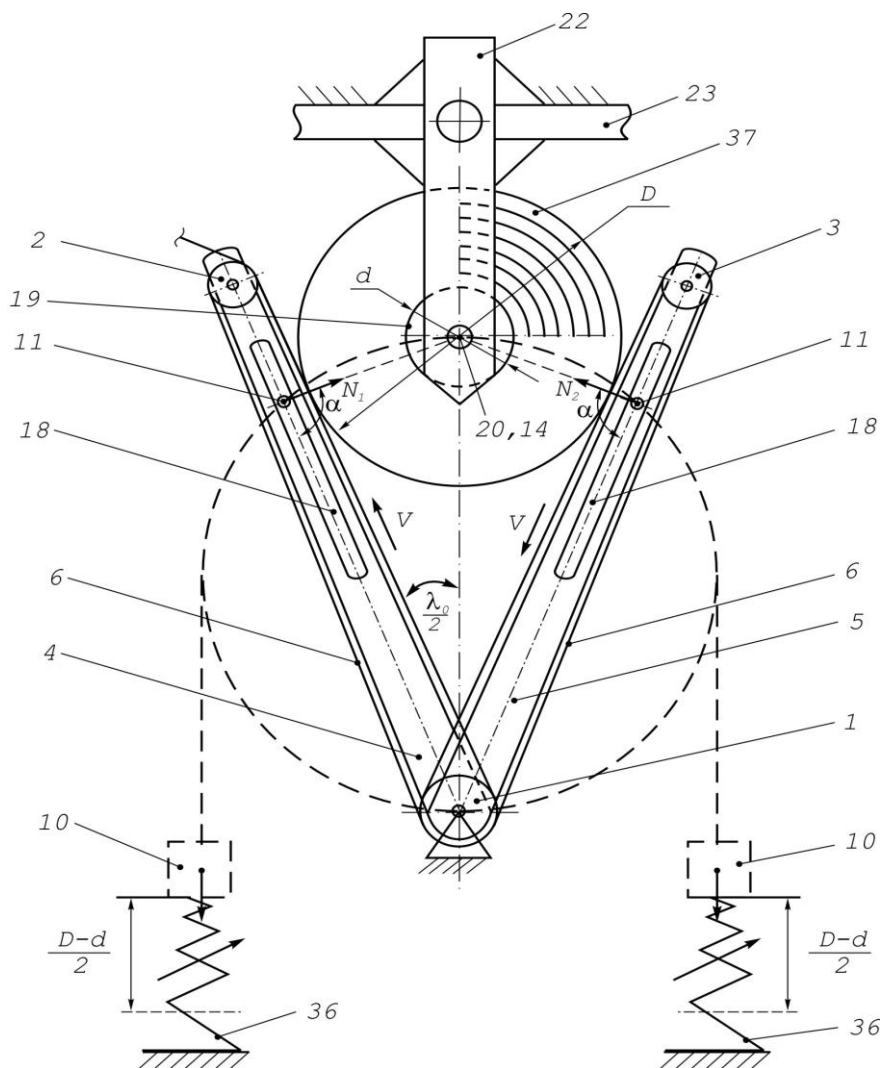


Рисунок 3.15 - Механизм синхронного изменения положения рабочих органов

При этом диски 13 установлены шарнирно на валу 1' приводного барабана 1 и жестко на вильчатых опорах механизма синхронного изменения положения рабочих органов.

В дисках 13, попарно расположенных с обеих сторон относительно консолей, выполнены кольцевые желоба 15 с профилем в поперечном сечении прямоугольной или иной формы, а в их днищах вдоль срединной окружности имеют-

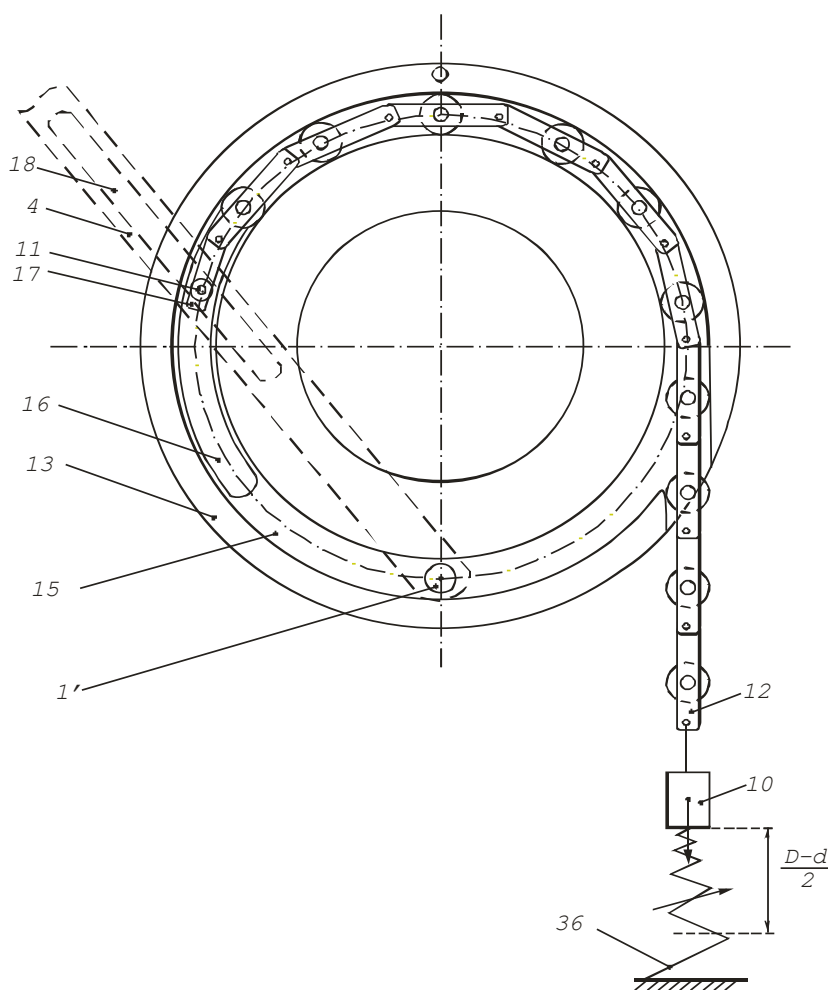
ся сквозные пазы 16 с возможностью свободного перемещения в них шарнирных пальцев 11.

Конструктивно система выполнена таким образом, что под действием грузов 10 каждый палец 11 может одновременно перемещаться внутри сквозного

кольцевого жёлоба 15 и продольного паза 18 консоли, обеспечивая синхронный поворот консолей в противоположных направлениях.

Ось скалки 19 разматываемого рулона зафиксирована в пространстве между гибкими рабочими органами 6 параллельно оси приводного барабана 1 с помощью двух вильчатых опор 14, несущих конической формы центры 20 с упругими элементами 21, двух стоек 22, установленных на раме 23, размещаемой на платформе 24 (см. рис.3.14).

Платформа 24, в свою очередь, установлена внутри тележки 25, к корпусу



которой прикреплены кронштейны 26 с приводами для передачи вращательного момента барабану 1 и подающим валикам 27, 28. Прижим валика 28 к валику 27 осуществляется с помощью пружин 29 и нажимных болтов 30. Для образования регулируемого щелевого зазора, образуемого козырьками 33 и 34, принадлежащими соответственно корпусу платформы 24 и тележке 25, которая установлена с возможностью поворота

Рисунок 3.16 – Конструктивная схема диска управления консолью

вокруг оси 31 посредством упругого элемента 32.

Оптоэлектронный датчик 35 предназначен для формирования команды отключения работы электродвигателя 7 после завершения процесса размотки и вы-

хода материала из размоточной зоны.

Подвешиваемые грузы 10 связаны с регулируемым упругими элементами 36 в диапазоне их сжатия $\frac{D-d}{2}$ (D и d - соответственно начальный диаметр рулона и скалки) и предназначены для создания постоянного динамического замыкания консолей с поверхностью рулона 37 в процессе его размотки.

Перед началом работы в исходном положении консоли 4 и 5 разведены на угол λ_0 (см. рис. 3.15). Рулон 37 укладывается на гибкие рабочие органы 6 с фиксацией оси скалки 19 с помощью центров 20 и упругих элементов 21 (см. рис. 3.17). Материал проводится по технологическому тракту на другие рабочие органы машины (на рисунках не показаны) между козырьками 33 и 34 и далее между приводными транспортирующими валиками 27 и 28. Включается электродвигатель 7, который с помощью ременных передач 9 и 9' приводит в движение приводные подающие валики 27, 28 и приводной секционный барабан 1.

Диаметры шкивов приводного секционного барабана 1 и подающих валиков 27 и 28 конструктивно подобраны так, чтобы линейная скорость материала рулона 37 была постоянной. Вызванное движение гибких рабочих органов 6, перекатных валиков 2 и 3, подающих валиков 27, 28 и силы трения между рулоном и поверхностью гибких ремней, образованные нормальными составляющими реакций N_1 и N_2 , передают вращательное движение рулону.

Угол развода консолей λ_i по мере процесса размотки непрерывно уменьшается, сохраняя при этом постоянным угол $\alpha = 90^\circ$, образуемый направлениями реакций N_1 или N_2 и линиями поверхностей рабочих органов, как угол, опирающийся на диаметр, вершина которого лежит на окружности, проведенной через оси скалки 19 и приводного секционного барабана 1. Это условие выполняется в течение всего процесса размотки рулона, обеспечивая баланс между количеством разматываемого и отводимого материала из зоны размотки. Тем самым обеспечивается адаптивно управляемый уровень НДС материала и на постоянном уровне, что особенно важно для легкодеформируемых трикотажных материалов и текстильных полотен типа «паутинка».

При завершении процесса размотки и прохождении среза разматываемого материала через оптоэлектронный датчик 35 формируется команда на останов привода и цикл работы устройства после загрузки его другим рулоном повторяется.

При подготовке материалов к раскрою после выполнения контрольных операций материалы вновь наматываются в рулон для последующей их передачи на настольно-раскройные комплексы для получения кроя швейных изделий. При выполнении намоточных операций не менее важно обеспечить такие требования к НДС материалов, когда их величины не должны превышать условно упругие значения. Анализ направлений совершенствования намоточных устройств показывает, что достижение требуемых параметров, как правило, связано со значительным и неоправданным усложнением средств управления процессом, а наиболее простые конструктивно-технологические решения ведут к снижению технологического качества.

Исследуя и делая обобщенный анализ этой проблемы, можно утверждать, что решение задачи качественного управления процессом намотки материала в рулон осложняется, прежде всего, отсутствием прямого метода измерения его плотности, как физического параметра, что представляет собой достаточно непростую научно-техническую задачу, которая до сих пор не имеет исчерпывающего теоретического и практического решения.

В практике работы швейных и других предприятий, на которых перерабатываются длинномерные легкодеформируемые материалы, плотность намотки рулона в основном оценивается органолептически. До сих пор не сформулированы соответствующие количественные критерии, определяющие требования к качеству процесса, а предлагаемые косвенные методы оценки не дают ответа о равномерности распределения плотности намотки в радиальном направлении и степени послойной деформации материала.

Описание наиболее интересных и практически апробированных технических решений для управления процессом намотки, разработанных в последнее десятилетие, дано в работах [24...34].

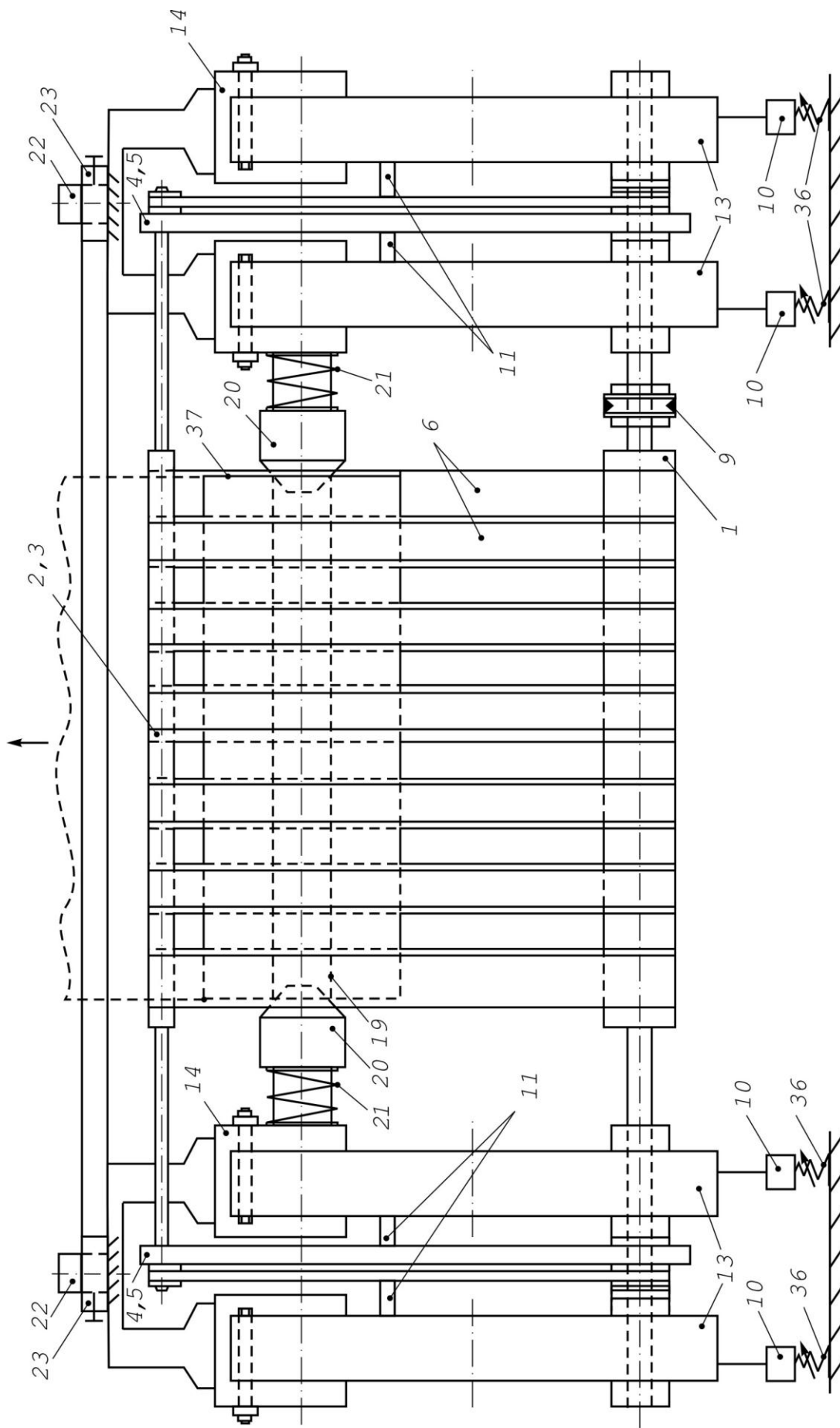


Рисунок 3.17 - Общий вид адаптивной системы размотки рулонных материалов

Однако в рамках выполнения программы научных исследований последнего времени по одному из основных направлений совершенствования подготовительно-раскройного производства разработаны и заслуживают особого внимания новые технические предложения для выполнения процесса намотки легкодеформируемых материалов в рулон (рис. 3.18).

С точки зрения возможностей бесприводного *адаптивного управления процессом намотки* следует признать достаточно интересным техническое решение, рассмотренное в работе [96], которое позволяет в общем случае значительно упростить конструкцию и повысить надёжность работы намоточных систем.

Предлагаемая адаптивная намоточная система (см. рис. 3.18) содержит корпус 1, пазы боковых сторон которого выполнены в виде двух равнобедренных треугольников с возможностью изменения угла при их вершине и фиксации с помощью подшипникового узла 2 и регулируемого по длине основания 3. Основания 3, выполненные в виде треугольников, связаны с боковыми сторонами с помощью шарниров 4. Боковые стороны корпуса 1 жёстко соединены друг с другом с возможностью размещения зажимных центров полой оправки 5 в подшипниковых узлах 2 и оснащены наклонными сквозными пазами 6 для обеспечения постоянного угла касания намоточных барабанов 7 с рулоном в процессе его намотки.

В сквозных наклонных пазах 6 размещены валы 8, соединённые с помощью шатунов 9 с основным валом 10, установленным в вертикальных пазах направляющих стоек 11, ось которых расположена на биссектрисе угла при вершине равнобедренного треугольника. Вертикальные пазы предназначены для перемещения площадки 12, на которой установлен привод передачи вращения основному валу 10, а через него с помощью цепных передач 13 - намоточным барабанам 7. Основной вал 10 оснащён блоками 14 под охватывающий их снизу трос 15, один конец которого жёстко закреплён, а другой с заданным грузом 16 массой M перекинут через блок 17, что обеспечивает гарантированное постоянство силового замыкания рулона материала с намоточными барабанами 7.

Площадка 12 с размещёнными на ней роликами 18, электродвигателем 19, редуктором 20, основным валом 10, а также с шатунами 9, цепной передачей 13,

намоточными барабанами 7, образуя подвеску определённого веса, имеет возможность возвратно-поступательного перемещения вдоль вертикальных пазов направляющих стоек 11.

Намоточная система также содержит направляющий валик 21, размещённый между входным намоточным барабаном 7 и размоточным контейнером 22, зажимные центры 23 полой оправки 5 и работает следующим образом.

Оправку 5 устанавливают в подпружиненных зажимных центрах 23. При этом контейнер 22 находится в исходном неподвижном положении. Материал 24 проводят между намоточными барабанами 7 и оправкой 5 и первый слой рулона фиксируют на ней. При включении электродвигателя 19 через редуктор 20 вращение передаётся основному валу 10, от которого посредством цепной передачи 13 намоточным барабанам 7 и оправке 5.

С каждым оборотом оправки 5 диаметр наматываемого рулона увеличивается. При этом валы 8 намоточных барабанов 7 свободно перемещаются в сквозных пазах 6 боковых сторон корпуса 1, не меняя условия силового замыкания с рулоном, чем и обеспечивается адаптация системы к процессу и равномерная плотность его намотки в радиальном направлении. При этом основной вал 10 свободно перемещается вниз по сквозным пазам в направляющих 11. Полка-площадка 12 с расположенной на ней системой элементов 10, 19, 20 поступательно посредством роликов 18 также перемещается вниз по направляющим 11.

При намотке рулона на оправку 5 автоматически сохраняется постоянный заданный угол его касания с намоточными барабанами 7, что обеспечивает постоянство НДС наматываемого материала и требуемое технологическое качество процесса. Такое техническое решение позволяет одновременно упростить конструкцию системы и повысить надёжность её работы, так как отпадает необходимость в применении приводного механизма развода намоточных барабанов 7.

Для уравнивания площадки 12 и обеспечения гарантированного силового замыкания намоточных барабанов 7 с рулоном к подвеске прикладывается противоположно направленная сила (\bar{P}_M), равная сумме веса подвески ($\bar{P}_П$) и некоторого дополнительного усилия ($\Delta\bar{P}$), определяемого экспериментально, т.е.

$$\bar{P}_M = \bar{P}_H + \Delta\bar{P}.$$

Радиальные силы в процессе намотки материала передаются намоточным барабанам 7, их валам 8, шатунам 9 и подвеске в целом с усилием $(-\Delta\bar{P})$, равномерно смещая подвеску по вертикали вниз.

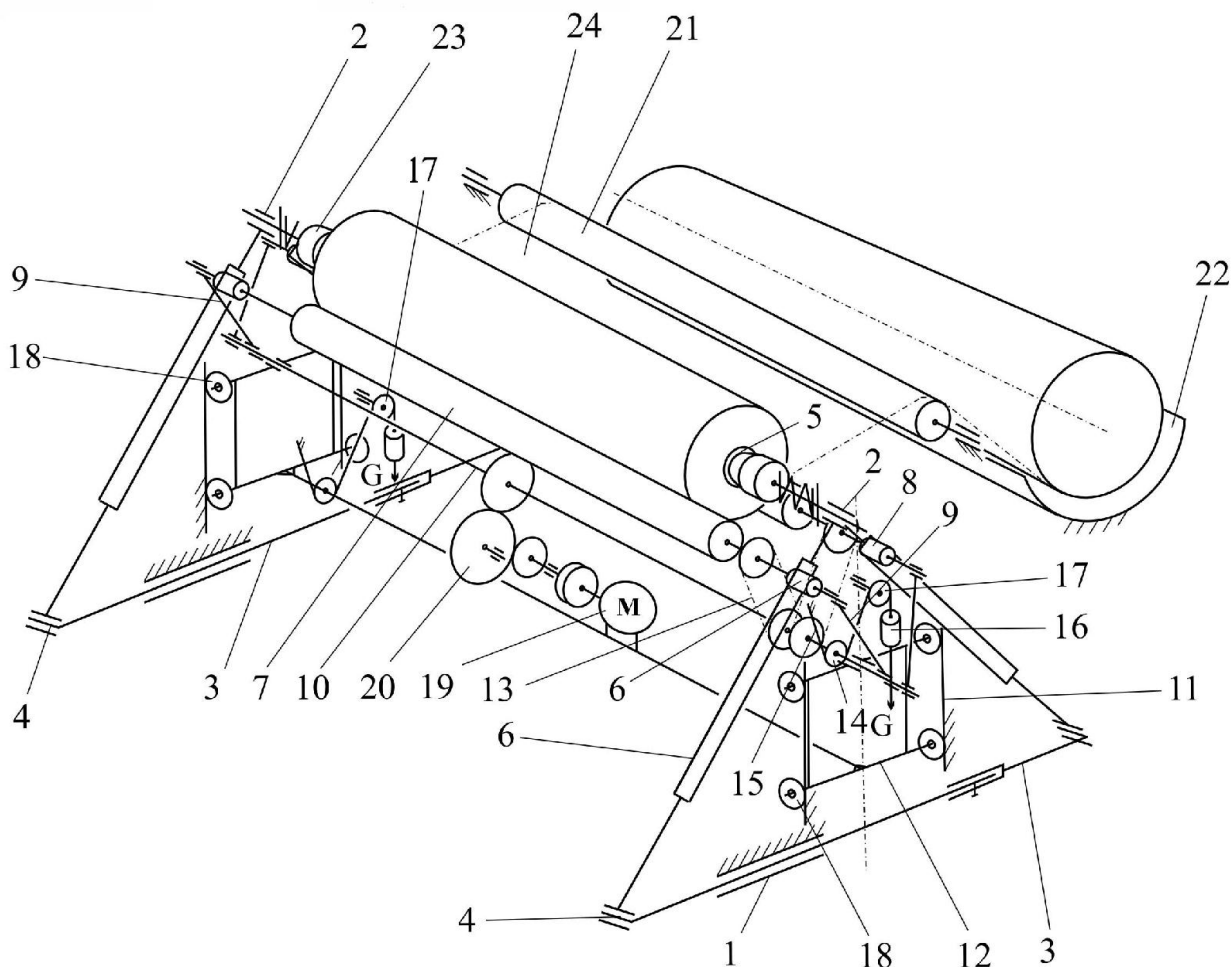
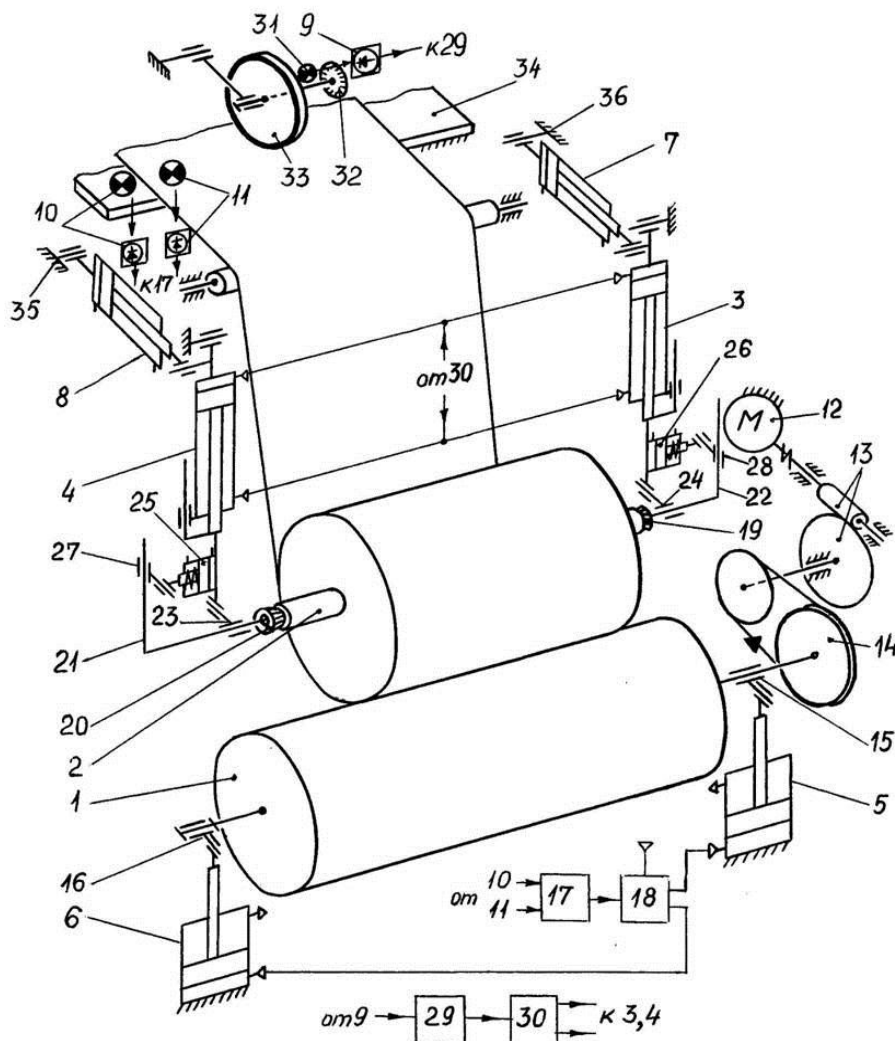


Рисунок 3.18- Кинематическая схема адаптивно-управляемой системы намотки

С точки зрения совершенствования оборудования для ПМКР особый интерес вызывают системы намоточных механизмов, выполняющие одновременно несколько технологических функций. В качестве такого примера может служить *многофункциональная намоточная система*, рассмотренная в работе [97]. Намоточная система (рис.3.19) содержит ведущий ролик 1, намоточный стержень 2, средство компенсации веса рулона с пневмоцилиндрами 3 и 4. В состав системы входят механизм ориентации полотна относительно заданной линии движения в процессе намотки с пневмоцилиндрами 5 и 6; средство съема рулона после

намотки с пневмоцилиндрами 7 и 8, оптоэлектронные датчики 9 длины материала и 10, 11 положения кромки материала.

Ведущий ролик 1, получающий вращательное движение от электродвигателя 12 через червячный редуктор 13 и клиноременную передачу 14, размещен в подвижно-поворотных опорах 15 и 16. Опоры смонтированы на штоках пневмоцилиндров 5 и 6,



цилиндров 5 и 6, сообщающих этим опорам возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости, задаваемое системой управления, в которую входят датчики 10 и 11 положения линии движения материала, блок 17 формирования сигналов управления и блок 18 управления пневмоцилиндрами 5 и 6.

Рисунок 3.19 – Кинематическая схема многофункциональной размоточной системы

Намоточный

стержень 2 установлен в зажимных центрах 19 и 20 параллельно ведущему ролику 1 с возможностью вертикального перемещения при увеличении диаметра рулона. Зажимные центры 19 и 20 смонтированы с возможностью вращения на прямоугольных направляющих 21 и 22, обеспечивающих синхронное плоскопараллельное перемещение стержня 2 с ведущим роликом 1, и имеют возможность воз-

вратно-поступательного перемещения вдоль оси стержня 2 посредством ползунов 23 и 24. Стержень 2 совместно с ведущим валиком имеет возможность подъема в вертикальной плоскости посредством силовых пневмоцилиндров 3 и 4. На штоках этих цилиндров в горизонтальном положении жестко закреплены зажимные (силовые) пневмоцилиндры 25 и 26, кинематически связанные посредством ползунов 27 и 28 с вертикальными плечами прямоугольных направляющих 21 и 22.

Система управления давлением в полостях пневмоцилиндров 3 и 4 средства компенсации веса рулона включает оптоэлектронный датчик 9 длины материала, микропроцессор 29 и блок регуляторов давления 30. Датчик 9, получающий импульсы от осветителя 31 через диск–обтюратор 32, закреплен на оси мерного ролика 33, контактирующего с движущимся материалом по столу 34.

Цилиндры 3 и 4 установлены на горизонтальных осях 35 и 36 с возможностью их поворота в плоскости движения материала для съема рулона после намотки и имеют привод от силовых цилиндров 7 и 8. В исходном положении (рис. 3.20 а, б) зажимные центры 19 и 20 находятся в нижнем положении над ведущим роликом 1 и отжаты поршнями силовых зажимных цилиндров 25 и 26.

Силовые пневмоцилиндры 3 и 4 (рис. 3.21) находятся в вертикальном положении, так как в штоковые полости силовых цилиндров 7 и 8 подается сжатый воздух. Штоки силовых цилиндров находятся в нижнем положении, обеспечивая тем самым горизонтальное положение ролика 1.

При работе системы оператор устанавливает намоточный стержень 2 для рулона между разведенными центрами 19 и 20 и включает устройство зажима. Под действием пневмоцилиндров 25 и 26 зажимные центры 19 и 20 фиксируют стержень 2. Оператор осуществляет заправку полотна на намоточный стержень, задает микропроцессору 29 параметры полотна (удельный вес и ширину) и приводит устройство в действие.

Сжатый воздух подается в поршневые полости силовых пневмоцилиндров 3 и 4, которые прижимают намоточный стержень 2 к ведущему ролику 1, обеспечивая надежное сцепление материала с намоточным валиком. Ведущий ролик 1 получает вращение от электродвигателя 12 и за счет сил трения передает это враще-

ние намоточному стержню 2.

В процессе намотки посредством оптоэлектронного датчика 9 и элементов устройства 31 и 32 формируется код длины материала, а процессор 29 рассчитывает вес рулона.

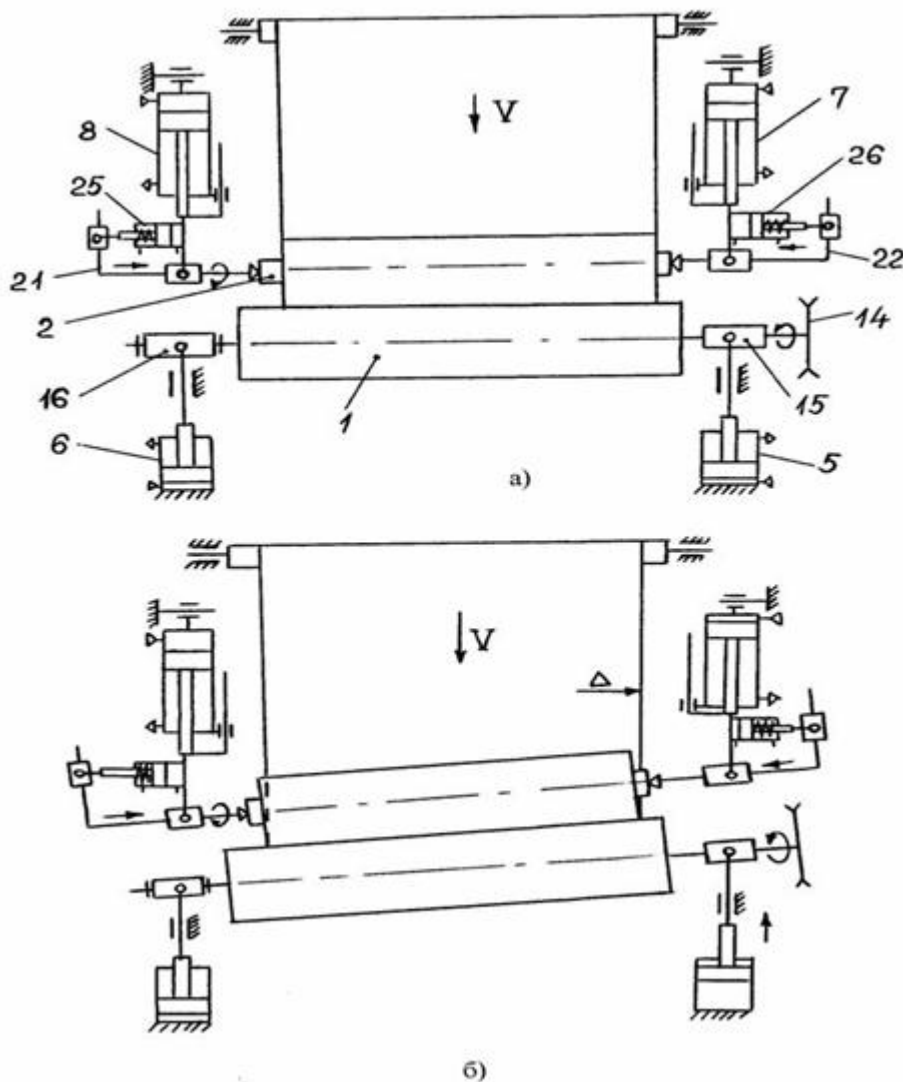


Рисунок 3.20 – Схема расположения и взаимодействия исполнительных механизмов

рулона к ведущему ролику 1. За счет этого достигается снижение деформации материала и равномерность плотности его намотки в рулон.

Одновременно в процессе намотки датчиками 10 и 11 отслеживается положение линии движения материала. Через блок формирования сигналов 17 и блок управления 18 пневмоцилиндрами 5 и 6 изменяется угол наклона ведущего ролика 1. При подаче сжатого воздуха в поршневую полость цилиндра 5 поднимается опора 15 и линия движения полотна смещается, например, вправо и наоборот.

При достижении веса рулона, достаточно для обеспечения намотки без проскальзывания, блок регуляторов давления 30 осуществляет перераспределение давлений в полостях цилиндров 3 и 4. В ходе процесса намотки давление в штоковой области этих цилиндров возрастает по закону увеличения веса рулона, обеспечивая тем самым постоянство силы прижатия

При этом за счет прямоугольных направляющих 21 и 22, находящихся в поворотных направляющих 23, 24 и 27, 28, обеспечивается постоянный контакт рулона с

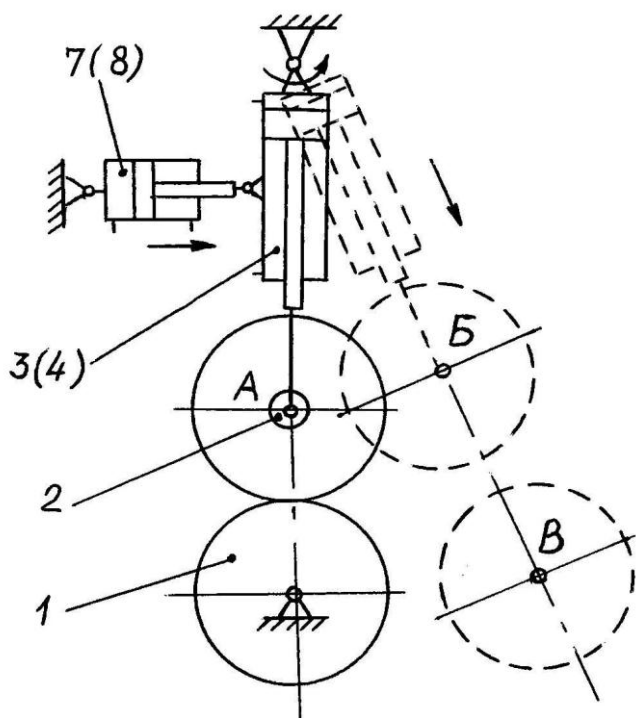


Рисунок 3.21 – Схема съема рулона

роликом 1 по всей ширине материала и обеспечивается выравнивание кромки полотна в рулоне относительно заданной линии.

После окончания процесса рулон с намоточным стержнем и зажимными центрами 19 и 20 приподнимается силовыми пневмоцилиндрами 3 и 4 над ведущим роликом 1, поворачивается цилиндрами 7 и 8 и отводится по заданной траектории из рабочей зоны к месту укладки

(см. рис.3.21). Зажимные центры разводятся цилиндрами 25 и 26 и освобождают намоточный стержень 2 с рулоном.

3.3 Технические средства для обеспечения вспомогательных операций ПМкПШИ

Два важнейших показателя эффективности подготовительно-раскройного производства (ПРП) швейных предприятий – рациональное использование материалов и внедрение новых дорогостоящих технологических комплексов находятся в некотором противоречии. Эти противоречия наиболее остро ощущаются по мере нарастания конкуренции на рынке швейных изделий, в условиях постоянного повышения цен на материалы и оборудование, дезинтеграции существующих предприятий большой производственной мощности и создание на их базе новых организационных форм бизнеса по изготовлению одежды и реализации её через торговую сеть.

Например, совершенствование ПРП на базе использования концепции многонастильного раскроя непосредственно из куска с учетом тенденций развития техники и технологии для массового производства, а также организации изготовления швейных изделий небольшими сериями на «малых» предприятиях требуют дополнительного анализа и возможного пересмотра устоявшихся взглядов на подходы к созданию и внедрению нового технологического оборудования.

В настоящее время не представляется возможным дать объективную оценку эффективности использования автоматизированных настильно-раскройных комплексов за неимением выверенных данных по коэффициенту использования оборудования, затрат на его обслуживание, рациональному расходу материалов и т.д., как в условиях массового, так и мелкосерийного, и тем более, единичного производства.

Однако известно, что при настилании полотен непосредственно из куска автоматизированными комплексами растут в удельном весе потери по нерациональному использованию материала, т.к. число настилков и длины отдельных полотен, укладываемых на одном столе, имеют целый ряд технических и технологических ограничений. Кроме того, доказано, что применение дорогостоящего оборудования для производства швейных изделий малыми сериями на предприятиях небольшой мощности экономически неэффективно в связи с низким коэффициентом его использования, или по критериям финансовых возможностей и необходимости дополнительных производственных площадей при создании новых «малых» предприятий и т.д.

Анализ патентной и другой литературы по техническим средствам для ПМкПШИ позволяет проследить эволюцию его развития, проанализировать причины отхода от иных направлений развития ПРП в технологическом и техническом отношении и сделать определённые выводы.

Одно из направлений развития технологии ПРП в 60-70-ых годах прошлого столетия было связано с формированием настилков через предварительное нарезание мерных полотен. Такой способ при наличии соответствующего оборудования в принципе позволяет устранить противоречия между развитием технических си-

стем ПРП и рациональным использованием материалов. Формирование настилов из предварительно нарезанных мерных полотен ведёт к уменьшению нерациональных потерь ткани, более эффективному использованию производственной площади, снижению общих затрат времени на изготовление швейных изделий [23].

Однако без необходимого на то обоснования это направление «по умолчанию» было признано не перспективным и в последние десятилетия не развивалось. Главной причиной такого положения, как можно предположить, послужили невысокая точность отмеривания мерных полотен, деформационно-релаксационные процессы в обрабатываемых тканях, протекающие в период между измерением длины, разрезанием на мерные полотна и настилами; недостаточно высокий уровень технических решений мерильно-резательных машин, других вспомогательных устройств и систем, а также недостатки в организации их работы.

Немаловажную роль в пересмотре концепции формирования настилов из предварительно нарезанных мерных полотен сыграло появление современных автоматизированных настильно-раскройных комплексов и общая тенденция использования зарубежных технологий без проведения глубокого анализа их эффективности в конкретных производственных условиях. Нетрудно видеть, что некоторые из концептуальных факторов отказа от имевшей место некогда технологии формирования настилов из отдельных полотен относятся к разряду потенциально устранимых, в частности, при создании современных технических решений и в сформировавшихся новых производственно-экономических условиях.

Совершенствуя оборудование и технологию ПРП в направлении снижения деформации полотен, повышения точности выполнения контрольных операций, их автоматизации на базе использования современных технических решений представляется возможным возвращение к уже известному в технологии ПМКПШИ направлению, но на другом, более высоком, техническом уровне.

В рамках разработки альтернативных технологий ПМКПШИ и технических средств их обеспечения на кафедре «Машины и аппараты лёгкой промышленно-

сти» Новосибирского технологического института был выполнен на уровне изобретений [17...22,24...29,32,52,53,62...65,68...891,91...113] целый ряд современных и перспективных проектов по механизации и автоматизации подготовительно-раскройных и вспомогательных операций. Рассмотрим некоторые из них.

Машина для отрезания материала заданной длины. В работе [104] рассматривается техническое решение для нарезания по заданной программе полотен текстильных материалов для последующего их настиланья, раскладки – упаковки лекал и выполнения раскройных операций.

Система нарезания заданных размеров полотен (рис.3.22) содержит приводной размоточный ролик 1, кинематически связанный через цепную и червячную передачи 3 и муфту 4 с электродвигателем 5. Колодки 6 тормозного устройства через кулачок 7 и рычаги 8 связаны с электромагнитом 9.

В состав системы также входят: прижимной вал 10; бункер 11 для релаксации ткани; прижимной вал 12; подающий барабан 13, кинематически связанный через электромагнитную муфту 14, цепную передачу 15, червячную передачу 3 с электродвигателем 5. На оси подающего барабана 13 жестко закреплен измерительный диск 16, взаимодействующий с датчиком 17 угловых перемещений. Устройство компенсации инерционного выбега подающего барабана 13 содержит эксцентрично расположенный на оси электромагнитной муфты 18 груз 19, взаимодействующий с упругой пластиной 20, которая жестко закреплена к корпусу электромагнитной муфты. В продольных пазах приемно-измерительного стола 21 на границах эталонной длины l_0 установлены датчики 22 и 23, которые расположены под светопроницаемым покрытием.

Механизм отрезания содержит дисковый нож 24 и перекатные ролики 25, кинематически связанные с электродвигателем 27 посредством плоскозубчатой ременной передачи 26. Нижняя ветвь ременной передачи связана с кронштейнами 28 и 29 каретки ножа.

Механизм заточки дискового ножа представляет собой подпружиненные чашки 31, оси которых закреплены на кронштейне 32. Механизм прижатия ткани к поверхности стола состоит из двух планок 33, зубчатой ременной передачи 26,

которого связан с выходом блока задатчика 42, предназначенного для задания длины отрезаемого полотна. Выход блока 41 скомутирован с входом блока сравнения 43, второй вход которого связан с выходом счетчика импульсов 40.

Выход блока сравнения 43 подключен к входам блока управления 44 электродвигателем 5, блока управления 45 электромагнитными муфтами 14 и 18, блока временной задержки 46, выход которого связан с входом блока управления 47 электродвигателем 27. Дополнительные входы блоков 44, 45, 47 (на рис. 3.23 не показаны) скомутированы с концевыми выключателями 48 и 49.

При работе машины рулон ткани 50 устанавливается на приводной рольганг 1, валы которого покрыты фрикционным материалом и взаиморасположены так, что образует дугу окружности, радиус которой больше радиуса рулонов ткани.

Первоначальная заправка ткани осуществляется следующим образом. Включается привод рольганга I, при этом электромагнитная муфта 14 отключена и подающий барабан 13 неподвижен. Привод рольганга I позволяет без натяжения сделать проводку ткани под прижимным валом 12 и уложить на приемно-измерительный стол 21 таким образом, чтобы поперечная кромка ткани не перекрывала датчик 22 начала эталонной меры длины l_0 . При этом в релаксатор II ткани укладывается определенный компенсационный запас полотна.

Для облегчения заправки ткани прижимные валы 10 и 12 имеют возможность подниматься вверх вручную при помощи рукояток управления. Рабочим положением прижимных валов 10 и 12 является нижнее, т.е. то положение, в котором они прижимают ткань к рабочим поверхностям подающих барабанов.

С помощью задатчика 42 устанавливается необходимая для отрезания длина полотна, и затем все механизмы машины за исключением электромагнита тормозного устройства 9 и электромагнитной муфты 16 включаются в номинальный режим работы. Передаточные отношения между кинематическими звеньями распределены таким образом, что валы приводного рольганга I и подающий барабан 13 вращаются с окружными скоростями, обеспечивающими равномерное перемещение материала без натяжения. Поперечная граница ткани, перемещаясь по направлению подачи, перекрывает датчик 22 начала эталонной длины l_0 , сраба-

тывает логический блок 37, разрешая пройти информации от датчика 17 угловых перемещений в счетчики 39 и 40. Формируемое количество импульсов, соответствующее пройденному тканью пути (длине полотна), поступает в блок сравнения 43, где оно сопоставляется с вычисленным количеством импульсов N_i , соответствующим заданной длине мерного полотна. В момент, когда поперечная кромка ткани пройдет расстояние l_3 и перекроет датчик 23 конца эталонной длины, срабатывает логический блок 38, запрещая прохождение импульсов в счетчик 39.

Таким образом, в счетчике 39 сформируется количество импульсов n_0 , соответствующее перемещению материала на эталонную длину l_3 . Информация от датчика 42 поступает в блок 41 вычисления, где определяется коэффициент коррекции K_i :

$$K_i = \frac{L_i}{l_3},$$

где L_i - заданная блоком датчика длина i -того мерного полотна.

Принимая допущение, что характер взаимодействия между поверхностями рабочих органов и ткани на оставшемся участке транспортирования ΔL_i ткани ($\Delta L_i = L_i - l_3$) не изменяется, можно считать, что количество импульсов N_i , соответствующее заданной длине L_i мерного полотна, определяется в блоке вычисления по формуле:

$$N_i = K_i n_0$$

где n_0 - количество импульсов, соответствующее длине l_3 .

Информация из вычислительного блока 41 поступает в блок сравнения 43, где значение N_i сопоставляется с текущим количеством импульсов $N_{тек}$, информация о которых формируется в счетчике 40. При совпадении значений N_i и $N_{тек}$ формируется команда на перевод блоков 37, 38, 41 и 43 в исходное состояние, а на входы блоков 44, 45 и через блок временной задержки 46 на входе блока 47 сформируются команды управления электродвигателями 5, 27 и электромагнитными муфтами 14, 18.

При этом отключается электродвигатель 5 и включается электромагнит 9

тормозного устройства, колодки 6 которого прижимаются к полумуфте, закрепленной на валу электродвигателя 5. Одновременно с отключением двигателя 5 отключается муфта 16 и включается муфта 14.

Эксцентрично подвешенный на оси муфты 16 груз 19, благодаря инерционному выбегу подающего барабана, отклоняется от нейтрального положения, преодолевая силы инерции и упругой деформации пластинчатой пружины 20 на некоторый угол, но меньший 180° .

Затем под действием сил упругости и гравитации груз возвращается в исходное положение, поворачивая при этом подающий барабан 13 с тканью в положение, соответствующее моменту получения сигнала о совпадении N_i и $N_{тек}$. Таким образом, происходит компенсация инерционного выбега подающего барабана 13 и устранение погрешности линейного перемещения материала.

Через определенный отрезок времени, задаваемый блоком временной задержки 46 и необходимый для компенсации погрешности инерционного выбега вала 13 и полного его останова, включается электродвигатель 27. При этом дисковый нож 24 вращается и одновременно перемещается поступательно к боковой кромке материала, а планки 33 опускаются и прижимают ткань к приемно-измерительному столу 21. Скорости поступательных перемещений и взаиморасположение дискового ножа 24 и планок 33 подобраны таким образом, что прижатие ткани происходит до подхода ножа 24 к боковой кромке материала.

При достижении необходимого усилия прижима и нарастания до требуемой величины крутящего момента, зубчатые полумуфты фрикционных регулируемых муфт 34 проскальзывая, останавливаются, а полумуфты вала шестерни 30 продолжают вращаться вхолостую. При этом дисковый нож 24, перемещаясь поступательно и одновременно вращаясь, отрезает полотно заданной длины.

Достигнув концевого выключателя 46, каретка дискового ножа 24 замыкает его контакты, в результате чего происходит переключение электродвигателя 27 на обратный ход. При реверсивном ходе электродвигателя 27 прижимные планки 33 поднимаются, а отрезанное полотно заданной длины снимается с приемно-измерительного стола 21. Каретка дискового ножа 24, двигаясь в обратном

направлении, занимает исходное положение, соответствующее местоположению концевого выключателя 49, при воздействии на который блок 47 останавливает электродвигатель 27. Во время вращения ножа 24 происходит его самозаточка абразивными подпружиненными чашками 31. Причем, поворотом кронштейна 32 обеспечивается возможность регулировки угла заточки ножа 24.

Блок управления 45 электромагнитными муфтами посредством концевого выключателя 49, отключает муфту 18 и включает муфту 14, а блок управления 44 отключает электромагнит 9 тормозного устройства и включает электродвигатель 5. Поперечный срез ткани, перемещаясь по направлению подачи, снова перекрывает датчик 22 начала эталонной длины и цикл отмеривания и отрезания повторяется.

Система накопления полотен контролируемой длины. В массовом, серийном, а в некоторых случаях и в единичном производстве швейных изделий перед выполнением операций раскроя технологически предпочтительным и экономически целесообразным может оказаться использование системы накопления на адресных скалках определённого количества разномерных полотен контролируемой длины [105].

На рис. 3.23 представлена структурно-кинематическая схема машины карусельного типа, позволяющая реализовать технологию программного накапливания полотен ткани контролируемой длины. Основными узлами рассматриваемой машины являются механизм 1 наматывания ткани на скалку, карусельный накопитель 2, система позиционирования накопителя и адресации полотен контролируемой длины.

Механизм наматывания ткани на скалку состоит из поворотного прижима 3, соединенного со штоками пневмоцилиндров 4, закрепленных на зубчатых секторах-ползунах 5 посредством соединительной планки 6; двух автономных приводов 7, работающих синхронно и поочередно входящими в зацепление с секторами-ползунами посредством зубчатых колес 8 и 9.

Привод вращения скалки состоит из электродвигателя, фрикционной муфты 10, зубчатого зацепления 11, электромагнита 12 и соединительного звена 13.

ных типоразмеров длин полотен и номера соответствующих скалок. Каждой скалке 19, закрепленной на карусельном накопителе 2, присваивается номер в соответствии с расчетной длиной наматываемых полотен.

Количество номеров скалок соответствует количеству формируемых длин полотен, входящих в расчет настила. При включении устройства сигналы из микропроцессора 20 через блок сопряжения 30 проходят в блок управления 25 электродвигателем М2, обеспечивающего угловые положения и позиционирование карусельного накопителя. Таким образом, в зоне действия механизма наматывания ткани устанавливается скалка с номером, соответствующим длине первого отрезаемого полотна из обрабатываемого в данный период времени куска ткани.

Адресный сигнал из блока управления 25 и сигнал от конечного выключателя 29, обеспечивающего позиционирование скалок 19 в зоне наматывания материала, сравниваются в логическом блоке 33. В случае их совпадения блок управления 26 формирует сигнал включения электромагнита 12 и электродвигателя М1. При этом соединительное звено 13, вращаясь, входит в зацепление со скалкой 19, образуя замкнутую кинематическую цепь.

Замки 18 каркасных дисков 16 накопителя выполнены известным образом и не препятствуют её вращательному движению. Окружная скорость вращения скалки превышает на $2\div 5\%$ линейную скорость движения разматываемого материала при условии вращения дисков фрикционной муфты 10 без проскальзывания. Передаваемый муфтой крутящий момент определяется номинальным усилием натяжения ткани при её наматывании. При этом рабочие полости пневмоцилиндров 4 отключены от воздушной магистрали и пружины обратного хода удерживают штоки пневмоцилиндров в исходном втянутом положении.

Передняя граница полотна, величина линейного перемещения которого определяется счетным устройством 32, при своем движении в первом цикле касается поверхности скалки, а в последующих циклах - материала, намотанного на нее, и увлекается в направлении её вращения. Информация из счетного устройства 32 накапливается в блоке 34. Величина перемещения, определенная конструктивными параметрами устройства и предварительно занесенная в микропро-

цессор 20, сравнивается через блок сопряжения 30 с текущим значением перемещения ткани в блоке 34. В случае совпадения этих значений блок 31 формирует сигнал, который посредством блока управления 21 и распределителя 23 включает пневмоцилиндры 4 в работу, а через коммутационный блок 24 включает электродвигатели М3 и М4.

Штоки пневмоцилиндров с помощью прижима 3 (рис. 3.24,а) фиксируют переднюю границу движущегося материала на поверхности скалки, а в процессе работы - на поверхности рулона, формируемого из мерных полотен. При работе прижимов в комплексе с электродвигателями М3 и М4 автоматически осуществляется фиксация среза полотна и его технологическая заправка.

Зубчатое колесо 8 (рис. 3.24,б) перемещает сектор-ползун 5 по дуге окружности вместе с закрепленным на нем пневмоцилиндром, и посредством соединительной планки 6 одновременно перемещается и второй пневмоцилиндр вместе с прижимом 3, удерживающим переднюю границу полотна на вращающейся поверхности формируемого рулона ткани на скалке.

Скорость перемещения поворотного прижима по дуге окружности на $5 \div 10\%$ меньше линейной скорости движущегося материала. Фрикционная муфта 10 за счет проскальзывания компенсирует разность скоростей вращения скалки и прижима, уменьшая тем самым окружную скорость наружной поверхности формируемого рулона.

Сектор-ползун проходит по одной криволинейной направляющей, перемещается через зазор, образованный двумя секторами направляющих, и обеспечивающий свободное прохождение скалок 19 при вращении карусельного накопителя 2, и входит в зацепление с зубчатым колесом 9 (рис.3.24,в), вращающимся с той же скоростью, что и колесо 8.

За счет несовпадения окружной скорости вращения скалки и линейной скорости движущегося полотна под формируемым рулоном образуется провисание ткани. Оно создается для того, чтобы в момент отключения пневмоцилиндров 4 (рис. 3.24,г) скалка получила угловое ускорение для нарастания её скорости до значения скорости привода вращения скалки, что способствует надежной заправ-

ке передней границы полотна под набегающую ветвь наматываемой ткани на скалку. При дальнейшем движении сектор-ползун своим кронштейном воздействует на конечный выключатель 27. Сигнал от конечного выключателя 27 поступает по другому входу на блок управления 21, который формирует команду переключения распределителя 23 в исходное положение. При этом возвратные пружины пневмоцилиндров перемещают штоки с прижимом 3 в исходное положение (рис. 3.24,д). Секторы-ползуны 5 возвращаются также в исходное положение и

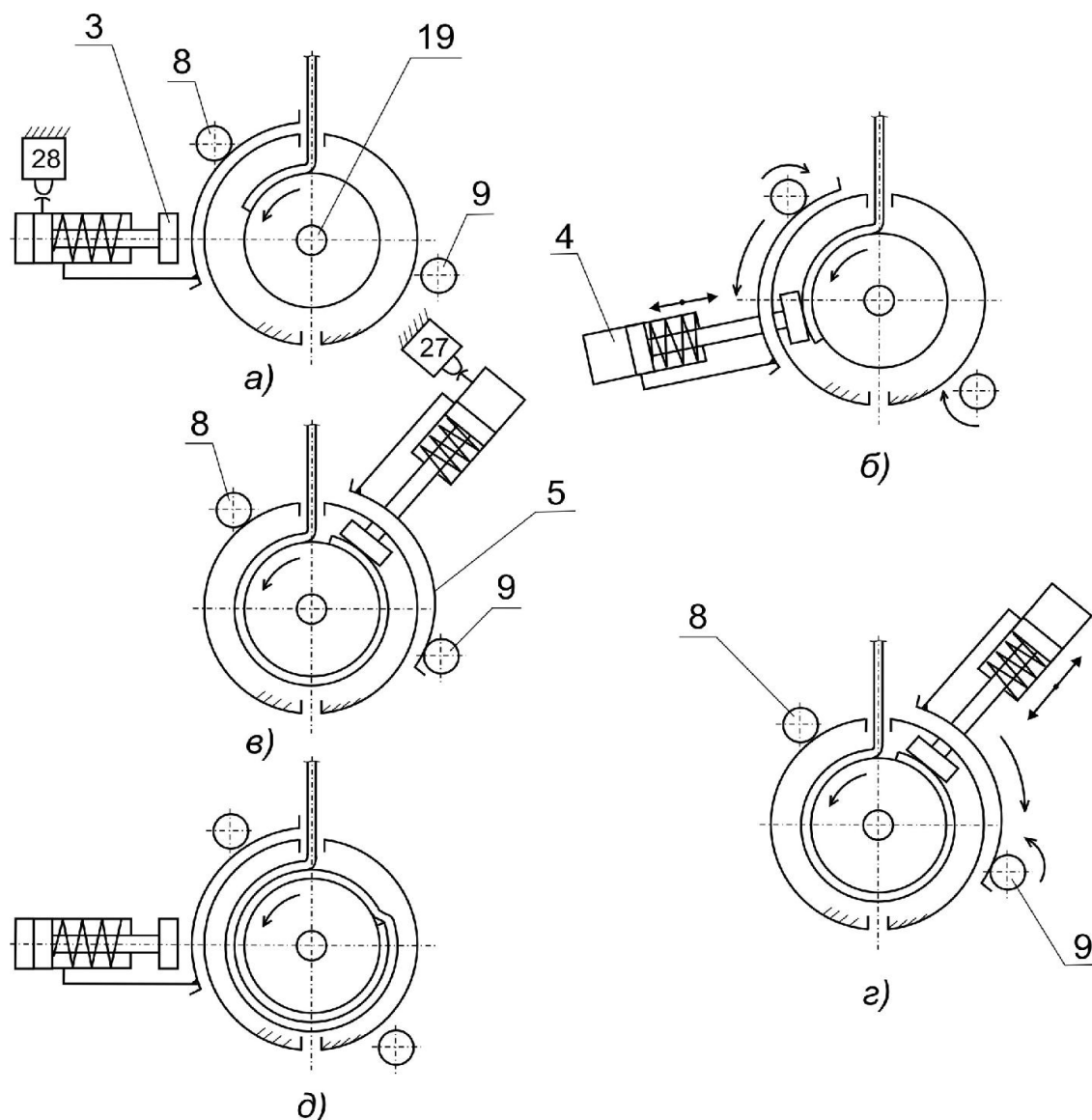


Рисунок 3.24 – Пооперационная схема работы поворотного прижима

при срабатывании конечного выключателя 28 блок управления 22 через блок 24 отключает двигатели М3 и М4 и движение секторов-ползунов прекращается. При освобождении скалки от прижима 3 скорость её вращения увеличивается, т.к.

муфта 10 привода скалки в течение $1 \div 2$ секунд после срабатывания пневмоцилиндров работает без проскальзывания.

Провисание ткани в нижней части рулона устраняется и её передняя граница захватывается набегающим полотном (см. рис.3.24,г). При этом муфта 10 начинает снова работать со скольжением, выравнивая окружную скорость движения формируемого рулона со скоростью поступательного движения ткани. Таким образом, происходит равномерное наматывание ткани на рулон с натяжением, предусмотренным конструктивными параметрами фрикционной муфты.

Процесс наматывания отмеряемого полотна продолжается до тех пор, пока численное значение величины движущейся ткани в блоке 32 не совпадет со значением, хранящимся в памяти микропроцессора 20. По условию совпадения измеренных и заданных значений длины на выходе блока 35 формируется сигнал и подаётся на вход блока управления 26, который отключает электромагнит 12 и электродвигатель М1. Микропроцессор 20 по признаку завершения намотки очередного мерного полотна выдает следующий параметр для блока сравнения 35 и цикл работы устройства повторяется.

Машина для отрезания и накопления полотен заданной длины. Одним из направлений совершенствования технологии ПРП и технических систем их обеспечения является создание средств отрезания и автономного формирования полотен заданной длины.

Из литературных источников известно техническое решение [23] для отрезания материала заданной длины. Недостатком этого технического средства является отсутствие функционального модуля формирования подмножества одномерных полотен, что требует дополнительно ручных операций по их комплектованию с учетом программы формирования настилов для раскроя.

Для расширения функциональных возможностей подобных систем вниманию читателей может быть представлена машина [106], которая позволяет в автоматическом режиме осуществлять отмеривание, отрезание, технологическую заправку поперечного среза мерного полотна для намотки и адресно, и как в ранее рассмотренном техническом решении, формировать подмножества одномерных

полотен. В технологическом отношении в этой машине выполняется дополнительный, по сравнению с предыдущим решением, перечень технологических операций, начиная от размотки рулона до формирования типоразмеров полотен для настиления.

На рисунке 3.25 представлена *структурно-кинематическая схема машины для нарезания типоразмеров полотен и их адресной намотки на скалки*. В состав машины входят: приводной размоточный рольганг 1, кинематически связанный посредством передаточных механизмов с электродвигателем 2, тормозное устройство 3, колодки которого связаны с электромагнитом 4; прижимной вал 5; бункер 6 для релаксации деформаций ткани; прижимной вал 7; подающий барабан 8, кинематически связанный через систему звеньев с электродвигателем 2. На оси барабана 8 жестко закреплён измерительный диск 9, взаимодействующий с датчиком угловых перемещений 10.

Кроме того, в комплект устройств машины входят: система компенсации инерционного выбега 11, приёмно-отрезной стол 12 с эталонной длиной $l_э$ и элементами её задания 13 и 14; устройство отрезания 15 мерного полотна с прижимным механизмом 16 и комплекс элементов для автоматического позиционирования, технологической заправки и наматывания одномерных отрезков на множество скалок.

Комплекс элементов для позиционирования, автоматической заправки и наматывания ткани на скалку 37 состоит из поворотного прижима 18, шарнирно-соединённого со штоками пневмоцилиндров 19, закреплённых на зубчатых секторах-ползунах 20, и соединительной планки 21; двух приводов 22, работающих синхронно и поочередно входящих в зацепление с поворотными сегментами посредством зубчатых колёс 23 и 24. Привод вращения скалок относительно собственной оси состоит из электродвигателя 25, фрикционной муфты 26, зубчатой передачи 27, электромагнита 28 и соединительного звена 29.

В состав комплекса элементов позиционирования скалок, автоматической заправки и наматывания ткани также входят накопитель карусельного типа 30, который состоит из электродвигателя 31, тормозного устройства 32, редуктора 33,

полотно без натяжения проводится по технологическому тракту с укладкой его на приемно-отрезной стол 12 таким образом, чтобы поперечный срез ткани не перекрывал первый датчик 13 системы задания эталонной длины l_3 и был создан необходимый буферный запас полотна в бункере-релаксаторе 6.

С помощью блока 38 в микропроцессор 39 вводится программа формирования длин полотен и номера соответствующих им скалок. Информация о номере скалки из микропроцессора 39 проходит в блок управления 40, который посредством элементов привода накопителя 31, 32 и 33 обеспечивает необходимое положение скалок.

После отработки требуемого положения накопителя формируется команда включения всех функциональных механизмов машины в номинальный режим работы, за исключением тормозного устройства 3, 4 и устройства компенсации 11 инерционного выбега подающего барабана 8.

Поперечный срез материала, перемещаясь по направлению движения, последовательно перекрывает датчики 13 и 14 начала и конца считывания эталонной длины l_3 и мерного отрезка L_i . Логические блоки 41 и 42 при совпадении на их входах сигналов от датчиков 10 и 13 формируют стандартные импульсы, и информация поступает в счетчики 43 и 44.

Величина измеренного, а затем откорректированного мерного отрезка L_i^k по эталону длины l_3 определяется количеством импульсов n_i^k , которые поступают в блок 45 для сравнения их с заданным числом n_i , соответствующим длине L_i .

В момент, когда поперечный срез ткани пройдет расстояние l_3 и перекроет датчик 14 её конца, сработает блок-инвертор 46, который сформирует потенциальный сигнал запрета прохождения импульсов от блока 42 в счетчик 43, где сформируется количество импульсов n_3 , соответствующее эталонной длине l_3 .

По одному из каналов эта информация передается в микропроцессор, где определяется коэффициент коррекции, который учитывает реальные условия транспортирования ткани подающим барабаном 8 и число импульсов n_i^k . При срабатывании датчика 14 и запрете, прохождения импульсов в счётчик 43 логический блок 42 подает сигнал на блок 48 управления механизмом наматывания ткани на

скалку. При этом электродвигатель 25 и электромагнит 28 приводят в движение исполнительные элементы ранее рассмотренным образом.

Передняя граница ткани, опускаясь вниз по вертикальной поверхности приемно-отрезного стола, в первых циклах намотки касается поверхности скалки, а при наматывании следующих полотен - поверхности материала, и увлекается в направлении вращения скалки.

В памяти микропроцессора 39 хранится также количество импульсов, соответствующее расстоянию от датчика 13 до условной линии на скалке накопителя. Это количество импульсов сравнивается с показанием счетчика 44 и при их совпадении микропроцессор формирует сигнал на входе блока 48 управления распределителем пневмоцилиндров 19 и блоком 49 управления электродвигателем 22.

Пневмоцилиндры в исходном положении расположены под определенным углом к плоскости движения ткани, что обеспечивает попадание поперечного среза полотна под прижимную планку 18 при любом диаметре наматываемого рулона, определяющем расстояние от фактического расположения начальной границы полотна, отклоняемой наружной поверхностью рулона, и её теоретической линией, совпадающей с уровнем расположения оси вращения скалки.

Штоки пневмоцилиндров посредством прижима 18 закрепляют передний срез разматываемого материала на поверхности формируемого на скалке рулона. Зубчатое колесо 23 перемещает сектор-ползун 20 по дуге окружности вместе с пневмоцилиндрами и прижимом, удерживая тем самым передний срез разматываемого полотна на перемещающейся поверхности формируемого рулона, как и в ранее рассмотренном варианте технического решения (см. рис. 3.24)

Скорость перемещения поворотного прижима 18 по дуге окружности меньше линейной скорости разматываемого материала и скорости, задаваемой приводом вращения скалки. Фрикционная муфта 26 за счет скольжения компенсирует разность скоростей вращения скалки и прижима, уменьшая тем самым окружную скорость движения наружной поверхности рулона, формируемого на скалке. Сектор-ползун проходит по одной криволинейной направляющей и заходит на дру-

гую, входя в зацепление с зубчатым колесом 24, вращающимся с той же скоростью, что и колесо 23. За счет изменения скорости вращения скалки под формируемым рулоном образуется слабина и провисание ткани, необходимая для заправки её передней границы под набегающую часть наматываемого на скалку полотна. При срабатывании конечного выключателя 50 посредством блока 48 происходит отключение пневмоцилиндров 19 и переключение двигателей 22 на реверс. Начало полотна освобождается от прижима 18, скорость вращения наматываемого рулона увеличивается до значения задаваемого приводом вращения скалки, провисание намотки ткани в нижней части рулона устраняется и передняя граница ткани захватывается набегающей поверхностью полотна.

Привод вращения скалки уменьшает скорость вращения рулона до значения скорости движения ткани на машине за счет возникновений скольжения в муфте 26. Происходит равномерное наматывание ткани в рулон с натяжением, предусмотренным конструктивными параметрами муфты 26. Сектор-ползун 20 возвращается в исходное положение и при срабатывании конечного выключателя 51 движение сектора прекращается.

Процесс наматывания ткани продолжается до тех пор, пока не будет подан сигнал на блок управления 52 останова соответствующих приводов. Движение ткани при этом прекращается, и муфта 26 начинает работать в режиме полного скольжения. Информация из микропроцессора 39 с момента начала отсчета длины непрерывно поступает в блок сравнения 45, где значение заданной длины полотна сопоставляется с текущим значением, накапливаемым в счетчике 44.

При совпадении этих значений формируется команда на перевод блоков 43 и 44 в исходное состояние, а через блок 52 формируются команды управления электродвигателями 2, 53, электромагнитом 4, устройством компенсации инерционного выбега 11 и кинематической цепью привода барабана 8. Прекращается подача ткани, и включаются в работу прижимные планки отрезного устройства 15.

Прижимные планки фиксируют свисающую ткань на приемно-отрезном столе 12, происходит отрезание ткани, а после возвращения механизмов прижима и отрезания в исходное положение и отсутствии сопротивления движению ткани

скалка 37 начинает вращаться и доматывает остаток отрезка ткани на рулон. С некоторой расчетной задержкой времени микропроцессор 39 формирует на входе блока управления 40 сигнал отключения двигателя 31 и электромагнита муфты 32. По команде с микропроцессора в автоматическом режиме (возможен и ручной режим ввода) выставляется следующая длина мерного отрезка, код соответствующей скалки и цикл работы всех функциональных механизмов и устройств машины повторяется.

Машина для автоматизированного формирования настилов из мерных полотен. Известные технические решения для настиланья полотен на закройный стол, разработанные в 70-х годах прошлого столетия, характеризуются набором таких недостатков, как сложность заправки ткани в рабочие органы перед настиланьем, относительно низкая производительность, ограниченные технологические возможности, конструктивная сложность.

Значительной части этих недостатков лишено принципиально новое техническое решение для формирования настилов из мерных полотен [107], структурно-кинематическая схема которой представлена на рисунке 3.26.

Машина для формирования настилов из мерных полотен состоит из отдельных модулей, в частности, подвижной настилочной каретки 1 с приводом 2, рольганга разматывания ткани 3, ровнителей положения линии движения ткани известной конструкции (на рис.3.26 не показаны).

В состав машины входят также механизм автоматической фиксации среза материала, установленный на поворотной рамке 5, несущей на себе пневмоцилиндры 6 и зажимные линейки 7, одна из которых выполнена подвижной по отношению к другой линейке посредством тех же пневмоцилиндров.

Механизм фиксации среза имеет возможность поворотного движения относительно вала 8 и совместного вертикального перемещения от адаптивной кинематической передачи, состоящей из привода 9, зубчатого сектора 10, центр радиуса кривизны которого совпадает с осью вращения вала 8; зубчатого колеса 11 с подвижной опорой; валика 12, на котором установлено зубчатое колесо 13, храповой механизм 14 и колесо 15, входящее в зацепление с неподвижной зубчатой

рейкой 16. Механизм фиксации среза материала и адаптивная кинематическая передача установлены в едином каркасе с возможностью его вертикального перемещения.

Рольганг 3 разматывания рулона содержит принудительно вращающиеся валики 17, установленные по дуге окружности на неподвижных опорах в корпусе настилочной каретки. Вращение валиков однонаправленное.

Отбойный валик 18 установлен в подвижных опорах 19 и имеет привод 20 поступательного движения валика 18 и зубчатого колеса 21.

Настилочная каретка и прижимная линейка установлены на плоскости настилочного стола 22, содержащего рельсовый путь 23, являющийся опорой, для колес 24 и 25 настилочной каретки 1.

Система управления машиной, в частности, двигателями М1, М2 и пневмоцилиндрами 6 содержит чувствительные элементы 26, 27 для определения положения среза материала при размотке и его фиксации, концевые выключатели 28, 29, 30, 31, 32, микропроцессор 33, блоки сравнения сигналов 34 и 35, блок 36 анализа состояния кончиков 28, 30 и 31, блоки 37 и 38 для преобразования сигналов, поступающих от чувствительных элементов 26 и 27, электронные ключи 39 и 40, магнитные пускатели 41, 42 и 43 для управления М1 и М2, привод 20 для изменения положения и включения в работу отбойного валика 18.

В период подготовки машины к работе носитель одномерных полотен, укладывается в размоточный рольганг 3. Настилочная каретка 1 находится в момент пуска в исходном положении, которое соответствует следующему состоянию. Корпус настилочной каретки, установленный на колесах 24 и 25 при неподвижном приводе 2 перемещения каретки, устойчиво удерживается на рельсовом пути 23 настилочного стола так, что конечный выключатель 31, закрепленный на корпусе каретки, взаимодействует с упором 44, установленным на каркасе настилочного стола 22. При этом тканенаправляющие склизы 4 находятся непосредственно

над неподвижным и подвижным прижимами 7.

Пневмораспределитель 45, находясь в положении, как показано на рис.3.26,

удерживает штоки пневмоцилиндров 6 во втянутом состоянии, что соответствует

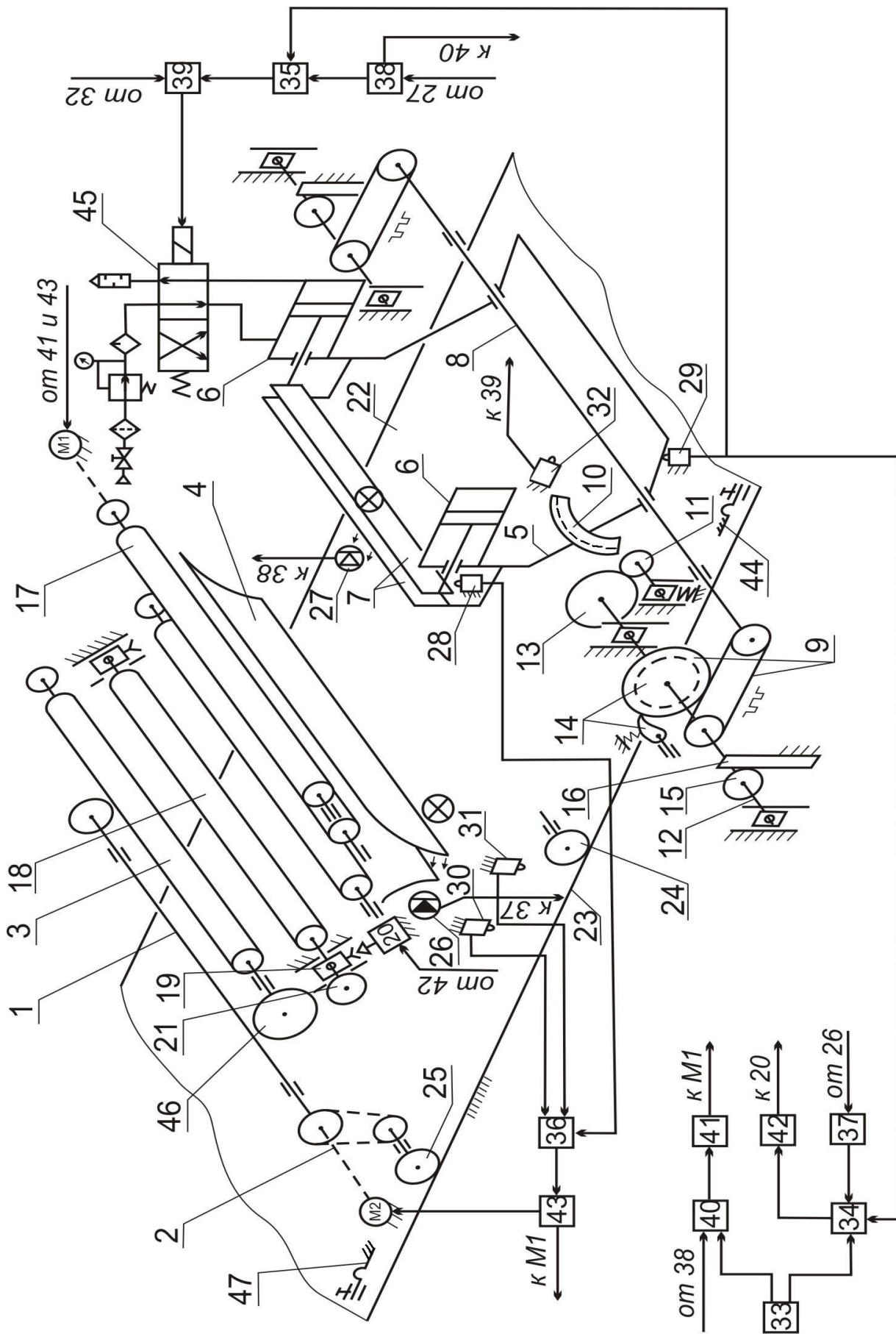


Рисунок 3.2.6 - Кинематическая схема устройства для формирования настilов из мерных полотен

открытому положению прижимов 7.

При подаче команды из микропроцессора 33 управляющий сигнал попадает на один из входов блока совпадения 34, который обрабатывает информацию по двум входам - от концевого выключателя 29 и датчика 26 наличия материала посредством блока 37. Состояние контактов концевого выключателя 29 определяется положением прижимных линеек 7. Если прижимы 7 находятся в исходном положении, то рамка 5 воздействует на выключатель 29. При этом формируется сигнал, распознаваемый блоком совпадения 34, как разрешающий.

Второй разрешающий сигнал формируется преобразователем 37 при состоянии датчика 26, соответствующем отсутствию ткани в зоне тканенаправляющего склиза 4. Если эти состояния подтверждаются (совпадают), блок сравнения 34 передает сигнал на пускатель 42, который управляет электромагнитным приводом поступательного перемещения 20. При этом подвижные опоры 19 отбойного валика 18 перемещаются и приводят в зацепление зубчатые колеса 46 и 21, которые в исходном положении были разведены под собственным весом валика 18 на расстояние, исключаящее их взаимодействие.

Одновременно главный блок управления - микропроцессор 33 - формирует сигнал на одном из входов электронного ключа 40, на второй вход которого поступает информация о состоянии датчика 27 через блок – преобразователь 38. Если ткань в зоне действия зажимов 7 отсутствует, то преобразователь 38 формирует такой уровень сигнала, при котором срабатывает электронный ключ 40. Пускатель 41 при этом включает электродвигатель М1, и валики рольганга 3 начинают вращать рулон одномерных полотен вокруг своей оси.

Начало полотна ввиду ряда причин, например, наличия статического электричества на поверхности ткани, ворсового сцепления наружных поверхностей полотен может плотно прилегать к наружному слою рулона мерных полотен. Посредством зубчатого зацепления 21, 46 отбойный валик 18 получает вращательное движение противоположного направления и за счет специального покрытия наружной поверхности отслаивает начало полотна вращающегося рулона с мерными отрезами (рис.3.27,а).

Ткань под собственным весом опускается вниз в зазор между направляющими склизамы 4. Датчик 26 реагирует на появление ткани в указанной зоне, и сигнал, преобразованный в блоке 37, проходит в блок совпадения 34, что вызывает отключение пускателя 42. Привод поступательного перемещения 20 при этом отключается, и подвижные опоры 19 валика 18 опускаются вниз по направляющим под собственным весом и весом валика. Зубчатое зацепление при этом нарушается, и валик становится свободно вращающимся вокруг своей оси. Рольганг 3 продолжает вращение до тех пор, пока начало полотна не опустится до уровня между прижимами 7. Датчик 27 при этом изменяет уровень сигнала, и преобразователь 38, обрабатывая это изменение, формирует сигналы по двум выходам. Один выходной сигнал запретного уровня поступает на вход электронного ключа 40, который отключает двигатель М1. Рольганг останавливается, и ткань, автоматически заправленная в прижимы, прекращает свое движение. Второй выходной сигнал из блока 38 проходит в блок совпадения 35, который одновременно контролирует состояние концевого выключателя 29, определяющего позиционирование прижимных линеек 7.

При совпадении этих сигналов блок 35 формирует сигнал и подает его на электронный ключ 39 управления состоянием электромагнита пневмораспределителя 45. Происходит переключение распределителя, и пневмоцилиндры 6 перемещают прижимы 7. При этом происходит фиксация и прижатие начала полотна между прижимами 7 (см. рис. 3.28,б).

При изменении положения штоков пневмоцилиндров срабатывает концевой переключатель 28, и сигнал об изменении состояния контактов проходит в блок анализа и управления 36. Если настилочная каретка расположена в исходном положении, то концевой выключатель 31 находится под воздействием упора 44, а выключатель 30 в свободном состоянии. Такой набор сигналов распознается блоком 36, и формируется первое управляющее воздействие на пускатель 43. При этом включаются одновременно два двигателя М1 и М2. Рольганг 3 начинает разматывать ткань из рулона одномерных полотен, а привод 2 перемещает каретку с помощью колес 25 вдоль настилочного стола 22. При этом обеспечивается

равенство скоростей размотывания рулона и перемещения каретки.

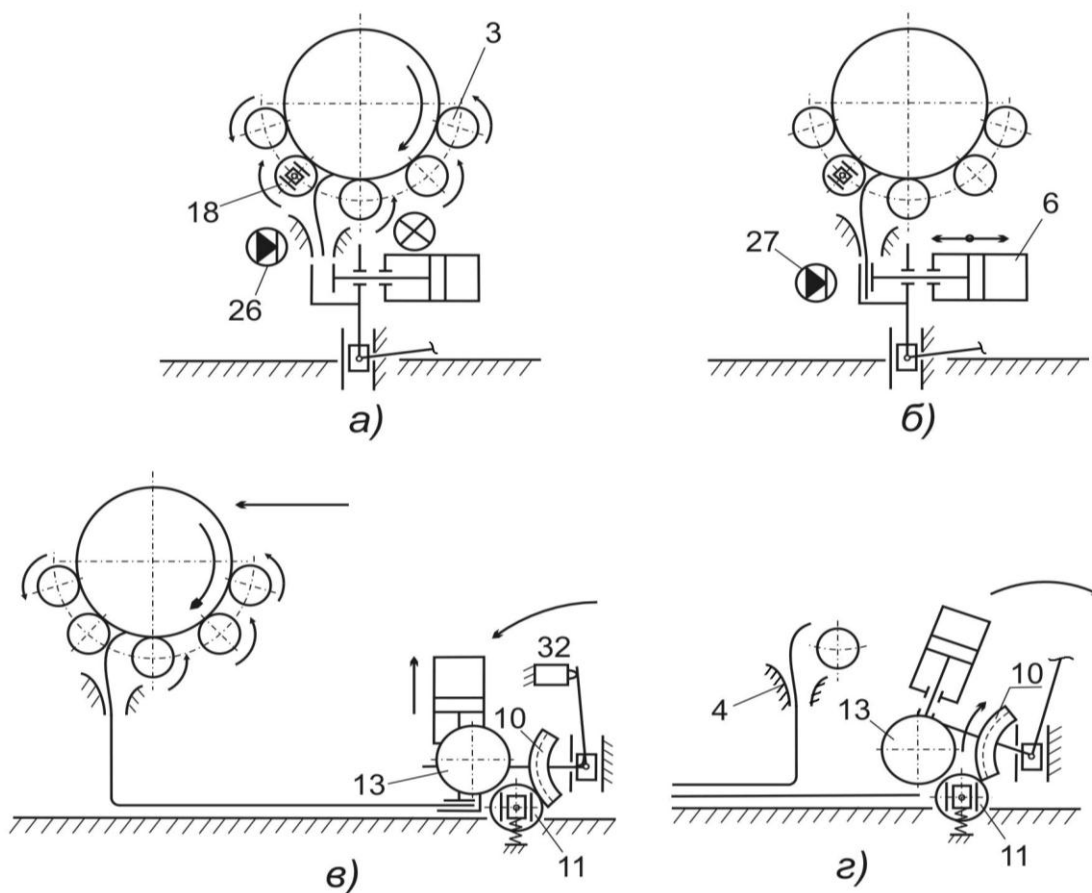


Рисунок 3.27 - Технологическая схема работы адаптивной системы настилана мерных полотен

Каркас настилочной каретки имеет специальный упор (на рис. 3.26 и 3.27 не показан), который в первоначальный момент движения воздействует на поворотную рамку 5 и наклоняет ее до тех пор, пока прижим 7 не коснется плоскости настилочного стола или уложенного на него полотна (см. рис.3.27,в). При таком положении прижимной линейки платформа рамки 5, освободив концевой выключатель 29, воздействует на концевой выключатель 32. Блок совпадения 35 при этом изменяет сигнал воздействия на входе электронного ключа 39, который сохраняет первоначальный уровень выходного сигнала до тех пор, пока не поступит информация об изменении состояния контактов концевой выключателя 32. Ключ 39 отключает электромагнит пневмораспределителя 45, и прижим 7 вместе со штоками пневмоцилиндров 6 перемещается в исходное положение, освобождая

при этом начало уложенного полотна.

Расстояние между упорами 44 и 47 определяется размерами настила. Воздействие на концевой выключатель 30 происходит вслед за тем, как мерное полотно полностью разматывается рольгангом 3 и будет уложено на настилочный стол. При изменении состояния концевого выключателя 30 блок анализа и управления 36 формирует второе управляющее воздействие. При этом двигатель М1 останавливается совместно с рольгангом 3, а двигатель М2 переключается на реверс, и настилочная каретка возвращается в исходное положение, перемещая на рольганге рулон оставшихся на скалке одномерных полотен.

При подходе к прижимной линейке каркас настилочной каретки своим специальным упором воздействует на поворотную рамку 5 и поворачивает ее, возвращая прижимы 7 в исходное положение. В момент срабатывания концевого датчика 31 при контакте с упором 44 через блоки 36 и 43 происходит отключение электродвигателя М2 и останов настилочной каретки.

Привод 9 подъема каркаса и линеек дозировано осуществляет вертикальное перемещение опорного вала 8 поворотной рамки совместно с валом 12, относительно уровня стола 22, отслеживая и приводя в соответствие уровень позиционирования прижимов 7 с изменяющейся высотой формируемого настила.

Подъем прижимного механизма осуществляется следующим образом. В начале процесса настиления поворотная рамка 5 опускает прижимы 7 линейки на уровень высоты формируемого настила. Зубчатый сегмент 10, жестко закрепленный на ней, воздействует на зубчатое колесо 11, имеющее подвижные подпружиненные опоры. Зубчатое колесо 13, находящееся в начальный момент перемещения поворотной планки в зацеплении с колесом 11, не может вращаться против часовой стрелки, т.к. собачка храпового колеса 14 препятствует повороту вала 12 в этом направлении. Поэтому колесо 11, увлекаемое зубчатым сегментом 10, вместе с опорой опускается вниз и, выходя из зацепления с колесом 13, поворачивается на угол в несколько градусов вокруг своей оси (см. рис.3.27,в).

При возвращении каретки в исходное положение, поворотная планка 5 начинает перемещение в обратном направлении. Зубчатый сегмент 10, подни-

маясь, увлекает за собой зубчатое колесо 11, входящее при этом в зацепление с колесом 13. Дальнейшее перемещение зубчатого сегмента до выхода его из зацепления с колесом 11 вызывает поворот зубчатого колеса 13 по часовой стрелке (см. рис.3.27,з).

Храповое колесо при этом поворачивается на угол поворота, соответствующий величине рассогласования высоты положения валов 8, 12 и высоты настила в данный момент времени. Если этот угол поворота больше угла зуба храпового колеса, происходит его фиксирование в новом положении. Зубчатое колесо 15 при этом поворачивается на такой же угол и тем самым приподнимает вал 12 относительно неподвижной зубчатой рейки 16. Валы 12 и 8 закреплены на одном каркасе, перемещающемся по направляющим. При этом противоположный конец прижимной линейки перемещается на ту же величину с помощью кинематических передач.

Каркас прижимной линейки удерживается на отслеживаемой высоте за счет храпового зацепления на валу 12. Тем самым обеспечивается инверсный принцип слежения и позиционирования механизма фиксирования срезов одномерных полотен в формируемом настиле.

При срабатывании датчиков положения каретки и наличия материала, соответствующих исходной позиции механизмов, цикл работы машины, как это отражено на циклограмме, повторяется (рис. 3.28).

Устройство для накопления мерных текстильных полотен с фиксацией срезов. При формировании настилов из отдельных мерных полотен важно обеспечить условия точности положения их срезов. Для решения этой задачи с успехом может быть использована система кассетного накопления мерных отрезков с фиксацией их срезов по требуемым технологическим условиям [108].

Кинематическая схема технического решения кассетного накопления мерных полотен представлена на рисунке. 3.29. Основными узлами устройства являются кассета 1, представляющая собой полость укладки текстильного материала, прижимные, с фрикционным покрытием, планки 2 для фиксирования среза полотен, кулачковые механизмы 7 и 8, привод перемещения кассеты и толкатель 9.

Привод состоит из электродвигателя 3, клиноременной передачи 4, червячного редуктора 5, плоскозубчатой передачи 6 и двух кулачков 7 и 8. Толкатель 9 перемещается с помощью вилки 10, установленной на одном из плеч коромысла, взаимодействующего с кулачком 7 посредством ролика 11 и пружины 12. Кулачок 8 с помощью ролика 13 рычага 14 и штанги 15 через амортизаторы 16 обеспечивает перемещение кассеты по заданному закону.

Контур кулачка 8 выполнен таким образом, что его координатные точки, например (А, В, С и Д), располагаются на трех окружностях с радиусами R_1 , R_2 и



Рисунок 3.28 - Циклограмма работы машины для формирования настила из мерных полотен

R_3 (рис. 3.30), причем кривая контура кулачка не более одного раза переходит на радиус R_1 . Положение всех исполнительных механизмов при положении ролика 13 кулачка 8 в точке А является исходным. Количество переходов ролика кулачка с радиуса R_2 на R_3 определяется максимально возможным числом изгибов куска ткани при укладке её «книжкой» в кассету.

Профильный кулачок 7 имеет определенное количество зон, например, n , m и k , число которых определяется количеством прижимных планок 2 на кассете, а передаточное отношение плоскозубчатой передачи 6 соответствует этому же

кому положению толкателя 9, при котором упоры 17 прижимных планок проходят мимо указанного толкателя.

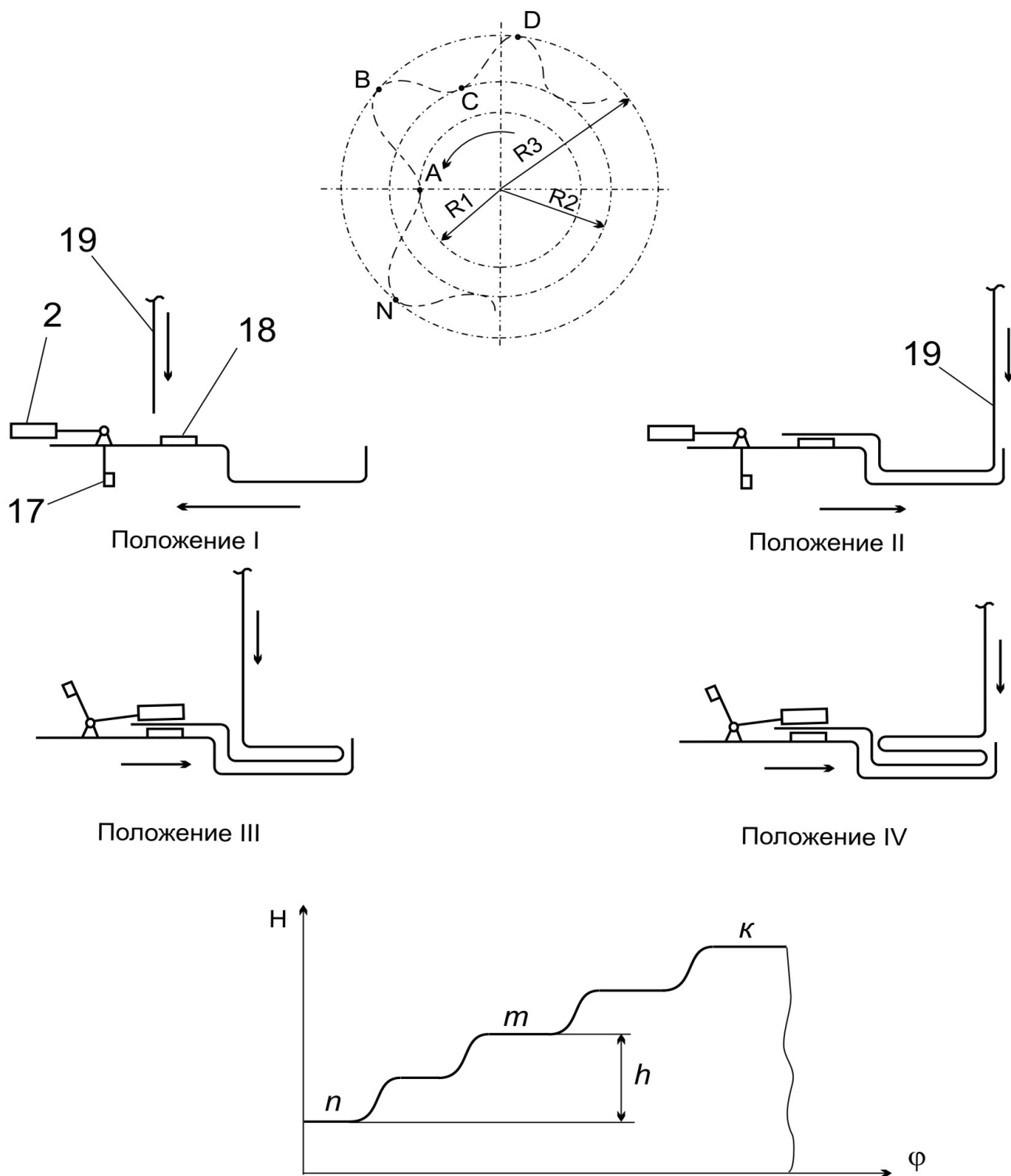


Рисунок 3.30 – Схема фиксации среза полотна и диаграмма профилирования кулачка

Далее ролик 13, взаимодействуя с кулачком 8 на участке контура между точками В и С, перемещает посредством рычажного механизма кассету в положение III. Текстильное полотно при таком движении укладывается зигзагообразно в

«книжку» в полость кассеты. В первоначальный момент движения по указанному контуру ролик 11 входит в зону «*n*» профильного кулачка и устанавливает толкатель 9 в положение, совпадающее с линией перемещения упора 17 первой из прижимных планок 2. При дальнейшем перемещении кассеты планка опрокидывается и своим весом прижимает край укладываемого полотна (см. рис.3.30, положение III).

Повторяющийся профиль кулачка 8 между координатными точками В, С, и Д вызывает возвратно-поступательные перемещения кассеты с амплитудой, равной длине её полости, что позволяет уложить текстильные полотна в свободном состоянии с зафиксированными передними срезами (см. рис.3.30, положение IV).

Кулачок 8 делает полный оборот вокруг своей оси и с помощью конечного выключателя (на рисунке не показан) отключает электродвигатель 3 и останавливается в исходном положении.

При укладке следующих текстильных полотен цикл работы звеньев 8, 13, 14, 15 кулачково-рычажного механизма повторяется, а профильный кулачок 7 смещается при этом на одну зону, например, из зоны «*n*» в «*m*», и перемещает ролик 11 на величину «*h*» (рис.3.31).

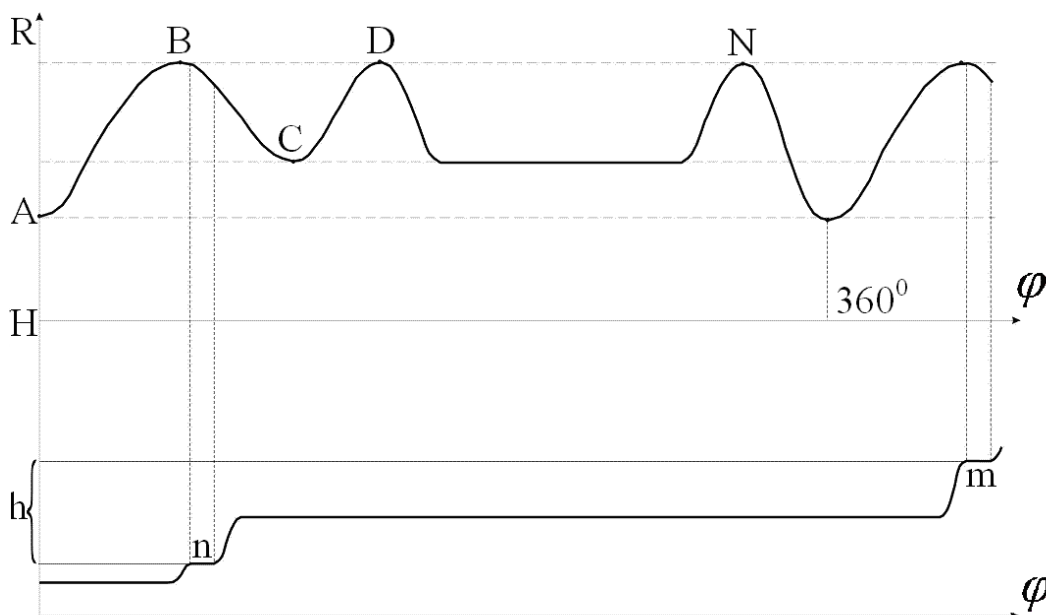


Рисунок 3.31 – Траектория движения толкателей кулачков

Через поворотную вилку 10 параметр «*h*» преобразуется в линейные перемещения толкателя 9 на величину, равную шагу установки упоров 17. Таким об-

разом, при укладке каждого полотна кассета совершает ход из положения I в положение II и при переходе её в положение III срабатывает очередная прижимная планка 2.

Планки укладываются на поперечный срез полотна последовательно одна на другую, образуя групповую фиксацию текстильных полотен, как это показано на рис. 3.32. Кулачок 7 имеет определенное количество зон, число которых равно максимальному количеству полотен текстильного материала, укладываемых в полость кассеты.

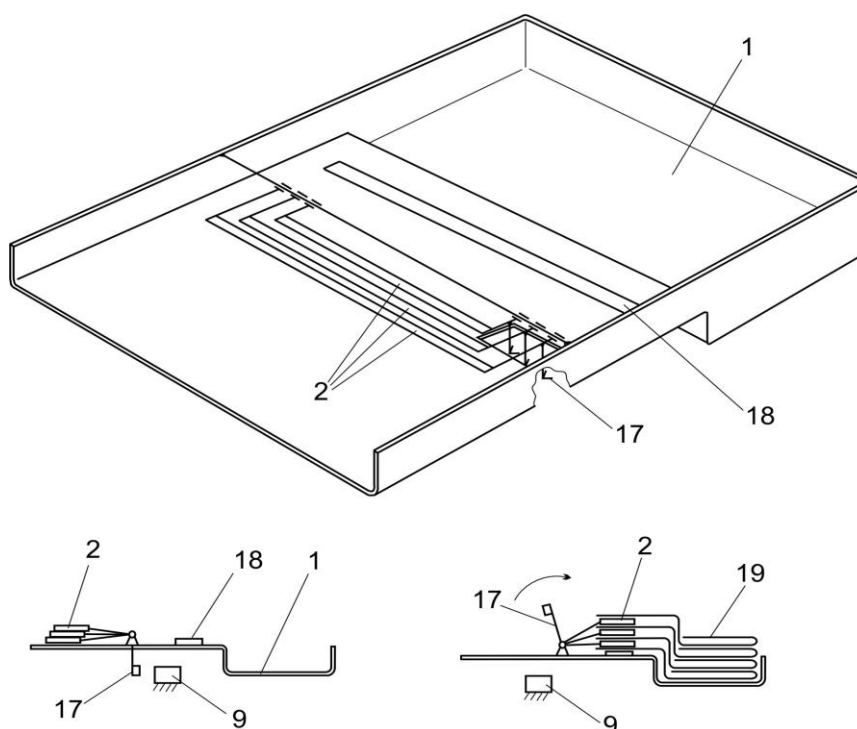


Рисунок 3.32 - Схема укладки мерных полотен в кассету

Конструкция зажимного механизма предусматривает возможность последовательного освобождения поперечных срезов полотен возвращением прижимных планок в исходное положение. После передачи мерных отрезков материала на другую технологическую операцию в каретку устанавливается сменная кассета, и цикл работы устройства может быть повторен.

Контрольно-мерильный станок. Как показывает практика, в условиях развития новых организационных форм производства швейных изделий (малых предприятий) для контроля качественных и количественных характеристик материалов требуются простые в конструктивном отношении, надёжные в эксплуата-

ции и многофункциональные по назначению технические средства. С этих позиций практический интерес представляет собой контрольно-мерильный станок для промера и разбраковки длинномерных полотен [109].

Структура контрольно-мерильного станка для входного контроля материалов (рис. 3.33) состоит из привода 1, размоточных и намоточных с фрикционным покрытием валиков 2 и 3, горизонтального стола 4 для визуальной разбраковки движущегося полотна и одновалковую систему ориентации материала (рис.3.34). Устройства 5 и 6 предназначены для непрерывного измерения длины и ширины, определения координат пороков. Для установки и фиксации товарных валиков 9 контрольно-мерильный станок имеет опорные направляющие 7 с фиксаторами 8.

Привод 1 состоит из набора известных кинематических цепей и фрикционной муфты 11, передающей заданный крутящий момент валикам 2 и 3, скорость вращения которых одинакова по величине и направлению.

Механизм измерения длины 5 содержит измерительный ролик 12 и обтюраторный диск 13, установленные соосно на поворотной подвеске 14 с возможностью контакта ролика 12 с поверхностью стола 4 и движущимся материалом, от взаимодействия с которым ролик получает вращательное движение совместно с измерительным диском.

Измеритель ширины 6 выполняет одновременно функции датчика положения полотна относительно заданной линии движения и состоит из двух блоков попарно взаимодействующих излучателей-приемников 15-16 и 17-18. Блок излучатель-приемник 15-16 закреплен к основанию стола 4 неподвижно на кронштейне измерителя ширины 6, а блок 17-18 оснащен фиксатором 19 и имеет возможность позиционирования на оцифрованной линейке 20 в зависимости от ширины измеряемого материала.

Система ориентации материала относительно заданной линии движения, кроме поворотного в плоскости стола валика 10, датчиков положения 15 и 16, содержит два электромагнитных привода 21, штанги 22, опорные стаканы 23 и упругие элементы 24.

Для считывания угла поворота ролика 12 система измерения длины содер-

жит оптопары 25, а для определения координат пороков по ширине оцифрованную неподвижную линию отсчета 26. Привод и работа всего устройства обеспечивается двигателем «М».

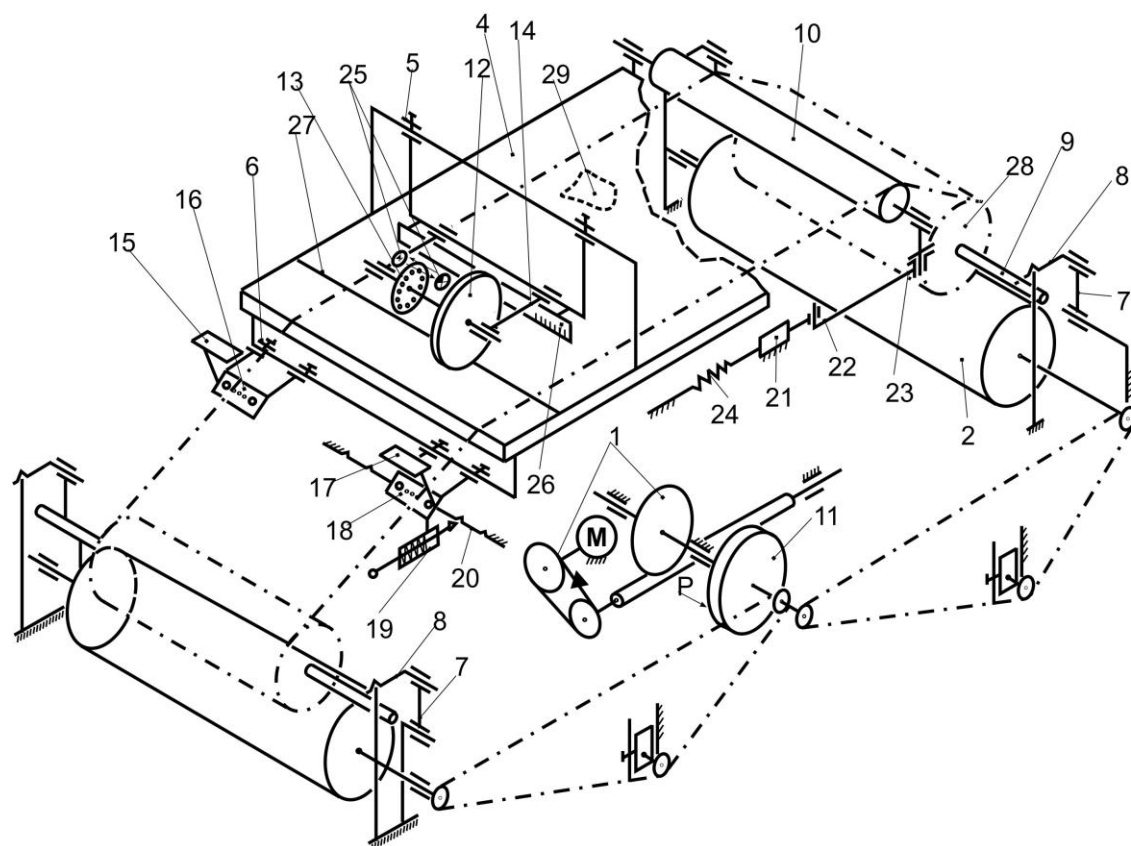


Рисунок 3.33 – Кинематическая схема станка для промера и разбраковки швейных материалов

Перед началом процесса промера и разбраковки материала через полую трубку рулона 28 пропускается товарный валик 9, а затем устанавливается на размоточный вал 2 в направляющих 7. При открытых фиксаторах 8 и с включенным двигателем «М» осуществляется частичная проводка материала по технологическому тракту его движения.

При включенном двигателе «М» через кинематические передачи привода 1 осуществляется вращение рулона вокруг оси товарного валика 9. Крутящий момент передается рулону от размоточного вала 2 за счет сил трения, возникающих вследствие контактного взаимодействия материала и валика 2.

Разматываемое полотно перемещается по столу 4 первоначально с помощью

оператора. При прохождении материала в зоне подвески 14 измерителя длины 5 ролик 12 вручную приподнимается и при достижении поперечным срезом полотна контрольной линии 27, линейное перемещение материала преобразуется в угол поворота обтюраторного диска 13, каждое деление которого считывается оптической парой 25 и является информативным параметром длины.

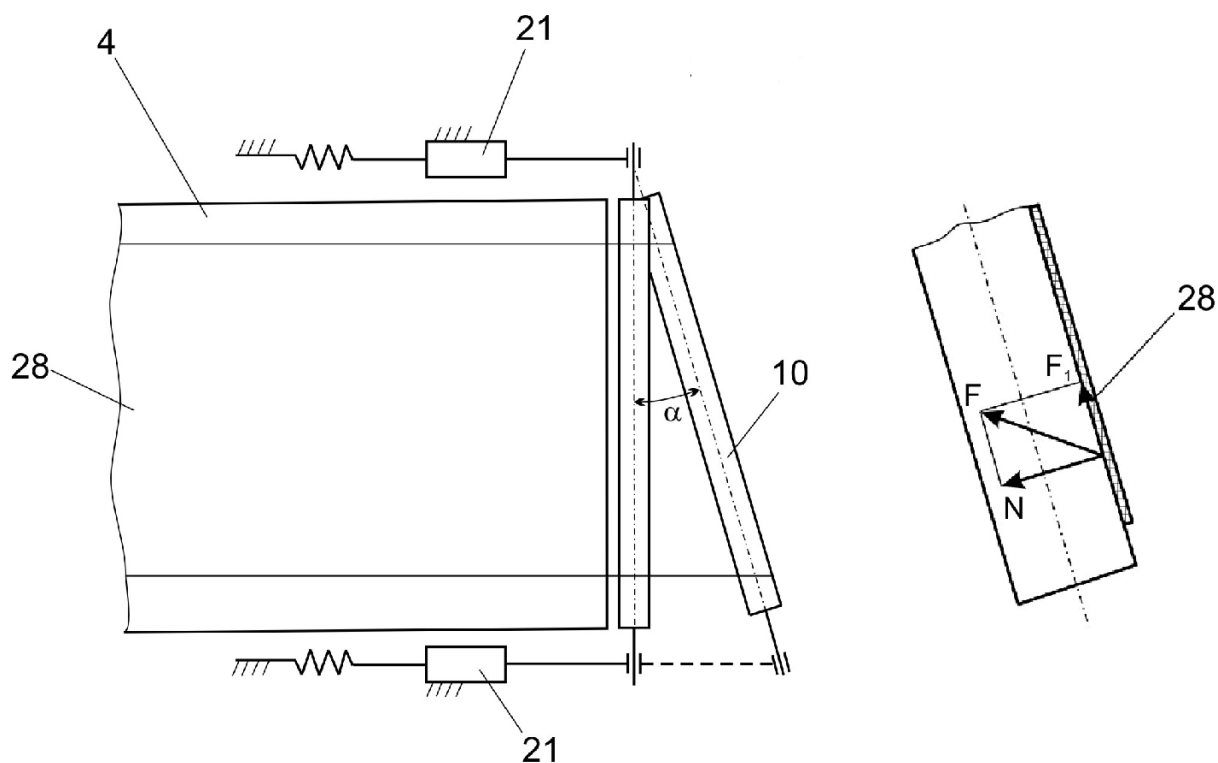


Рисунок 3.34 - Схемы системы ориентации движения материала и действия сил

Далее вручную осуществляется дальнейшая проводка материала по технологическому тракту через зоны равнения его по кромке и измерения ширины с последующей заправкой начала рулона на его полую трубку. Намотанный на трубку (скалку) рулон устанавливается на намоточный валик 3 посредством другого товарного валика 9 и направляющей 7 с фиксатором 8.

Одна из кромок материала проходит в зоне действия блока 15-16 измерителя ширины, выполняющего одновременно функцию контроля линии его движения. При этом блок 17-18 устанавливается на оцифрованной линейке 20 в соответствии с измеряемой шириной материала. Положение блока 17-18 может измениться за счет его перестановки с помощью фиксатора 19 в одно из гнезд линейки 20, соответствующее тому или иному ярлычному значению ширины обрабатыва-

емого материала.

Количество перекрываемых материалом излучателей является оценочной характеристикой его ширины, система подсчета которой осуществляется известным и ранее рассмотренным образом.

Номинальный режим работы устройства осуществляется при постоянном включении двигателя «М», при этом привод обеспечивает равномерное перемещение материала по поверхности стола 4 (по направлению стрелки) и его намотку. Считываемые посредством обтюраторного диска 13 и оптронной пары 25 единицы длины обрабатываются, суммируются и запоминаются посредством микропроцессора.

Силы трения между роликом 12 и движущимся материалом определяется только весом подвески 14 с элементами считывания информации, а ее шарнирное крепление на опорах кронштейна механизма измерения длины 5 обеспечивает постоянство сил трения при изменяющихся толщинах материалов.

При визуальном обнаружении порока 29 на поверхности движущегося материала оператор начинает оказывать сопротивление транспортированию материала в передней части стола. При увеличении сопротивления крутящемуся моменту, создаваемого на валике 3, происходит проскальзывание фрикционной муфты 11, что ведет к снижению угловых скоростей валиков 2 и 3 вплоть до их полной остановки.

При пониженной скорости движения материала передняя граница порока устанавливается на линии отсчета длины 27 и производится полная остановка движения материала. С помощью внешних электронных средств управления вводится в процессор код наименования порока. Линейные координаты порока по длине определяются по измеренному текущему значению длины, а координаты порока по ширине – по оцифрованной линии отсчета 2.

При распространенном пороке таким же образом считываются границы координат порока по длине и ширине, и вводится код его конца. По окончанию размотки рулона материала граница его поперечного среза, пройдя линию отсчета 27, выходит из взаимодействия с роликом 12 и процесс измерения параметров ру-

лона прекращается, но процесс намотки продолжается до поступления команды управления.

Измерение ширины в процессе транспортирования материала происходит непрерывно посредством блоков 15-16 и 17-18. Поперечное смещение движущегося материала не сказывается на показателях ширины, так как оценка ширины производится по количеству сигналов, считанных со светоприёмников.

Отклонение линии движения материала от заданного направления определяется посредством блока излучателей-приёмников 15-16. При отклонении полотна от заданной линии движения команда управления от блока 15-16 поступает на один из электромагнитов 21 (см. рис. 3. 34) и посредством передаточных зубьев 22 и 23 валик 10 повернется на некоторый угол α в плоскости стола и изменит свое положение

Движущийся материал 28, огибая валик 10, сместится в поперечном направлении за счет появившейся составляющей силы F_1 . При отработке возмущающего воздействия и возвращении линии движения материала в заданный диапазон отклонений система распознавания 15-16 сформирует команду на отклонение электромагнита 21 и под действием упругих элементов 24 валик 10 возвратится в положение, принятое за исходное.

В случае отклонения линии движения материала в противоположном направлении от заданной включается вторая цепь управления системой ориентации. После завершения контрольно-мерильной процедуры и снятия разбракованного рулона с намоточного валика 3 цикл работы может быть повторен.

Игольчатые столы. При обработке и комплектовании деталей кроя из материалов рисунчатой фактуры (например, в полоску или клетку) необходимы технические средства для совмещения параметров рисунков и придания необходимой симметрии при монтаже деталей конструктивно технологических блоков швейных изделий. Для этих целей обычно используют известной конструкции игольчатые столы, отличающиеся эксплуатационные неудобствами и недостаточной точностью обеспечения заданных требований, в частности, значительными погрешностями укладки деталей по рисунку. Это связано с тем, что высота наби-

раемого пакета предварительно накроенных деталей ограничена устойчивостью выступающего над поверхностью стола участка игл и их отклонением от вертикального положения.

При выполнении комплексной программы исследований по совершенствованию ПМкПШИ разработаны необходимые и разные по конструктивному оформлению технические средства, которые позволяют практически устранить имеющиеся недостатки при укладке деталей кроя по рисунку.

Рассмотрим неприводной [110], и соответственно наиболее простой по конструктивному исполнению, игольчатый стол, который может быть рекомендован для использования на малых предприятиях, где швейные изделия изготавливаются по индивидуальным заказам или небольшими сериями.

На рис.3.35 и 3.36 показаны кинематическая схема одного из вариантов игольчатого стола и конструктивная схема основного узла - ползуна иглодержателя.

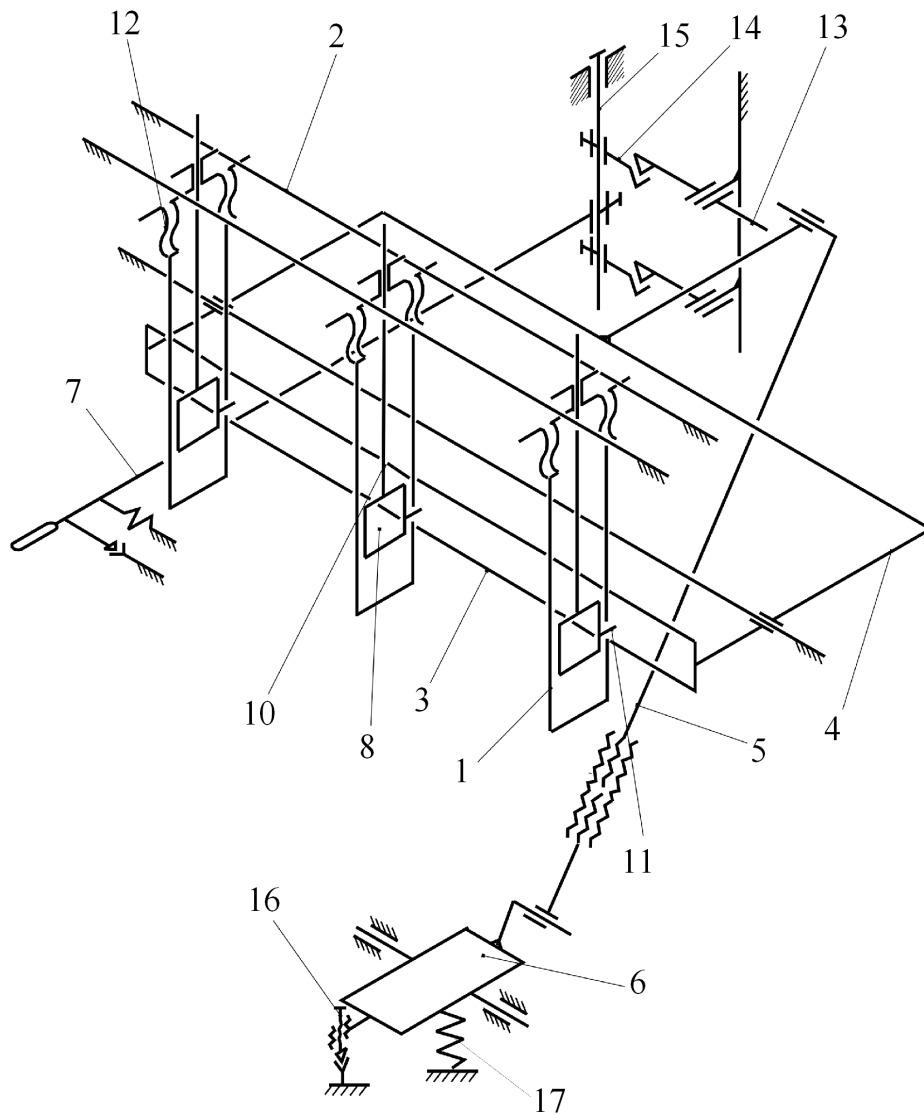
Игольчатый стол содержит иглодержатели 1, количество которых определяется размерами обрабатываемых деталей, направляющие 2, установленные у переднего края рабочего стола и образующие сквозной паз для установки в нем иглодержателей с возможностью изменения их положения по длине паза и относительно друг друга. Толкатель 3 служит для вертикального перемещения игл с помощью поворотной рамки 4, а регулируемая тяга 5 для поворота рамки 4 посредством педали 6. Рукоятка 7 закреплена на оси 15 вместе с упорами 14, фиксируется звеном 13 и служит для установки иглодержателей в исходное положение.

Внутри корпуса иглодержателя (см. рис. 3.36) расположены ползун 8 и цанговый зажим 9 для закрепления в нем иглы 10. Палец 11 жестко соединен с ползуном и выходит за пределы иглодержателя через паз в корпусе, длина которого определяет величину максимально допустимого хода иглы. Наконечник иглодержателя имеет Т-образную форму, резьбовой участок и гайку 12 для перемещения и фиксирования иглодержателя на поверхностях направляющих 2.

Ширина паза толкателя 3, в который входят пальцы 11, позволяет равномерно воздействовать на ползуны иглодержателей независимо от места их за-

крепления. Фиксаторы 13 установлены для поворота рычага рамки 4 против часовой

стрелки, что позволяет удерживать иглы на определенном уровне относительно плоскости стола. Фиксаторы одной своей стороной контактируют с упорами 14,



ограничивающими их поворот относительно оси крепления против часовой стрелки, а другой - с рычагом толкателя.

Рукоятка 7 жестко закреплена на оси 15 вместе с упорами 14. Пружина рукоятки и ограничитель хода удерживают рукоятку в таком положении, при котором упоры располагаются непосредственно под толкателем. Педаль 6 кинематически связана с рычагом

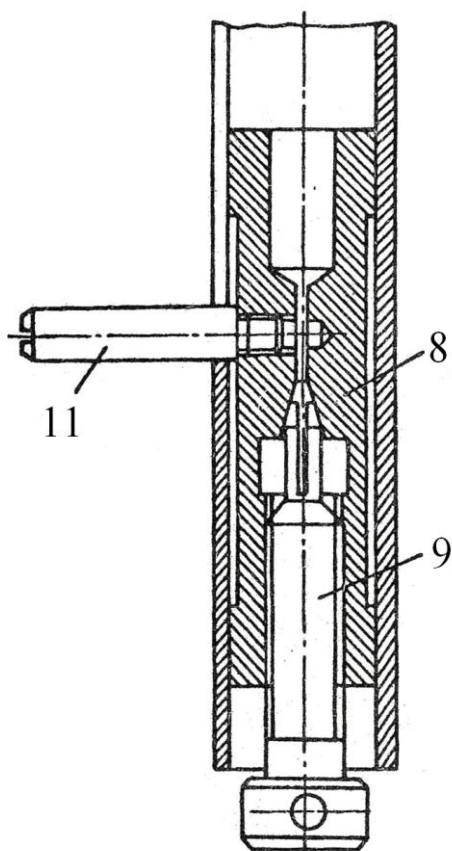
Рисунок 3.35 - Кинематическая схема неприводного игольчатого стола

рамки 4, регулируемой по длине тягой 5.

В исходном положении иглы 10 не выступают из корпуса иглодержателя 1, при этом рычаг рамки 4 находится над верхним фиксатором 13, а педаль под действием пружины 17 и веса толкателя 3 находится в контакте с нижним ограничителем хода. Освобождая наконечники иглодержателей с помощью гаек 12 от фиксированного положения, производят перестановку иглодержателей, перемещая их

вдоль направляющих 2 в соответствии с размерами и контрольными точками рисунка обрабатываемых деталей края.

При нажатии педали 6 тяга 5 опускает рычаг рамки 4 ниже уровня верхнего фиксатора 13. При этом рамка поворачивается



вокруг своей оси и толкатели 3 с помощью выступающих пальцев 11, которые приподнимают ползуны 8 вместе с иглами относительно корпусов иглодержателей 1.

При освобождении педали толкатели 3 под действием упругой пружины 17 опускаются до касания рычага рамки 4 фиксатора 13, поворот которого против часовой стрелки ограничен упором 14. При этом иглы 10 фиксируются на определенном и одинаковом уровне от поверхности стола в каждом иглодержателе. Детали одежды, имеющие рисунок, накальваются на иглы по контрольным точкам последовательно, образуя пачку деталей края с совмещенным рисунком.

Рисунок 3.36 – Конструкция ползуна иглодержателя

Если высота установки игл 10 недостаточна, то при повороте педали 6 на больший угол можно переместить рычаг рамки 4 на уровень действия нижнего фиксатора 13. Рамка 4 устанавливается в ином положении, определяющем максимальную высоту подъема игл устройства.

При завершении работы по совмещению рисунка на деталях швейных изделий образовавшуюся пачку освобождают от игл. Поворотом рукоятки 7 с помощью оси 15 выводят упоры 14 из зацепления с фиксаторами 13. Рычаг рамки 4 освобождается, и при повороте педали в противоположном направлении до действия упора 16 иглы 10 выходят из пачки швейных деталей, оставляя их в ориентированном положении.

Второй вариант игольчатого стола [111] выполнен приводным (рис.3.37),

имеет более сложную конструкцию и предпочтителен для использования в массовом или серийном производстве швейных изделий.

Приводной игольчатый стол содержит игловодители 1, направляющие 2, выполненные в виде армированного сквозного паза в столе, толкатель 3 для вертикального перемещения игл, поворотную рамку 4, тягу 5, педаль 6 и рукоятку 7. Рукоятка предназначена для подъема и опускания игл в исходное положение через вал 8, фиксатор 9 и упоры 10.

Внутри иглодержателей расположены ползуны 11, цанговые зажимы 12, соединительные муфты 13, получающие движение от электродвигателей 14. На ползунах 11 жестко закреплены пальцы 15, контактирующие с толкателем 3.

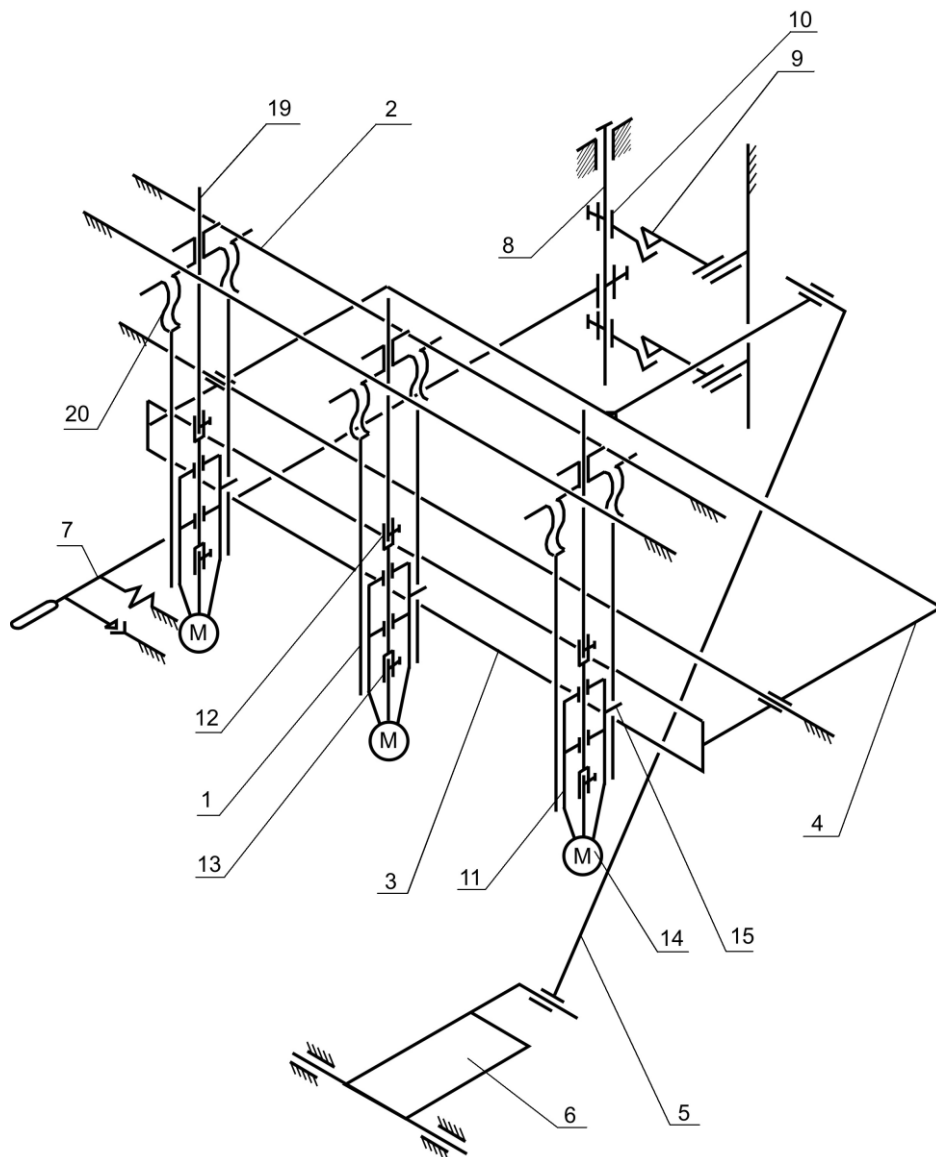
Электродвигатели 14 соединены с ползунами 11 посредством кронштейнов 16 (рис. 3.38). Валы электродвигателей через муфты 13 соединены с полыми валами 17, закрепленными посредством подшипников 18 в ползунах 11. Причем от валов электродвигателей вращательное движение передается соединительными муфтам 13, полым валам 17 и цанговым зажимам 12.

В исходном положении все подвижные детали внутри стаканов иглодержателей 1 опущены в крайнее нижнее положение, что обеспечивается положением поворотной рамки 4 и педалью 6. При таком положении поворотная рамка находится под верхним фиксатором 9, а педаль под действием сил веса подвижных деталей иглодержателей находится в верхнем положении.

Длина игл 19 и крепление их в цанговых зажимах 12 рассчитаны таким образом, что в исходном положении острие игл не выходит из корпуса иглодержателей и не выступает над поверхностью стола. Положение иглодержателей в направляющих 2 приводится в соответствие с размерами обрабатываемых деталей кроя путем освобождения наконечника иглодержателя с помощью гаек 20 от фиксированного положения и перемещения их вдоль паза с последующей обратной фиксацией. При нажатии педали 6 тяга 5 поворачивает рамку 4 ниже уровня верхнего фиксатора 9. Толкатель 3 приподнимает пальцы 15 иглодержателей вместе с ползунами 11, полыми валами 17, цанговыми зажимами 12, иглами 19 и электродвигателями 14 относительно корпусов иглодержателей. Фиксаторы 9 удержива-

ют подвижную часть конструкции в заданном положении и при отпущенной педали 6.

Детали края, имеющие рисунок, последовательно укладываются на иглы по контрольным точкам. При этом производится кратковременное включение электродвигателей 14,



которые сообщают иглам вращательное движение в момент проникания их в структуру деталей края.

При многократном повторении процедуры совмещения рисунка деталей по иглам образуется пачка, имеющая совмещенные координатные точки, что необходимо для выполнения осноровочных операций, т.е. последующих опера-

Рисунок 3.37– Кинематическая схема приводного игольчатого стола

ций по доведению размеров деталей края до проектных линейных параметров.

При завершении работы по совмещению рисунка пачку деталей освобождают от игл путем поворота рукоятки 7. При этом вал 8 выводит упоры 10 из зацепления с фиксатором 9, и поворотная рамка 4 освобождается.

Кратковременное включение электродвигателей способствует свободному

опусканию игл и всех подвижных частей конструкций иглодержателей в исходное положение под действием сил собственного веса. При этом поворотная рамка 4, тяга 5 и педаль 6 занимают исходное положение, а иглы 19 выходят из пачки деталей кроя, оставляя их в ориентированном положении.

Устройства для нанесения контрольных линий на лекала. Для малых швейных предприятий, где практически неприемлемо применение автоматизированных раскройных комплексов и осциллирующих режущих головок, выполняющих раскройные операции по компьютерным вариантам раскладки, необходимо периодически осуществлять контроль точности размерных характеристик лекал и их конфигурации.

Известны приспособления нанесения контрольных линий на лекала для пе-

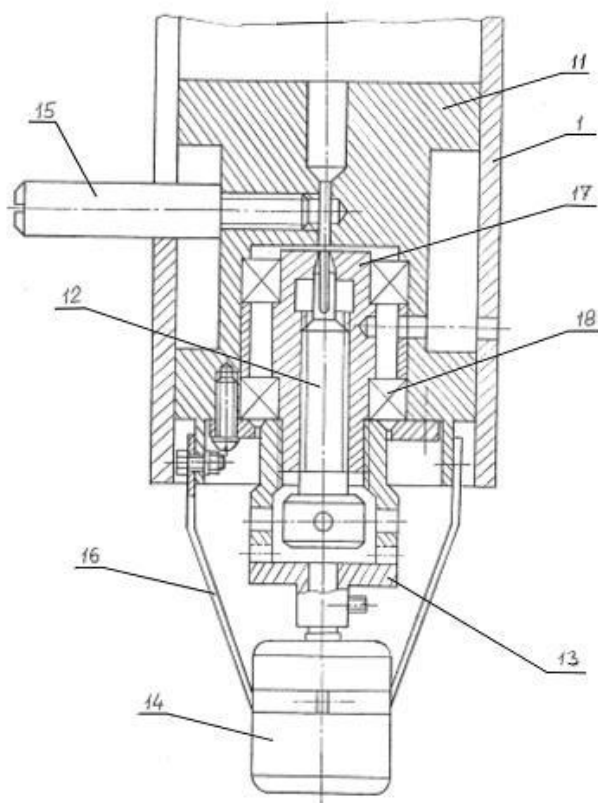


Рисунок 3.38 - Конструктивная схема иглодержателя

риодической оценки соответствия конфигурации и размерных характеристик проектным требованиям. Приспособления конструктивно просты и представляют собой шариковый стержень с пастой и упор, закрепленные на основании с заданным расстоянием между ними. Недостатками таких приспособлений являются неточность нанесения контрольной линии, эквидистантно срезу лекала, неудобство обслуживания и низкая производительность, так как при работе с приспособлением необходимо их одновременно удерживать

руками, перемещая их относительно друг друга. Кроме того, линия, проведенная одним шариковым стержнем, бывает зачастую недостаточно четкой и местами может прерываться, что установлено практикой их использования

Известна машина КЛС-1 для клеймения лекал по контуру, содержащая верхний и нижний транспортирующие ролики с приводом, вращающийся упор и чертежное средство, установленное на заданном расстоянии от упора и выполненное в виде вращающегося ролика, образующая поверхность которого контактирует с лекалом и устройством, наносящим на поверхность ролика краску. В этом устройстве механизирован процесс перемещения лекала, но обеспечение заданного положения относительно чертежного средства осуществляется вручную.

Недостатком КЛС-1 также является невысокая четкость нанесения контрольной линии вращающимся роликом вследствие наличия эффекта разбрызгивания красящего вещества. Кроме того, загрязняется рабочее место, что ухудшает условия труда, а расстояние от контрольной линии до среза лекала зависит от субъективных факторов, что влияет на точность нанесения контрольной линии, эквидистантной контуру лекала.

В работе [112] рассматривается устройство для нанесения контрольных линий на лекала эквидистантно контуру, которое позволяет устранить отмеченные недостатки. Кинематическая схема устройства для нанесения контрольных линий (рис. 3.39) содержит верхний 1 и нижний 2 транспортирующие ролики, вращающийся упор 6, чертежное средство, установленное на заданном расстоянии от упора и следящую систему. Ролики имеют привод от электромотора 3 через червячный редуктор 4 и электромагнитную муфту 5. Следящая система с роликами 7 и 8 предназначена для ориентации лекала при его перемещении относительно упора 6.

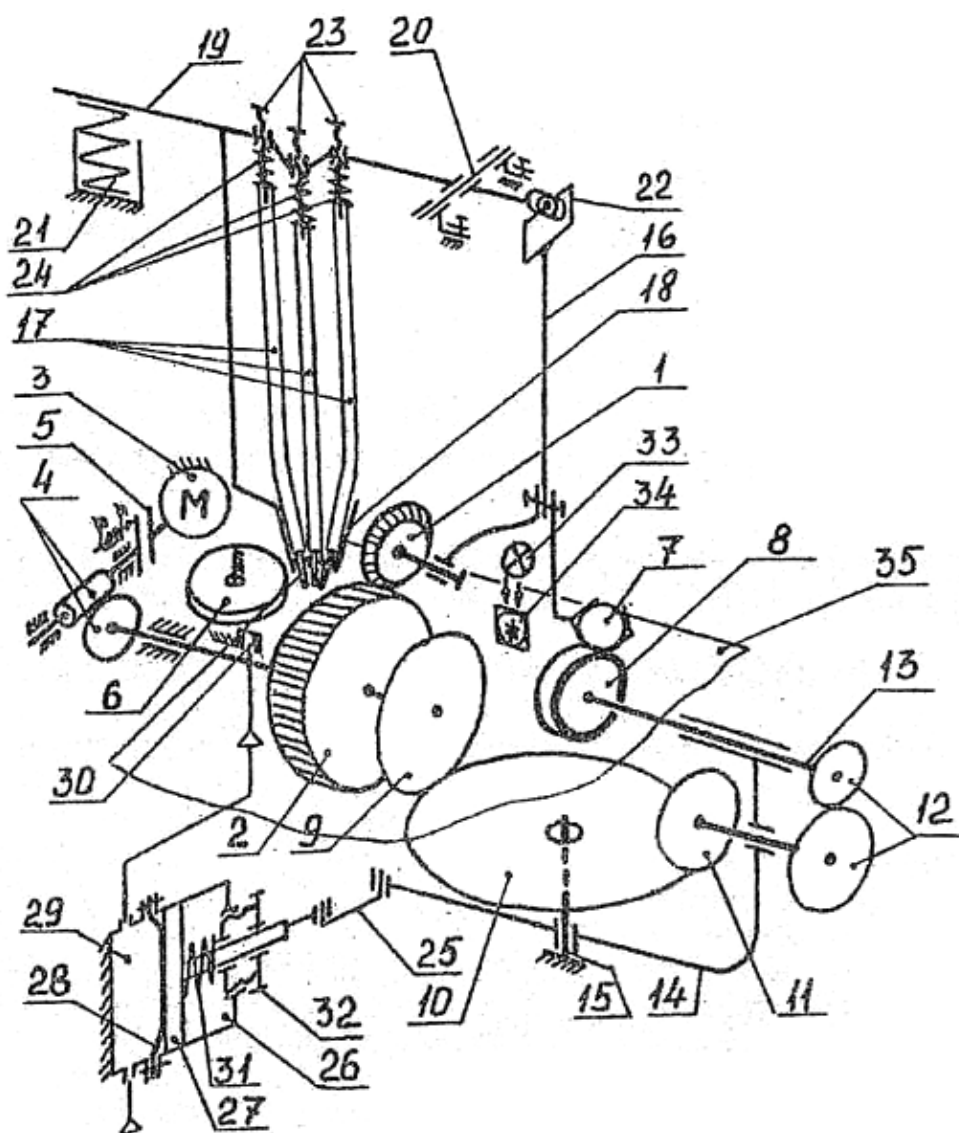
Ролики 7 и 8 установлены с возможностью изменения положения осей их вращения относительно осей роликов 1 и 2 на расстоянии от них, не меньшем диаметра нижнего следящего ролика 8.

Ролик 8 выполнен обрешиненным и посредством дифференциальной конической передачи 9, 10 и 11 через зубчатую передачу 12 связан с роликом 2. Зубчатая передача 12 смонтирована совместно с колесом 11, роликом 8 и его осью вращения 13 на рычаге-водице 14.

Ось 15 поворота рычага-водицы 14 проходит через точку *B* (рис. 3.40) пере-

сечения проекций осей вращения транспортирующих роликов 1 и 2 и нижнего исполнительного ролика 8 следящей системы с его осью симметрии по ширине. В точке *B* осуществляется контакт нижнего следящего ролика 8 с роликом 7, который выполнен сферическим и вместе с прижимным транспортирующим роликом 1 смонтирован на штоке 16, установленном в направляющих корпуса приспособления.

Чертежное средство выполнено в виде трех подпружиненных шариковых



стержней 17 с пастой. Стержни установлены в обойме 18 под углом друг к другу на расстоянии 0,5мм между их концами. Обойма кинематически связана через подпружиненный двуплечий рычаг 19 с верхним транспортирующим 1 и следящим 7 роликами.

Рисунок 3.39— Кинематическая схема приспособления для нанесения контрольных линий на лекала

Рычаг 19 смонтирован на оси 20 корпуса

устройства с возможностью поворота в плоскости, перпендикулярной плоскости перемещения лекала. Одним плечом рычаг 19 опирается на пружину 21, а другим

плечом соединен через рамку 22 со штоком 16. Обойма 18 жестко закреплена на рычаге 19 и имеет три отверстия под наконечники стержней, расположенные под углом 120° друг к другу. Таким же образом выполнены отверстия в рычаге 19, через которые проходят опорные шпильки 23 стержня 17, зафиксированные в обойме 18 пружинами 24.

Рычаг-водило 14 связан шатуном 25 с усилителем-преобразователем следящей системы и имеет возможность возвратно-поворотного движения относительно оси 15. Усилитель-преобразователь выполнен в виде пневмоцилиндра 26 одностороннего действия, поршень 27 которого через резиновую мембрану 28 связан с измерительной камерой 29, которая сообщается гибкой трубкой со следящим соплом 30, установленным в опорной платформе устройства перед чертежным средством на линии, касательной к вращающемуся упору. Для настройки следящей системы в штоковой полости пневмоцилиндра 26 установлена пружина 31, опирающаяся на резьбовую втулку 32. Для управления электромагнитной муфтой 5, передающей вращательное движение роликам 2 и 8, в устройстве имеется оптронная пара 33 -34.

При включении электромотора 3 привода следящие и транспортирующие ролики остаются неподвижными, т.к. электромагнитная муфта 5 отключена по сигналу оптопары. Лекало 35 подводится под стержни 17 до контакта с упором 6, перекрывая следящее пневмосопло 30. При этом оптронная пара перекрывается и включает электромагнитную муфту 5. Транспортирующие 1, 2 и следящие 7, 8 ролики начинают вращаться и начинают перемещать лекало со скоростью V_A , равной окружной скорости нижнего транспортирующего ролика 2. При подъеме роликов 1 и 7 на высоту, равную толщине лекала, шток 16 через рамку 22 поворачивает на оси 20 рычаг 19, который, преодолевая сопротивление опорной пружины 21, опускает обойму 18 со стержнями 17 до касания с поверхностью лекала. Таким, образом, при перемещении лекала по его краю на расстоянии $l=1\div 2$ мм вычерчиваются три линии, эквидистантные его срезу.

Слежение за контуром лекала осуществляется автоматически парой следящих роликов 7 и 8. Если сопло 30 перекрыто наполовину, то ось 13 вращения ро-

лика 8 расположена под углом $\alpha=45^\circ$ к оси вращения нижнего транспортирующего ролика 2. При этом окружная скорость V_B ролика 8 подобрана с помощью зубчатой передачи 12 так, чтобы ее составляющая по оси Y равнялась окружной

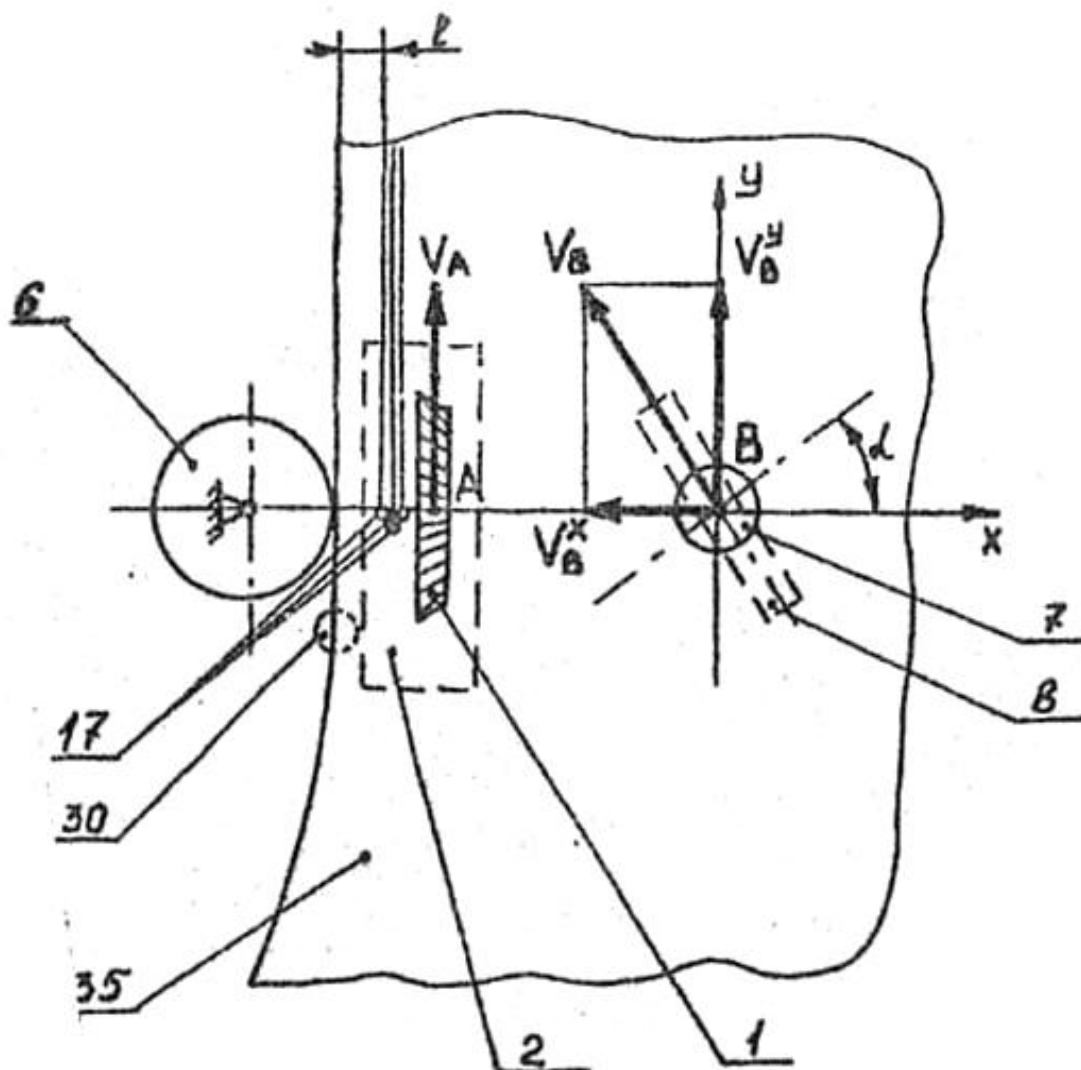


Рисунок 3.40 – Схема взаимодействия транспортирующих и следящих валиков

скорости ролика 2, являющейся скоростью перемещения лекала, т. е. $V_B^y = V_A$.

В этом случае лекало перемещается роликами 2 и 8 с одинаковой скоростью по направлению оси Y и одновременно прижимается к вращающемуся упору 6 составляющей скорости V_B по направлению оси X .

Если за счет изменений контура лекала сопло 30 перекрывается более чем наполовину, то давление в измерительной камере 29 пневмодатчика увеличивается и поршень 27, преодолевая сопротивление пружины 31, через шатун 25 пово-

рачивает рычаг-водило 14 и несущий ролик 8 относительно точки B по часовой стрелке, уменьшая угол α . При этом составляющая скорости V_B увеличивается и становится больше скорости V_A перемещения лекала. За счет разницы скоростей $(V_B^y - V_A)$ лекало начинает поворачиваться относительно точки A , восстанавливая первоначальное перекрытие сопла 30.

Если сопло 30 открывается более чем наполовину, то аналогичным образом рычаг-водило 14 поворачивается относительно точки B против часовой стрелки, угол α увеличивается, V_B^y уменьшается и за счет разницы скоростей $(V_A - V_B^y)$ лекало поворачивается относительно точки B , восстанавливая первоначальное перекрытие сопла. При этом лекало совершает сложное движение в плоскости, ориентируясь относительно вращающегося упора 6, а по его контуру прокладывается контрольная линия.

По окончании обработки участка лекала оптопара отключает электромагнитную муфту 5, ролики 2 и 8 останавливаются, а прижимные ролики 1 и 7 возвращаются в исходное положение и упираются в ролики 2 и 8, приподнимая стержни 17 над роликом 2.

Таким образом, использование в качестве чертежного средства одновременно трех шариковых стержней позволяет получить три линии, эквидистантные контуру лекала, которые практически сливаются в одну четкую контрольную линию.

Применение следящей системы с роликовыми рабочими органами позволяет повысить точность нанесения контрольной линии эквидистантной контуру за счет обеспечения постоянного прижима лекала к вращающемуся упору в процессе его линейного перемещения и поворота при отслеживании контура. Кинематическая связь транспортирующего (верхнего) и следящего ролика с обоймой шариковых стержней, осуществляемая через подпружиненный двуплечий рычаг, позволяет обеспечить требуемые параметры автоматического прижима стержней к лекалу, когда оно начинает перемещаться системой роликов. Сферическое исполнение верхнего следящего ролика упрощает конструкцию устройства, так как от-

падает необходимость его поворота синхронно с нижним следящим роликом при отслеживании контура лекала. Так как лекало перемещается автоматически с заданной точностью, рабочее место не загрязняется, контрольная линия получается четкой и ясно видимой. Все эти признаки повышают качество нанесения контрольной линии и позволяют значительно улучшить условия труда.

Список использованных источников

1. ГОСТ 4103-82. Изделия швейные. Методы контроля качества.-М.: Из-во стандартов,1982.-11с.
2. Сафронова И.В., Технические методы и средства измерений в швейной промышленности. М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983г.- 232с.
3. Галынкер И.И. Исследование и разработка технологических процессов подготовки и настилая ткани: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. - Л.: ЛИТЛП. - 1973. - 50с.
4. Парыгина М.М. Основные направления рационального использования материалов //Шв. пром-сть. - 1988. - № 4. - С.10-12.
5. Веретено В.А. Разработка и исследование технических средств для подготовительных операций при производстве одежды: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГУДТ. – 2001. – 23с.
6. Краснощеков П.С., Морозов В.В., Федоров В.С. Декомпозиция в задачах проектирования //Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика. – 1979. – № 2. – С. 7...17.
7. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.
8. Железняков А.С., Меликов Е.Х. Подготовка материалов к раскрою: проблемы и направления совершенствования // Шв. пром- сть. - 1999. - № 4. - С. 32-34.
9. Железняков А.С. и др. Автоматизированная промерочно-браковочная машина //Шв. пром-сть. - 1991. - № 5. - С. 19-20.
10. Железняков А.С., Чанышев А.И. О натяжении полотна при размотке рулона. Сообщение 1 //Изв. высш. учеб. заведений / ТТП. - 1997. - № 4. - С. 84 - 89.
11. Железняков А.С., Чанышев А.И. О натяжении полотна рулона при размотке рулона. Сообщение 2 //Изв. высш. учеб. заведений / ТТП. - 1997. - № 5. - С. 72-76.
12. Дементьев С.А. и др. Опыт внедрения новых видов оборудования в

швейной промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1987. - 120 с.

13. Дементьев С.А. и др. Модули гибких производственных систем и автоматизированное оборудование на швейных предприятиях. – М.: Легпромбытиздат, 1993. – 217с.

14. Некрасов Ю.Н. и др. Ориентация полотен при машинном настилении //Шв. пром-сть. – 1977. №1.- С.28-30.

15. Подругина М.И. Исследование технологического процесса равнения кромок тканей при машинном настилении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: МТИЛП, 1975. - 22с.

16. Железняков А.С. и др. Устройство для разворота сдвоенных рулонных материалов //Шв. пром-сть. - 1991.- № 3. С. 18-19.

17. А.С. 1744020 СССР, МКИ В 65 Н 47/00. Устройство для раздублирования и равнения кромки рулонных материалов /А.С. Железняков и др. - 1992, Бюл. № 24.

18. А.С. 16892721 СССР, МКИ В 65 Н 47/00. Устройство для раздублирования тканей /В.А. Александров, А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, К.А. Беличенко. - 1991, Бюл. № 41.

19. Пат. 2004487 РФ, МПК В 65 Н 47/00. Устройство для поштучной подачи рулонных материалов /В.А. Александров, А.С. Железняков. - 1993, Бюл. № 45-46.

20. Пат. 2004487 РФ, МПК В 65 Н 47/00. Устройство для раздублирования с одновременным центрированием движущейся ткани /А.С. Железняков и др. - 1993, Бюл. № 45-46.

21. Пат. 1666602 РФ, МПК Д 06 Н 1/00. Машина для промера и браковки текстильных материалов /А.С. Железняков и др. - 1991, Бюл. № 28.

22. Пат. 2192380 РФ Устройство для раздублирования сдвоенных материалов /В.А. Веретено, А.С. Железняков, В.В. Сторожев. - 2002. Бюл 31.

23. Галынкер И.И. Подготовка и настиление тканей. М.: Легкая индустрия, 1969.- 348с.

24. Пат. 2120400 РФ, МПК В 65 Н 23/04, 77/00. Способ регулировки плотности намотки рулонных материалов / А. С. Железняков, Ю.В. Елтышев, А.И. Ча-

нышев. - 1998, Бюл. - № 29.

25. Пат. 2136572 РФ, МПК В65Н 18/20. Устройство для намотки длинномерных материалов на оправку /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. – 1999, Бюл. № 25.

26. Пат. РФ 22207322 МПК В65Н 18/25. Устройство для намотки материалов в рулон /А.С. Железняков, Елтышева В.А. – 2001, Бюл.№22.

27. Пат. 2099271 РФ, МПК В 65 Н 18/20. Устройство для намотки материала в рулон /В.А. Александров, А. С. Железняков. - 1997, Бюл. № 35.

28. Пат. 2116235 РФ, МПК В 65 Н 18/20, G 1/00, D 06 Н 1/00. Устройство для намотки материала в рулон /А.С. Железняков и др. - 1998, Бюл. № 21.

29. Пат. РФ 2192379 МПК В 65 Н 18/20 Намоточное устройство /В.А.Веретено, А.С.Железняков, В.В. Сторожев. - 2002, Бюл№ 31

30. Железняков А.С., Чанышев А.И., Веретено В. А. О расчёте параметров провисания ткани с учетом несимметричности точек её подвеса //Изв. высш. учеб. заведений / ТТП – 2001 -№5 –С. 78..81.

31. Железняков А.С. Моделирование процесса намотки материалов в рулон //Изв. высш. учеб. заведений /ТТП. - 1999. - № 2. - С. 77-80.

32. Пат. РФ 2192379 МПК В 65 Н 18/20. Намоточное устройство/А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев 2004.- Бюл №16.

33. Железняков А.С., Веретено В.А. Автоматизация подготовительных процессов на швейных предприятиях. г.Новосибирск.- НИПКИПРО.-2001.-176с.

34. Железняков А.С. Основы проектирования и совершенствования процессов подготовки материалов к раскрою: Автореф. дис...д-ра техн. наук. М.: МГУДТ.-2000. –51с.

35. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М: Наука,-1965. - 352с.

36. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. - 192с.

37. Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности: Учебник для студ. высш. учеб. заведений /под ред проф. А.П. Жихарева. М.: Из-

дательский центр «Академия», 2004.-448с.

38. Сталевич А.М. Автореф. дис..докт. техн. наук.–Л.: ЛИТЛП,- 1973.- 61с.

39. Милашюс В. Исследование текстильных материалов при постоянной деформации. //Изв. вузов, ТЛП. №4.- 1974-с.36...39.

40. Клименко А.Я., Герасимова А.Н., Павлов В.И. Исследование релаксационных свойств тканей некоторых структур. //Изв. вузов, ТЛП. №5.- 1977-с.51...55.

41. Карпачёв П.С. и др. Машины и аппараты производства ИК и плёночных материалов. - М.: Лёгкая индустрия, 1964. - 607с.

42. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. М: Высшая школа, 1976.-277с.

43. Бронштейн И. И., Семендяев К. А. Справочник по математике. - М.: Наука, 1986. - 544с.

44. Железняков А.С., Старкова Г.П., Веретено В.А. Процессы и технические средства подготовки материалов к раскрою в производстве одежды. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 146 с.

45. Бондарев А.А. Разработка методов прогнозирования изменений размеров ткани при производстве одежды. Авт. канд. дис.,.-М.: МТИЛП,-1987.-22с.

46. Никитин А.А. и др. Исследование свойств пакетов обувных материалов при многоосном растяжении. //Кожевенно-обувная про-сть. №5, 2003.-С.38...40.

47. А.С. №211865, СССР кл. МПК G 01n. Прибор для определения релаксации усилия в текстильных материалах /Сталевич А.М., Тиранов В.Г.-1968. -Бюл. №8.

48. А.С. №1366945, СССР кл. МПК G 01n. Устройство для испытания швейных материалов при влажно-тепловой обработке /Бузов Б.А., Бондарев А.А.- Бюл.№ 2. –1988.

49. Макарова Н.А. Разработка и исследование нетканых полотен с антимикробными свойствами для изделий медицинского назначения. Авт. канд. дис.,.-М.: МГУДТ.-2005.-27с.

50. Беличенко К.К., Мишаков В.Ю., Железняков А.С. Экспериментальное исследование НДС мягких композитов посредством механических колебаний //Материаловедение.-№10.- 2004. С.19-22.

51. Железняков А.С., Мишаков В.Ю., Кудряшов О.И. К вопросу исследований НДС мягких композитов посредством колебаний. //Изв. вузов. – ТТП – № 2 – 2004. – С. 85...91.
52. Пат. РФ №2265214. Способ измерения релаксации напряжения мягких композитов /Железняков А.С., Беличенко К.К., Мишаков В.Ю. Бюл.№32.-2005.
53. Пат. РФ №2266540. Устройство для исследования деформационно-релаксационных параметров легкодеформируемых материалов/Железняков А.С. Старкова Г.П., Сулова М.Б., Семянников А.Г. -Бюл. 34.-2005.
54. Сулова М.Б., Шеромова И.А., Железняков А.С. Прибор для исследования деформационно-релаксационных свойств текстильных материалов //Сб. статей Межд. научно-технической конференции "Новое в технике и технологии текст. и лёгкой пр-сти. ВГТУ.- Витебск. - 2005.-с.57-59.
55. Полянин А.Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики. М.: Изд-во физико-математической литературы, 2001.- 566с.
56. Крылов А.Н. Собрание трудов: III Математика, ч.2.М. изд. АН СССР, 1949.-482с.
57. Смирнов В.И. Курс высшей математики. т.2 – М.: Наука, 1974. - 656с.
58. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. М.: Наука.- 1975.-287с.
59. Мигальцо И.И. и др. Термические процессы в швейной промышленности.- К.:Техника; Будапешт: Muszaki, 1987.-213с.
60. Жихарев А.П. Практикум по материаловедению в производстве изделий лёгкой промышленности/А.П. Жихарев, Б.А.Краснов, Д.Г. Петропавловский; под ред А.П. Жихарева. –М.: Издательский центр «Академия», 2004.- 464с.
61. ГОСТ 26289-84. Полотна трикотажные бельёвого назначения. М.: Стандарты, 1984.-2с.
62. Старкова Г.П., Железняков А.С. Об измерении напряжённо-деформированного состояния материалов методом стробоскопии. //Изв. вузов,ТТП.- №2.-2004.
63. Пат. РФ, №2232390 Способ измерения напряжённо-деформированного

состояния движущихся текстильных материалов /А.С Железняков, Ю.В. Елтышев -Бюл №19.-2004.

64. Пат. РФ №2231018 Устройство для измерения длины легкодеформируемых длинномерных материалов/А.С. Железняков, Г.П. Старкова. -Бюл №17. - 2004.

65. Пат. РФ №2281017. Измеритель ширины движущихся длинномерных легкодеформируемых материалов /А.С. Железняков, Г.П. Старкова, М.Б.Суслова.

66. Александров В.А., Железняков А.С., Суслова М.Б. Об измерении НДС движущихся легкодеформируемых материалов /М-лы научно-практической конференции, Томск. 2005.- С.175.

67. Железняков А.С., Веретено В.А. Автоматизация подготовительных процессов на швейных предприятиях. Новосибирск:- НИПКиПРО.-2001.-176с.

68. А.С. 1557449 СССР, МКИ G 01 В 7/02, Д 06 Н 3/00. Устройство для измерения длины листовых материалов /А.С. Железняков и др. – 1990, Бюл. № 14.

69. Железняков А.С. и др. О повышении точности измерения длины куска ткани. Сообщение 1 //Шв. пром-сть. - 1990. - № 6. - С. 13-15.

70. А.С. 1602906 СССР, МКИ D 06 Н 1/00. Устройство для измерения длины рулонных материалов /А.С. Железняков и др. - 1990, Бюл. № 40.

71. А.С. 1675448 СССР, МКИ D 06 Н 1/00. Устройство для измерения длины рулонных материалов /А.С. Железняков и др. - 1991, Бюл. № 33.

72. А.С. 1747370 СССР, МКИ В 65 Н 61/00. Устройство для измерения длины рулонных материалов /А.С. Железняков и др. - 1992, Бюл. № 26.

73. А.С. 1760311 СССР, МКИ G 01 В 7/04. Устройство для измерения длины текстильных материалов / А.С. Железняков и др. – 1992, Бюл. № 33.

74. Пат. РФ№ 2012700.Устройство для отрезания материалов заданной длины /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, А.Ч. Упхонов- Бюл. № 9.- 1994.

75. Пат. 2086911 РФ, МПК G 01 В 7/04. Устройство для измерения длины материала в рулоне /А.С. Железняков и др. - 1997, Бюл. № 22.

76. Пат. 2068542 РФ, МПК G 01 В 7/04. Устройство для измерения длины и координат пороков рулонных материалов / А.С. Железняков и др. Бюл. № 30–

1996.

77. Пат. 2087853 РФ, МПК G 01 В 7/04. Устройство для измерения длины движущегося материала /А. С. Железняков. - 1997, Бюл. № 23.

78. Пат. 2126134 РФ, МПК G 01 В 7/04, D 06 Н 1/00. Устройство для измерения длины материала с коррекцией погрешности от перекоса линии движения /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. – 1999, Бюл. № 4.

79. Пат. РФ, №2174212. Способ измерения длины движущегося длинномерного материала и устройство для его реализации /А.С. Железняков.-2001, Бюл.№27

80. Пат. 2081955 РФ, МПК D 06 Н 7/02. Устройство для отрезания ленточных материалов заданной длины /А.С. Железняков и др. – 1997, Бюл. № 17.

81. Пат. 2123077 РФ, МПК D 06 Н 7/02, В 65 Н 21/00, 37/04. Устройство для измерения и нарезания ленточных материалов на мерные отрезки /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. – 1998, Бюл. № 34.

82. Пат. 2012700 РФ, МПК D 06 Н 7/02. Устройство для отрезания материалов заданной длины /А.С. Железняков и др. – 1994, Бюл. № 9.

83. Пат. 2060221 РФ, МПК В 65 Н 45/105. Устройство для формирования настилов из мерных полотен /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. –1996, Бюл. № 14.

84. Пат. 2009973 РФ, МПК В 65 Н 45/10. Устройство для накопления мерных отрезков текстильных полотен /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. – 1994, Бюл. № 6.

85. Пат. 2051079 РФ, МПК В 65 Н 19/22. Устройство для накопления полотен длинномерных материалов контролируемой длины /А.С. Железняков и др. – 1995, Бюл. № 36.

86. Пат. РФ № 2256877 РФ. Устройство для измерения длины легкодеформируемых материалов /Г.П. Старкова, В.А. Елтышева, А.С. Железняков. Бюл. №20. – 2005

87. А.С. 1666917 СССР, МКИ G 01 В 7/04, Д 06 Н 3/00. Устройство для измерения ширины движущегося материала /А.С. Железняков – 1991, Бюл. № 28.

88. А.С. 1776979 СССР, МКИ G 01 В 7/02. Устройство для измерения ши-

рины движущихся текстильных материалов /А.С. Железняков и др.–1992, Бюл. № 43.

89. Железняков А.С. и др. Повышение информативности при измерении ширины куска ткани //Шв. пром-сть. – 1991, № – С. 18-19.

90. Град И.Н., Авсеев Е.Г., Петроченко В.Ф. Организация рационального использования материалов в швейной промышленности. -Легпромбытиздат, 1986.- С.167.

91. Пат. 2068541 РФ, МПК G 01 B 7/04. Устройство для измерения координат и размеров пороков рулонных материалов /А.С. Железняков и др. – 1996.- Бюл. № 30.

92. Пат. РФ. №2235291 Устройство для определения координат пороков материала/А.С. Железняков, Н.М. Елтышева. Бюл №24.-2004.

93. Пат. РФ №2191152. Размоточное устройство /Веретено В.А., Железняков А.С., Сторожев В.В.- Бюл. №29.-2002.

94. Пат. РФ №2241653 Размоточное устройство /А.С. Железняков, Г. П. Старкова, В.А. Веретено.- Бюл. №34.-2004.

95. Пат. РФ на заявку №2005114632/12 (положительное решение о выдаче) Размоточное устройство /Ю.А. Афиногенов, А.С. Железняков.

96. Пат. РФ. №2240272 Устройство для намотки длинномерных материалов на оправку /Ю.А. Афиногенов, А.С. Железняков, Н.М. Фролова. -Бюл №32.-2004.

97. Пат. РФ №2263063 – Намоточное устройство для легкодеформируемых материалов /В.А. Александров, А.С. Железняков, Г.П. Старкова. -Бюл. № 30. – 2005.

98. Железняков А.С. и др. Устройство для разворота сдвоенных рулонных материалов //Шв. пром-сть. – 1991.– № 3. С. 18-19.

99. Пат. 2137699 РФ МПК В 65 Н 45/12, А 41 N 43/02. Устройство для выравнивания материала по кромке /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, В.Т. Степанов.- Бюл. № 26– 1999.

100. Пат. 2078732 РФ, МПК В 65 Н 23/02. Устройство для выравнивания кромки рулонного материала / А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев. – 1997, Бюл. № 13.

101. Александров В.А., Железняков А.С. Автоматизация вспомогательных операций в ПРП швейных предприятий. Сообщение 1, 2, 3 //Шв. пром-сть. – 1999.– № 2. - С.26.,. № 3 - С.27, № 4. – С.35.

102. Железняков А.С. и др. Автоматизированная система регистрации внешних пороков и формирования массива отрезков куска ткани //Шв. пром-сть. – 1991. – № 3 – С.15-17.

103. Железняков А.С., Елтышев Ю.В. Разработка системы автоматизированного управления подготовительным производством швейного предприятия. Сообщение 3, 4, 5 //Шв. пром-сть. – 1992. – № 5. – С.18-20, № 6. – С.22-23, 1993. – № 2. – С.14-16.

104. Пат. №2012700. Устройство для отрезания материала заданной длины. /А.С. Железняков, Ю.В.Елтышев, А.Ч. Упхонов- Бюл. № 19.- 1994.

105. Пат. РФ № 2012700. Устройство для накопления полотен длинномерных материалов контролируемой длины /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, М.Ю. Медведев- Бюл. № 36.- 1995.

106. Пат. РФ №2062826. Машина для отрезания полотен заданной длины /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев- Бюл. № 18.- 1996.

107. Пат. РФ №2060221. Устройство для формирования настилов из мерных полотен /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев- Бюл. № 14.- 1996.

108. Пат. РФ №2009973. Устройство для накопления мерных отрезков текстильных полотен /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев- Бюл. № 6.- 1994.

109. Пат. РФ №2098532. Устройство для промера и разбраковки длинномерных полотен /А.С. Железняков, В.А Елтышева.- Бюл. № 34.- 1997.

110. Пат. РФ, №2031827 Устройство для фиксирования плоских текстильных деталей на закройном столе /Ю.В.Елтышев, А.С. Железняков. –Бюл. №9. -1995.

111. Пат. РФ №2137699. Устройство для фиксирования плоских текстильных деталей на закройном столе /А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, В.Т. Степанов- Бюл. № 26.- 1999.

112. Пат. РФ №2011546. Устройство для нанесения контрольных линий на лекала /В.А. Александров, А.С. Железняков, Ю.В. Елтышев, В.Т., Е.О. Востроти-

на- Бюл. № 8.- 1994.

113. Железняков А.С., Елтышева В.А., Семянников А.Г. Отчёт по НИР. Разработка теоретических основ проектирования подготовительных процессов в производстве одежды /ВНТИЦ, №г.р. 1.200304393. Инв. № 02.20.0.500949. -1995.- 82с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОДЕЖДЫ.....	5
1.1. Исследование операций системы ПМкПШИ и приоритетность за- дач её совершенствования.....	6
1.2. Моделирование деформационно-релаксационных процессов легкоде- формируемых материалов.....	16
1.3. Исследование НДС волокнистых легкодеформируемых материалов методом конечных элементов.....	27
2. НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НДС ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	37
2.1. Теоретические и экспериментальные исследования релаксации напряжения волокнисто-содержащих материалов методом колеба- ний.....	37
2.2. Оптоэлектронный метод исследования деформационно- релаксационных процессов легкодеформируемых материалов	66
2.3. Методика и результаты исследований НДС движущегося материала посредством стробоскопического эффекта.....	72
2.4. Методы исследования НДС, основанные на использовании иных фи- зических эффектов.....	87
3. НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И ВСПОМО- ГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ШВЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	99
3.1. Технические средства для измерения линейных параметров движу- щихся материалов и определения координат пороков.....	99
3.2. Технические средства для размотки и намотки материалов в ру- лон.....	125
3.3. Технические средства для обеспечения вспомогательных операций ПМкПШИ.....	144 193
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	

