

## ГЛАВА 3 НОВЫЕ МЕТОДЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

Результаты практики и ранее проведенные исследований [51] показывают, что технологически на всех этапных переходах производства, в частности, при подготовке материалов к раскрою, деформация и релаксация деформаций (усадка) не должна превышать значений некоторого допустимого значения, что технически в рамках требуемой точности трудно определяемо и достижимо. При этом решение этой задачи посредством различных технических средств или технологических приёмов, в частности, декатировки, формирование компенсационной петли на тракте движения материала при выполнении операций подготовительно-раскройного комплекса (ПРК) [105...110,113,114], по-прежнему является необходимым, но не достаточным условием.

Например, при движении ткани по траектории цепной линии [12,110] определённой длины, как это зачастую используется в технологическом оборудовании, происходит релаксация упругой и частично высокоэластической составляющей деформации. Однако при прочих равных условиях это практически не происходит с пластической составляющей, которая при определённых значениях нагружения имеет место быть.

Разнообразие волокнистого состава трикотажных полотен для производства швейных изделий обусловлено широким применением различных нитей, современных технологий и оборудования. Особую группу этих материалов составляют трикотажные полотна с добавлением в волокнистую систему полиуретановых (эластановых) волокон типа спандекса, лайкры и др. Отличительными свойствами таких полотен являются дополнительная их растяжимость и несоизмеримо высокая по сравнению с ранее известными материалами условно упругая деформация.

Одной из проблем использования тканей и трикотажа с полиуретановыми волокнами для производства верхней одежды и бельёвого ассортимента является их потенциальная возможность значительно изменять свои линейные размеры при механическом взаимодействии с рабочими органами технологического

оборудования и в условиях реальной эксплуатации, что зачастую ведёт к искажению проектных параметров деталей кроя и готовых изделий.

Возникающие размерные несоответствия закладываются уже на базе операций выполнения ПРК, а также ряда отделочных операций, например, при выполнении процессов окончательной влажно-тепловой обработки (ВТО), что наиболее рельефно выявляется в послепроизводственный период жизненного цикла продукции (ЖЦП), в частности, в период эксплуатации изделий (стирке, химчистке, глажении и т.д.). В контексте этих вопросов далеко не последнее место в обеспечении качества технологии изготовления изделий занимает задача оценки усадочных свойств материалов.

### **3.1 Экспериментальный стенд и методика исследования усадки трикотажных полотен с использованием компьютерных технологий**

Одним из важнейших факторов назначения припусков при конструировании кроеных швейных изделий, обеспечения соответствия размерных параметров деталей кроя из трикотажных полотен нормативным требованиям, а в итоге целому ряду показателей качества продукции, являются, конечно, деформационно-релаксационные свойства волокнистых систем и, в частности, трикотажных полотен.

Несмотря на значительный научный интерес и практическую важность методов определения усадки легкодеформируемых материалов [12,13,111,112,117] общим их недостатком следует считать или низкую точность оценки, или сложность использования в производственных условиях по критерию финансово-экономического порядка конкретного предприятия. Предлагаемые решения, как правило, нельзя отнести к классу экспресс-методов, что снижает требования технологической адаптивности и общей эффективности рекомендуемых методик.

Для сопоставления и возможностей корректного использования механических аналогов для моделирования процесса усадки и определения степени влияния термомеханических факторов на его продолжительность на кафедре машины и аппараты лёгкой промышленности Новосибирского технологическо-

го института (НТИ) совместно с преподавателями и сотрудниками ВГУЭС были разработаны программа экспериментальных исследований и создан необходимый экспериментальный стенд [97], схема которого представлена на рисунке 3.1.

Экспериментальный стенд содержит термокамеру 1 с внутренним теплоизоляционным покрытием и нагревательными элементами, подвижно-съемную кассету 2, представляющую собой каркас с перфорированной и покрытой тефлоном пластиной 3, часть которой с неподвижным зажимом для одного среза испытуемого образца, расположена непосредственно внутри тепловой камеры 1, а вторая часть находится вне её.

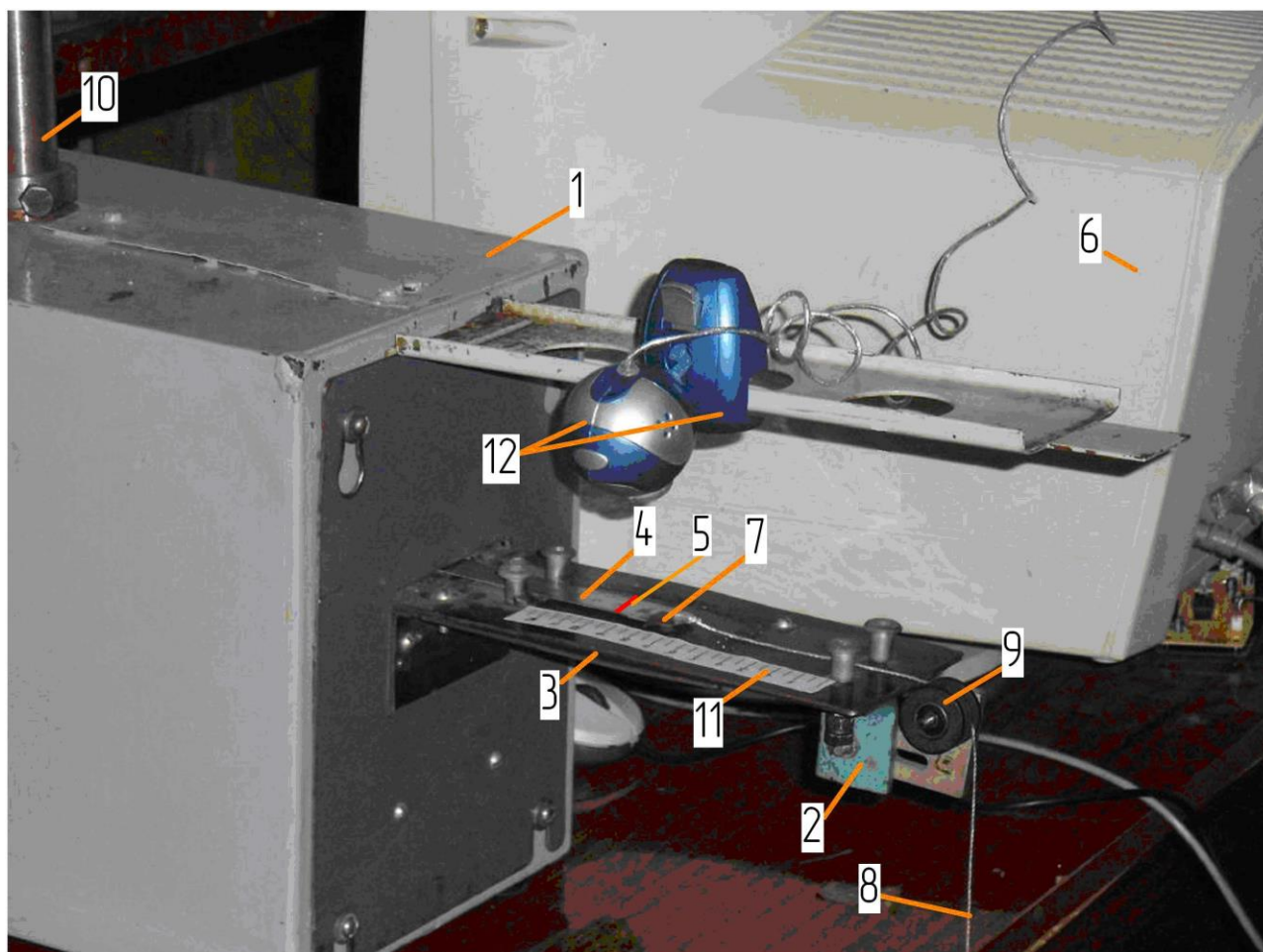


Рис. 3.1 -Элементный состав экспериментального стенда для исследования НДС легкодеформируемых материалов при  $\varepsilon \neq const$ .

Специальный монтажный элемент 4 с нанесённой на ней контрольной меткой 5 в деформационно-релаксационном процессе (ДРП) имеет возможность скользить по поверхности специального тефлонового покрытия. Регули-

руемая по расходу система подачи рабочей среды представляет собой обойму с конденсатоотводчиком и возможностью изменения её положения в пространстве термокамеры 1 относительно испытуемого образца материала.

В состав экспериментального стенда также входят система измерения ДРП, которая выполнена оптоэлектронной в виде web- камеры 12, которая скоммутирована через блок сопряжения с системным блоком персонального компьютера 6. Механизм нагружения и разгрузки испытуемого материала состоят из подвижного зажима 7, тросика 8, перекинутого через блочок 9 и переменного груза (на рис. 3.1 не показан).

Методика исследования и оценки ДРП состояла в том, что образцы текстильных и трикотажных материалов выбирались как с деформационной предысторией (т.е. без предварительной декатировки), так и с предварительным снятием деформации известными методами [33,34,97].

Перед исследованием испытуемые образцы укладывались на перфорированную, покрытую тефлоном, пластину и одним срезом фиксировались посредством зажима 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 паровоздушной среды (ПВС) в области расположения образца. Затем подвижно-съёмная кассета 2 с образцом загружалась в термокамеру и фиксировалась в заданном положении.

Так как при выполнении большинства технологических операций ПРК (разбраковка, промер, настивание, раскрой полотен) материал деформируется в условиях окружающей среды производственного цеха под действием различных по величине и продолжительности растягивающих усилий, то проводился 2-х этапный комплекс экспериментальных исследований.

Первый этап исследований был связан с необходимостью оценки деформационных свойств различных легкодеформируемых волокнистых материалов (ЛДВМ) при нормальной температуре  $\Theta^0 = 20^{\circ}\text{C}$  и влажности  $W=65\%$ .

При этом выполнялись экспериментальные исследования по определению влияния растягивающих технологических усилий, прикладываемых к образцам трикотажных полотен, на деформационные показатели и продолжительность выдержки материала в нагруженном состоянии до видимого завершения процесса деформации, рассматриваемого в диапазоне чувствительности измерительных элементов схемы и технологических ограничений.

Как следует из анализа условий производства и ранее проведенных исследований [12], величина растягивающих усилий на операциях подготовительно-раскройного комплекса, как правило, не превышает 1Н/см [16]. При этом продолжительность действия нагружения без его количественного изменения на образцы материалов в деформированном состоянии варьировалось в значительном временном интервале.

Таким образом, организационные и технические условия исследований процесса усадки определяли необходимые технологические режимы постановки экспериментов.

Характерные фрагменты результатов исследований, в частности, графики процесса деформации и релаксации деформации трикотажа (волокнистый состав-100% полиэстер) с предварительной декатировкой, т.е.  $\varepsilon_0 = 0\%$ , и ткани с эластаном без предварительной декатировки, т.е.  $\varepsilon_0 \neq 0\%$  представлены в работе [12].

Анализ экспериментальных данных показывает, что кинетика процесса усадки материалов с деформационной предысторией и без её предварительной декатировки аналогичны по своему виду, но значительно отличаются потенциальными значениями остаточных деформаций в фиксированный промежуток времени и стабильных параметрах ПВС в тепловой камере.

Полученные результаты в полной мере могут являться исходной информационной базой для проектирования и оценки усадочных процессов, создания и эксплуатации декатировочного оборудования.

Принимая во внимание то обстоятельство, что материалы, поступающие в технологическое производство, как правило, имеющие деформационную предысторию ( $\varepsilon_0 \neq 0$ ) [30,64,104], дополнительно нагружаются при взаимодействии с рабочими органами исполнительных устройств. В этих условиях возникают проблемы обеспечения полной релаксации напряжения и деформации или её учёта при измерении линейных параметров, а также при проектировании деталей кроя и корректном назначении необходимых припусков на детали конструктивно-технологических блоков (КТБ) изделий.

Важнейшей и отличающейся особой сложностью оценки НДС кроеных швейных изделий из легкодеформируемых полотен является их окончательной влажно-тепловая обработка. При углублённой проработке обозначенного вопроса и выполнения расширенной программы исследований НДС волокнистых систем во ВГУЭС совместно с кафедрой машины и аппараты лёгкой промышленности НТИ разработан и апробирован достаточно простой в технологическом отношении метод и экспериментальный стенд (рис. 3.2) для исследования релаксации усилия (напряжения) в материалах при фиксированной деформации. Метод и работа стенда основаны на базе использования электромеханического привода [99].

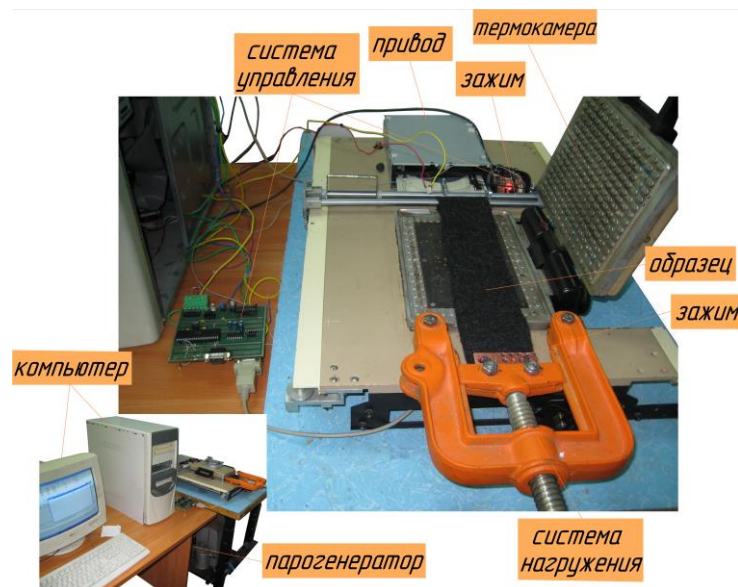


Рис. 3.2- Элементный состав экспериментального стенда для исследования НДС легкодеформируемых материалов при  $\varepsilon = const$ .

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.

Как показывает анализ полученных аналитических зависимостей (2.11) и результаты экспериментальных исследований (табл. 3.1) при  $t \rightarrow \infty \sigma_{\infty} \neq 0$  имеет место быть составляющая нерелаксируемого напряжения и деформации, что предположительно относится к пластической составляющей. Тем самым можно утверждать, что трёхпараметрическая модель Кельвина-Фойгта-Лидермана [34], построенная как бы для идеальных условий деформирования и релаксации напряжения в области вязкоупругих значений, с некоторым приближением может быть принята в качестве базовой модели кинетики процесса релаксации напряжения (усилия) при фиксированной деформации.

Таблица 3.1 Фрагмент результатов экспериментальных исследований

Вид волокнистой системы	Волокнистый состав	Поверхностная плотность, $г/м^2$	Размеры образца,		Проектная деформация	Температура ПВС, $^{\circ}C$	Количество опытов в каждой группе
			$l \times b$ , м	$h$ , мкм			
Полотно трикотажное	шерсть 70% полиакрил 20% полиэстр 10%	350	0,5 × 0,05	490	7%	20 80 120	3
Ткань подкладочная	полиэфир 100%	95		220	20%	20 80 120	
Ткань плательная	полиэстр 100%	205		354	10%	20 80 120	
Ткань костюмная	шерсть 57% ацетат 43%	230		370	10%	20 80 120	

Таким образом, теоретическая модель (см. главу 2) и экспериментальная характеристики релаксации напряжения при фиксированной деформации (таблица 3.1, фрагмент) для конкретных образцов волокнистых систем и технологических режимов позволяют утверждать о возможности использования механических моделей для исследования и проектирования кинетики процесса влажно-тепловой обработки (ВТО) в производстве кроеных швейных изделий.

### **3.2 Компьютерная технология определения коэффициента сужения трикотажных полотен при одноосной деформации**

В технологическом производстве швейных изделий, особенно из трикотажных полотен, при решении задач с использованием информационной поддержки жизненного цикла изделий (ИПИ-технологий) существует потребность в значительно большей информационной обеспеченности процессов на всех этапах ЖЦП.

Измерение поперечных деформаций нагруженного образца трикотажного полотна вообще, а при двухосной деформации в частности, осложняется тем, что из-за отсутствия экспресс-метода или базы данных на электронных носителях информации иногда на стадии конструкторско-технологической подготовки производства кроеных швейных изделий, не представляется возможным выполнить из-за возникновения краевого эффекта. Суть такого явления заключается в образовании кольцеобразной кромки по срезам в свободном состоянии или при одноосной деформации. В связи с этим возникает необходимость разработки экспресс-метода измерения, позволяющего учесть возникающий краевой эффект и определять величину поперечного сужения полотна при нагружении современным экспериментальным путем с использованием компьютерных технологий.

Кроме того, эксплуатация готовых швейных изделий и особенно из трикотажных полотен, когда для проектирования используются исходные данные, полученные практикуемыми ныне методами, показывает, что в готовых изделиях происходит искажение формы основных конструктивных линий на опорных участках. Это возможно связано с тем, что при одноосном нагружении об-



разцы материалов дают значительную величину растяжения вдоль и поперечное сужение, что отражает реальные условия эксплуатации изделий. В действительности при эксплуатации изделий происходит не одноосная, а важная для эксплуатации изделий двухосная деформация материала, так как изделие фиксируется по основным конструктивным элементам её поверхности.

Анализ характера деформирования материала при надевании плотно облегающего изделия показывает, что в одежде для достижения размерного соответствия фиксируется положение двух противоположных линий (срезов), а именно линии плечевых срезов и линии низа изделия, а реальное растяжение под действием прикладываемой внешней силы происходит в основном в поперечном направлении. Растяжение же в продольном направлении связано лишь с невозможностью или затруднительностью сокращения линейных размеров материала вдоль детали. Поэтому оценку поперечной деформации деталей швейных изделий из трикотажного полотна при проектировании конструкции и назначении припусков необходимо отнести к разряду одной из важнейших.

К настоящему времени известен ряд приборов для измерения продольной и поперечной деформации текстильных материалов. Например, имеется устройство для измерения поперечной деформации высокоэластичных материалов [65], которое содержит датчик измерения, регистрирующий блок, оптическую систему и предметную рамку, выполненную из двух частей. Одна часть неподвижно связана с оптической системой, а другая установлена с возможностью поворота относительно первой. В предметной рамке выполнены прорезы для прохождения излучения и в ее центральной части расположена игла, предназначенная для фиксации материала, а чувствительный элемент выполнен в виде фотодатчика, установленного на поворотной части предметной рамки.

В рамках программы исследований на кафедре машины и аппараты лёгкой промышленности НТИ разработан экспресс-метод определения характеристик деформационных свойств трикотажных полотен с использованием компьютерных технологий.

Для решения технологической задачи оценки деформационных свойств волокнистых систем в рамках поиска экспресс-метода разработан экспериментальный образец прибора на базе принципиально новой структурно-кинематической схемы устройства, которая представлена на рисунке 3.3.

Система измерения содержит платформу 1, монтажный стол 2 с возможностью установки и обеспечения условий строго горизонтального положения образца при деформации, на которой смонтированы зажимы образца 3 и 4 с реперными метками 5, и винтовую передачу 6.

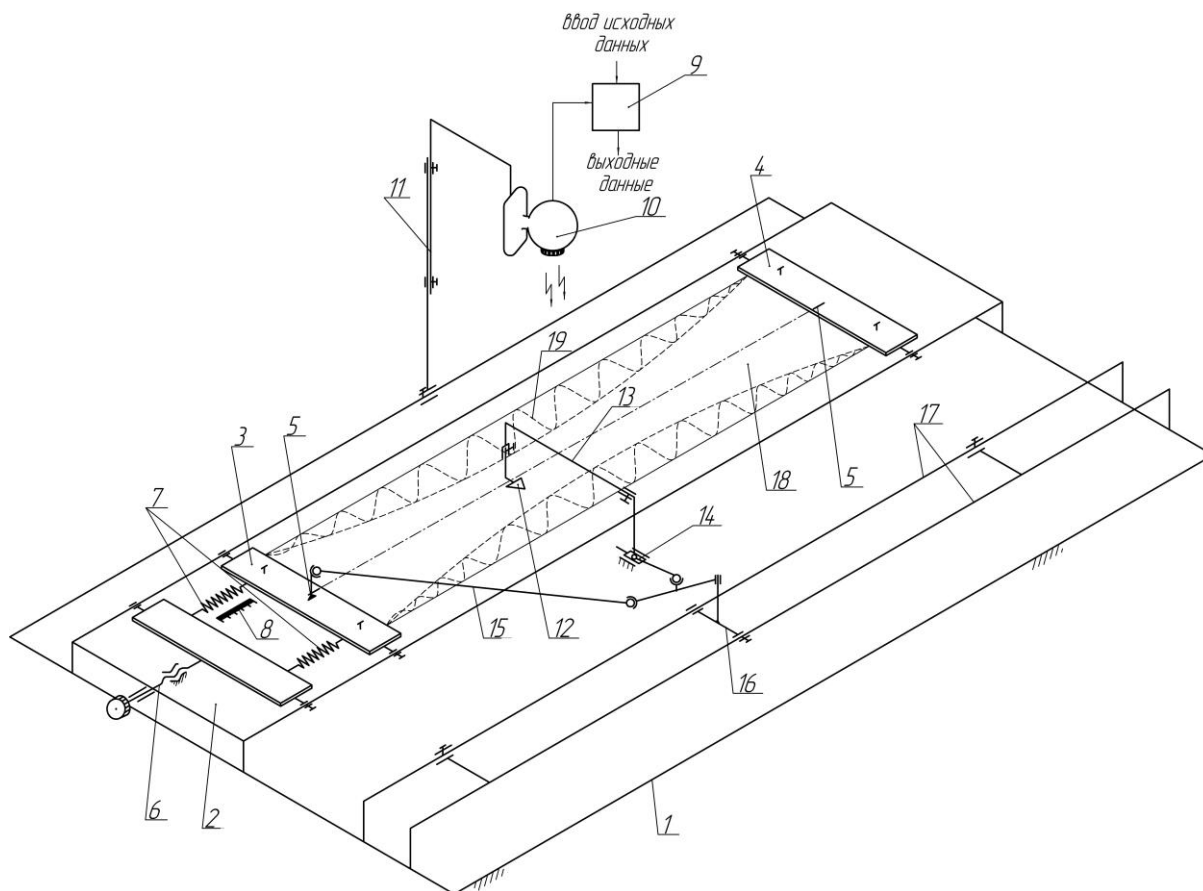


Рис. 3.3 - Схема устройства для измерения коэффициента сужения легкодеформируемых материалов при одноосном нагружении

Винтовая передача 6 через действие упругих элементов 7 обеспечивает образцу продольную деформацию посредством нагружения, задаваемое на мерной шкале 8.

В состав устройства также входит процессор 9, web-камера 10, закреплённая на стойке 11 с возможностью настройки её положения относительно поверхности монтажного стола 2, которая предназначена для оптического сканирования величины нагружения и результатов измерения продольной и попереч-

ной деформации и стрелка–расправитель 12 спиралевидной кромки, образующейся в результате приложения усилия в осевом направлении.

Стрелка - расправитель 12 спиралевидной кромки образца смонтирована на ползушке 14 пятизвенного рычажного механизма 15. Кроме того, устройство содержит каретку 16, установленную на направляющих салазках 17 боковины платформы 1, и возможностью её продольного перемещения относительно монтажного стола 2.

После ввода в процессор 9 таких данных, как вид материала, волокнистый состав, его плотность, а затем и закрепление образца 18 по условию совпадения нанесённой на нём базовой линии с реперными метками 5 зажимов (оси симметрии). База может быть смещённой параллельно осевой и условно принимаемой за линию отсчёта и осуществляется настройкой стрелки-расправителя 12 в исходное (нулевое) положение.

Для установки стрелки-расправителя 12 спиралеобразной кромки 19 в базовое положение выставляют необходимую длину рычага 13, который обеспечивает поперечное перемещение стрелки-расправителя. Продольное перемещение каретки 16 происходит по направляющим 17.

Посредством винтовой передачи 6 и зажимов 3 и 4 осуществляется нагружение образца 18 на заданную величину по мерной шкале 8 или перемещением зажима 3 на заданную величину продольной деформации.

Реперные метки 5 позволяют обеспечить позиционирование образца, а затем программно рассчитать в результате нагружения полученные двухкоординатные деформационные параметры по записи данных web-камерой 10. Зафиксировав положение стрелки–расправителя 12 относительно осевой линии, образец нагружается через упругие элементы 7 винтовой передачей 6 до заданных значений, считанная информация поступает в процессор 9, где производится расчет деформационных параметров по соответствующему алгоритму.

Для апробации измерительной системы и расчёта деформационных характеристик в рамках выполнения программы исследований на кафедре машины и аппараты лёгкой промышленности НТИ разработаны принципиально но-

вые измерительные системы и один из вариантов экспериментальной конструкции прибора представлен на рисунке 3.3.

Экспериментальный прибор позволяет решить материаловедческие задачи с использованием компьютерной технологии моделирования и выполнения физических исследований в производственных условиях.

Рассмотрим методику и технологическую последовательность работы устройства и исполнителя операций при измерении продольной и поперечной (двухосной) деформации образцов трикотажных полотен при одноосном нагружении.

В исходном состоянии перед измерениями выполняется заправка прибора образца в зажимы 3 и 4 по реперным меткам (см. рис. 3.3).

1-ый блок. В первом блоке происходит обращение к запуску программы, по которому открывается рабочее окно персонального компьютера. В рабочем окне отображаются опции настройки (главное меню), вид таблицы результатов исследования с формой записи исходных данных

2-ой блок. Во втором блоке происходит калибровка компьютерной мыши, т.е. выбор размерного коэффициента перемещения курсора на мониторе. При калибровке выполняются следующие действия: в рабочем меню панели интерфейса выбирается пункт «настройка» и затем «калибровка перемещения курсора компьютерной мыши». Далее появляется дополнительное окно со скроллингом для регулировки чувствительности мыши при помощи клавиш клавиатуры или перемещением курсора мыши. Уменьшение чувствительности мыши возможно переводом курсора мыши влево, для увеличения – вправо. Для возврата исходной чувствительности бегунок необходимо перевести курсор в крайнее правое положение. Далее по контрольному отрезку устанавливается масштабный коэффициент монитора. При закрытии окна главной панели интерфейса масштабный коэффициент автоматически вносится в блок ввода исходных данных.

3-ий блок. Вводятся в процессор в качестве исходных (начальных) данных следующие параметры: вид материала, волокнистый состав, плотность, длина и ширина образца, жесткость пружины нагружения образца.

4-ый блок. Здесь в счетчик вводится количество опытов— $m$ . Систем переходит в интерактивный режим работы и проводятся экспериментальные исследования на установке, при котором выполняется нагружение образца и определяется поперечная и продольная деформация, величин растяжения пружины.

5-ый блок. По результатам исходных и экспериментальных данных в программном режиме рассчитываются необходимые параметры по следующему алгоритму:

$$\begin{aligned}\Delta L_i &= L_i - L_0, \quad i = \overline{1, m}, \quad \Delta H_i = H_0 - 2H_i; \\ \varepsilon_L &= \Delta L_i / L_0, \quad \varepsilon_H = \Delta H_i / H_0; \\ \mu &= \varepsilon_H / \varepsilon_L, \quad K_c = \Delta H_i / \Delta L_i;\end{aligned}\tag{3.1}$$

$P = c \cdot x$ . ( $c$ - жёсткость упругого элемента).

6-ой блок. В блоке 6 происходит запись в таблицу результатов экспериментальных данных.

7-ой блок. Организуется работа счётчика  $m := m + 1$ .

8-ой блок. Логический блок проверки выполнения заданной программы эксперимента ( $m = n?$ ).

9-ый и 10-ый блоки. В этих блоках происходит формирование документа, запись информации в файл Microsoft Excel и закрытие программы.

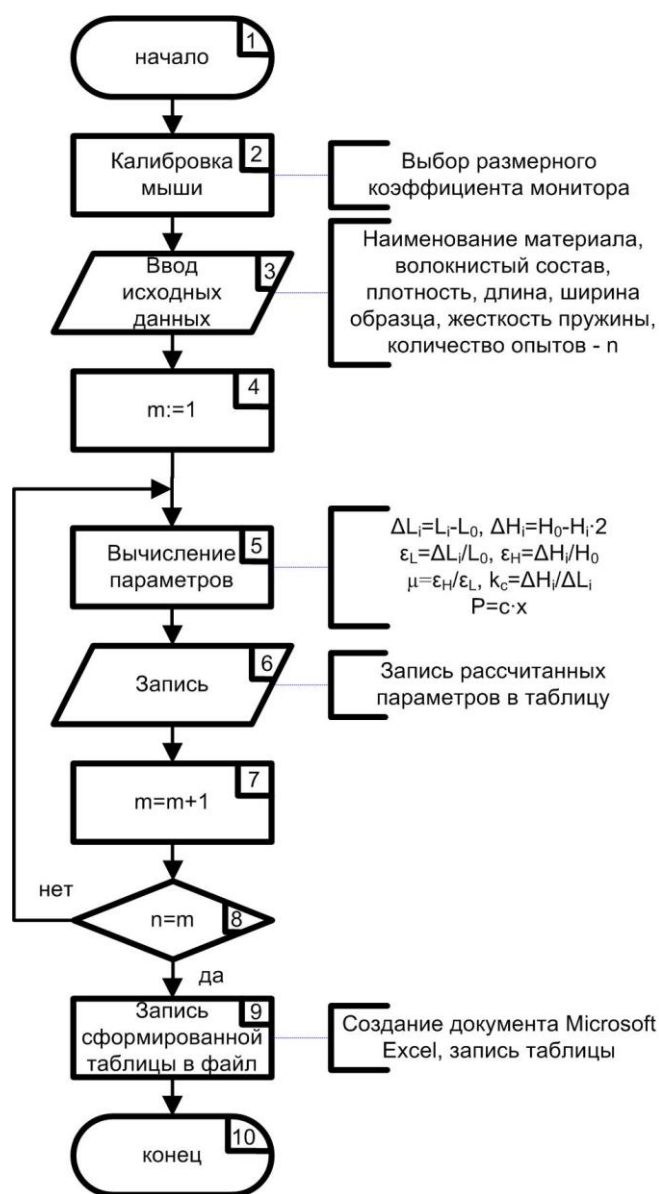


Рис. 3.4 –Блок- схема алгоритма записи и обработки экспериментальных данных

При исследованиях использовался стрип-метод испытаний. Для трикотажных полотен ширина пробы составляла 50мм, а рабочая длина образца 100мм.

Последовательно меняя нагрузку и фиксируя значения продольной ( $\Delta L$ ) и поперечной деформации ( $\Delta H$ ), определяется коэффициент сужения

$$K_c = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Фрагменты результатов экспериментальных данных для трикотажных материалов представлены в таблице 3.2. Для оценки деформационных

свойств и необходимости последующего компьютерного моделирования НДС трикотажных полотен использован такой показатель, как условный коэффициент Пуассона ( $\mu$ ), который определяют как отношение относительного

сужения пробы по ширине  $\varepsilon_H$  к относительному ее удлинению  $\varepsilon_L$ , т.е.  $\mu = \frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_L}$ .

Таблица 3.2 – Фрагмент результатов экспериментальных исследований деформационных характеристик образца трикотажного полотна при нагружении до 10Н.

Вид и волоконный состав материала	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	P, Н	$\Delta L$ , мм	$\Delta H$ , мм	$\varepsilon_L = \Delta L / L_0$	$\varepsilon_H = \Delta H / H_0$	$\mu = \varepsilon_H / \varepsilon_L$	$K = \Delta H / \Delta L$
трикотаж акрил - 90% люрекс - 10%	137	0.5	0	0	0	0	0	0	0
			2	6,60	1,84	0,066	0,037	0,561	0,279
			4	9,18	3,12	0,092	0,062	0,674	0,339
			6	11,96	4,64	0,120	0,093	0,775	0,388
			8	15,70	6,67	0,147	0,123	0,837	0,418
			10	18,90	8.44	0,189	0,169	0,894	0,447

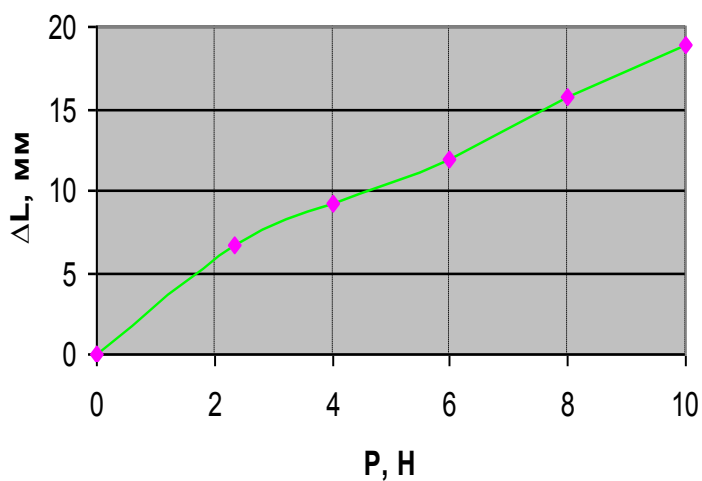


Рис. 3.5 - График продольного перемещения при одноосном нагружении

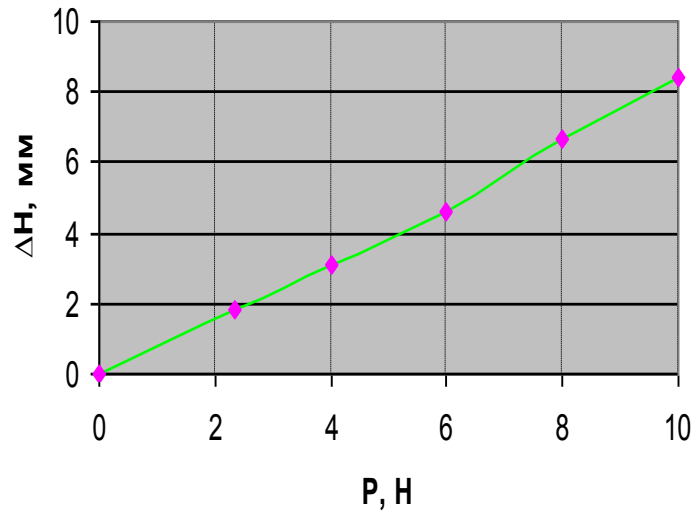


Рис 3.6 - График поперечного перемещения при одноосном нагружении

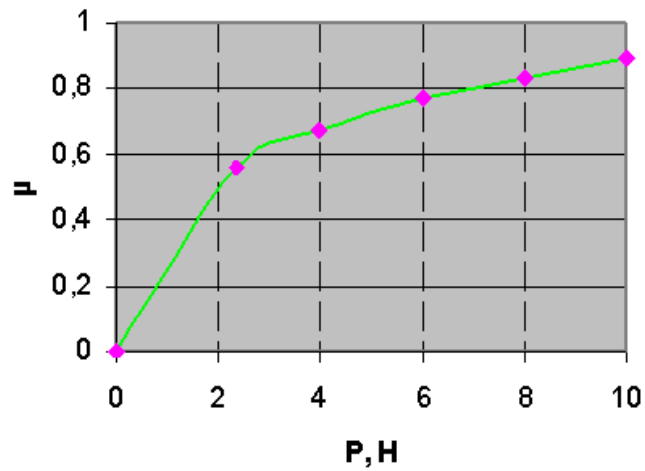


Рис 3.7 - График изменения условного коэффициента Пуассона при изменении нагружения

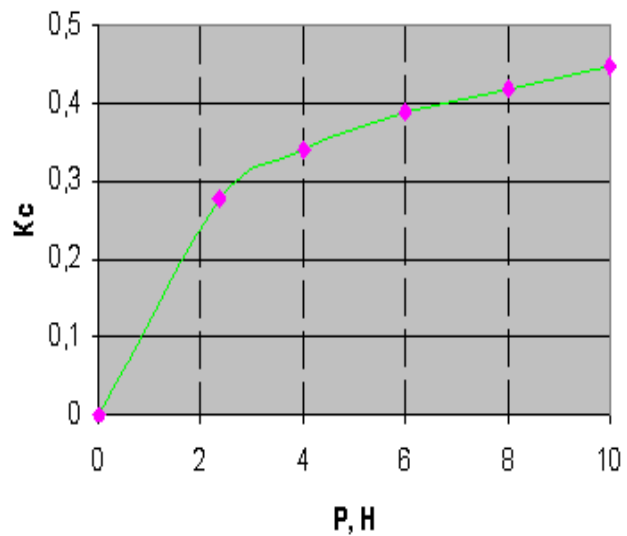


Рис 3.8 - График коэффициента сужения образца при одноосном нагружении  
Из результатов экспериментальных исследований следует:



а) коэффициенты сужения для различных материалов значительно разнятся, что подтверждает необходимость его определения для каждого вида волокнистых систем при решении задач проектирования изделий и получения требуемого качества на стадии технологического производства и последующей эксплуатации;

б) в исследуемом диапазоне нагружения у трикотажных полотен коэффициент сужения для некоторых разновидностей имеет тенденцию к изменению в зависимости от её величины;

в) метод исследований и предлагаемая компьютерная технология может быть рекомендована для экспресс-анализа деформационных свойств материалов в реальных производственных условиях.

На рисунках 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 соответственно приведено графическое отображение результатов исследований образца трикотажного полотна волокнистой системы: акрил 90%, люрекс 10%

В развитие технических средств и совершенствование апробированных методик исследований создан второй вариант, упрощённый в технологическом отношении экспериментальный стенд, для моделирования деформационных соотношений и проведения физического эксперимента в оптоэлектронном варианте (рис.3.9).

Разработанная конструктивно упрощённая для исполнения система обеспечивает условия одномоментного считывания деформации по длине и ширине образца, что позволяет в автоматическом режиме характеризовать их соотношение и абсолютные значения. В предлагаемой технологии созданы возможности закрепления опытного образца материала таким образом, что его состояние фиксируется в горизонтальной плоскости с возможностью регулирования положения и фиксации деформационного поля поверхности образца на микрометрическом уровне до тыльной поверхности фиксируемой пластины, не превышающей толщину материала.

Это обстоятельство позволяет обеспечивать стабильность и независимость положения поверхности деформационного поля трикотажного полотна

относительно горизонтальной плоскости и исключить в результате нагружения образца образование кольцеобразной кромки у боковых срезов, как краевого эффекта при его продольной деформации.

Вне зависимости от конструктивного исполнения системы измерения создана возможность одномоментного оптического считывания деформационного поля, что позволяет соответствующими аппаратными средствами оценить деформацию в продольном и поперечном направлениях и их соотношение.

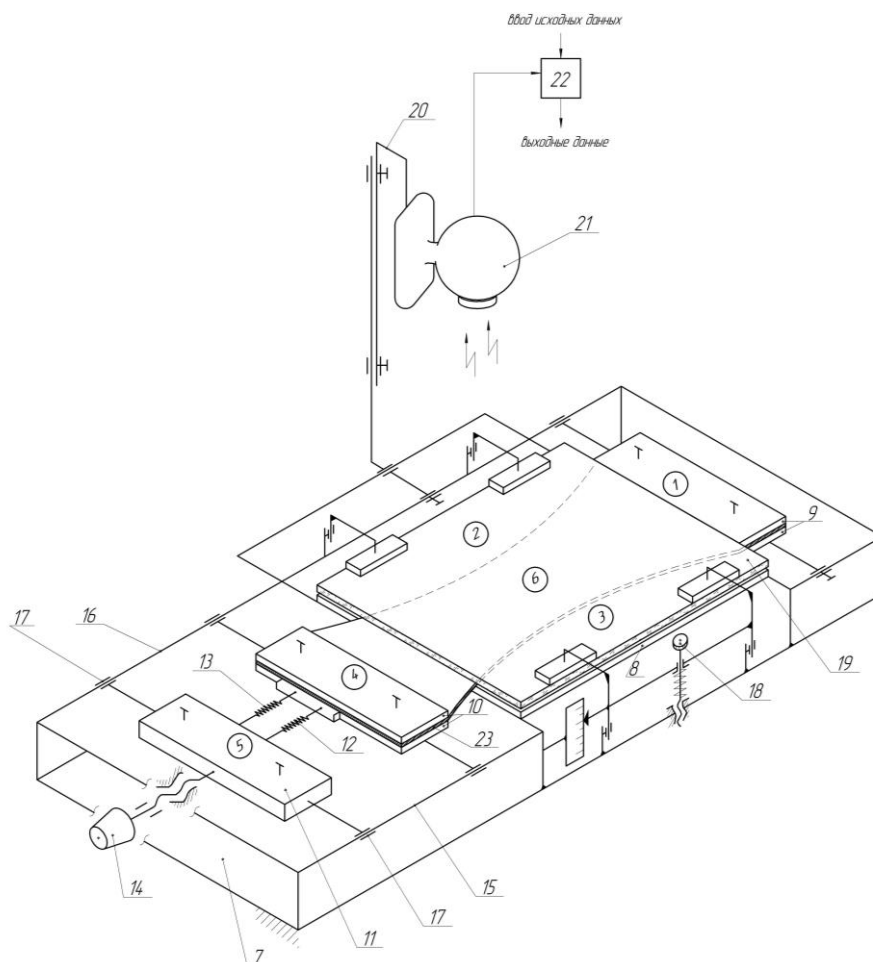


Рис.3.9 – Схема упрощённой конструкции стенда для экспериментального исследования поперечных деформаций. 1...6 – оптически активные метки, 7 – столешница, 8 – монтажный столик, 9,10 – зажимы, 11,12,13,14 – элементы нагружения; 15,16 – направляющие, 17 – опоры, 18 – микрометрические винты положения оптически активной пластины, 19, 20 – штанга установки web-камеры 21, 22 – персональный компьютер, 23 – образец материала.

Сохраняя все функции выше предложенного и апробированного технического решения с упрощением технической реализации, создан вариант экспериментального стенда (рис. 3.10), который и являлся прообразом объекта для постановки экспресс-метода с краевым эффектом образования кольцеобразной

кромки при нагружении и растяжении образца в том или ином направлении и наиболее адаптированного к условиям конкретного производства [142].

На рисунке 3.9 отображен модернизированный вариант структурно-кинематической схемы измерительного стенда, а на рисунках 3.10 и 3.11 представлены физическая модель экспериментального объекта и панель интерфейса постановки экспериментальных исследований в интерактивном режиме. Рассмотрим особенности содержания интерфейса и методику работы исследователя.

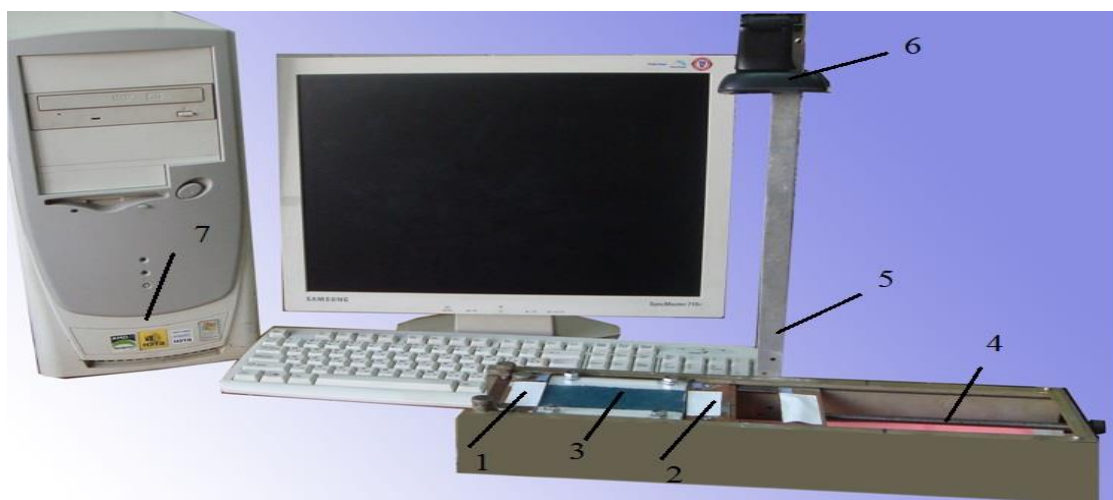


Рис. 3.10 - Элементная база схемы опытного упрощённой конструкции стенда для исследования деформационных характеристик трикотажных полотен в интерактивном режиме: 1,2- неподвижный и подвижный зажимы образца, 3-испытуемый образец, 4-система нагружения, 5- монтажная стойка, 6-вэб-камера, 7-системный блок

Интерфейс общения содержит «панель управления», состоящую из команд, отображающих: а) «калибровку»; б) *непрерывное измерение*, что выполняется посредством команды автоматического измерения с указанием шага изменения нагружения; в) «разовое измерение», которое может обеспечиваться в режиме однократного изменения шага нагружения и в любой необходимый момент времени, что не активно при включенном непрерывном измерении; г) «окончание измерения», д) «сброс», по команде которой происходит перезапуск программы; е) «справка», которая открывает руководство пользователю. В панели интерфейса «строка состояния» отображаются текущие программные процессы экспериментальных исследований.

При обращении к панели «настройка» (см. рис.3.10) в программе необходимо особое внимание уделить выбору параметров **Xsens** и **Ysens**. При этом **Xsens** определяет отклонение цифрового отображения фона исследуемого образца (в пикселях) от цвета областей подложки образца 18, 19 и цвета образца 22, а также цвета области 21 от окружающего фона, а **Ysens** определяет отклонение цифрового отображения цвета образца (в пикселях) от цвета областей 18 и 19.



Рис.3.11 - Интерфейс программы “Определение деформационных параметров” волокнистых систем

Параметры **Xsens** и **Ysens** панели «настройка» определяют точность и стабильность проведенных исследований. При проведении экспериментальных исследований количественные значения **Xsens** и **Ysens** рекомендуется использовать по умолчанию. По команде «Обозначение материала» панели «настройка» интерфейса заполняется графа в соответствии с исходными данными без пробелов.

Строки панели «результаты измерений» заполняются автоматически по ходу эксперимента. Удаление значений в ходе выполнения программы невозможно – значения стираются только после перезагрузки программы.

Рассмотрим методику проведения экспериментальных исследований в интерактивном режиме. Перед началом измерения рекомендуется выбрать предпочтительный по условиям максимальной чувствительности цвет областей 17...23. В зависимости от цветового фона исследуемого образца возможно два варианта цветовой гаммы 18, 19,23, например, «белый» или «черный» (рис.3.12).

При постановке эксперимента необходимо расположить объект исследования под объективом web – камеры (при этом образец можно не фиксировать) и поочередно указываются все области с 17 по 23 (см. рис. 3.11). После этого определяется переход в «панель управления» и подаётся команда «Калибровка», т.е. определяется количество пикселей, приходящихся на единицу длины.

Программа распознает цвет образца и предлагает по критерию максимальной чувствительности необходимую цветовую гамму перечня элементов из 18, 19 и 23. При этом «белый» цвет образца и тёмная подложка принимается по умолчанию (см. рис.3.12). Однако, если образец имеет тёмную цветовую окраску, то окно программы преобразуется к виду (см. рис. 3.11).



Рис.3.12- Интерфейс программы “Определение деформационных параметров в интерактивном режиме исследований” для светлого фона образца

После выбора цветовой гаммы областей 18, 19 и 23 образец закрепляется в зажимах 9-10 (см. рис.3.9). По команде «Сброс» и, следуя предыдущим указа-

ниям, отмечаются 6 областей 17...23 (см. рис.3.10). По команде «Калибровка» модель объекта согласно панели «**строка состояния**» принимает вид, представленный на рисунках 3.11 или 3.12 в зависимости от цветовой гаммы образца.

После выполнения команды «Калибровка» и формирования соответствующего перемещения срезов образца и курсора мышки определяются деформационные параметры, причём здесь возможны два варианта постановки эксперимента.

Первый вариант по команде «Непрерывное измерение» «**панели управления**» запускается процедура измерения деформаций с дискретным выводом значений в зависимости от величины нагружения. Плавно перемещая зажим образца с областью 5, и не допуская резких колебаний величины нагружения, постепенно заполняются строки «Текущие значения». Прервать процесс измерения возможно подачей команды «Закончить» «**панели управления**». После этого появляется окно результатов исследований с записью информации в процессор

При втором варианте проведения эксперимента, как «Разовое измерение» рассчитываются все величины текущего изображения деформационных параметров с вэб-камеры. Придавая нужную деформацию образцу (могут быть технические ограничения по величине перемещения среза образца), и, вводя команду «Разовое измерение», заполняется строка «Текущие результаты» с измеренными и вычисленными параметрами, о чём информирует появляющееся на рабочем столе компьютера окно.

Файлы с результатами как «Непрерывного», так и «Разового» исследований помещаются в каталоге с программой под именем из графы «Обозначение материала» панели «**настройка**» (если графа не заполнена, то файл будет без имени)

Для импортирования и записи результатов исследования открывается пакет стандартной программы MS Excel и выбираются во вкладке результаты

эксперимента из текста и в появившемся окне монитора сформированный текстовый файл с присвоением ему имени.

После импортирования информации в появившемся рабочем окне монитора отображаются все параметры результатов исследования, что является завершением всей процедуры экспериментальных исследований и появлением возможности вывода данных на бумажный носитель.

Таким образом, процесс физического эксперимента деформационных параметров легкодеформируемых композитных материалов можно представить в виде обобщённой блок-схемы алгоритма эксперимента (рис.3.13).

При обращении исследователя к блоку исходных данных вводятся вид материала, волокнистый состав, плотность ( $\rho$ ), длина ( $L$ ) и ширина ( $H$ ) образца, а также жёсткость ( $C$ ) элемента нагружения, начальное нагружение ( $P_{нач}$ ) и шаг изменения нагружения ( $h$ ). В блоке «Калибровка» «панели управления» осуществляется выбор областей измерения и определение размерного коэффициента видеозахвата рабочего окна вэб-камеры.

В следующем блоке выполняются расчёты параметров величины нагружения ( $P = C \cdot X$ ), положения средней линии ( $H_{cp_i}$ ) по длине образца в результате продольной деформации  $\left( H_{cp_i} = \frac{L_0 + \Delta L_i}{2} \right)$ , абсолютная деформация образца по длине ( $\Delta L_i = L_i - L_0$ ), по ширине ( $\Delta H_i = H_0 - H_i$ ), коэффициент сужения  $K_c$  или условный коэффициент Пуассона  $\left( \mu_i = \frac{\varepsilon_{H_i}}{\varepsilon_{L_i}} \right)$ .

Результаты каждого цикла измерения записываются в базу данных на электронные носители информации. Так как экспериментальный прибор имеет технические ограничения ( $\Delta L_i = 100 \text{ мм}$ ), связанные с невозможностью за пределами этих значений выполнение исследований, то происходит выход из цикла измерения и эксперимент завершается. При другом условии логического блока процесс продолжается с нарастанием величины нагружения образца с шагом ( $\Delta P$ ). В соответствующем логическом блоке сравниваются нагружение в заданной области исследований и при достижении предельного параметра

нагрузки в программном пакете *Excel* формируются результаты физического эксперимента.

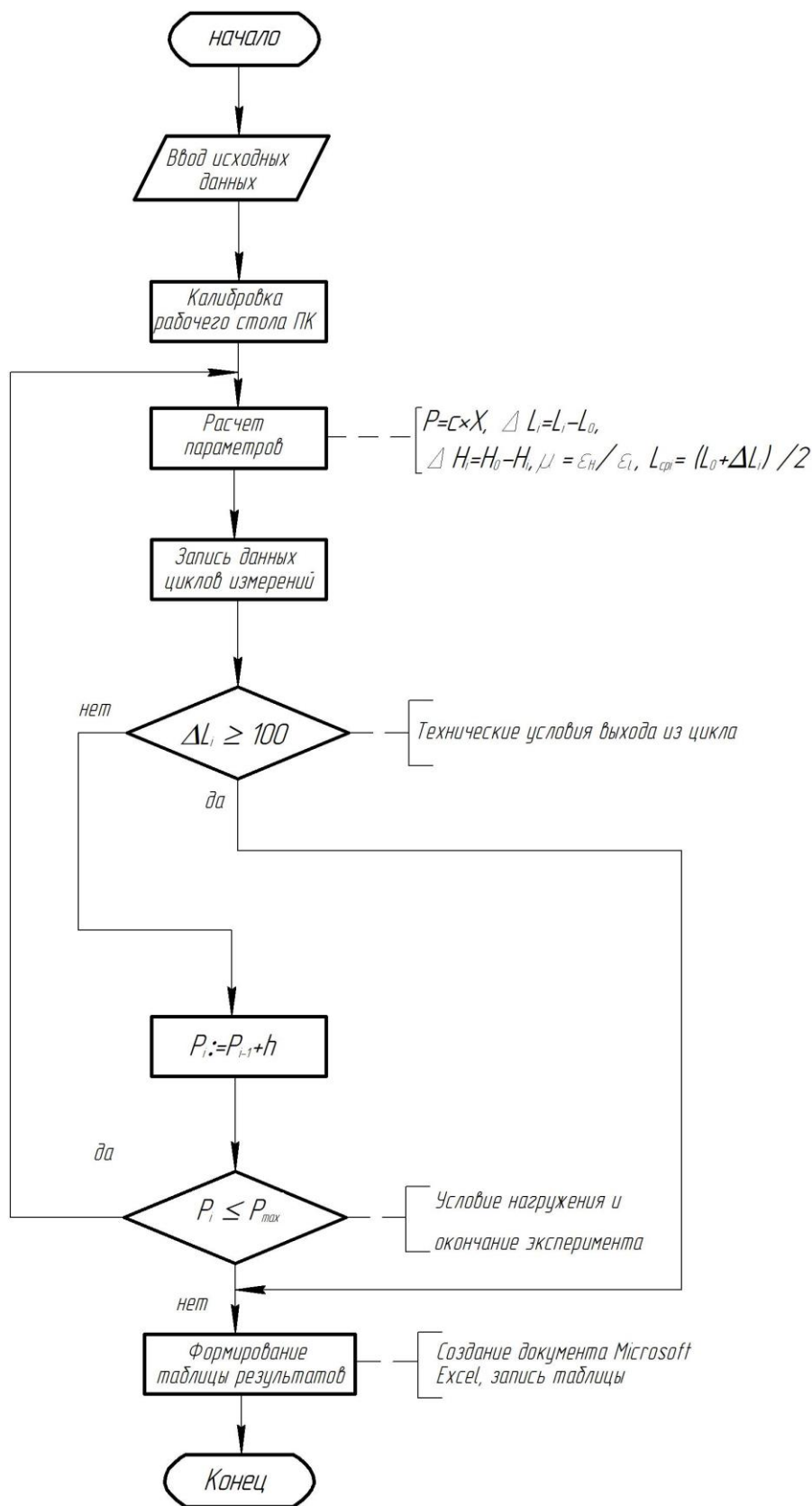


Рис.3.13-Блок-схема алгоритма экспериментальных исследований в интерактивном режиме



Для экспериментального моделирования деформации при различном нагружении материала в программном пакете Ansys допускается в качестве начального исходного значения принять  $E = f_1(\sigma, \varepsilon)$ ;  $\sigma = f_2(P)$ ;  $\sigma = f_3(\varepsilon)$  и  $\varepsilon = f_4(P)$  в условиях, когда функция в ограниченном диапазоне нагружения носит кусочно-линейный характер.

Результаты физического эксперимента и компьютерного моделирования деформационных параметров трикотажных полотен на базе использования программного пакета Ansys приведены во второй главе книги.

### **3.3 Новые методы и технические средства исследования жёсткости и драпируемости волокнистых систем**

Одними из важнейших показателей физико-механических свойств волокнистых систем являются их жёсткость и драпируемость.

Известны способы и методы [33,95] определения модуля упругости ( $E$ ) композитных материалов, как показателя параметра жёсткости  $D=EI$ , где  $I$  - момент инерции сечения образца материала.

К недостаткам имеющих место способов и приборов следует отнести ограниченные технологические возможности, так как расчётное определение параметра жёсткости возможно для материалов в области упругости. Не представляется возможным оценивать этот параметр, когда наблюдается нелинейная зависимость модуля упругости ( $E$ ) от деформации ( $\varepsilon$ ), т.е. функции  $E = \varphi(\varepsilon)$  для волокнистых систем при определенной величине их нагружения, как правило, не линейна.

Физически для определения жёсткости кожевенных и текстильных материалов [33,60,61] способы определения основаны на методах кольца и консоли. Эти методы и приборы конструктивно сложны, неудобны в эксплуатации и имеют технологические ограничения, связанные с отсутствием возможностей формирования в интерактивном режиме электронной базы данных значений параметров жёсткости и драпируемости для различных волокнистых В этих работах рассматриваются предложения и результаты научного поиска

инструментальных методов оценки драпируемости швейных материалов (опосредованно жёсткости), повышение точности её оценок и создание возможностей формирования базы данных технологического характера. Однако все предложения никак нельзя отнести к классу экспресс-методов, далеко не универсальны, не имеют практической формализации и далеко отстоят от требований оценки жёсткости, и соответственно драпируемости, как при производстве, так и при выборе материалов для производства кроеных швейных изделий.

Если учитывать, что жёсткость материала ( $EI$ ) при прочих заданных и равных условиях является функцией плотности ( $\rho$ ), т.е.  $EI = \varphi_2(\rho)$ , то с первым допущением можно считать, что количество генерируемых поперечных волн на поверхности волокнистой системы является функцией её жёсткости, что соответствует физике процесса, т.е.  $m_3 = \varphi_3(f, EI)$ .

В поисках современных методов оценки жёсткости волокнистых систем и расширения технологических возможностей, а также повышения точности измерения обозначенного параметра в нелинейной области деформации на кафедре «Машины и аппараты лёгкой промышленности» Новосибирского технологического института предложены принципиально новые способы [116...121], позволяющие использовать подходы экспресс-метода оценки жёсткости и драпируемости волокнистых систем.

Суть технического решения задачи состоит в том, что определение жёсткости текстильных, кожевенных и других легкодеформируемых композитных материалов заключается в использовании в качестве информативного параметра собственных частот колебаний материалов [144].

Генерация поперечных колебаний, прикладываемых к образцу, и их фиксация посредством оптоэлектронной системы в комплекте с компьютерной мышью лазерного типа, а также подвижного оптически активного элемента и контроллера позволяют, например, записывать резонансные частоты поперечных колебаний и рассчитывать параметр жёсткости материала по следующему алгоритму:

$$D_{ik} = E_i I_k = 4\pi^2 \frac{f_{j,рез.}^2 \cdot p_{ik}}{\lambda_j^4 \cdot g}, \quad (3.2)$$

где  $f_{j,рез.}$  - измеренное значение резонансной секундной частоты  $k$ -ого об-

разца материала,  $p_{ik}$  - погонный вес  $k$ -ого образца;  $I_k = \frac{bh^3}{12}$  - момент инерции  $k$ -ого образца прямоугольного сечения;  $\lambda$  - параметр  $j$ -ого резонансного спектра собственных колебаний материала;  $g$  - гравитационная постоянная.

По известной длине образца ( $l_i$ ) определяем параметр резонансной длины  $\lambda_j$ , а далее по фиксированной инструментальными средствами резонансной частоте  $f_{j,рез.}$   $j$ -ого спектра собственных колебаний материала и его погонного веса ( $p_{ik}$ )  $k$ -ого образца посредством процессора рассчитывается параметр жёсткости с записью в электронную базу данных.

На рисунке 3.14 представлена структурно-кинематическая схема системы трансформации и фиксирования квазирезонансной частоты собственных частот исследуемого материала, и записи расчётных значений информативного параметра в электронную базу данных.

Принципиальная суть решения состоит в том, что способ определения жёсткости легкодеформируемых композитных материалов и других волокнистых систем заключается в использовании в качестве информативного параметра квазирезонансного спектра собственных частот их колебаний, получаемых посредством генерации вынужденных поперечных колебаний прикладываемых к образцу с частотой 0.1-20Гц и амплитудой 5-10мм.

Фиксация резонансной амплитуды и частоты достигается посредством оптоэлектронной системы, выполненной в виде компьютерной мыши лазерного типа, процессора, аналогово-цифрового преобразователя, подвижного оптически активного элемента, установленного в виде зажима нижнего среза материала с возможностью трансформации квазирезонансных частот в память процес-

сора, при этом параметр жёсткости материала ( $D_{ik}$ ) рассчитывается по формуле (3.2).

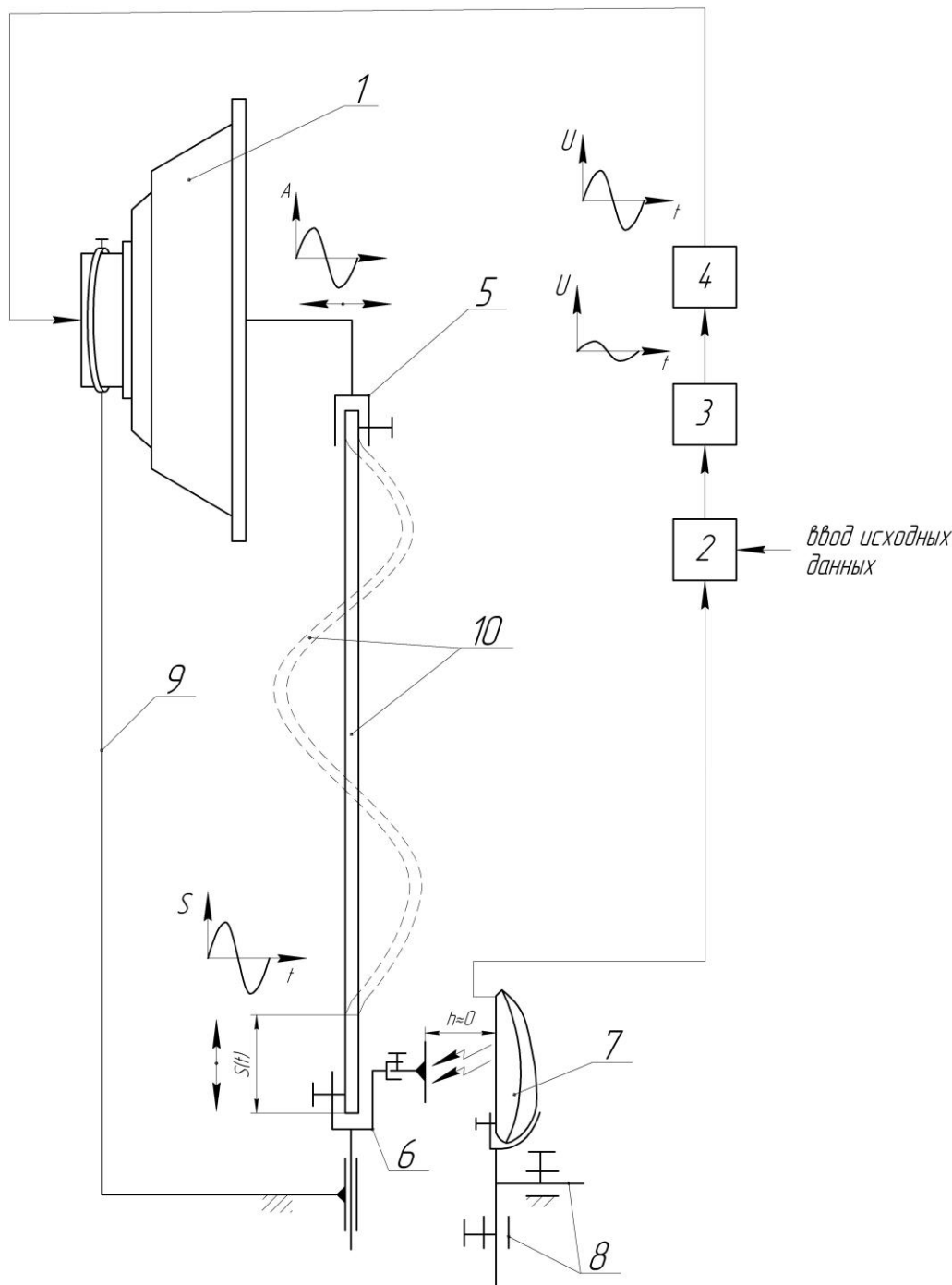


Рис. 3.14- Структурно-кинематическая схема определения жёсткости материала и драпируемости с использованием компьютерных технологий

Для реализации способа система содержит генератор механических колебаний (ГМК) 1, процессор 2, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) 3, который предназначен для преобразования цифрового сигнала в аналоговый. В состав измерительной схемы входит также усилитель 4, зажимы для фиксации срезов образца материала 5 и 6, компьютерная мышь лазерного исполне-

ния 7. Мышь устанавливается активной частью на подвижной опоре 8 для максимальной чувствительности на расстоянии близком к нулю от траектории перемещения нижнего среза материала ( $h \approx 0$ ), монтажный кронштейн с общей стойкой 9 для установки, ориентации и обеспечения возвратно-поступательного перемещения зажима 6 при колебании образца 10.

Технология измерения и расчёта жёсткости реализуется следующим образом:

- генератором механических колебаний посредством звуковой карты процессора в квазирезонансном (близким к резонансному) спектре частот в диапазоне от 0.1 до 20 Гц дискретно с шагом 0.1 Гц создаются поперечные колебания одного из срезов исследуемого материала с амплитудой 5-10 мм до достижения параметров колебаний, близких к резонансному  $j$ -ому спектру ( $j = \overline{1, n}$ ), и посредством компьютерной мышки лазерного исполнения трансформируют частоты, который по признаку максимальной амплитуды колебаний другого среза образца записывают по одному из своих входов в память процессора квазирезонансную частоту колебаний  $j$ -ого спектра;

- зная исходные данные, в частности, линейные размеры образца ( $l_i$ ) и вес его погонного веса ( $p_i$ ), процессор рассчитывает параметр жёсткости, что и вносится в соответствующую базу данных.

- если изменяющаяся частота генерируемых волн  $f_{j,рез.}$ , близкая к резонансной на фиксированной длине  $l_i$  отрезка  $k$ -ого вида материала, то соответствующим тому образом рассчитывается и значение параметра жёсткости по формуле (3.2)

При этом параметр спектра собственных колебаний  $\lambda_j$  при известной длине образца  $l_i$  определяется через соотношения, представленные в виде таблиц, приведенных в работах [14,95].

Техническая часть разработанного способа реализуется следующим образом. Образец материала 10, установленный в зажимах 5 и 6, монтируется перед измерением так, что верхний зажим 5 соединяется с механическим колебатель-

ным элементом ГМК 1, установленным на кронштейне 9. Посредством процессора 2 через звуковую карту в цифровом виде в диапазоне спектра собственных частот материала задаются вынужденные колебания рабочего элемента ГМК 1 требуемых параметров, которые в АЦП 3 преобразуются в аналоговые сигналы напряжения и усиливаются в блоке 4. Частота вынужденных поперечных колебаний образца подбирается дискретно в диапазоне от 0.1 до 20 Гц с шагом 0.1 Гц в зависимости от требуемой чувствительности измерительной системы.

По одному из входов процессора 2 вводится исходная информация о характеристиках материала. По второму входу процессора 2 посредством компьютерной мыши 7 лазерного типа поступает информация в виде измеренной частоты квазирезонансных волн, где происходит обработка данных и расчёт параметра жёсткости по предложенному алгоритму. Таким образом, на электронных носителях информации формируется технологическая база данных параметров жёсткости материалов.

Фиксация и запись спектра собственных частот поперечных колебаний образца посредством оптоэлектронной системы выполнена в виде компьютерной мыши лазерного типа 4 (рис. 3.14), процессора, аналогово-цифрового преобразователя, подвижного оптически активного элемента. При этом подвижный элемент так же установлен в виде зажима нижнего среза материала с возможностью трансформации квазирезонансных частот в память процессора. Параметр жёсткости материала ( $D_{ik}$ ) рассчитывается по следующему алгоритму:

Методика исследований реализуется следующим образом:

- генератором механических колебаний посредством звуковой карты процессора в квазирезонансном (близким к резонансному) спектре частот в диапазоне от 0.1 до 20 Гц дискретно с шагом 0.1 Гц создаются поперечные колебания одного из срезов исследуемого материала с амплитудой 5-10 мм до достижения параметров колебаний, близких к резонансному  $j$ -ому спектру ( $j = \overline{1, n}$ ), и посредством компьютерной мыши лазерного исполнения трансформируют частоты, который по признаку максимальной амплитуды колебаний другого среза образца записывают по одному из своих входов в память процессора квазире-

зонансную частоту колебаний  $j$  –ого спектра;

Таким образом, зная исходные данные, в частности, линейные размеры образца ( $l_i$ ) и вес его погонного веса ( $p_i$ ), процессор рассчитывает параметр жёсткости, что и вносится в соответствующую базу данных на электронных носителях информации.

Если изменяющаяся частота генерируемых волн  $f_{j,рез.}$ , близкая к резонансной на фиксированной длине  $l_i$  отрезка  $k$ -ого вида материала, то соответствующим тому образом рассчитывается и значение параметра жёсткости по формуле (3.2).

Определение жёсткости текстильных материалов

Время одного шага, с    
 Начальная частота, Гц    
 Конечная частота, Гц    
 Шаг изменения частоты, Гц

Текущая частота, Гц    
 Условная амплитуда    
 Резонансная частота, Гц    
 Старт

Погонный вес, кг/м    
 Длина образца, мм

$$EI = 4\pi^2 \frac{f_{рез}^2 P}{\lambda^4 g}, \text{ Нм}^2$$

Рассчитать

Образец №	Начальные условия				Амплитуда	Резонансная частота, Гц
	Начальная частота, Гц	Конечная частота, Гц	Шаг изменения частоты, Гц	Время одного шага, с		
1						
2						
3						

Перезапустить

Рис. 3.15 - Панель интерфейса экспериментальных исследований жёсткости

Для реализации методики оценки разработана программа расчёта и интерфейс для пользователя компьютерной оценки жёсткости волокнистых систем. Панель интерфейса (рис. 3.15) программы действует в интерактивном режиме следующим образом:

1 шаг. Установка начальной и конечной частоты, шага приращения и временной интервал изменения частоты на панели интерфейса.

2 шаг. Запуск программы исследования. Под надписью «текущая частота» будет отображаться в режиме реального времени значение текущей частоты. Под надписью резонансная частота будет отображаться частота, при которой была зафиксирована условно максимальная амплитуда поперечных колебаний образца, значения которой так же в режиме реального времени будут отображаться под соответствующей надписью.

3 шаг. Расчет жёсткости материала. Вводится погонный вес и длины образца. После команды «рассчитать» ячейка с указанием формулы жёсткости материала приобретет расчетное значение. Все результаты исследований записываются в программный пакет Excel (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты экспериментальных исследований

Вид и волокнистый состав образца	Начальные условия				Амплитуда в условных единицах	Резонансная частота, Гц
	Начальная частота, Гц	Конечная частота, Гц	Шаг изменения частоты, Гц	Продолжительность одного шага, с		
(трикотаж) акрил - 80%, люрекс – 20%	0,4	8	0,2	4	3026	4,4
(трикотаж) акрил 100%	0,4	8	0,2	4	1413	5
(трикотаж) вискоза -97%, лайкра – 3%3	0,4	8	0,2	4	2411	6



На собранной схеме (см. рис.3.14) были проведены эксперименты с 3-мя образцами материалов с длиной 100мм, шириной 20мм и соответствующими погонными весами каждого из них, которые были предварительно установлены.

В соответствии с предложенной методикой исследований и алгоритмом программы определены резонансные частоты каждого образца и произведены расчеты жёсткости материала по формуле (3.2), значения которых сведены в таблицу 3.5.

Для сопоставления результатов исследований по разработанному способу и на действующем приборе ПТ-2, проведены эксперименты образцов материалов того же вида и волокнистого состава. Опыты проводились согласно рекомендуемой методике на образцах из 5 проб каждого вида материала.

На основании результатов экспериментальных исследований были рассчитаны параметры жёсткости трикотажных полотен следующих волокнистых составов: акрил 80%-люрекс 20%, акрил 100%, вискоза 97 %-лайкра 3%.

Результаты расчётов по разработанному способу и по действующей на сегодняшний день методике приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 Результаты сопоставления результатов экспериментальных исследований и расчетов предлагаемого способа и практикуемого прибора

Вид материала и волокнистый состав	Погонный вес P, кг/м	Длина образца L, мм	Ширина образца H, мм	ЕI, Н·м <sup>2</sup> (по данным прибора ПТ-2)	ЕI, Н·м <sup>2</sup> (по данным нового способа)	Расхождение параметров, %
(трикотаж) акрил - 80%, люрекс – 20%	0,032	100	20	171,4	161,1	6
(трикотаж) акрил 100%	0,024	100	20	388	368	5
(трикотаж) вискоза -97%, лайкра – 3%	0,029	100	20	240	228	5

Показатель драпируемости трикотажных полотен в нормативных требованиях при выборе материалов на изделие непосредственно, но по необъяснимым причинам, не указан, хотя этот показатель в практике конфекционирова-

ния материалов для производства швейных изделий определённого ассортимента верхней одежды является одним из важнейших.

Следует отметить, что в последние годы вопросам поиска методов экспресс-оценки драпируемости трикотажных полотен и других текстильных материалов уделяется весьма пристальное внимание [62,63].

В этих работах рассматриваются предложения и поиск инструментальных методов определения коэффициента драпируемости швейных материалов, повышение точности его оценки и создание возможностей формирования базы данных технологического характера. Однако все предложения так же нельзя отнести к разряду экспресс-методов, не имеют практической формализации и отстают на неприемлемом расстоянии от требований оценки драпируемости как при производстве волокнистых систем, так и при конфекционировании и выборе материалов для производства кроеных швейных изделий.

Известно [33], что драпируемость материала, как свойство, однозначно коррелирует с показателем жёсткости волокнистой системы ( $EI$ ), что, по сути, является её объективным отражением. В свою очередь показатель жёсткости материалов зависит от плотности материала, его структуры, волокнистого состава, строения структурных элементов, площади его поперечного сечения. То есть параметр драпируемости является функцией жёсткости обозначенных факторов и её интегральной характеристикой.

В рамках выполнения исследований технологических свойств трикотажных полотен для производства кроеных швейных изделий был выполнен научный поиск, разработано принципиально новое устройство и методика оценки драпируемости, которые можно отнести к классу экспресс-методов инструментальной оценки и определения требуемых характеристик.

В работах [120...122] рассматриваются элементы теоретического обоснования и результаты экспериментальных исследований возможностей использования современных компьютерных технологий и технических средств, в частности, параметров механических колебаний как информативного параметра оценки драпируемости швейных материалов.

Предлагаемый подход открывает возможности создания компьютерной технологии оценки драпируемости швейных материалов, позволяет упростить процедуру и обеспечить формирование базы данных технологического характера на электронных носителях информации.

Суть принципиально новой оценки драпируемости волокнистых систем заключается в определении коэффициента коррекции количества генерируемых волн квазистоячих колебаний на эталонном образце, как информативного эталонного параметра коэффициента драпируемости материала, когда параметры поперечных колебаний, генерируемых по тому или иному направлению, соотносятся к образцу некоторого выбранного эталона.

Рассматриваемая в настоящей книге задача технологически решена в контексте оценки драпируемости текстильных материалов и заключается в определении соотношения количества образующихся на образце стоячих волн для выбранного в качестве эталона образца  $m_{\text{э}}$  к величине волн  $m_i$  исследуемого  $i$ -ого образца, как информативного параметра коэффициента драпируемости материала.

Рассмотрим элементы теоретического обоснования предложенного метода оценки драпируемости волокнистых материалов.

Устойчивые поперечные колебания образца одного из срезов образца при стационарном закреплении другого (рис.3.16) посредством генератора механических колебаний (ГМК) обеспечивают в определённом спектре частот визуально видимые стоячие волны (частный случай интерференционных волн).

При этом количество максимумов или минимумов интерференционных волн ( $m$ ) на образце длиной ( $l$ ) [102] определяется как

$$m = \frac{2l}{\lambda} + \frac{1}{2}, \quad (3.3)$$

где  $\lambda = 2\lambda_{cm}$ , параметр, характеризующий соответственно длины генерируемой и стоячей волны.

С учётом скорости распространения генерируемых поперечных волн в образце, определяемой как  $V = \sqrt{\frac{F}{\rho S}}$  ( $F, \rho, S$  - соответственно начальное нагружение, объёмная плотность и площадь поперечного сечения образца), после несложных преобразований безотносительно к параметрам структуры и строению элементов образца получим расчётное количество стоячих волн ( $m_{\text{э}}$ ) на эталонной длине ( $l_{\text{э}}$ ) в следующем виде:

$$m_{\text{э}} = 2l_{\text{э}}f \sqrt{\frac{\rho S}{F} + \frac{1}{2}}, \quad (3.4)$$

В соответствии с (3.3) количество интерференционных волн ( $m_{\text{э}}$ ), генерируемых на эталонной длине материала, является функцией  $m_{\text{э}} = \varphi(f, l_{\text{э}}, F, \rho, S)$ . При фиксированных значениях длины отрезка ( $l_{\text{э}}$ ), начальном нагружении ( $F$ ) и площади поперечного сечения ( $S$ )

$$m_{\text{э}} = \varphi_1(f, \rho). \quad (3.5)$$

где  $f$  - секундная частота вынужденных колебаний, Гц.

Модификация технического решения (см рис.3.14), позволяющая посредством генерации поперечных колебаний, прикладываемых к образцу в частотном диапазоне генерации стоячих волн и их фиксации цифровой видеокамерой с записью информации в память процессора позволяет инструментально определять параметр драпируемости  $m_i$  исследуемого образца.

Рассматриваемая задача технологически решается по сути тем, что оценка драпируемости текстильных материалов заключается в определении соотношения количества образующихся на образце стоячих волн для выбранного в качестве эталона образца  $m_{\text{э}}$  к величине волн  $m_i$  исследуемого  $i$ -ого образца, как информативного параметра коэффициента драпируемости материала.

Поэтому согласно разработанной методике определения, расчёта и оценки драпируемости выполняются экспериментальные и расчётные действия следующим образом:

- с учетом того, что практикуемая методика и соответствующее тому техническое решение относится к косвенным методам оценки коэффициента драпируемости, то предварительно экспериментально прямым методом для одного из видов произвольно выбранного материала (может быть любой вид материала) определяется на эталонной длине коэффициент драпируемости  $\left( K_{\partial p}^{\varepsilon} \right)$ .

$$K_{\partial p}^{\varepsilon} = 100 - \frac{A}{2}, \%, \quad (3.6)$$

где  $A$  - линейный размер ширины среза свободно свисающей части образца эталонной длины.

- посредством механических колебаний, прикладываемых к образцу в диапазоне спектра его собственных частот, создают условия генерации поперечных волн и их фиксацию цифровой видеокамерой с записью информации в память процессора;

- процессор определяет коэффициент коррекции показателя драпируемости  $\left( K_{кор}^i \right)$ , который для фиксированных эталонных размеров выбранного эталонного образца является величиной постоянной и не зависит ни от вида, ни от структуры материала при исследовании драпируемости других материалов, т.е.

$$K_{кор}^i = \frac{m_{\varepsilon}}{m_i}, \quad (3.7)$$

где  $m_{\varepsilon}$  - количество стоячих волн, образующихся на эталонном образце;  $m_i$  - количество стоячих волн на эталонной длине  $i$ -ого образца материала.

- для подтверждения соответствия показателя драпируемости, определяемого прямым методом [33], рассчитывают коэффициент драпируемости  $i$ -ого образца материала  $\left( K_{\partial p}^i \right)$  по следующему алгоритму:

$$K_{\partial p}^i = K_{\partial p}^{\varepsilon} K_{кор}^i, \%; \quad K_{\partial p}^{\varepsilon} = 100 - \frac{A}{2}, \%; \quad K_{кор}^i = \frac{m_{\varepsilon}}{m_i}, \quad (3.8)$$

Таим образом, если изменяется число генерируемых волн на выбранной эталонной длине отрезка при фиксированной частоте и прочих равных условиях, то пропорционально изменяется и значение оценки  $K_{др}^i$ , которое фактически и является показателем драпируемости для  $i$ -ого образца материала.

Для реализации предлагаемого метода создана модификация экспериментального стенда (рис 3.16) и проведена программа исследований. Технически образец материала 1, срезом закреплённый в зажиме 2, монтируется перед измерением на стойке кронштейна 5 так, что его верхний срез соединяется с рабочим органом 3 ГМК 4. На второй вход процессора известным образом [120] поступает информация о величине нагружения и деформации.

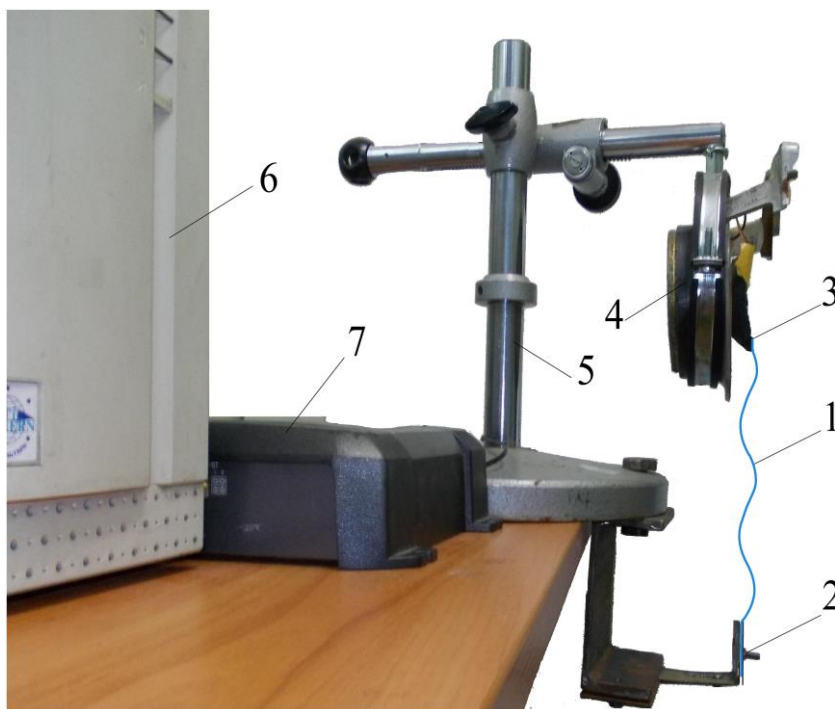


Рис. 3.16 -Элементный состав экспериментального стенда (фото): 1-исследуемый образец, 2-нижний зажим, 3 верхний зажим, 4-ГМК, 5-монтажная стойка стенда, 6-системный блок, 7-усилитель.

Посредством звуковой карты системного блока компьютера 6 программно с шагом варьирования 1Гц задаётся частота колебаний образца. Колебания задаются в цифровом виде, которые в цифро-аналоговом блоке стенда преобразуются в аналоговые сигналы напряжения и усиливаются в блоке 7. Частота вынужденных колебаний подбирается в диапазоне первого порядка собственных частот от 1 до 5Гц (возможны и допустимы другие частоты) в зависимости от требуемой чувствительности измерительной схемы.

Образующиеся стоячие волны фиксируются цифровой видеокамерой и передаются посредством контроллера в процессор компьютера 6, где происходит обработка данных и определение коэффициента драпируемости по алгоритму (3.6, 3.7, 3.8).

При проведении экспериментальных исследований показателя драпируемости в качестве эталонного образца была выбрана подкладочная ткань (саржа) для костюмного ассортимента. Фрагменты физического эксперимента и их графическое отображение для ряда образцов представлены на рисунке 3. 17...3.20.

Эталонное значение коэффициента драпируемости  $K_{др.э}^{подклад}$  устанавливается разово прямым методом измерения, разработанным в ЦНИИ шелка [13]:

$$K_{др.э}^{подклад} = 100 - \frac{18}{2} = 91 [\%].$$

Далее посредством цифровой камеры фиксируем эталонное количество волн на исследуемых участках материала и проводим соответствующие расчёты.

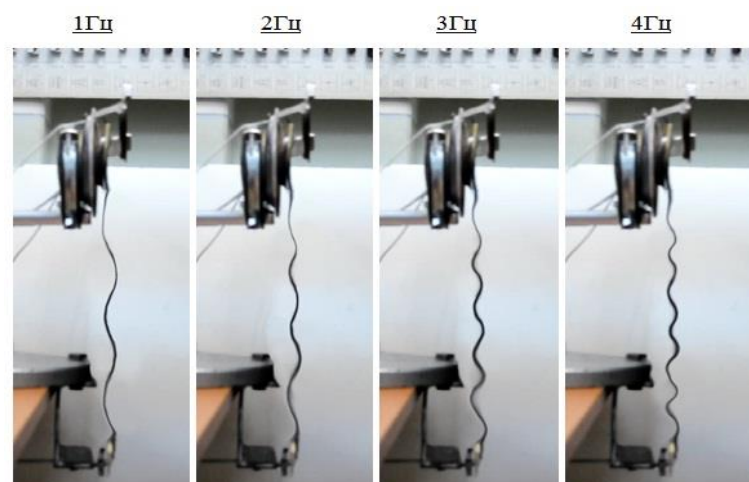


Рис. 3.17 – Генерация квазистоячих стоячих волн образца подкладочной ткани (саржи) объёмной плотностью  $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$

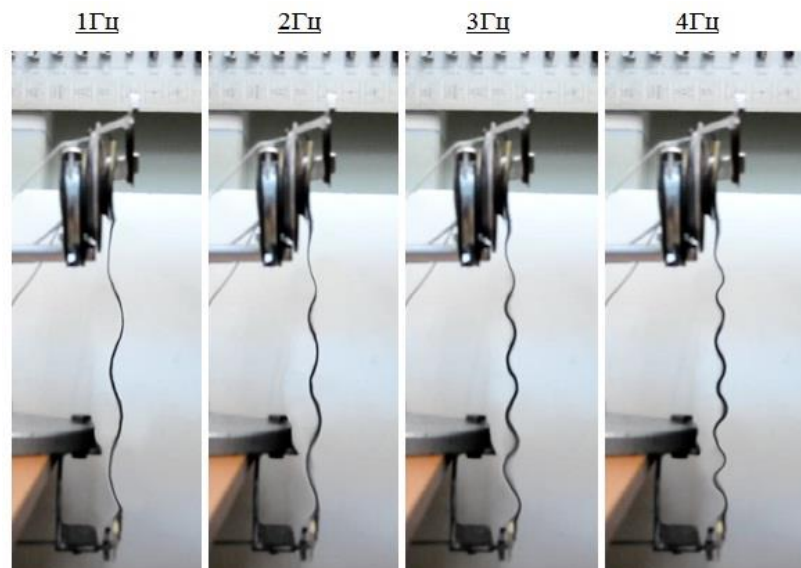


Рис. 3.18– Генерация квазистоячих стоячих волн образца основвязаного трикотажного полотна при указанных частотах с: объёмной плотностью  $\rho = 150 \text{ кг/м}^3$

Определяем расчётное значение коэффициента драпируемости образцов основвязаного полотна трикотажа:

$$\underline{1\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.осн.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{2.5}{3} = 75 [\%]$$

$$\underline{2\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.осн.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{5}{5.5} = 82 [\%]$$

$$\underline{3\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.осн.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{8}{9} = 80 [\%]$$

$$\underline{4\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.осн.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{10.5}{11.5} = 83 [\%].$$

Определяем расчётное значение коэффициента драпируемости образцов поперечновязаного полотна трикотажа (см. рис. 3.19):

$$\underline{1\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.поп.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{2.5}{5} = 51 [\%]$$

$$\underline{2\text{Гц}} \quad K_{др}^{трик.поп.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{5}{8} = 53 [\%]$$



$$\underline{3Гц.} \quad K_{др}^{трик.ноп.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{8}{13} = 52 [\%]$$

$$\underline{4Гц.} \quad K_{др}^{трик.ноп.} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{10.5}{16.5} = 57 [\%]$$

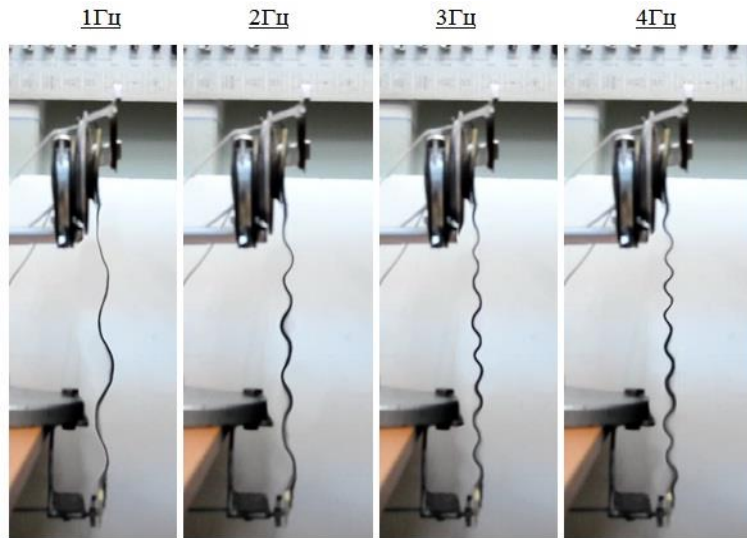


Рис. 3.19 – Генерация квазистоячих стоячих волн при указанных частотах образца трикотажного поперечновязаного полотна объёмной плотностью  $\rho=300\text{кг/м}^3$ ,

Для контраста сопоставлений параметров колебаний квазистоячих волн текстильных материалов и образцов системы другой физической природы в рамках рассматриваемого метода проведены исследования и выполнены расчёты параметров колебаний и драпируемости при тех же частотах ГМК образцов натуральной кожи

Определяем расчётное значение коэффициента драпируемости образцов натуральной кожи (см. рис. 3.20):

*Кожа (натур.):*

$$\underline{1Гц.} \quad K_{др}^{кожа} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{2.5}{6} = 38 [\%].$$

$$\underline{2Гц.} \quad K_{др}^{кожа} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{5}{11} = 41 [\%].$$

$$\underline{3Гц.} \quad K_{др}^{кожа} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_{\text{э}}}{m_i} = 91 \cdot \frac{8}{20} = 36 [\%].$$

$$\underline{4Гц.} \quad K_{др}^{кожа} = \left(100 - \frac{A}{2}\right) \cdot \frac{m_3}{m_i} = 91 \cdot \frac{10.5}{26.5} = 36 [\%].$$

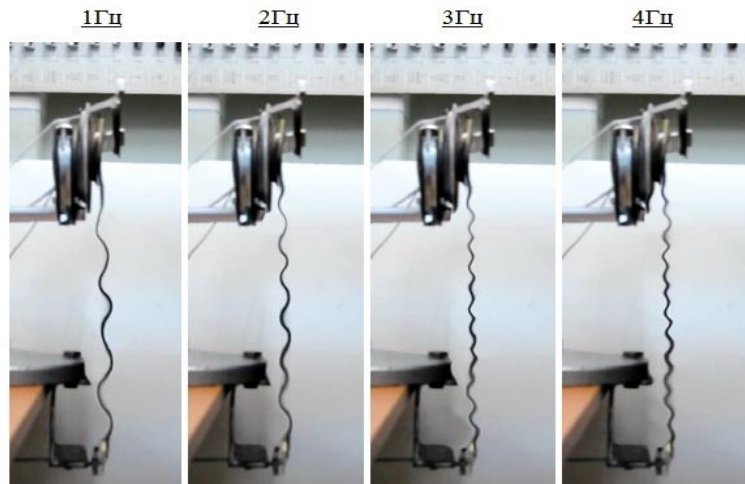


Рис. 3.20– Генерация квазистоячих волн при обозначенных частотах образца натуральной кожи: объёмной плотностью  $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$

Выполненные расчёты по определению коэффициента драпируемости, сведены в таблицу 3.7.

Полученные результаты предлагаемой методики не превышают 10%-ой погрешности значений драпируемости, определяемых прямым методом по общепринятой методике. Однако однозначно нельзя утверждать, что значения погрешностей оценки драпируемости по общепринятой методике являются истинными её значениями, так как на то нет абсолютных критериальных физических показателей.

Результаты исследований позволяют считать, что предлагаемая методика и техническое решение оценки драпируемости швейных материалов соответствуют технологическим требованиям и могут быть отнесены к классу экспресс-методов с возможностью формирования базы данных на электронных носителях информации.

Экспериментальные исследования и их результаты показали, что практически отпадает необходимость использования принятого в практике технологически трудоёмкого базового метода оценки драпируемости. Предлагаемая методика носит универсальный характер и позволяет решать технологические задачи с необходимой точностью и достаточно объективным инструментальным экспресс-методом.

Таблица 3.7 - Результаты экспериментальных исследований и расчетов.

Вид и волоконный состав материала	Характеристика материала		$K_{\partial p}^{\partial}$ , %	Частота вынужденных колебаний, Гц	Экспериментально-расчётные результаты		
	Площадь среза материала, $S = l \cdot h, м^2$	плотность, $\rho = \frac{g}{см^3}$			$m_{\partial}$	$m_i$	$K_{\partial p}^i$
подклад (саржа)	$S = 0.2 \times 0.4 = 8 \times 10^{-2}$	100	91	1	2.5		91
				2	5.0		
				3	8.1		
				4	10.6		
трикотаж основовязанный		150	91	1	2.5	2.9	78
				2	5.0	5.5	82
				3	8.1	9.2	80
				4	10.6	12.2	79
трикотаж поперечновязанный		300	91	1	2.5	5.6	51
				2	5.0	8.5	53
				3	8.1	13.8	52
				4	10.6	16.5	54
кожа натуральная		600	91	1	2.5.0	6.0	38
				2	5.0	11.1	40
				3	8.1	18.5	40
				4	10.6	25.2	38