

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ГУТОРОВ Юрий Петрович

УДК.685.31.053.55

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА
ФОРМОВАНИЯ ОБУВНОЙ ЗАГОТОВКИ
НА ОБТЯЖНО-ЗАТЯЖНЫХ МАШИНАХ

Специальность 05.02.13 — «Машины и агрегаты
легкой промышленности»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1988

Работа выполнена в Московском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте легкой промышленности.

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент А. Н. Жаров.

Научный консультант: доктор технических наук А. Н. Калита.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор В. В. Карамышкин; кандидат технических наук, доцент Б. И. Блинные.

Ведущее предприятие: Челябинское производственное обувное объединение.

Защита диссертации состоится « 14. » *июня* 1988 г. в *14.15* часов на заседании специализированного Совета Д 053.32.02 при Московском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте легкой промышленности.

Адрес: Москва, 113806, ул. Осипенко, 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского ордена Трудового Красного Знамени технологического института легкой промышленности.

Автореферат разослан « 13. » *мая* 1988 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета

Грибин
В. В. ГРИВИН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важнейшие задачи, стоящие перед легкой промышленностью, в том числе и кожевенно-обувной, определены в документах XXIII съезда КПСС, комплексной программе развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986-2000 годы, Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы: повышение темпов и эффективности развития экономики на базе ускорения научно-технического прогресса, интенсивного использования производственного потенциала, совершенствования систем управления, хозяйственного механизма и достижение на этой основе дальнейшего подъема благосостояния советского народа. Решение поставленных задач в обувной промышленности требует значительного повышения качества обуви при одновременном расширении её ассортимента и интенсификации производства. В связи с этим особую значимость приобретают вопросы разработки и производства высокоэффективного, технологически гибкого оборудования, обеспечивающего механизацию и автоматизацию производственных процессов.

Качество обуви, её внешний вид и формоустойчивость в период хранения и эксплуатации, а также исходные размеры деталей и, следовательно, материалоемкость и себестоимость, во многом определяются процессом формирования обувной заготовки, особенно её носочной части. Современные машины для формирования верха обуви высокопроизводительны, удобны в обслуживании, надежны в эксплуатации. Однако особенности их конструкции, характер приложения формирующей нагрузки и последовательность взаимодействия исполнительных механизмов часто приводят к тому, что не достигается соответствие между физико-механическими свойствами обувного материала и необходи-

им напряженно-деформированным состоянием заготовки. Это объясняется, во-первых недостаточностью теоретических исследований процесса формования. В частности, не разработан единый математический аппарат и для расчета размеров обувной заготовки и для определения перемещений, усилий исполнительных механизмов формующей машины и для разработки микропроцессорной системы управления обтяжно-затяжной машиной. Во-вторых, несовершенством и малым количеством структурных схем, конструкторских решений по созданию оборудования для формования носочно-пучковой части верха обуви. В-третьих, зависимость качества выполнения обтяжных операций от уровня квалификации оператора-затяжника обуви, то есть недостаточность автоматизации процесса формования. В то же время достигнутый электронной промышленностью высокий уровень производства больших интегральных схем и приборов на их основе предоставляет возможность использования средств и методов вычислительной техники в самых различных областях народного хозяйства. Разработаны и эксплуатируются в производстве управляемые посредством ЭЕМ установки для раскроя обувных материалов и сборки заготовок, для моделирования деталей обуви и колодок, а также системы, позволяющие контролировать и управлять производством в целом. Создаются первые образцы обтяжно-затяжных машин с микропроцессорным управлением. Поэтому актуальны теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию направления в совершенствовании действующего и создании принципиально нового оборудования, определению структурных схем и последовательности взаимодействия исполнительных механизмов, конструктивному их исполнению, повышению качества готовой обуви.

С о с т о я н и е в о п р о с а . Основы теории процесса формования, определения геометрических параметров заготовки с учетом деформационных свойств обувного материала, расчета механизмов для придания обувной заготовке пространственной формы колодки заложены в трудах С.П.Зыбина, А.И.Капустина, М.П.Куприянова, А.И.Комиссарова, Г.Я.Пискорского, Я.Ф.Чередниченко и других ученых.

Исследование влияния различных факторов на формуемость и формоустойчивость материалов верха и их систем посвящены работы А.Н.Калиты, А.Н.Буркина, А.А.Никитина, В.В.Щербачева, П.Ф.Воронова и других. В них разработаны методы оценки формоустойчивости обуви при её производстве и эксплуатации, определена иерархическая классификация факторов, влияющих на качество готового изделия, обоснованы оптимальные технологические режимы формования.

В работах Е.Н.Данилова, С.И.Клоскова, И.И.Довнича, Ф.И.Кима, Х.Г.Магомедова и других авторов проанализирована работа современного оборудования для формования носочно-пучковой части заготовки на колодке. Информация об отдельных конструктивных решениях механизмов обтяжно-затяжных машин содержится в патентной литературе и в описаниях авторских свидетельств на изобретения. В то же время вопросы проектирования машин с учетом особенностей физико-механических свойств обувных материалов, формы поверхности колодки и режимов формования изучены недостаточно, отсутствуют обоснованные рекомендации по выбору последовательности и характера взаимодействия рабочих органов машин, методики расчета необходимых усилий для создания оптимального распределения деформации по площади обувной заготовки.

Вопросы аналитического описания напряженно-деформированного

состояния деталей верха представлены в работах А. Н. Жарова, А. С. Козлова, Д. И. Ковалея, В. Н. Сухарникова. Сформулированы краевые задачи для системы нелинейных дифференциальных уравнений математической модели процесса формования, учитывающие особенности закрепления затяжной кромки заготовки и принцип приложения формующей нагрузки, определены наиболее эффективные методы численного решения поставленных задач. Наряду с этим значительный объем вычислительных работ при численном решении дифференциальных уравнений ограничивает возможность их применения для расчета размеров обувной заготовки, разработки конструкции обтяжно-затяжных машин и программ управления процессом формования в автоматическом режиме.

Ц е л ь р а б о т ы . Повышение формоустойчивости обуви за счет разработки рационального метода формования заготовки обтяжно-затяжными машинами на основе теоретических исследований напряженно-деформированного состояния материала верха обуви в её носочно-пучковой части, оптимизации исходных геометрических параметров обувной заготовки, совершенствования конструкций и схем управления работой исполнительных механизмов формующих машин.

Н а у ч н а я н о в и з н а и д о с т о в е р н о с т ь . В диссертационной работе впервые:

обоснован критерий оптимизации процесса формования заготовки верха обуви на колодке;

дана классификация причин неравномерности распределения деформации материала обувной заготовки по её площади;

приведен качественный анализ особенностей формования заготовки верха обуви по заданному перемещению и по заданной нагрузке;

приведена краевая задача процесса формования к задаче с начальными условиями путем введения вспомогательной функции;

проведен анализ и аппроксимация нелинейных коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние обувной заготовки;

решена задача представления функции математической модели формования аналитическими зависимостями в явном виде;

разработана методика расчета размеров обувной заготовки с учетом поучаемых при формовании деформаций;

определена задача синтеза адаптивной системы микропроцессорного управления обтяжно-затяжной машиной, составлена концептуальная блок-схема программно-управляемого формования верха обуви;

предложены новые траектории перемещения клещей и последовательность их взаимодействия с другими исполнительными механизмами обтяжно-затяжных машин, разработаны кинематические и конструктивные схемы исполнительных механизмов, позволяющие нивелировать распределение деформации по площади заготовки и учитывать физико-механические свойства материала каждой заготовки.

Достоверность теоретических результатов работы подтверждена экспериментальными исследованиями и производственными испытаниями.

М е т о д ы и с с л е д о в а н и я . Методологической основой работы явились материалы XXVII съезда КПСС, пленумов и постановлений ЦК КПСС и правительства по вопросам развития легкой промышленности, повышения её эффективности и качества выпускаемых товаров.

Теоретические исследования проводились с использованием основных положений осесимметричного формования, методов математи-

легкой промышленности в 12-й пятилетке", г.Москва (октябрь 1986г.);

XIV научно-технической конференции Всесоюзного заочного института текстильной и легкой промышленности (ноябрь 1986г.).

П у б л и к а ц и и . Основное содержание диссертации опубликовано в шести печатных работах.

Ст р у к т у р а и о б ъ е м р а б о т ы . Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов и предложения по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 143 страницах, в том числе на 92 страницах машинописного текста, 53 рисунках, 5 фотографиях, 1 таблицы. Список литературы содержит 86 наименований. Приложения приведены на 78 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ВВЕДЕНИИ обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и основные задачи исследования.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ определен критерий оптимизации формования верха носочно-пучковой части обуви, выделены основные параметры исследуемого процесса, дан регрессионный анализ развития конструкций обтяжно-затяжных машин и оценена перспективность их дальнейшего совершенствования.

Показано, что для повышения формоустойчивости готовой обуви необходима равномерность распределения остаточных деформаций по площади заготовки. Создать однородное распределение деформации материала верха не удается ввиду несовершенства современных формующих машин. Кроме того, значительное количество исследований по изучению характера распределения и величины деформации, возникающей при формовании заготовки на колодку, основываются

на экспериментальных данных, полученных в результате работы существующего оборудования. Эти исследования в большинстве случаев дают качественную характеристику деформированного состояния сформованной заготовки с выделением зон одноосного и двухосного растяжения. Однако при инженерном расчете геометрических параметров заготовки и усилий формования необходима оценка прочности материала. В качестве такой оценки целесообразно использовать критический прирост площади, который, согласно экспериментальным данным, постоянен для каждого вида обувного материала и не зависит от соотношения удлинений в двух взаимно-перпендикулярных направлениях.

Причины, обуславливающие неравномерность распределения деформации материала по площади заготовки, условно разделены на две группы - 1) неточности методов получения развертки боковой поверхности колодки и расчета размеров заготовки; 2) технические.

Первая группа причин возникает на стадии конструирования заготовки верха обуви и объясняется, во-первых, неразвертываемостью боковой поверхности к лодки. Поэтому в результате совмещения поверхности колодки с плоскостью получается условная развертка с характерными выточками и наложениями, которая лишь в некоторой степени отражает форму, площадь и контуры копируемой поверхности. Во-вторых, построением линии Ю перегиба срезу (рис.1), положение которой должно обеспечить целостность материала в носочной части на отрезке РТ и создание достаточной деформации в пучковой на отрезке МР.

Ко второй группе относятся причины, обусловленные особенностями конструкций исполнительных механизмов обтяжно-затяжных машин. Анализ выявленных особенностей позволил классифицировать машины для формования верха обуви по двум типам: машины типа Ю

и машины типа ЗНК. Принципиальное различие между этими типами машин заключается в характере воздействия исполнительных механизмов на обувную заготовку.

Машины типа ОМ формируют заготовку по заданной нагрузке силами, постоянными для каждой полупары в пределах одной партии. Величина деформации определяется физико-механическими свойствами материала верха, жесткостью пружин клещей и величиной силы трения между заготовкой и колодкой. При этом достигается некоторое сглаживание неравномерности распределения деформации заготовки по её площади. Недостатками машин этого типа являются сложность и громоздкость их конструкций, малое количество клещей и невысокая производительность. Поэтому в настоящее время более широкое применение нашли машины типа ЗНК, формирующие заготовку по заданному перемещению исполнительных механизмов. Простота конструкции обтяжного узла, применение гидравлических и пневматических устройств, использование клеев-расплавов обеспечивают высокую производительность машин. Однако во время работы машин этого типа, особенно при формировании верха обуви на колодку с высокопригодным носком, часто происходит растрескивание материала заготовки в носочной части и плохое облежание колодки в пучковой. Для повышения качества формирования боковые и пучковые клещи, закрепленные на общей плите, могут поворачиваться относительно носочных клещей. В патентной литературе предлагается также сообщать дополнительные перемещения стельчному упору в плоскости продольного или поперечного сечений колодки.

В результате работы "плавающих" клещей и поворотных стельчных упоров сокращается разница между усредненными значениями деформаций по различным поперечным сечениям колодки. При этом

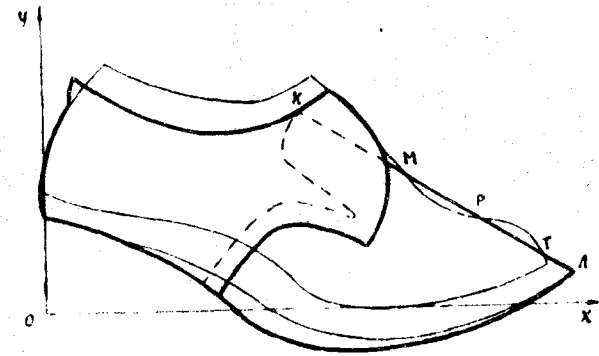


Рис. 1. Чертеж верха мужского полуботинка

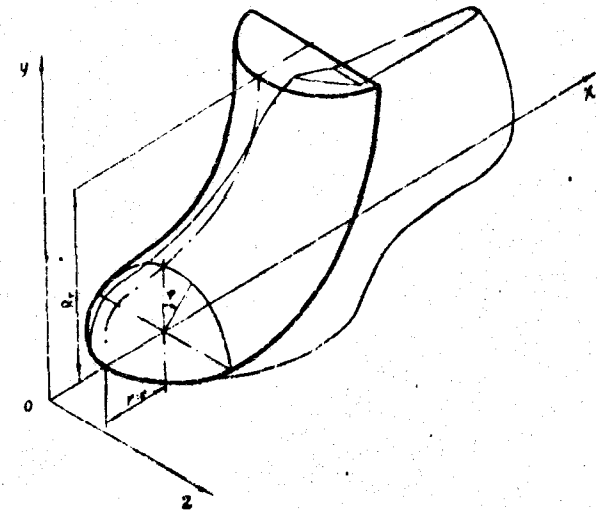


Рис. 2. Модель носочно-пучковой части колодки

увеличивается неравномерность распределения деформации вдоль верхних кривых поперечных сечений пучковой части вследствие возрастания силы трения между заготовкой и колодкой. Кроме того, дополнительные перемещения клещей или стелечного упора свидетельствуют о возможности сокращения исходной площади заготовки в пучковой части как минимум на величину этих перемещений.

Для формования обувных заготовок уменьшенной площади и nivelирования деформации материала верха необходимо создавать в пучковой части заготовки предварительное напряженно-деформированное состояние. В работе предложена новая схема процесса формирования, разработаны конструкции исполнительных механизмов для её осуществления, позволяющие варьировать величиной предварительного деформирования заготовки над колодкой каждой парой клещей отдельно и осуществлять основное формование по заданной нагрузке при постоянной величине перемещения стелечного упора.

Выделение предварительного деформирования заготовки в отдельный такт рабочего цикла обтяжно-затяжной машины позволило определить задачу синтеза адаптивной системы управления процессом формования. Это предполагает автоматический сбор и обработку информации о напряженно-деформированном состоянии заготовки уже на этапе предварительного формования, вычисление физико-механических показателей материала верха и выработку управляющих сигналов микропроцессорной системы с учетом особенностей каждой заготовки.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена вопросам математического описания напряженно-деформированного состояния заготовки при формовании верха обуви на колодке.

Сложность формы поверхности обувной колодки затрудняет представление её функциональными зависимостями и обосновывает необ-

ходимость в получении аппроксимирующих поверхностей. Носочно-пучковую часть колодки целесообразно представить моделью, образованной двумя сопряженными осесимметричными телами вращения - тора, переходящего в полусферу (рис. 2). Тогда напряженно-деформированное состояние заготовки при формовании верха описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d\psi}{d\varphi} = -\psi \frac{\cos\varphi}{k + \sin\varphi} + \Phi \frac{1}{k + \sin\varphi} + \frac{\cos\varphi - 1}{k + \sin\varphi}, \\ \frac{dU}{d\varphi} = U \frac{1 - \cos\varphi + \sin\varphi}{k + \sin\varphi} + V \frac{\cos\varphi + \sin\varphi}{k + \sin\varphi}, \\ V = -U \frac{M}{E} + V \frac{1}{E}, \\ \Phi = U \frac{1}{E} - V \frac{M}{E}. \end{cases} \quad (1)$$

где: ψ, Φ - деформации Эйлера соответственно вдоль параллелей и меридиан; U, V - удельные нагрузки вдоль параллелей и меридиан; k - геометрическая характеристика модели носочно-пучковой части колодки; φ - текущая угловая координата поверхности в направлении меридиан; f - коэффициент трения заготовки о колодку; M - коэффициент поперечного сокращения материала при его продольном растяжении; E - условный модуль упругости материала верха обуви.

Исходная система нелинейных дифференциальных уравнений (1), получившая название математической модели процессов формования, относится к классу уравнений Хилла, которые, за исключением немногочисленных частных случаев, не поддаются кватризации и решение их в конечном виде неизвестно. В работе решена задача определения приближенных аналитических выражений функции ψ, Φ, U, V . С этой целью краевые задачи для системы (1), сформулированные в работах А.Н. Жарова, А.З. Козлова, Ю.И. Гвоздя, В.Н. Сухарникова, приведены к задаче о начальных условиях (задача Коши) путем введения дополнительной функции

$$\varepsilon_{\Sigma} = \frac{\Sigma_n \cdot \Delta_0}{\Sigma_n} = \Psi \cdot \Phi - \Psi \Phi, \quad (2)$$

где ε_{Σ} – конечный прирост площади материала верха; Δ_0, Σ_n – величины площади материала соответственно до и после формования. Применимость уравнения (2) для постановки начальных условий обоснована анализом экспериментальных данных, свидетельствующих о постоянстве для каждого вида материала верха величины критического прироста площади и независимости этой величины от соотношения величин деформации в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, при которых был получен критический прирост площади.

На втором этапе теоретических исследований был проведен анализ нелинейных коэффициентов двенадцати дифференциальных уравнений первого порядка и шести дифференциальных уравнений второго порядка, в том числе и уравнения типа Риккати, к которым преобразуется исходная система уравнений. На примере дифференциального уравнения второго порядка

$$\frac{d^2 \Psi}{d\varphi^2} + A_{1v} \frac{d\Psi}{d\varphi} + A_{2v} \Psi = A_{3v}, \quad (3)$$

где: $A_{1v} = (3-\mu)C + \mu(D + fB) - f,$

$$A_{2v} = (1-\mu)(C-D)C - \mu f(D-B)C + f(BD-C) \cdot B,$$

$$A_{3v} = (1-\mu)(C-D)C + \mu fB(C-D) - fD - fC + B,$$

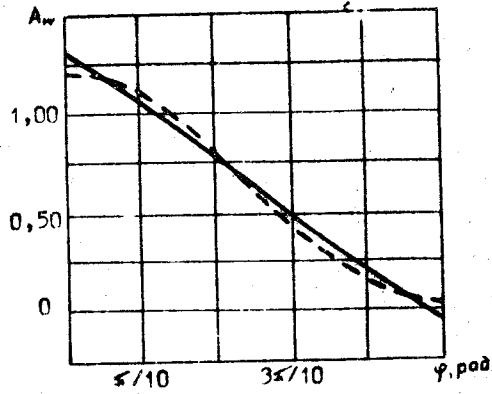
$$C = \frac{\cos \varphi}{k + \sin \varphi}, \quad D = \frac{1}{k + \sin \varphi}, \quad B = -\frac{\sin \varphi}{k + \sin \varphi},$$

проведена аппроксимация нелинейных коэффициентов тригонометрическими полиномами наудаче среднего квадратического приближения путем разложения коэффициентов в ряд Фурье по функциям ортогональных систем косинусов (рис. 3а) и синусов (рис. 3б).

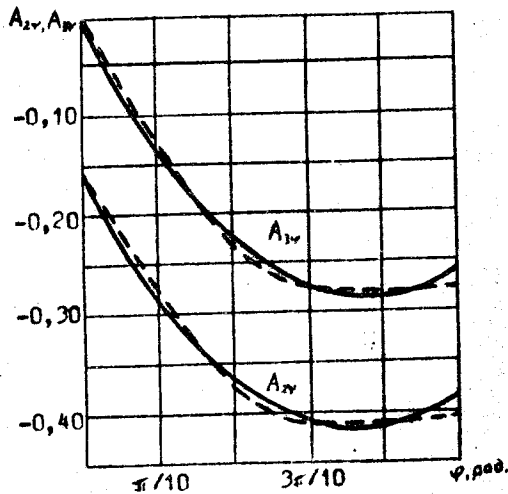
С целью приближенного выражения искомых функций математической модели элементарными функциями через аппарат полученных дифференциальных уравнений разработаны три метода получения анали-

тических зависимостей Ψ от аргумента φ и параметров k, μ, f, C . Подстановка известной функции Ψ в соответствующие дифференциальные уравнения первого порядка позволяет выявить аналитические выражения функции Φ, U, V . Все три метода – интегральная аппроксимация, решение с помощью степенных рядов и тригонометрическая интерполяция – позволяют вычислять значения функций с заданной степенью точности и выполнением начальных условий. Оптимальной является тригонометрическая интерполяция решения исходной системы уравнений (1), суть которой заключается в сопоставлении с функцией Ψ тригонометрического полинома Ψ_m , коэффициенты которого выбираются так, чтобы выполнялись начальные условия и дифференциальное уравнение (3) переходило в тождество для множества $2m-1$ значений аргумента φ (узлов интерполяции). Задача состояла в определении минимального количества узлов интерполяции, определения их значений для обеспечения заданной точности при всех возможных сочетаниях экстремальных значений k, μ, f . В связи с многофакторностью функции Ψ поставленная задача решалась методом, аналогичным комбинированному методу в синтезе механизмов, согласно которому случайным поиском просматривались и сравнивались значения целевой функции в отдельных частях области изменения параметров, затем направленным поиском находились локальные минимумы для тех частей области, где ожидалось получение глобального минимума.

Результаты расчетов показали, что для обеспечения заданной точности вычислений искомых функций математической модели, менее 5% от результатов численного метода, тригонометрический полином должен быть как минимум третьего порядка, объем вычислительных работ при определении значений коэффициентов полинома составляет примерно 300 операций.



а)



б)

Рис. 3. Аппроксимация коэффициентов уравнения (3):

— истинное значение коэффициента,
 - - - приближенное значение коэффициента,

$$A_w \approx \frac{a_0}{2} + a_1 \cos 2\varphi + a_2 \cos 4\varphi, \quad a_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} A_w \cos 2n\varphi d\varphi;$$

$$A_{2v} \approx -f \frac{1-\mu}{\kappa} + b_0 \sin \varphi + b_1 \sin 3\varphi, \quad b_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} A_{2v} \sin(2n-1)\varphi d\varphi;$$

$$A_{3v} \approx c_0 \sin \varphi + c_1 \sin 3\varphi, \quad c_n = \frac{4}{\pi} \int_0^{\pi/2} A_{3v} \sin(2n-1)\varphi d\varphi$$

В результате теоретических исследований получено приближенное аналитическое решение исходной системы дифференциальных уравнений (1), которое представляет собой совокупность тригонометрических полиномов:

$$\Psi = 1\alpha_0 + \alpha_1 \sin \varphi + \beta_1 \cos \varphi + \alpha_2 \sin 2\varphi + \beta_2 \cos 2\varphi + \alpha_3 \sin 3\varphi + \beta_3 \cos 3\varphi, \quad (4)$$

$$\Phi = f(\kappa\beta_1 + 0,5\alpha_2) \sin \varphi + (\alpha_0 + \kappa\alpha_1 - 0,5\beta_3) \cos \varphi + (\alpha_1 - 2\kappa\beta_2 - \alpha_3) \sin 2\varphi + (\beta_1 + 2\kappa\alpha_2 - \beta_3) \cos 2\varphi + (1,5\alpha_2 - 3\kappa\beta_3) \sin 3\varphi + (1,5\beta_2 + 3\kappa\alpha_3) \cos 3\varphi + 2\alpha_3 \sin 4\varphi + 2\beta_3 \cos 4\varphi, \quad (5)$$

$$U = \frac{E}{1-\mu^2} \left[(1+\mu)\alpha_0 + (\mu\alpha_1 - \kappa\beta_1 - 0,5\alpha_2) \sin \varphi + (\alpha_0 + \kappa\alpha_1 + \mu\beta_1 - 0,5\beta_3) \cos \varphi + (\alpha_1 + \mu\alpha_2 - 2\kappa\beta_2 - \alpha_3) \sin 2\varphi + (\beta_1 + 2\kappa\alpha_2 + \mu\beta_2 - \beta_3) \cos 2\varphi + (1,5\alpha_2 + \mu\alpha_3 - 3\kappa\beta_3) \sin 3\varphi + (1,5\beta_2 + 3\kappa\alpha_3 + \mu\beta_3) \cos 3\varphi + 2\alpha_3 \sin 4\varphi + 2\beta_3 \cos 4\varphi \right], \quad (6)$$

$$V = \frac{E}{1-\mu^2} \left[(1+\mu\alpha_0 + (\alpha_1 - \kappa\beta_1 - 0,5\mu\alpha_2) \sin \varphi + (\mu\alpha_0 + \kappa\mu\alpha_1 + \beta_1 - 0,5\mu\beta_3) \cos \varphi + (1,5\mu\alpha_2 + \alpha_3 - 3\kappa\mu\beta_3) \sin 3\varphi + (1,5\mu\beta_2 + \beta_3 - 3\kappa\mu\alpha_3) \cos 3\varphi + 2\mu\alpha_3 \sin 4\varphi + 2\mu\beta_3 \cos 4\varphi \right]. \quad (7)$$

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ рассмотрены вопросы совершенствования конструкций исполнительных механизмов, схем управления работой машин типа ЗНК и создания принципиально нового оборудования, приведены сопоставительные анализы данных теоретических и экспериментальных исследований.

На основе результатов теоретических исследований разработана методика расчета размеров обувной заготовки с учетом получаемых деформаций и расчета усилий, развиваемых кледами формующей машины в различных сечениях носочно-пучковой части обуви.

Для формования заготовки измененного контура, ивализирования

распределения деформации заготовки по её площади, получения экспериментальных данных о напряженно-деформированном состоянии материала верха и сопоставления их с результатами теоретических исследований, для оценки эксплуатационных свойств готовой обуви с уменьшенной перед формированием союзкой усовершенствованная конструкция исполнительных механизмов и гидравлическая схема управления машины ЗНК-2М-0. Конструкция боковых и пучковых клещей предусматривает наличие дополнительного цилиндра 4 (рис.4) поворота клещей в вертикальной плоскости относительно штока 8. Дополнительный цилиндр жестко соединен с основанием 1. Поворот клещей для предварительного поперечного растяжения заготовки в пучковой части происходит при подаче масла в верхнюю полость дополнительного цилиндра и перемещении штока 3. Величина перемещения клещей регулируется болтом 7 с фиксирующей гайкой 6. Пружина 5 служит для возврата клещей в исходное положение. Данная конструкция клещей позволяет позиционировать их в исходном положении вдоль контура б (рис.5) заготовки, определенного по разработанной методике. Подключение цилиндров поворота по разработанной схеме обеспечивает необходимую последовательность срабатывания исполнительных механизмов, а именно - поворотное движение клещей для создания предварительного напряженно-деформированного состояния заготовки начинается после зажима затяжной кромки и заканчивается до начала основного формирования верха обуви на колодке.

Определение деформированного состояния заготовок верха обуви осуществлялось путем измерений звеньев сетки с размерами 20x20 мм, предварительно нанесенной на выкроенные союзки. Погрешность измерений не превышала 5%. Обшая оценка деформированного состояния материала характеризуется увеличением равномерности

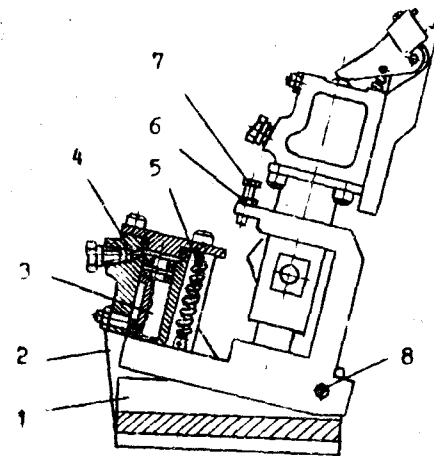


Рис. 4. Конструкция поворотных клещей

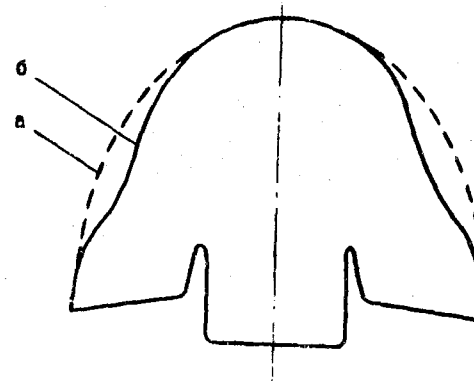


Рис. 5. Контур заготовки: а - традиционный, б - измененный

распределения деформации в опытных полупарах в сравнении с контрольными, сорзки которых имели традиционный контур и формовались на машине ЗНК-2М-0 машиностроительного завода "Вперед". Максимальная разница между экстремальными значениями поперечных деформаций в опытных и контрольных полупарах составила соответственно 4,3 и 9,7%. Аналогичная разница для продольных деформаций - 5,9 и 9,2%. Анализ результатов теоретических исследований деформированного состояния материала верха при формовании на модель и экспериментальных - при формовании на колодку выявил адекватность картин распределения деформации по площади носочно-пучковой части обувной заготовки.

С целью экспериментального исследования формоустойчивости готовой обуви проведена опытная носка 50-ти пар мужских подуботинков фас. 19136/1 Челябинского производственного обувного объединения. Сравнительный анализ эксплуатационных свойств обуви по результатам опытной носки подтвердил правильность теоретических предположений о возможности в величине сокращения исходной площади заготовки при улучшении формоустойчивости верха обуви.

Поставлена задача разработки автоматизированной микропроцессорной системы управления обтяжно-затяжной машиной. На этапе выработки базовой концепции сделано предварительное распределение логических действий между аппаратными и программными средствами, а именно - решено как практически будут использоваться выходные данные, так как это определяет режим работы микропроцессора в системе управления и требования к его временным характеристикам. Для управления работой обтяжно-затяжной машины формования верха обуви выбран режим супервизорного управления.

На следующем уровне детализации алгоритма управления автоматизированной обтяжно-затяжной машиной разработана концептуаль-

ная блок-схема программно-управляемого формования верха обуви (рис.6). Блок 2 характеризует ввод предварительно определенных данных, используемых уже на стадии проектирования заготовки верха обуви из одной партии кож. Блок 3 включает определение функции математической модели формования верха по разработанной методике, вычисление верхнего и нижнего пределов изменения регулируемого параметра, замену непрерывных его значений дискретными путем квантования по уровню. В блоке 6 определяются физико-механические показатели системы материалов формуемой заготовки. Таким образом, при создании предварительного напряженно-деформированного состояния верха обуви определяются показатели каждой конкретной заготовки, которые, согласно блоку 7, заменяют исходные партионные показатели и учитываются в процессе дальнейшего управления формованием. После выполнения расчетов в блоке 8, аналогичных расчетам блока 3, формируется сигнал для начала формования верха обуви на колодке. Во время подъема стелечного упора микропроцессорная система осуществляет программный опрос всех датчиков давления и сравнивает считанные значения с величиной верхнего предела измеряемой величины. При достижении давления верхнего предела микропроцессор вырабатывает управляющий сигнал, согласно которому клещи, датчик которых показал предельно допустимое давление, начинают двигаться вверх вслед за заготовкой, предотвращая её от разрушения. Отсчет значений датчиков давления ведется с удвоенной частотой изменения входного сигнала. По окончании подъема стелечного упора значения всех датчиков проверяется по условию достижения давления нижнего предела и при необходимости вырабатывается управляющий сигнал дополнительного движения клещей вниз для создания оптимального усилия формования, ликвидации "недотяжки" заготовки и придания верху обуви необходимой

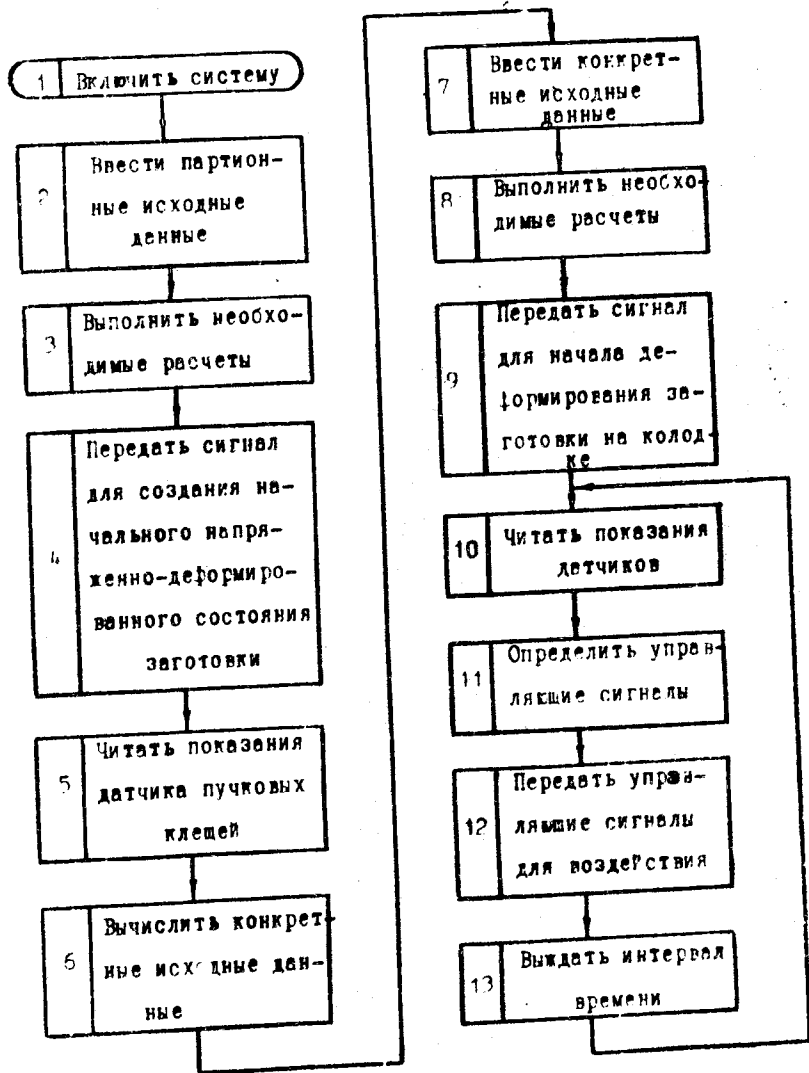


Рис. 6. Концептуальная блок-схема программно-управляемого формирования верха обуви на обтяжно-затяжной машине

формуустойчивости.

В ПРИЛОЖЕНИЯХ приведены сведения о результатах теоретических исследований, статистической обработки экспериментальных данных, об эффективности производственных испытаний.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Путем анализа процесса формования и оценки совершенства конструкции обтяжно-затяжных машин определена возможность сокращения исходных поперечных размеров обувной заготовки в пучковой части.

2. Предложено изменить траектории движения исполнительных механизмов формующей машины для создания предварительного напряженно-деформированного состояния заготовки в целях:

- нивелирования деформации материала верха по площади носочно-пучковой части обуви и повышения её формуустойчивости;

- обеспечения основного формования заготовки измененного контура;

- разработки адаптивной системы микропроцессорного управления формующей машиной.

Формование верха обуви на колодке следует осуществлять по заданной нагрузке при постоянной величине перемещения стелечного упора. Разработаны кинематические и конструктивные схемы исполнительных механизмов для реализации предварительного деформирования заготовки на обтяжно-затяжной машине и реализации основного формования по заданной нагрузке.

3. В качестве математической модели процесса формования целесообразно использовать систему нелинейных дифференциальных уравнений взаимосвязи удельных нагрузок и эйлеровых деформаций материала верха в двух взаимно-перпендикулярных направлениях,

возникающих при формировании заготовки на несимметричную модель носочно-пучковой части колодки. Краевая задача формирования для системы нелинейных дифференциальных уравнений сведена к задаче с начальными условиями. Установлено, что минимальный объем вычислительных работ по определению функций математической модели имеет тригонометрическая интерполяция решения исходной системы уравнений. Удельные нагрузки и эйлеровы деформации формирования при этом описываются тригонометрическими полиномами третьего порядка.

4. Методика корректирования развертки боковой поверхности колодки, разработанная на основе приближенных аналитических решений, позволяет определять размеры заготовки оптимальной площади с учетом деформационных свойств материала, геометрических особенностей колодки и условий закрепления затяжной кромки.

5. Для формирования заготовки верха уменьшенной площади (измененного контура) и низелирования поля распределения деформации обувного материала усовершенствована конструкция исполнительных механизмов и гидравлическая схема машины ЗНК-2М-О.

6. Разработана концептуальная блок-схема программно-управляемого формирования верха обуви на колодке. Реализация этой блок-схемы микропроцессорной системой обтяжно-затяжной машины позволяет создать оборудование, не имеющее аналогов в практике машиностроения для обувной промышленности.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ

1. Гуторов Ю.П., Жаров А.Н. Метод расчета параметров заготовки при формировании верха обуви.- В кн.: Техническое перевооружение и реконструкция предприятий легкой промышленности - важный фактор повышения эффективности производства. Тезисы докладов.-

Челябинск: УДНТП, 1985, с.23-24.

2. Гуторов Ю.П., Жаров А.Н. Решение краевой задачи напряженно-деформированного состояния обувной заготовки.- В кн.: Совершенствование техники и технологии и улучшение качества изделий легкой промышленности. Сборник научных трудов МТИЛП.- М: ЦНИИТЭИлегпром, 1986, с.75-77.

3. Гуторов Ю.П., Жаров А.Н. Оптимизация параметров обувной заготовки с учетом деформаций, возникающих при формировании верха обуви.- В кн.: Совершенствование методов конструирования и технологии изделий из кожи. Сборник научных трудов МТИЛП.- М: ЦНИИТЭИлегпром, 1986, с.126.

4. Гуторов Ю.П., Жаров А.Н. Метод определения деформаций заготовки при формировании верха обуви.- В кн.: Основные направления развития легкой промышленности в 12-й пятилетке. Материалы семинара.- М: МДНТП, 1986, с.67-71.

5. Гуторов Ю.П., Жаров А.Н. Исследование и аппроксимация нелинейных коэффициентов математической модели процесса формирования верха обуви. Рукопись депонирована в ЦНИИТЭИлегпром 23.09.86, №1753-лп.