

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
У С С Р

КИЕВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

Кармалита Анатолий Константинович

УДК 685.312.1

Для служебного пользования  
зкз. № 00056

СОЗДАНИЕ УСТРОЙСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ  
ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ ПО СВОЙСТВАМ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Специальность - 05.02.13 - Машины и агрегаты  
легкой промышленности

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Киев - 1985

ДСН 1/220  
о.б. 05.09.85.

Работа выполнена в Киевском технологическом институте  
легкой промышленности

Научный руководитель - доктор технических наук  
профессор Пискорский Г.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук  
профессор Карамышкин В.В.  
кандидат технических наук  
Баканов Н.И.

Ведущее предприятие - ЦСПКТБ Минлегпрома УССР

Запита состоится "23" сентябрь 1985 г. в 11<sup>15</sup>  
часов на заседании специализированного Совета Московского  
ордена Трудового Красного Знамени технологического инсти-  
тута легкой промышленности. Д.053.32.02.

Адрес института: 113127, Москва, ул.Н.Осипенко, 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
института.

Автореферат разослан "6" сентябрь 1985 г.

Ваше отзывы и замечания в двух экземплярах, заверенные  
печатью, просим направлять в Ученый совет института.

Ученый секретарь  
специализированного Совета  
кандидат технических наук

доцент Гришину В.В.Гришин

-3-

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В материалах апрельского 1985 года Пленума ЦК КПСС поставлена главная задача перед машиностроением - "быстро перейти на производство новых поколений машин и оборудования, которые способны обеспечить внедрение прогрессивной технологии, многократно повысить производительность труда ...".

Направление совершенствования техники в обувном производстве за счет повышения скоростных режимов машин уже не дает значительного эффекта, т.к. доли рабочего времени универсальных и автоматизированных обувных машин не превышает 40% от цикловых затрат, а остальное время приходится на вспомогательные операции, связанные с подачей деталей в зону обработки, их совмещением, съемом обработанных деталей и т.п. Поэтому резерв дальнейшего повышения производительности труда заключается в автоматизации таких операций за счет применения промышленных роботов.

В связи с тем, что производство уже сейчас нуждается в огромном количестве промышленных роботов, наиболее реальным в ближайшее время является внедрение на обувных предприятиях программных роботов и разработка адаптивных роботов.

Программные роботы функционируют по заданной жесткой программе и для их внедрения необходимо решить проблему предварительного упорядочения среды. Внедрение адаптивных роботов требует создания чувствительных схватов. Следовательно, контроль положения объектов роботизации, как составная часть упорядочения среды, а также создания элементов технического зрения, является одним из решаемых факторов для роботизации.

В связи с тем, что плоские детали обуви обладают асимметрией свойств поверхности, а также парностями, для них, наряду с контролем положения по геометрическим признакам, необходим контроль по-

ложения по свойствам поверхностей.

Известные способы контроля положения по свойствам поверхностей трудно реализовать в производственных условиях из-за их сложности и специфики обувного производства.

Следовательно, создание эффективных способов контроля, получение четких рекомендаций и методик расчета контролирующих устройств, разработка этих устройств, является актуальной проблемой.

Целью работы являются аналитические и экспериментальные исследования трения, струйных и вакуумных устройств для контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей, направленные на создание инженерной методики их расчета при проектировании автоматизированного оборудования и робототехнических комплексов для обувного производства.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Проведены исследования трения свойств и топографии поверхностей большинства обувных материалов и типизация этих поверхностей по их характерным признакам.

2. Разработаны способы контроля плоских деталей обуви, основанные на использовании асимметрии трения свойств и топографии их поверхностей.

3. Выполнены аналитические и экспериментальные исследования процесса контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей с помощью вакуумной системы, как наиболее перспективного способа:

а) исследовано взаимодействие присосок с оппозитными поверхностями контролируемых деталей;

б) определено время контроля, как фактор, влияющий на производительность устройств для контроля.

Методика проведения исследований. Аналитические исследования основаны на трудах советских и зарубежных ученых в области вязкой

ненсжимаемой жидкости, теории упругости, теории фильтрации. Применены основные положения теории аэродинамических процессов, принципа пневматических измерений, методов математической статистики и теории вероятности, методов программирования на ЭВМ.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием натурных экспериментов и тензометрирования, измерений с помощью микроскопов. Обработка данных экспериментов и аппроксимация полученных закономерностей проводилась с использованием ЭВМ.

Научная новизна. Предложены принципиально новые способы контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей, основанные на использовании асимметрии трения свойств и топографии поверхностей обувных материалов, а также устройство для контроля; датчики контроля положения деталей в них одновременно являются исполнительными органами по перемещению контролируемых деталей из позиции контроля. Способы и устройство защищены авторскими свидетельствами СССР № 1057000, № 1063378, № 1120506.

Исследован характер перемещения детали в процессе контроля ее положения с помощью струй воздуха, в результате чего получено уравнение движения детали и определены характеристики конструкции, обеспечивающие возможность контроля.

Исследовано взаимодействие контролирующих присосок и поверхностей контролируемой детали с учетом деформации неровностей поверхности, что позволило получить математическую модель процесса контроля с помощью вакуумной системы, необходимую для инженерных расчетов устройств, реализующих этот способ контроля.

Получены интегральные выражения для определения времени контроля с помощью вакуумной системы и выполнено их решение на ЭВМ.

Практическая ценность заключается в том, что результаты аналитических и экспериментальных исследований могут быть использованы при проектировании принципиально новых устройств для контроля

плоских деталей обуви по свойствам поверхностей при создании модулей роботизированных систем обувного производства.

Простота и надежность исследуемых способов контроля предполагает использование устройств, их реализующих, на различных технологических операциях в участках.

Выполненные исследования могут служить предпосылкой появления новых способов контроля, а значит, и новых реальных устройств в промышленности.

Разработанная с учетом результатов исследования конструкция модуля загрузки на операцию "намазка kleem микронористых подошв" внедрена в Хмельницкой обувной фабрике. Ожидаемый экономический эффект 2,1 тыс. рублей за единицу оборудования в год.

Результаты исследований используются в Киевском технологическом институте легкой промышленности при чтении лекций и проведении лабораторных работ по дисциплине "Машины, машины - автоматы и автоматические линии легкой промышленности".

Апробации работы. Основные положения работы получили положительную оценку:

- на XCI научной конференции профессорско-преподавательского состава Киевского технологического института легкой промышленности, февраль 1984 г.;

- на научно-технической конференции "Промышленные роботы и АСУ роботизированным производством", октябрь 1983 г., г. Ужгород;

- на научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития робототехнических систем в легкой промышленности", ноябрь 1983 г., г. Киев

- на Всесоюзной научно-технической конференции "Робототехнические системы в текстильной и легкой промышленности", ноябрь 1984 г., г. Ленинград.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ.

в том числе 3 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, выводов и предложений, списка литературы и приложения.

Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, содержит 49 рисунков, 8 таблиц, библиографию из 110 наименований; приложения включают в себя 14 рисунков, 17 таблиц и представлены на 52 страницах. Общий объем работы составляет 195 страниц.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулирована цель исследования, указывается их новизна и практическая значимость.

В первом разделе проведен обзор литературы по контролю положения объектов роботизации при автоматическом упорядочении среды.

Установлено, что процесс ориентирования объектов роботизации является одним из элементов упорядочения среды; задача ориентирования включает в себя элементы контроля положения. Таким образом, контроль положения объектов роботизации - неотъемлемая часть упорядочения среды.

Для ориентации плоских деталей обуви, наряду с контролем положения деталей по геометрическим признакам, необходим контроль их положения по асимметрии свойств поверхностей.

Существующие в приборостроении и машиностроении устройства для контроля положения плоских деталей невозможно применить для большинства плоских деталей обуви, так как свойства поверхностей этих деталей имеют свою специфику.

Исследованные ранее методы контроля положения обувных деталей по асимметрии свойств поверхностей трудно реализовать в про-

изводственных условиях.

Исходя из этого, доказана необходимость создания эффективных устройств для контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей.

Второй раздел посвящен анализу механических способов контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей, разработанных с непосредственным участием автора и защищенных авторскими свидетельствами СССР № 1057000, 1063378, 1120506.

На рис. 1 изображена схема контроля положения плоских деталей обуви по трением свойствам поверхностей с помощью двух валков. На схеме представлены одинаковые валки 1 и 2, контролируемая деталь 3, позиция загрузки 4 и позиция переориентации 5.

Плоскую деталь, имеющую асимметрию тренических свойств поверхностей, помещают между контролирующими валками, вращающимися в одну сторону. Затем валки прижимают к противоположным поверхностям детали. Если тренические свойства поверхности детали различны, то, соответственно, различны по величине и силы трения  $F_1$  и  $F_2$  между деталью и валками. В результате деталь будет перемещаться тем валком, за поверхности которого возникает большая сила трения.

Таким образом, в процессе контроля положения деталь перемещается от позиции контроля на позицию загрузки в технологическое оборудование или на позицию переориентирования в направлении, зависящем от ее исходного положения.

Учитывая то, что тренические свойства обувных материалов и материалов валков достаточно полно изучены, расчет и проектирование устройств для контроля, реализующих этот способ, не вызывает больших затруднений.

Многие натуральные и искусственные материалы, используемые в обувном производстве, кроме прочих отличий, имеют различные неровности (различную топографию), а также различную ворсистость на

лицевой и изнаночной поверхностях, которые могут быть естественными, создаваться искусственно с декоративной или другой специальной целью в процессе обработки.

Различие заключается в величине неровностей, их расположении на поверхностях и упругих свойствах.

Это создает возможность осуществить контроль положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей с помощью способов, основанных на использовании указанных признаков.

На рис. 2 изображена схема контроля положения плоских деталей обуви по асимметрии неровностей и ворсистости поверхностей с помощью струй воздуха.

На схеме представлены две пневматические камеры 1, установленные на основании 2 параллельно друг другу, имеющие патрубки 3 для подсоединения к системе подачи сжатого воздуха. В стенке каждой камеры, обращенной к противоположной камере, выполнены равномерно распределенные по всей ее поверхности отверстия (сопла) 4, оси которых расположены под одинаковым углом к поверхности стенки.

Контроль осуществляется следующим образом. Подлежащая контролю деталь 5 устанавливается своим наименьшим размером (ребром) на основании 2 между двумя камерами 1. Сжатый воздух через патрубки 3 подается в камеры и выходит оттуда через отверстия 4, воздействуя на поверхности детали.

Схема действия составляющих сил в горизонтальной плоскости от воздействия воздушной струи на плоскую деталь в начальный момент контроля, когда деталь перекрывает все сопла, показана на рис. 3.

Если струя воздуха действует на деталь и направлена под некоторым углом  $\angle$  к ее поверхности, то силу действия ее можно разложить на две составляющие: в направлении нормали к поверхности детали  $N$  и вдоль ее поверхности  $T$ . Сила  $T$  выполняет роль движущей силы вдоль поверхности детали, а сила  $N$  отталкивает де-

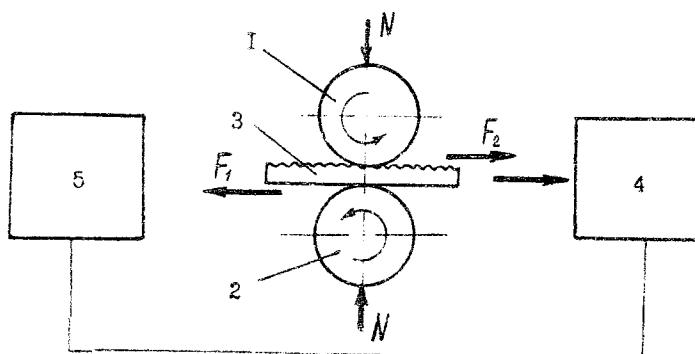


Рис.1. Схема контроля положения плоских деталей обуви по трением свойствам поверхностей.

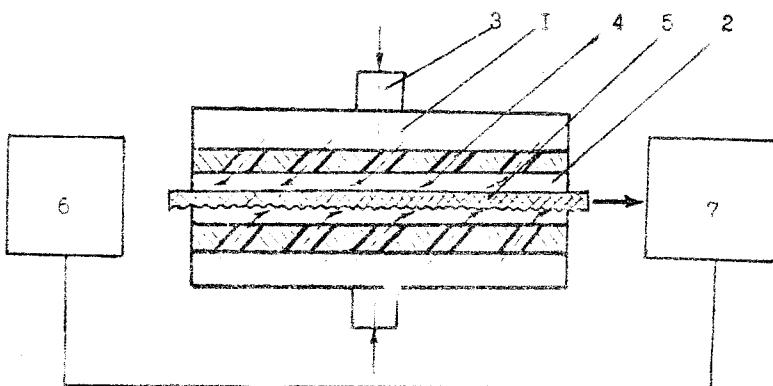


Рис.2. Схема контроля положения плоских деталей обуви по асимметрии шероховатости поверхности с помощью струй воздуха.

таль, создавая вектор  $h$ .

В результате деталь перемещается в направлении действия струй воздуха ли более неровную поверхность, т.е. в направлении позиции загрузки 7, или позиции переориентации 6.

На основании известной теории процесса перемещения плоских объектов несущей воздушной подушкой, определены области оптимальных значений угла  $\angle \alpha$  наклона сопла, диаметра  $d$  сопла, длины  $\ell$  сопла, а также получено дифференциальное уравнение движения детали за позицию контроля, решение которого позволяет определить оптимальные параметры процесса контроля.

$cQv \cos \alpha - mgf - m\ddot{x} = 0$ ,  
где  $Q$  — секундный массовый расход воздуха;

$v$  — скорость воздуха;

$f$  — коэффициент трения между деталью и поверхностью основания устройства для контроля;

$m$  — масса детали;

$c$  — коэффициент, характеризующий различие топографических свойств противоположных поверхностей детали.

Значение коэффициента  $c$  для деталей обуви было найдено экспериментальным путем. Усилие перемещения при этом определялось методами электротензометрии, расход воздуха находили при входе в камеру с помощью трубы Пито-Прандтля.

Оптимальное значение угла  $\alpha$  находится в диапазоне  $30^\circ + 50^\circ$ . Длину сопла (толщину стенки камеры) рекомендуется брать из соотношения  $\ell = (2 + 3)d$ .

Возможность контроля конкретной детали определяется выражением

$$\frac{cQv \cos \alpha}{m} > gf$$

Контроль положения плоских деталей обуви по асимметрии неровностей и ворсистости поверхности с помощью вакуумной системы

заключается в том, что к находящейся на позиции контроля детали I (рис.4), перпендикулярно к ее поверхностям подводят две одинаковые присоски 2, работающие по принципу дроссельных пневматических преобразователей и подключенных к одному источнику вакуума. Отсос воздуха из полостей присосок осуществляется через малые калибранные отверстия дросселей площадью сечения  $S_0$ . Разрежение в полостях присосок  $P_1$  и  $P_2$  зависит соответственно от соотношения размеров условных зазоров  $S_1$  и  $S_2$ , и дросселей  $S_0$ .

После контакта поверхностей присосок с противоположными поверхностями детали между этими поверхностями и присосками возникают усилия присасывания  $N_1$  и  $N_2$ , соответствующие разрежениям в полостях присосок.

Условием контроля является возникновение определенной разности усилий  $\Delta N$  присасывания присосок к противоположным поверхностям детали. В этом случае, после отвода присосок деталь остается на той из них, усилие присасывания которой к детали, в момент отвода присосок, было больше, и дальше будет транспортироваться ею в технологическую машину 3 или на позицию переориентирования 4.

Необходимым требованием, предъявляемым к материалу присосок является его жесткость, которая должна быть значительно больше жесткости материала детали. В противном случае в процессе контакта рабочая поверхность присоски будет деформироваться и заполнять впадины неровностей поверхностей контролируемой детали, тем самым уменьшая разность в размерах условных зазоров  $S_1$  и  $S_2$ , а значит разность усилий присасывания  $\Delta N$ , что ухудшает условия контроля. В наших исследованиях применялись присоски из конструкционных сталей.

В общем случае, по схеме на рис.4, условие контроля в первый момент времени отвода присосок можно записать в виде

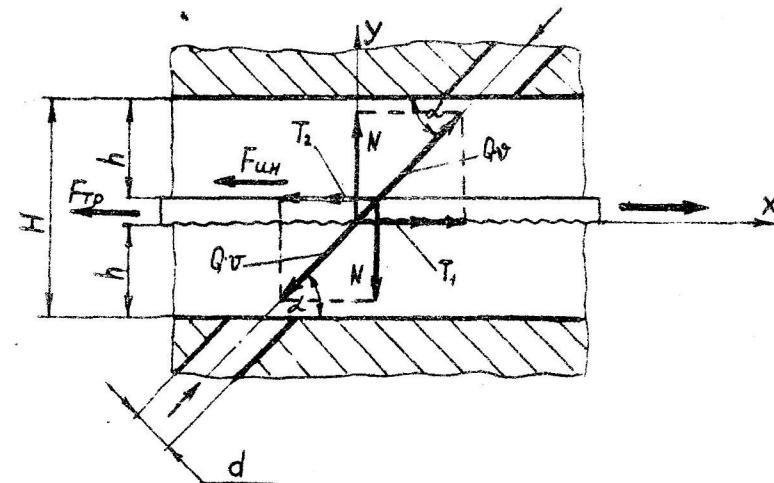


Рис.3. Схема сил, действующих на деталь в процессе контроля положения с помощью струй воздуха.

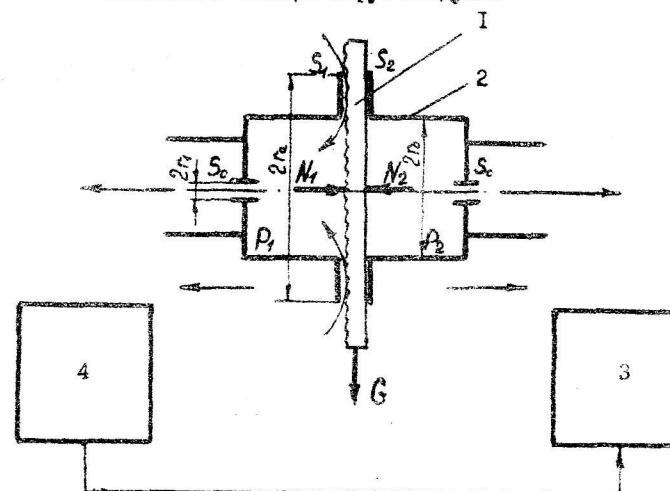


Рис.4. Схема контроля положения с помощью двух присосок.

$$|(N_1 - N_2)f| \geq Kf, \quad (1)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  - усилия присасывания присосок к поверхности детали;

$f$  - коэффициент трения между рабочей поверхностью присоска и поверхностью детали;

$G$  - вес детали;

$K$  - коэффициент запаса для надежного удерживания детали.

Были изготоены модели устройств, реализующих описанные способы контроля и проведены испытания, подтвердившие их работоспособность. Рекомендуемые по результатам испытаний способы контроля отмечены в таблице знаком "+".

Таблица

Номер ши	Наименование детали	Способ контроля		
		Фрикционны- ми вальками	присос- ками	воздействием струи воздуха
		1	2	3
1	Кожаные подошвы с гладкой холловой поверхностью и внешней патовой	+	-	+
2	Кожаные подошвы с гладкой холловой поверхностью	+	+	-
3	Подошвы из микропористой резины с рифленой холловой поверхностью	-	+	+
4	Детали верха из ватураемых кож	+	-	-
5	Детали верха из искусствен- ных материалов	+	-	-
6	Детали верха из искусст- венного меха	-	+	+
7	Вельвет - корд из бязевой артикул 918	-	-	+
8	Детали верха из дублирован- ых материалов	-	+	+

Способ контроля положения плоског деталей по свойствам поверхности с помощью вакуумной системы можно реализовать в виде спустяленного ската промышленного робота, для этого выполнены базовые глубокие аналитические и экспериментальные его исследования.

В третьем разделе проведено аналитическое исследование про-цесса контроля положения плоских деталей обуви по свойствам по-верхностей с помощью присосок.

Что можно разделить на два этапа:

1. Момент отрыва одной из присосок от поверхности детали.

2. Начальный момент транспортирования детали от позиции конт-роля после того, как деталь останется на одной из присосок после отвода их в противоположные стороны.

Условия удержания детали на одной из присосок при транспорти-ровании ее от позиции контроля достаточно полно изучены, поэтому исследование условий контроля выполнялось нами только для первого этапа.

Для определения усилий присасывания контролирующих присосок к противоположным поверхностям контролируемой детали было использо-вано известное выражение

$$N_1 = \int_{R_o}^{R_i} (P_a - P') 2\pi r dr + (P_2 - P_1) \pi R^2, \quad (2)$$

где (рис.4)  $P_a$  - атмосферное давление;

$P'$  - давление в отрыве контактающей поверхности

присоски к поверхности детали(условной зазоре);

$R$  - радиус, на котором определяется давление  $P'$ ;

$R_o$  - наружный радиус присоски;

$R_i$  - внутренний радиус присоски;

$P_1$  и  $P_2$  - давления в полостях присосок.

Приближенное вычисление интегралов выполняли при помощи фор-мулы Ньютона - Котеса

$$2\pi \int_{r_0}^{r_a} P' r dr = \pi \frac{(r_a - r_0)}{3} (P_a r_a + 4P_{cp}' r_{cp} + P_a r_a);$$

где  $r_{cp}$  - средний радиус присоски;

$P_{cp}'$  - давление на среднем радиусе присоски.

Для определения значения давления  $P_{cp}'$  в случае, когда неровности не образуют замкнутых контуров, представляли процесс течения воздуха в стыке между поверхностью детали и торцем присоски с точки зрения общей теории фильтрации через пористые материалы. Пространство стыка представлено как пористая среда, в которой в радиальных направлениях к оси присоски происходит фильтрация воздуха под действием перепада давления.

$$P_{cp}' = \sqrt{P_a^2 - \frac{P_a^2 - P_1^2}{\ln r_a/r_0} \ln \frac{2r_a}{r_a + r_0}}.$$

Для аналитического определения давлений  $P_1$  и  $P_2$  в полостях присосок, рассматривали воздух как нескимаемую жидкость и составили уравнение неразрывности струи для сечений, проходящих через отверстие дросселя и стык присоски с поверхностью детали (условный зазор).

$$V_1 \gamma_1 S_1 \rho = V_2 \gamma_2 S_2 \rho; \quad (3)$$

где  $V_1$  - скорость прохождения воздуха через условный зазор (или скорость фильтрации);

$V_2$  - скорость прохождения воздуха через отверстие дросселя;

$\gamma_1$  - коэффициент расхода через условный зазор;

$\gamma_2$  - коэффициент расхода через отверстие дросселя;

$\rho$  - плотность воздуха.

Для определения скорости фильтрации воспользовались основной в настоящее время общепринятой теоретической моделью пористой среды - моделью капельной жидкости.

$$V_1 = m_1 u,$$

где  $m_1$  - коэффициент пористости среды (или пористость среды);  
 $u$  - действительная скорость движения жидкости в порах пористой среды.

Скорость течения воздуха по уравнению капельной жидкости:

$$u = \sqrt{\frac{2g}{\rho} (P_a - P_1)},$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g}{\rho} (P_1 - P_p)}, \quad (4)$$

где  $P_p$  - величина разрежения в рецирку.

$$V_1 = m_1 \sqrt{\frac{2g}{\rho} (P_a - P_1)} \quad (5)$$

Принимали обобщенный коэффициент расхода  $\gamma_c = \gamma_1/\gamma_2$  равным единице.

Размер условного зазора при входе в полость присоски

$$S_1 = 2\pi r_0 h_1 \Psi_1,$$

где  $h_1$  - высота неровностей;

$\Psi$  - коэффициент живого сечения.

$$\text{Обозначив: } S_1 = h_1 \Psi_1 m_1; \quad S_2 = h_2 \Psi_2 m_2,$$

где  $S_1$  и  $S_2$  - приведенные высоты неровностей противоположных поверхностей детали,

получили давление в полости присоски с учетом (3), (4), (5):

$$P_1 = \frac{4\pi^2 r_0^2 \xi^2 P_a + S_0^2 P_p}{S_0^2 + 4\pi^2 r_0^2 \xi^2}, \quad (6)$$

Тогда усилие присасывания контролирующей присоски к поверхности контролируемой детали определяется выражением:

$$N_1 = \pi (r_a^2 - r_0^2) P_a + \pi r_0^2 P_2 - \pi r_0 \frac{r_a - r_0}{3} P_a -$$

$$\left( \frac{4\pi^2 r_0^2 \xi^2 P_a + \pi r_0 S_0^2 P_p}{S_0^2 + 4\pi^2 r_0^2 \xi^2} \right) \left( \frac{2r_a + r_0}{3} \right) - 2\pi \frac{(r_a^2 - r_0^2)}{3} \times$$

$$\times \sqrt{P_a^2 - \left( P_a^2 - \frac{16\pi^4 r_o^4 S_0^4 P_a^2 + 8\pi^2 r_o^2 S_0^2 P_a P_p + S_0^4 P_p^2}{S_0^4 + 8S_0^2 r_o^2 S_1^2 + 16\pi^4 r_o^4 S_1^4} \right) \frac{\ln \frac{2r_a}{r_o+r_a}}{\ln \frac{r_a}{r_o}}} \quad (7)$$

Аналогично можно записать выражение для определения усадки  $N_2$ . Условие контроля детали в начальный момент приобретает вид:

$$|\Delta N_2| = \left| \left( \frac{5r_o+r_a}{3} \right) \left( \frac{4\pi^3 r_o^3 S_0^2 P_a + 9r_o S_0^2 P_p}{S_0^2 + 4\pi^2 r_o^2 S_1^2} \right) + \right. \\ \left. + \frac{2}{3} \pi (P_a^2 - P_o^2) \left[ \sqrt{P_a^2 - \left( P_a^2 - \frac{16\pi^4 r_o^4 S_0^4 P_a^2 + 8\pi^2 r_o^2 S_0^2 S_o P_a P_p + S_0^4 P_p^2}{S_0^4 + 8S_0^2 r_o^2 S_1^2 + 16\pi^4 r_o^4 S_1^4} \right) \frac{\ln \frac{2r_a}{r_o+r_a}}{\ln \frac{r_a}{r_o}}} \right] f \right| > K_G \quad (8)$$

В некоторых случаях выступы неровностей образуют замкнутый контур. Тогда, если ширина рабочей поверхности присоски больше размера впадины неровностей - давление в полости присоски равно подводимому, если меньше - определяется выражением:

$$P_1 = \frac{P_a}{1 + \left( \frac{r_o^2}{2r_o h} \right)^2} \quad (9)$$

где  $r_o$  - радиус отверстия дросселя.

Мягкие детали обуви изготавливаются из мягких материалов, имеющих на своих поверхностях мягкие выступы. В процессе контроля возможна их деформация. При этом происходит изменение параметров условных зазоров.

Для определения деформаций рассматривали каждый из четырех возможных случаев первоначального контакта рабочей поверхности

присоски и выступов неровностей отдельно: в точке, по линии, по плоскости, по торцу ворса, используя закономерности из теории упругости и сопротивления материалов.

Для определения параметров условных зазоров по деформации и определения типа первоначального контакта, было выполнено измерение неровностей известными методами и типизация поверхностей обувных материалов по двум признакам: по виду расположения неровностей на поверхности и по виду профиля неровности.

Как видно из графиков на рис. 5 усилие присасывания для мягких материалов с учетом деформации значительно отличается от усилия без ее учета, поэтому для определения возможности контроля необходимо подставлять в выражение (8) значения приведенных высот неровностей с учетом деформации.

Решение этой задачи выполняли на ЭВМ, для чего нами составлена программа на алгоритмическом языке ФОРTRAN.

Время срабатывания контролирующих присосок равно времени изменения давления в полости присоски до наступления равенства расходов воздуха через условный зазор  $Q_2$  и калиброванное отверстие дросселя  $Q_1$ , когда в полости присоски установится постоянное давление  $P_{уст}$ .

$$\frac{dP}{dt} = \frac{RT}{V_0} (Q_1 - Q_2), \quad (10)$$

где  $R$  - газовая постоянная;

$T$  - температура воздуха;

$V_0$  - объем полости присоски.

Считая процесс адиабатическим, интегрируя (9) с учетом известных выражений для определения расхода воздуха, получили выражение для определения времени срабатывания присосок.

$$t = \frac{V_0}{31,64 S_c \sqrt{T}} \int \frac{dp}{\Phi(p)} \quad (11)$$

где  $\Phi(\xi)$  - зависит от режима течения воздуха (подкритический или надкритический).

Решение интеграла выполняли с помощью ЭВМ ЕС-1020. Расчеты показали, что время контроля находится в пределах 1 + 2 с.

В четвертом разделе проведена экспериментальная проверка результатов аналитического исследования контроля положения с помощью присосок.

Был изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий изменять намеченные для проверки факторы в нужном диапазоне.

Усилие присасывания определялось методом электротензометрии, деформация неровностей - индикаторами перемещения, время контроля - с помощью трубы Бурдона по осциллограмме изменения давления в полости присоски. Необходимый вакуум создавался вакуумной станцией с применением вакуумного насоса РВН-20. Образцами являлись круглые пластины из различных обувных материалов, наклеенные на стеклотекстолитовые пластины для исключительной просасывания воздуха сквозь материал детали и возможности измерения деформации неровностей.

Экспериментальные данные, полученные в результате проведения серии экспериментов, обрабатывались методами математической статистики для малых выборок с помощью ЭВМ.

Была выполнена аппроксимация найденных экспериментальных путем закономерностей.

Зависимость из рис. 6 аппроксимируется уравнением:

$$N = 139,6 - 2812,4\xi + 4671,2\xi^2 + 16642,1\xi^3$$

Тогда

$$\Delta N = 2812,4(\xi_2 - \xi_1) + 4671,2(\xi_1^2 - \xi_2^2) + 16642,1(\xi_1^3 - \xi_2^3). \quad (II)$$

График зависимости дает представление о возможности надежного контроля конкретной детали, если известны характеристики ( $\xi_1$  и  $\xi_2$ ) ее оппозитных поверхностей, определяет "диапазон" поверхно-

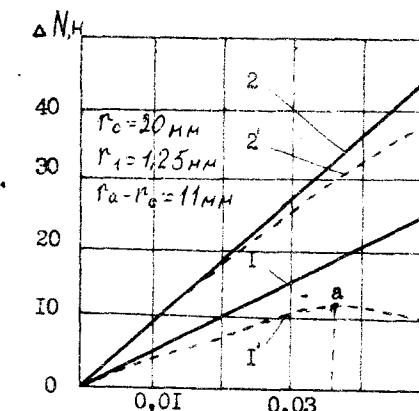


Рис.5. График зависимости разности усилий присасывания  $\Delta N$  от величины подводимого вакуума  $P_B$ .

- I - I' - для детали из искусственного меха,
- 2 - 2' - для детали из микропористой резины,
- - - - без учета деформации неровностей,
- - - - с учетом деформации неровностей.

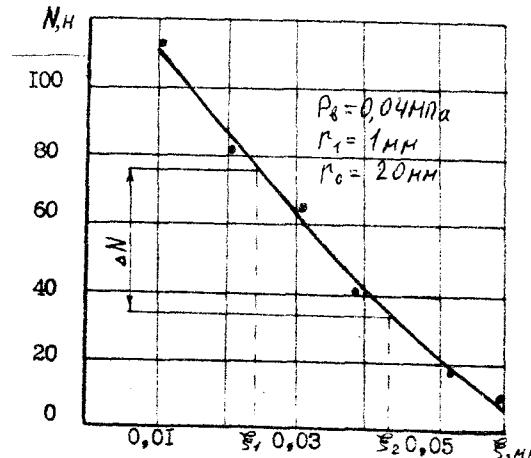


Рис.6. График зависимости усилия присасывания  $N$  от приведенной высоты неровностей  $\xi$  при ширине контактной поверхности присоски  $r_a - r_c = 26$  мм.

стей, для которых возможен надежный контроль, т.е. когда коэффициент запаса для надежного удержания детали будет  $K \geq 2$ , а минимальная величина разности усилий присасывания из (1)  $\Delta N_{min} \geq 2G/f$ .

Установлено, что величина  $\Delta N$  зависит также от величины подводимого вакуума  $P_f$  и геометрических размеров присосок.  $\Delta N$  увеличивается с увеличением контактной поверхности присоски ( $r_a - r_c$ ) для всех обувных материалов. Характер зависимости  $\Delta N$  от  $P_f$ ,  $r_o$ ,  $r_c$  не одинаков для различных обувных материалов.

Как видно из графика на рис. 5 (точка а), существует максимум разности усилий присасывания контролирующих присосок к поверхности детали в области определения. Так как это наиболее благоприятный режим контроля, нами составлена программа для расчета на ЭВМ параметров процесса при данном режиме.

Расхождения между результатами экспериментальных исследований и расчетами по математической модели незначительны (в пределах 10 + 15 %). Поэтому можно утверждать, что математическая модель адекватно описывает процесс контроля и применима для инженерных расчетов.

В приложениях работы приведены примеры практического применения результатов исследования, таблицы, программы расчетов на ЭВМ.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАБОТЕ

1. В результате проведенного обзора установлена целесообразность создания более эффективных устройств для контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей как неотъемлемой части процесса упаковочного цикла.

2. Анализ и опытная проверка предложенных нами механических способов контроля, защищенных авторскими свидетельствами № 1057000, № 633378, № 20506, установил целесообразность использования устройств, реализующих эти способы, для подготовки детерминированной среды при

применении промышленных роботов в освобожденном производстве.

3. Найденный нами экспериментальным путем коэффициент, характеризующий различия в тиннографических свойствах противоположных поверхностей плоской детали обуви, позволяет произвести инженерный расчет устройств для контроля плоских деталей по свойствам поверхностей с помощью струй воздуха.

4. Результаты экспериментальной проверки моделей устройств для контроля можно использовать для выбора способа контроля, для некоторых обувных материалов, с целью повышения надежности, можно дублировать контроль различными по принципу действия устройствами.

5. Аналитические и экспериментальные исследования способа контроля с помощью вакуумной системы (присосок), как наиболее перспективного способа с точки зрения создания сенсорных скважин с помощью промышленных роботов, подтвердили предположения о том, что основными факторами, влияющими на его осуществление, являются:

- параметры неровностей поверхностей плоских деталей;
- параметры контролирующих присосок;
- величина подводимого вакуума;
- физико-механические свойства обувных материалов.

6. Наиболее благоприятные условия для контроля с помощью присосок создаются при максимально достижимой разности усилий присасывания контролирующих присосок к противоположным поверхностям контролируемой детали в момент отрыва одной из присосок от поверхности детали.

7. Для определения параметров контролирующих присосок и величины подводимого вакуума, обеспечивающих максимум разности усилий присасывания, составлена программа на алгоритмическом языке ФОРТРАН, которую можно использовать для инженерных расчетов устройств контроля.

8. Продолжительность контроля с помощью вакуумной системы на-

ходится в пределах времени выполнения технологических операций на высокопроизводительном оборудовании обувного производства.

9. Ожидаемый экономический эффект от использования одного предложенного устройства для контроля в составе модуля загрузки макропористых подошв в kleenamazную машину на Хмельницкой обувной фабрике им. 60-летия Октябрьской революции составляет 2,1 тыс. рублей в год.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Пискорский Г.А., Кармалита А.К. Способ контроля положения плоских деталей обуви по трикотажным свойствам поверхностей. Авторское свидетельство № I057000. Опубликовано 30.II.83. Бюллетень № 44.

2. Пискорский Г.А., Кармалита А.К. Способ подачи деталей обуви с различной шероховатостью поверхности на технологическую обработку. Авторское свидетельство № I063378. Опубликовано 30.II.83. Бюллетень № 48.

3. Кармалита А.К., Пискорский Г.А., Свиридов Н.М., Исупов А.Х. Устройство для контроля положения и сортировки плоских деталей обуви по шероховатости и ворсистости поверхности. Авторское свидетельство № II20506.

4. Кармалита А.К., Пискорский Г.А. Перспективы контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей. Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 2, 1984.

5. Кармалита А.К., Пискорский Г.А. Контроль положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей с помощью присосок. Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 5, 1984.

6. Кармалита А.К., Пискорский Г.А. Исследование деформаций неровностей в процессе контроля положения плоских деталей обуви по

свойствам поверхностей. Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 5, 6, 1984г.

7. Кармалита А.К., Пискорский Г.А., Бусуек И.П., Рековец В.Л. Применение вакуумной системы для контроля положения плоских деталей обуви по свойствам поверхностей: Тез. докл. Всесоюзн.науч.-технич.конференц. "Робототехнические системы в текстильной и легкой промышленности", ЛИТП, Л., ноябрь 1984, с.33.

8. Бусуек И.П., Пискорский Г.А., Тарасюк П.Е., Кармалита А.К. Некоторые признаки плоских деталей обуви как основа для опознания их типов: Тез.докл. Всесоюзн.науч.-технич.конференц. "Робототехнические системы в текстильной и легкой промышленности", ЛИТП, Л., ноябрь 1984, с.5.

9. Кармалита А.К., Пискорский Г.А. Перспективы применения промышленных роботов в легкой промышленности. Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 1,2, 1985.

Подписано к печати 19.06.1985г.  
Хмельницкий ВЦ областного управления, Запись № 73

Тираж 100