

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*На правах рукописи*

**КУЗОВКОВ ВИКТОР СТЕПАНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ  
И ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМОВАКУУМНЫХ  
УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОДАЧИ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА  
ОБУВИ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МАШИНАМ**

Специальность 05.02.13  
«Машины и агрегаты легкой промышленности»

**A B T O R E F E R A T**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва -- 1983

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

Научный руководитель -  
доктор технических наук, профессор А.И.КОММСАРОВ

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор Г.А.ПЛЮСКОРСКИЙ  
кандидат технических наук, ст.научный сотр. П.В.БЕЛЬСКИЙ

Ведущее предприятие -  
Центральное проектно-конструкторское и технологическое бюро  
легкой промышленности РСФСР

Защита состоится "20 апреля 1983 г. в 11 часов  
на заседании специализированного Совета Московского ордена  
Трудового Красного Знамени технологического института легкой  
промышленности.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.  
автореферат разослан "19 марта 1983 г.

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

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
доцент

*Гришич* В.В.Гришич

АКТУАЛЬНОСТЬ. Директивами XXVI съезда КПСС перед легкой промышленностью на текущее пятилетие поставлена задача увеличения объема производства продукции, в том числе и обуви, на 18-20 процентов. При этом предусматривается продолжить техническое перевооружение предприятий на базе широкого внедрения высокопроизводительного оборудования.

В настоящее время для швейного и обувного производств создается производительное швейное оборудование, в котором эффективность достигается за счет повышения скоростных режимов машин, применения для автоматического перемещения полуфабриката ориентирующих кассет и следящих устройств, а также автоматизации приемов типа "включить и выключить машину", "обрезать нитки" и т.д.

Однако, это направление совершенствования техники уже не дает значительного эффекта, т.к. доля рабочего времени универсальных и автоматизированных швейных машин не превышает 40 процентов от цикловых затрат, а остальное время приходится на вспомогательные операции, связанные с подачей деталей в зону обработки, их совмещением, объемом обработанных деталей. Резерв дальнейшего повышения производительности труда заключается в автоматизации таких операций.

Решение проблемы автоматизации подачи плоских деталей верха обуви осложняется рядом факторов, таких как сложность контура деталей, их воздухопроницаемость, существенные отклонения размеров (при вырубке на прессах) и довольно жесткие требования к точности расположения строчек относительно края. Указанные факторы вызывают необходимость доориентирования деталей относи-

тельно инструментов машин в начале цикла обработки, что влечет за собой потребность в создании таких рабочих органов загрузочно-разгрузочных устройств, которые выполняли бы не только поинтучный захват деталей, но и удержание их при переносе и доориентировании.

В качестве рабочих органов загрузочно-разгрузочных устройств возможно использование вакуумных и струйных инструментов. При этом с целью упрощения конструкций устройств необходимо создавать на базе вакуумных и струйных инструментов пневмовакуумные рабочие органы, попаременно работающие в вакуумном и струйном режимах.

Для создания разрежения в инструментах при вакуумном режиме могут использоваться струйные аппараты (эJECTоры).

Таким образом разработка конструкции пневмовакуумных рабочих органов, основ их инженерного расчета и проектирования в значительной степени предопределяет успешное создание автоматических загрузочно-разгрузочных устройств, предназначенных для выполнения вспомогательных операций.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. Разработка устройств подачи деталей одежды и обуви к технологическим машинам посвящен ряд работ, среди которых необходимо отметить работы Г.А.Пискорского, Б.В. Зайцева, В.И.Дрожжина, М.И.Петросюка и другие.

Однако, до настоящего времени методика расчета и конструирования загрузочно-разгрузочных устройств, предназначенных для автоматизации оборудования легкой промышленности, остается фактически не разработанной, а серийное производство такого оборудования отечественной промышленностью не налажено.

ЦЕЛЬЮ работы являются теоретические и экспериментальные

исследования вакуумных, струйных и пневмовакуумных рабочих органов, а также создание инженерной методики их расчета для использования при проектировании автоматизированного швейного оборудования, применяемого в обувном производстве.

При этом требуется:

- разработать схему пневмовакуумного рабочего органа загрузочно-разгрузочных устройств;
- исследовать характер воздухопроницаемости материала деталей верха обуви и сопротивление зоны их контакта с вакуумным инструментом для определения параметров работы побудителя тяги;
- исследовать взаимодействие предложенного инструмента, работающего в струйном режиме, с плоскими деталями и разработать методику расчета и конструирования пневмовакуумных рабочих органов;
- исследовать работу предложенного устройства в переходных режимах и определить характеристики конструкции, обеспечивающей надежное удержание деталей в соответствующие периоды.

Эти исследования позволят реализовать конструкции загрузочно-разгрузочных устройств, работоспособных в широком диапазоне параметров обрабатываемых деталей и технологического оборудования.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ работы заключается в том, что:

- предложена схема пневмовакуумного рабочего органа (Авт. свид. СССР № 539816 и № 650922) загрузочно-разгрузочных устройств, позволяющего выполнять одиночный захват деталей верха обуви, их межоперационный перенос и доориентирование;
- изучены процессы течения воздуха сквозь материал деталей и по поверхности их контакта с вакуумным инструментом; на основе общей теории фильтрации жидкостей через пористые материалы

даны расчетные зависимости по определению величины притока воздуха в вакуумный инструмент;

- предложена расчетная схема пневмовакуумного инструмента при его работе в струйном режиме; исследования инструментов позволили получить соотношения их параметров, обеспечивающие возможность проектирования инструментов с минимальными габаритами и возможно меньшим расходом воздуха;

- исследован характер перемещения подсасываемой детали после переключения предложенного устройства с вакуумного режима на струйный и определены характеристики конотроек, обеспечивающие надежное удержание деталей в указанный период;

- разработана методика проектирования вакуумных рабочих органов со струйным побудителем тяги и пневмовакуумных устройств для захвата деталей обуви и удержания их при переносе и досортировании.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ.** На основе полученных результатов разработана "Методика расчета пневмовакуумных устройств для подачи деталей из кожи к технологическим машинам". С помощью методики можно выполнять расчет рабочих органов загрузочно-разгрузочных устройств с эжекторными побудителями тяги, струйных инструментов захвата деталей и пневмовакуумных устройств, предназначенных для захвата, удержания при переносе и дополнительной ориентации деталей верха обуви из кожи.

Методика используется отделом № 1 ЦПКТБлегпрома РСФСР при разработке конструкции автоматического укладчика, предназначенного для поштучного съема с ковалка сухих кож и укладки их на приемный конвейер проходного оборудования. В спроектированном укладчике применены в качестве рабочих органов предложенные

в диссертации вакуумные инструменты со струйными побудителями тяги и струйные инструменты захвата деталей. Ожидаемый от внедрения укладчика экономический эффект составит 1000 рублей с вчисвобождением 2-х человек.

Методика и предложенные конструкции рабочих органов внедрены также на Подольском механическом заводе им. М.И.Калинина, в Орловском НИИлегмаш, на Курском производственном кожевенном объединении и на кафедре "Машины и аппараты легкой промышленности" МТИШа.

**АПРОБАЦИЯ.** Результаты работы доложены и получили положительную оценку: на научно-технической конференции МТИШ, 1977; на Всесоюзной научной конференции "Исследование и проектирование машин и агрегатов легкой промышленности", Москва, МТИШ, 1978; на секции технико-экономического Совета НИИ им. М.И.Калинина, 1982; на Всесоюзной научно-технической конференции "Автоматизация технологических процессов легкой промышленности", Москва, МТИШ, 1982.

**ПУБЛИКАЦИЙ** по работе 5, в том числе 2 авторских свидетельства СССР.

**ОВЪЕМ РАБОТЫ.** Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов по главам и заключения по работе в целом, библиографии и приложений. В приложениях приведена "Методика расчета пневмовакуумных устройств для подачи деталей из кожи к технологическим машинам". Работа изложена на 120 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка, библиографию из 110 наименований и приложения на 41 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ГЛАВЕ I на основании анализа конструкций струйных инструментов предложена схема пневмовакуумной головки (рис. I), рабочий орган которой (пневмовакуумный инструмент) может работать полпеременно в вакуумном и струйном режимах.

Кроме инструмента I, головка включает в себя воздушный эжектор 2 и пневматический распределитель 3 с электромагнитным управлением.

При отключенном электромагните распределителя пневмовакуумный инструмент работает в струйном режиме. В этом случае сжатый воздух, подводимый к штуцерам, поступает через сообщающиеся каналы в круговое щелевое сопло 4 инструмента и выходит касательно к внутренней поверхности его корпуса в виде круговой струи. Подсасываемая деталь удерживается разрежением, образующимся за счет экранирующих свойств струи в зазоре между корпусом инструмента и деталью.

При включенном электромагните инструмент работает в вакуумном режиме. Эжектор отсасывает воздух из полости инструмента, а захватываемая деталь жестко закрепляется на нем.

Отключение электромагнита приводит к переключению данного устройства на струйный режим работы.

Захват деталей и их удержание при переносе может производиться при вакуумном режиме работы устройства, удержание в процессе ориентирования деталей – при струйном.

Дополнительная ориентация деталей на устройстве, работающем в струйном режиме, может выполняться внешними ориентирующими механизмами, направленными струями воздуха или посредством нак-

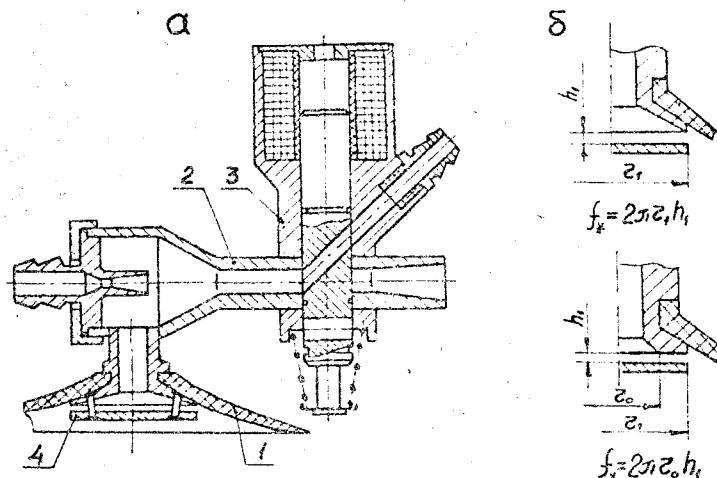


Рис. I. Схема пневмовакуумной головки (а),  
варианты конструкции щелевого сопла (б).

лона пневмовакуумной головки на некоторый угол относительно горизонтальной плоскости, при этом деталь соскальзывает в соответствующую сторону под действием собственного веса.

В процессе захвата деталей вакуумным инструментом в его полость просачивается воздух через материал удерживаемой детали и по поверхности ее соприкосновения (в стыке) с торцем инструмента.

Параметром процесса фильтрации через кожу материала является их коэффициент воздухопроницаемости  $\zeta$ , который может изменяться с изменением перепада давления на коже.

Для определения режима течения воздуха в порах кожи, характера зависимости коэффициента воздухопроницаемости от перепада давления и для выбора расчетной формулы расхода выполнены экспериментальные исследования воздухопроницаемости кожи.

Исследованиям подверглись кожи с покрытием: юфтъ обувная, яловка хромового дубления, вирофток хромового дубления, бычина, козлина, свиная. Покрытия: акрилнитро, акрилказеиновое, акриловое с закреплением нитроводной эмульсией. Испытывались также кожи без покрытия: яловка, опоек, свиная, замша.

Исследования выполнялись на специально разработанном стенде, позволяющим измерять расход воздуха через испытуемый образец кожи при перепадах давления на нем:  $0,005 \pm 0,050$  МПа.

Коэффициент воздухопроницаемости подсчитывался по измеренной величине массового расхода  $G_f$ :

$$\zeta = \frac{G_f}{\Delta P f}, \quad (1)$$

где:  $f$  - площадь образца;  $\Delta P$  - перепад давления на нем.

В результате обработки опытных данных получены экспериментальные зависимости  $\zeta$  от  $\Delta P$ , анализ которых показал, что в пределах указанных перепадов давления в порах кожи наблюдается ламинарный режим течения и коэффициент воздухопроницаемости практически постоянен.

Коэффициенты воздухопроницаемости кож с покрытием в зависимости от плотности кож находятся в пределах  $1,16 \times 10^{-4} - 7,76 \times 10^{-4}$  г/м<sup>2</sup> Па·с; у кож без покрытия  $2,67 \times 10^{-3} + 22,5 \times 10^{-3}$  г/м<sup>2</sup> Па·с.

Сравнение измеренных на стенде коэффициентов с соответствующими величинами, определенными по известной в материаловедении методике (при перепаде  $\Delta P = 0,001$  МПа) показало довольно точное совпадение результатов.

Таким образом, при расчете производительности побудителей тяги в вакуумных устройствах для широких пределов перепадов давления можно определять коэффициенты воздухопроницаемости

кож известными в материаловедении приборами и методами, а расчет расхода воздуха вести по формуле, аналогичной формуле ламинарной фильтрации Дарси:

$$G_f = \zeta \cdot f \Delta P. \quad (2)$$

Здесь  $f$  - площадь вакуумного инструмента.

Процесс течения воздуха в микроканалах стыка между поверхностью детали и торцем инструмента рассмотрен с точки зрения общей теории фильтрации через пористые материалы. Пространство стыка представлено как пористая среда, в которой в радиальных направлениях к оси инструмента происходит фильтрация воздуха под действием перепада давления.

В толще стыка в зависимости от размеров неровностей на поверхности детали возможны различные режимы течения воздуха. Анализ процесса фильтрации позволил предложить зависимости по определению средней скорости течения воздуха в единичном микроканале стыка для трех характерных режимов: ламинарного, переходного и турбулентного. Составлена модель лицевой поверхности естественной кожи и расчетная схема стыка.

В результате теоретических исследований предложены формулы по определению величины расхода воздуха:

$$G_c = \frac{B}{2R_s T_p} \frac{P_e^2 - P_i^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \times \quad (3)$$

где  $B = \frac{0,22 \pi n_u h}{f_m} \frac{e^2 h^2}{(e+h)^2}$ , для ламинарного режима;

$$G'_c = B' \left( \frac{0,375}{R_s T_p} \right)^{4/7} \left[ \frac{P_e^2 - P_i^2}{1/R_1^{1/4} - 1/R_2^{1/4}} \right]^{4/7}, \quad (4)$$

где  $B' = 9,4 \pi n_u h \left[ \frac{e h}{2(e+h)} \right]^{5/7} \frac{1}{f_m^{1/7}}$ , для переходного режима;

$$G_e'' = \frac{B''}{\sqrt{2R_1 T_B}} \sqrt{\frac{P_2^2 - P_1^2}{1/R_1 - 1/R_2}}, \quad (5)$$

где  $B'' = 22,9 \pi n_u h \sqrt{\frac{e h}{e + h}}$ , для турбулентного режима;

$$G_e''' = 2\pi R_1 h n_u \mu / 2\rho (P_2 - P_1) \quad (6)$$

для адиабатического течения.

В этих формулах:  $G_e$ ,  $G_e'$ ,  $G_e''$ ,  $G_e'''$  – соответствующие расходы воздуха;  $R_1$  и  $T_B$  – универсальная газовая постоянная и абсолютная температура воздуха в полости инструмента;  $P_1$  и  $P_2$  – давление на внутреннем и наружном контурах уплотнения;  $R_1$  и  $R_2$  – радиус внутреннего и наружного контура;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости воздуха;  $\mu$  – коэффициент расхода стыка;  $\rho$  – плотность воздуха в инструменте;  $h$  – средняя высота неровностей на поверхности кожи.

Параметр  $n_u$  определяется видом принятой расчетной формы неровностей (выступов). Для лицевой поверхности кожи предложена цилиндрическая форма выступов с их равномерным (в вершинах равностороннего треугольника) расположением на поверхности. При этом  $n_u = \frac{e}{d+e}$ , где:  $d$  и  $e$  – средний диаметр выступов и минимальное расстояние между ними, измеренные по середине высоты  $h$ .

Экспериментальные исследования выполнялись на стенде, при разработке которого предусмотрена возможность в процессе изменения расхода моделировать отсутствие прижатия исследуемого образца к плоскости уплотнения, что соответствует моменту отрыва детали от инструмента. При этом параметры микроканалов равны своим величинам, измеренным на свободной поверхности образца.

Сопоставление расчетных и опытных данных показало, что при параметрах поверхности кожи (бычина)  $d = 0,59$  мм,  $e = 0,13$  мм,

$h = 0,067$  мм,  $n_u = 0,182$ , независимо от ширины кольца уплотнения, течение в микроканалах стыка подобно течению через среду, где каждая сквозная пора представляет собой короткий трубопровод (адиабатическое течение). Для расчета расхода целесообразно пользоваться формулой (6).

Возможность применения этой формулы проверялась также и на шероховатостях других видов и размеров, а именно тисненая кожа с характеристиками поверхности  $d = 2,00$  мм,  $e = 0,66$  мм,  $h = 0,10$  мм  $n_u = 0,248$  и резиновая пластина с неровностями в виде усеченных пирамид с ромбами в основаниях. При высоте пирамид  $h = 0,35$  мм, диагонали в большем основании  $d = 3,04$  мм, разности между сторонами ромбов  $\Theta = 0,55$  мм параметр  $n_u = 0,164$ .

Удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных величин расходов позволяет при расчете расхода воздуха по торцу вакуумного инструмента пользоваться формулой (6) во всех случаях закрепления деталей из кожи.

В результате исследований главы составлена расчетная формула расхода  $G_u$  в полости вакуумных инструментов:

$$G_u = G_{ap} + G_e = \pi R_1^2 \zeta \Delta P + 2\pi R_1 h n_u \mu / 2\rho \Delta P. \quad (7)$$

На основании результатов исследований и анализа работы струйных аппаратов рекомендованы исходные положения расчета параметров воздушного эжектора, применимого в предложенном (рис. I) пневмовакуумном устройстве.

В ГЛАВЕ 2 выполнены исследования пневмовакуумных инструментов при работе в струйном режиме.

На основании анализа известных теоретических положений о струйных течениях предложена формула максимального усилия  $N_m$  инструментов:

$$N_M = \pi \bar{z}_1^2 \Delta P_M \left\{ 1 + \frac{\Delta P_p}{\Delta P_M} \left[ \left( \frac{R}{\bar{z}_1} \right)^2 - 1 \right] \right\}. \quad (8)$$

Здесь обозначения по рис.2:  $\bar{z}_1$  – радиус наружного цилиндра сопла;  $R$  – радиус наружного контура чаши инструмента;  $\Delta P_M$  – величина разрежения под торцем сопла при максимальном усилии (принято постоянным по участку  $0\bar{z}_1$ );  $\Delta P_p/\Delta P_M$  – осредненное по длине  $R-\bar{z}_1$  относительное разрежение;  $A = 1 + \frac{\Delta P_p}{\Delta P_M} \left[ \left( \frac{R}{\bar{z}_1} \right)^2 - 1 \right]$  – характеристика, количественно оценивающая поле распределения статического давления в полости инструмента конечных размеров.

Совместно с подсасываемой деталью (рис. 2) инструмент в струйном режиме представляет собой радиальный канал, при этом сопротивление, которое он оказывает движущемуся потоку, минимально, если профиль корпуса соответствует условию:

$$\eta = \frac{2\pi \bar{z}_1 (L + H_M)}{2\pi R H_M} \approx 1. \quad (9)$$

Здесь:  $\eta$  – степень раскрытия чаши инструмента;  $H_M$  – величина зазора  $H$  (рис. 2) между торцем чаши и плоскостью детали при максимальном усилии инструмента;  $L$  и  $\bar{z}_1$  – высота профиля (рис. 2) чаши и соответствующее ей расстояние от оси инструмента.

Высота профиля чаши определяется по формуле:

$$L = H_M \left( \frac{R}{\bar{z}_1} - 1 \right). \quad (10)$$

Анализ течения радиальной струи в полости инструмента позволил получить безразмерное уравнение, связывающее параметры конструкции элементов корпуса и сопла и являющееся уравнением подобия процесса:

$$\frac{R}{\bar{z}_1} \frac{H_M}{h_1} \ln \frac{R}{\bar{z}_1} \frac{H_M}{h_1} = \alpha \frac{\bar{z}_1}{h_1} \left[ \left( \frac{R}{\bar{z}_1} \right)^2 - 1 \right], \quad (11)$$

где:  $R/\bar{z}_1$  – радиальный параметр инструментов;  $H_M/h_1$  – осевой

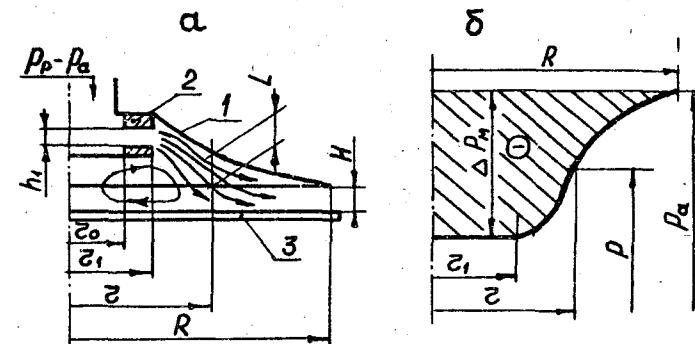


Рис.2. Расчетная схема пневмовакуумного инструмента в струйном режиме (а) и предполагаемая эпюра статического давления в полости корпуса (б); 1 – корпус инструмента; 2 – щелевое сопло; 3 – подсасываемая деталь;  $P_a$  – атмосферное давление;  $P_p - P_a$  – избыточное давление питания;  $P$  – давление в полости инструмента.

параметр;  $\bar{z}_1/h_1$  – параметр щелевого сопла;  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий потерю напора струи в зависимости от конструктивных параметров;  $h_1$  – высота щели сопла (рис.2).

С целью определения наибольшей величины  $N_M$  исследовалась взаимосвязь между  $\Delta P_M$ ,  $A$  и параметрами инструментов. При этом выполнены экспериментальные исследования по определению величины отношения  $H_M/h_1$ , необходимого для расчета  $\Delta P_M$ , и выявлено влияние на это отношение параметров  $R/\bar{z}_1$  и  $\bar{z}_1/h_1$  и давления питания.

Для проведения исследований разработан экспериментальный стенд, позволяющий измерять усилие инструментов при различных

зазорах  $H$ , изменять и фиксировать давление питания, а также фиксировать давление в полости инструмента на различных расстояниях от его оси. Исследования показали, что усилие подсасывания  $N$  зависит от величины зазора  $H$ . С ростом зазора от  $H \approx 0$  усилие вначале возрастает, при некотором зазоре  $H_*$  имеется максимум ( $N_*$ ), с дальнейшим увеличением зазора усилие уменьшается.

В качестве расчетных приняты экстремальные значения усилий инструментов и последующие исследования направлена на обеспечение максимально возможных их величин у инструментов с различными конструктивными параметрами.

Измерения усилий  $N_*$  у инструментов с одним типоразмером щелевого сопла и различной формой и размерами корпуса показали, что наибольшая величина  $N_*$  имеет место в тех случаях, когда корпус инструментов удовлетворяет условию (9).

В результате измерений давления в полости инструментов установлено, что усилие инструментов максимально в том случае, когда в полости по всей площади торца чаши давление ниже атмосферного. При  $H < H_*$  уменьшение усилия происходит вследствие появления вблизи наружного контура чаши зоны с повышенным статическим давлением. При  $H > H_*$  уменьшение усилия сопряжено с повышением статического давления в центральной части инструмента.

По данным измерений построены безразмерные эпюры, отражающие влияние зазора  $H$  на характер распределения давлений и, соответственно, на параметр  $A$ , величину которого можно считать неизменной при зазорах  $0 \leq H \leq H_*$ .

Осевой параметр  $H/h$  инструментов определялся опытным путем. Одновременно исследовалось влияние давления питания,

параметров сопла и корпуса на это отношение. При изменении величин:  $R/z_* = 2,14 \pm 7,14$ ;  $z_* = 7 \pm 12$  мм;  $z_* = 4,5 \pm 12$  мм;  $h_* = 0,130 \pm 0,315$  мм;  $P_p - P_a = 0,06 \pm 0,30$  МПа, — осевой параметр практически постоянен, а его величина равна 5,40.

Полученное значение осевого параметра использовалось при разработке соотношений по определению разрежения под торцем сопла. В качестве модели процесса принят процесс расширения струи, истекающей из сопла в торцовой стенке канала конечной длины и постоянной площади поперечного сечения. Теоретические исследования позволили получить зависимость, удовлетворительно согласующуюся с опытными данными:

$$\frac{\Delta P_m}{P_p - P_a} \cdot \frac{R}{z_*} = 0,25, \quad (12)$$

где  $z_*$  — радиус щелевого сопла с минимальной площадью  $f_*$  (рис. I).

Для экспериментального определения характеристики поля распределения статических давлений исследовались инструменты с чашами, изготовленными по условию (9), при установке в них сопел с различными геометрическими параметрами. Установлено, что эта характеристика существенно зависит только от радиального параметра чаши, с которым связана соотношением:

$$A = 1,4R/z_* - 0,4. \quad (13)$$

В результате исследований главы получены формулы для определения расчетных усилий пневмовакуумных инструментов при работе в струйном режиме:

$$N_* = 0,25\pi z_*^2 \frac{z_*}{R} (1,4 \frac{R}{z_*} - 0,4) (P_p - P_a) \quad (14)$$

для сопла с  $Z_s = Z_i$  и

$$N_n = 0,25\pi Z_i^2 (1,4 - 0,4 \frac{Z_i}{R}) (P_p - P_a) \quad (15)$$

для сопла с  $Z_s = Z_o$ .

Детали с малой жесткостью могут под действием перепада  $\Delta P_n$  прогибаться и касаться торца сопла. Устранить соприкосновение можно ограничением величины  $\Delta P_n$  и соответствующим выбором /по формуле (12)/ отношения  $Z_o/R$ . При этом расчет усилия подсасывания необходимо вести по формуле (14). Для жестких деталей расчет выполняется по формуле (15).

Практическим приложением результатов исследований главы является предложенный порядок проектирования и расчета пневмовакуумных инструментов для работы в струйном режиме.

В ГЛАВЕ 3 рассмотрена нагрузочная характеристика инструмента при работе в струйном режиме, выполнен анализ равновесия подоасываемой детали при ее движении относительно инструмента и определена граница надежности удержания деталей после переключения устройства.

При переключении устройства (рис. I) с вакуумного режима на струйный в инструмент подается сжатый воздух. Первоначально ( $H = 0$ ) деталь испытывает со стороны инструмента отталкивающее воздействие:

$$\bar{N}_{ot} = \frac{N_{ot}}{N_n} = -0,0804 \frac{\left(\frac{R}{Z_i}\right)^3 \cdot \frac{Z_i}{Z_o}}{\left(\frac{R}{Z_i} - 1\right)^2 (1,4 \frac{R}{Z_i} - 0,4)}, \quad (16)$$

где:  $N_{ot}$  - действительное отталкивающее усилие;  $\bar{N}_{ot}$  - относительное отталкивающее усилие.

Под действием собственного веса и отталкивающего усилия деталь перемещается вниз и зазор между ней и инструментом рас-

тет, при этом отталкивающее усилие уменьшается. На некотором расстоянии  $H_o$  меняется направление взаимодействия инструмента и детали, здесь усилие подсасывания равно нулю. Относительный зазор  $\bar{H}_o = \frac{H_o}{H_n}$  определяется параметрами инструмента:

$$\bar{H}_o = 0,185 \sqrt{\frac{1 + 1,4^2/R - 0,4^2/R^2}{1,4R/Z_i - 0,4}}. \quad (17)$$

При дальнейшем движении детали инструмент притягивает ее; максимальное усилие характеризуется условием:

$$\bar{H} = \frac{H}{H_n} = 1; \bar{N} = \frac{N}{N_n} = 1. \quad (18)$$

На расстоянии  $H > H_n$  ( $\bar{H} > 1$ ) усилие инструмента уменьшается по зависимости, близкой к обратной.

Для совокупности параметров инструментов  $R/Z_i = 2,06 \pm 7,14$ ;  $Z_o/Z_i = 0,5 \pm 1,0$ ;  $h_i = 0,13 \pm 0,27$  и  $P_p - P_a = 0,06 \pm 0,30$  МПа в результате аппроксимации экспериментальных данных, с учетом характерных состояний (16), (17) и (18) взаимодействия инструментов с деталями, получена нагрузочная характеристика инструментов:

$$\bar{N} = -0,78\bar{H}^6 + 4,03\bar{H}^4 - 7,05\bar{H}^3 + 3,86\bar{H}^2 + 1,04\bar{H} - 0,10. \quad (19)$$

Характеристика является одним из факторов, определяющих характер перемещения детали после переключения пневмовакуумной головки с вакуумного режима на струйный.

Характеристика дает представление о толщине воздушной прослойки между торцем инструмента и деталью ( $\bar{H} < 1$ ) в статике (в струйном режиме) и указывает на "дальнобойность" инструментов ( $\bar{H} > 1$ ), т.е. расстояние, с которого может быть взята деталь конкретного веса  $B < N_n$ .

В динамике условие равновесия детали имеет вид:

$$1 - K_c (-0,78\bar{H}^3 + 4,03\bar{H}^2 - 7,05\bar{H}^3 + 3,86\bar{H}^2 + 1,04\bar{H} - 0,10) - \\ - K_c \Phi \operatorname{Sign} \frac{d\bar{H}}{dt} \left( \frac{1}{\bar{H}} \frac{d\bar{H}}{dt} \right)^2 = 5,4 \frac{h_i}{g} \frac{d\bar{H}}{dt}, \quad (20)$$

где:  $K_c = \frac{N_s}{Q_s}$  - коэффициент запаса в струйном режиме;

$\bar{H}$  - относительное расстояние между инструментом и деталью;

$\Phi = \frac{139 \rho \sigma_1^2 (R/\sigma_1)^4}{(1,4 \sigma_1^2 / R - 0,4 \sigma_1^2 / R)(\rho_p - \rho_a)}$  - коэффициент, характеризующий параметры инструмента,  $\rho$  - плотность атмосферного воздуха;

$g$  - ускорение свободного падения.

Решение и исследование уравнения (20) выполнялось на ЦВМ "Наури К".

В результате решения установлено, что при величинах  $K_c = 2,0$ ;  $\Phi = 10^{-8} + 10^{-4}$  и  $h_i = 0,20$  мм перемещение детали имеет вид колебательного движения с затуханием. Степень затухания колебаний зависит от величины коэффициента  $\Phi$ . Так при  $\Phi = 10^{-8}$  движение практически незатухающее, а при  $\Phi = 10^{-4}$  характер перемещения слизок к апериодическому.

Колебательное движение детали относительно торца инструмента характеризует надежную работу устройства в переходном режиме, т.к. деталь продолжает удерживаться инструментом.

Уменьшение  $K_c$ , что соответствует увеличению веса подсываемой детали, приводит к увеличению размаха колебаний и при  $K_c = 1,1$ ;  $\Phi = 10^{-6}$ ;  $h_i = 0,20$  мм величина перемещения неограниченно возрастает. Имеет место отрыв детали.

Для определения граничного коэффициента запаса  $K_{cr}$ , характеризующего вес  $Q_s$  детали при изменении вида ее перемещения с колебательного на расходящееся, решением уравнения (20) на ЦВМ отыскивались величины коэффициента  $K_c$  при  $\Phi$ , равном

$10^{-8}$ ;  $10^{-6}$ ;  $10^{-5}$  и  $10^{-4}$ . При расчете величины  $h_i$  принимались равными 0,05; 0,20; 1,00 мм. В результате расчета получены зависимости  $K_{cr}(\Phi; h_i)$ , представляющие собой поле соотношений параметров системы инструмент-деталь при отрыве детали.

Анализ зависимостей показал, что на величину  $K_{cr}$  и, соответственно, на надежность удержания деталей в переходном режиме, существенное влияние оказывают конструктивные параметры пневмовакуумного устройства. При  $\Phi < 10^{-8}$  граничный коэффициент запаса приближается к величине  $K_{cr} = 1,4$ . При значительном увеличении  $\Phi$  (более  $10^{-4}$ ) надежность удержания повышается  $K_{cr} > 1,0$ .

Высота щели сопла  $h_i$  оказывает наибольшее влияние на  $K_{cr}$  при параметрах устройства, соответствующих  $\Phi = 10^{-5}$ . Изменение параметров устройства, соответствующее увеличению и уменьшению  $\Phi$ , приводит к уменьшению влияния высоты щели сопла на надежность удержания.

При экспериментальной проверке теоретических положений главы 3 испытанию подверглось пневмовакуумное устройство, снабженное различными инструментами с параметром  $R/\sigma_1 = 2,06 + 5,90$ . Параметры сопла:  $\sigma_1 = 9$  мм;  $\sigma_p = 6$  мм;  $h_i = 0,2$  мм. Оптические значения коэффициента  $\Phi$  имели величины в интервале:  $0,307 \times 10^{-7} + 47,1 \times 10^{-7}$ .

В результате исследований получен ряд значений  $K_{cr}$ , соответствующих различным экспериментальным величинам коэффициента  $\Phi$ .

Сопоставление теоретических и экспериментальных данных показало достаточное совпадение математической модели процесса движения детали с реальным процессом. При этом экспериментальные величины граничного коэффициента запаса находятся внутри интервала предельных расчетных значений  $1,4 > K_{cr} > 1,0$  и опытные

значения оно меньше соответствующих расчетных для тех же величин  $\Phi$  и  $h$ . Последнее указывает на большую по сравнению с расчетной надежность работы устройства в реальном процессе.

Для пневмовакуумных устройств, разрабатываемых по предложенной (рис. I) схеме, целесообразно принимать коэффициент запаса в струйном режиме не менее 1,4, независимо от конструктивных параметров устройства, при этом реальная надежность устройства будет выше, что является гарантией удержания деталей на инструменте устройства в периоды его переключения с вакуумного режима на струйный.

Теоретические и экспериментальные исследования работы позволили разработать "Методику расчета пневмовакуумных устройств для подачи деталей из кож к технологическим машинам", используя которую можно выполнять:

- проектирование и расчет рабочих органов вакуумных загрузочно-разгрузочных устройств, в том числе и со струйными побудителями тяги;
- проектирование и расчет струйных инструментов, предназначенных для поштучного захвата деталей;
- разработку конструкций и расчет пневмовакуумных рабочих органов загрузочно-разгрузочных устройств, предназначенных для захвата, переноса и доориентирования плоских деталей верха обуви из кожи.

В ПРИЛОЖЕНИЯХ работы приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных, программы расчета аналитических зависимостей на ЦПМ, расчет экономической эффективности и "Методика расчета пневмовакуумных устройств для подачи деталей из кож к технологическим машинам".

Теоретические и экспериментальные исследования диссертационной работы можно обобщить следующим образом:

1. Выполненный анализ работы струйных инструментов загрузочно-разгрузочных устройств технологического оборудования выявил целесообразность использования в качестве рабочих органов устройства многоцелевых инструментов, попеременно работающих в вакуумном и струйном режимах.
2. Для выполнения захвата плоских деталей из стопок, переноса и дополнительной ориентации деталей без передачи от одного захватного органа к другому предложен (Авт. свид. СССР № 639816 и № 650922) схема пневмовакуумной головки, в которой для создания разрежения в инструменте при вакуумном режиме применен воздушный эJECTор.
3. В результате экспериментальных исследований процесса фильтрации воздуха сквозь естественные кожи установлено, что течение в материале имеет ламинарный характер и коэффициент воздухопроницаемости не зависит от величины перепада давления. Расчет расхода воздуха через детали из кожматериалов целесообразно выполнять по формуле, аналогичной формуле ламинарной фильтрации Лорен, используя в качестве характеристического параметра процесса коэффициент воздухопроницаемости кожи, определяемый известными в материаловедении приборами и методами.
4. На основании анализа течения воздуха в стыке между торцем вакуумного инструмента и шероховатой лицевой поверхностью искусственных и естественных кож предложена модель поверхности кожи и расчетные зависимости по определению величины расхода воздуха для характеристик режимов течения в каналах стыка.
5. В результате исследований воздухопроницаемости кожи и течения воздуха по торцу вакуумного инструмента принята рас-

четная формула по определению расхода воздуха в полости инструмента и даны исходные положения расчета пневмовакуумных устройств для работы в вакуумном режиме.

6. На основании известных положений о струйных течениях предложена расчетная схема пневмовакуумного инструмента при работе в струйном режиме. В результате теоретического и экспериментального исследования инструментов определены рациональные соотношения параметров сопла и корпуса, позволяющие получить требуемое усилие подсасывания при минимальном расходе воздуха, дана полуэмпирическая формула максимального усилия пневмовакуумного инструмента при работе в струйном режиме.

7. Исследования вакуумного и струйного режимов работы инструментов позволили предложить методику расчета пневмовакуумных инструментов.

8. Исследована зависимость усилия подсасывания от величины зазора между деталями и торцем инструмента, в результате чего получена безразмерная нагрузочная характеристика инструментов в струйном режиме.

9. С использованием нагрузочной характеристики предложена и исследована математическая модель процесса перемещения детали после переключения пневмовакуумного устройства с вакуумного режима на струйный. Исследования модели показали, что параметры инструментов существенно влияют на надежность удержания деталей. Выполнена экспериментальная проверка принятой модели, показавшая ее приемлемость, и даны рекомендации по выбору рационального коэффициента надежности удержания деталей после переключения устройства.

10. Результаты исследований работы положены в основу методики расчета пневмовакуумных устройств, предназначенных для

подачи деталей из кож к технологическим машинам.

#### Публикации по теме диссертационной работы

1. Кузовков В.С., Зайцев Б.В., Комиссаров А.И. Устройство для отделения и подачи плоских изделий из стопы. Авт.свид. СССР, кл. В65Н 3/08, №539816, 1976.
2. Кузовков В.С., Зайцев Б.В., Комиссаров А.И. Устройство для отделения и подачи плоских изделий из стопы. Авт.свид. СССР, кл. В65Н 3/08, №560922, 1979.
3. Кузовков В.С., Зайцев Б.В., Комиссаров А.И. Устройство для лопаточного отделения от стопы и подачи плоских деталей верха обуви. ЦНИИТЭИллегпищемаш, вып. II, М., 1976, с.12-14.
4. Кузовков В.С., Зайцев Б.В. Исследование процесса захвата деталей из кожи вакуумными устройствами. Тез.сообщ. Всесоюз. научн.конферен. "Исследование и проектирование машин и агрегатов легкой промышленности", МТИШ, М., 1978, с.13-15.
5. Кузовков В.С., Зайцев Б.В. К определению производительности побудителя тяги вакуумных схватов для взаимодействия с объектами из кожи. Тез.сообщ.Всесоюз.научн.конференц. "Автоматизация технологических процессов легкой промышленности", МТИШ, М., 1982, с. 26-27.

сканер -

л -77187

Подп. к печати 9.03.83

Формат 60×90<sup>1/16</sup>

Способ печати офсетная

Объем 1,5 п. л.

1,5 уч.-изд. л.

Заказ № 739

Изд. № 322 а

Тираж 110

Цена Бесплатно

ЦНИИТЭИспром, 107081, Москва, ул. 8-я Рота, 7 Телефон 263-07-87

Опытно-полиграфическое предприятие ЦНИИТЭИспрома, Москва, ул. Вавилова, 69