

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»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва — 1983

- 1 -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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

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

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

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

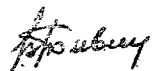
Защита состоится "20" апреля 1983 г. в 11 часов
на заседании специализированного Совета Московского ордена
Трудового Красного Знамени технологического института легкой
промышленности.

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

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

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

Ученый секретарь
специализированного Совета,
доцент

 В.В. ГРИШИН

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, съемом 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 отрезков относительно края. Указанные факторы вызывают необходимость дооразантирования 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 поштучный 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, попеременно работающие в вакуумном и струйном режимах.

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

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. Разработке 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.Петровска 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.

ЦЕЛЮ 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 пневмовакuumного 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 подсосываемой детали после переключения предложенного устройства с вакуумного режима на струйный и определены характеристики конструкции, обеспечивающие надежное удержание деталей в указанный период;

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

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

Методика используется отделом № ЦНТИБлестпрома РСФСР при разработке конструкции автоматического укладчика, предназначенного для поточного съема с козла 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 высвобождением 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 МТИШпа.

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В ГЛАВЕ I на основании анализа конструкций струйных инструментов предложена схема пневмовакuumной головки (рис. I), рабочий орган которой (пневмовакuumный инструмент) может работать попеременно 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 пневмовакuumный 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 эжектирующих 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 на-

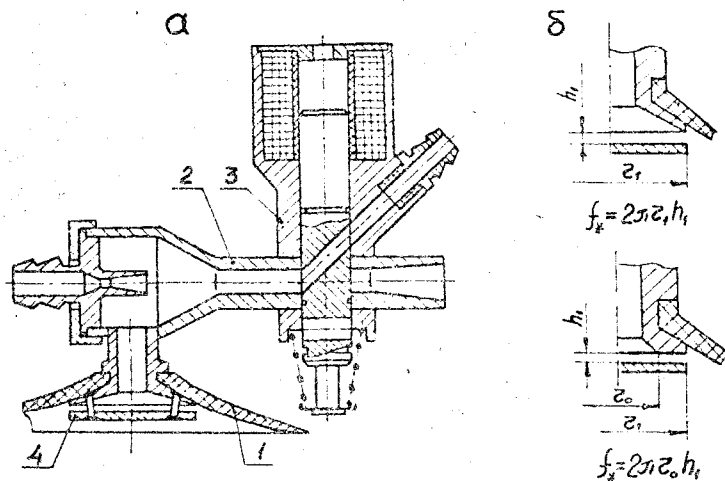


Рис. I. Схема пневмовакuumной головки (а), варианты конструкции щелевого сопла (б).

лона пневмовакuumной 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 торцом инструмента.

Параметром процесса фильтрации через кожные материалы является их коэффициент воздухопроницаемости Σ , 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 кож.

Исследованиям подверглись кожи с покрытием: кофта обувная, яловка хромового дубления, выросток хромового дубления, бычина, козлиная, 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+0,050 МПа.

Коэффициент воздухопроницаемости подсчитывался по измеренной величине массового расхода G_{ϕ} :

$$\xi = \frac{G_{\phi}}{\Delta P f}, \quad (I)$$

где: f - площадь образца; ΔP - перепад давления на нем.

В результате обработки опытных данных получены экспериментальные зависимости ξ от ΔP , 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/м²Па·с; у кож без покрытия $2,67 \times 10^{-3}$ + $22,5 \times 10^{-3}$ г/м²Па·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:

$$G_{\phi} = \xi \cdot f \Delta P. \quad (2)$$

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:

$$G_c = \frac{B}{2R_0 T_0} \frac{P_2^2 - P_1^2}{\ln \frac{R_2}{R_1}}, \quad (3)$$

где $B = \frac{0,22 \pi n_u h}{\mu_0} \frac{e^2 h^2}{(e+h)^2}$, для ламинарного режима;

$$G_c = B' \left(\frac{0,375}{R_0 T_0} \right)^{4/7} \left[\frac{P_2^2 - P_1^2}{1/R_1^{1/4} - 1/R_2^{1/4}} \right]^{4/7}, \quad (4)$$

где $B' = 9,4 \pi n_u h \left[\frac{e h}{2(e+h)} \right]^{5/7} \frac{1}{\mu_0^{1/7}}$, для переходного режима;

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

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

$$G_c''' = 2 \pi R_1 h n_u \mu \sqrt{2 \rho (P_2 - P_1)} \quad (6)$$

для адиабатического течения.

В этих формулах: G_c , G_c' , G_c'' , G_c''' - соответствующие расходы воздуха; R_B 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; μ_0 - коэффициент динамической вязкости воздуха; μ - коэффициент расхода стыка; ρ - 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 $n_u = \frac{e}{\alpha + e}$, где: α 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 измерения 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) $\alpha = 0,59$ 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 сферу, 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 тисенная кожа с характеристиками поверхности $\alpha = 2,00$ 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 $\alpha = 3,04$ мм, разности между сторонами ромбов $e = 0,55$ 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 кож.

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

$$G_n = G_{sp} + G_c = \pi R_1^2 \zeta \Delta P + 2 \pi R_1 h n_u \mu \sqrt{2 \rho \Delta P}. \quad (7)$$

На основании результатов исследований и анализа работы струйных аппаратов рекомендованы исходные положения расчета параметров воздушного эжектора, применяемого в предложенном (рис. 1) пневмовакuumном устройстве.

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

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

$$N_M = \pi z_1^2 \Delta P_M \left\{ 1 + \frac{\Delta P_p}{\Delta P_M} \left[\left(\frac{R}{z_1} \right)^2 - 1 \right] \right\}. \quad (8)$$

Здесь обозначения по рис.2: z_1 - радиус наружного цилиндра сопла; R - радиус наружного контура чаши инструмента; ΔP_M - величина разрежения под торцем сопла при максимальном усилии (принято постоянным по участку $0z_1$); $\Delta P_p / \Delta P_M$ - осредненное по длине $R - z_1$ относительное разрежение; $A = 1 + \frac{\Delta P_p}{\Delta P_M} \left[\left(\frac{R}{z_1} \right)^2 - 1 \right]$ - характеристика, количественно оценивающая поле распределения статического давления в полости инструмента конечных размеров.

Совместно с подсосываемой 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:

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

Здесь: η - степень раскрытия чаши инструмента; H_M - величина зазора H (рис. 2) между торцем чаши и плоскостью детали при максимальном усилии инструмента; L и z - высота профиля (рис. 2) чаши и соответствующее ей расстояние от оси инструмента.

Высота профиля чаши определяется по формуле:

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

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

$$\frac{R}{z_1} \frac{H_M}{h_1} \ln \frac{R}{z_1} \frac{H_M}{h_1} = \alpha \frac{z_1}{h_1} \left[\left(\frac{R}{z_1} \right)^2 - 1 \right], \quad (11)$$

где: R/z_1 - радиальный параметр инструментов; H_M/h_1 - осевой

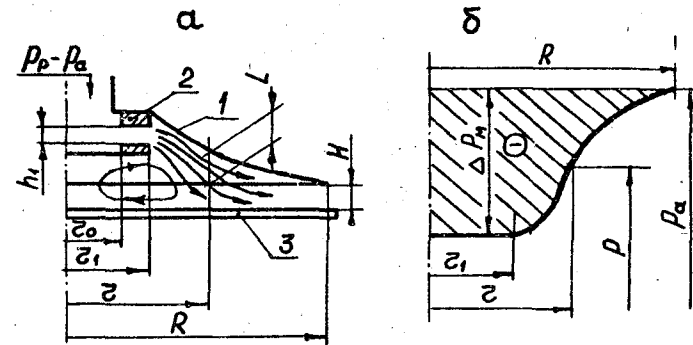


Рис.2. Расчетная схема пневмовакuumного инструмента в струйном режиме (а) и предполагаемая эпюра статического давления в полости корпуса (б); 1 - корпус инструмента; 2 - целевое сопло; 3 - подсосываемая деталь; P_a - атмосферное давление; $P_p - P_a$ - избыточное давление питания; P - давление в полости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

параметр; z_1/h_1 - параметр целевого сопла; α - коэффициент, характеризующий потери напора струи в зависимости от конструктивных параметров; h_1 - высота цели сопла (рис.2).

С целью определения наибольшей величины N_M исследована взаимосвязь между ΔP_M , A и параметрами инструментов. При этом выполнены экспериментальные исследования по определению величины отношения H_M/h_1 , необходимого для расчета ΔP_M , и выявлено влияние на это отношение параметров R/z_1 и z_1/h_1 и давления питания.

Для проведения исследований разработана экспериментальная установка, позволяющая 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 подсосывания N зависит от величины зазора H . С ростом зазора от $H \approx 0$ усилие вначале возрастает, при некотором зазоре H_n имеется максимум (N_n), с дальнейшим увеличением зазора усилие уменьшается.

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

Измерения усилий N_n у инструментов с одним типоразмером целевого сопла и различной формой и размерами корпуса показали, что наибольшая величина N_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 $H < H_n$ уменьшение усилия происходит вследствие появления вблизи наружного контура чаши зоны с повышенным статическим давлением. При $H > H_n$ 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 $0 \leq H \leq H_n$.

Осевой параметр H/h_1 инструментов определялся опытным путем. Одновременно исследовалось влияние давления питания,

параметров сопла и корпуса на это отношение. При изменении величин: $R/z_1 = 2,14 \pm 0,14$; $z_1 = 7 \pm 12$ мм, $z_0 = 4,5 \pm 12$ мм; $h_1 = 0,130 \pm 0,315$ 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 торцевой стенке канала конечной длины и постоянной площади поперечного сечения. Теоретические исследования позволили получить зависимость, удовлетворительно согласующуюся с опытными данными:

$$\frac{\Delta P_n}{P_p - P_a} \cdot \frac{R}{z_1} = 0,25, \quad (12)$$

где z_1 - радиус целевого сопла с минимальной площадью f_* (рис. 1).

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:

$$A = 1,4 R/z_1 - 0,4. \quad (13)$$

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

$$N_n = 0,25 \pi z_1^2 \frac{z_0}{R} (1,4 \frac{R}{z_1} - 0,4) (P_p - P_a) \quad (14)$$

для сопла с $z_* = z_0$ и

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

для сопла с $z_* = z_1$.

Детали с малой жесткостью могут под действием перепада ΔP_m прогибаться и касаться торца сопла. Устранить соприкосновение можно ограничением величины ΔP_m и соответствующим выбором /по формуле (12)/ отношения z_*/R . При этом расчет усилия подсосывания 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 подсосываемой детали при ее движении относительно инструмента и определена граница надежности удержания деталей после переключения устройства.

При переключении устройства (рис. 1) с вакуумного режима на струйный в инструмент подается сжатый воздух. Первоначально ($H = 0$) деталь испытывает со стороны инструмента отталкивающее воздействие:

$$\bar{N}_{от} = \frac{N_{от}}{N_m} = -0,0804 \frac{(\frac{R}{z_*})^3 \cdot \frac{z_p}{z_*}}{(\frac{R}{z_*} - 1)^2 (1,4 \frac{R}{z_*} - 0,4)}, \quad (16)$$

где: $N_{от}$ - действительное отталкивающее усилие; $\bar{N}_{от}$ - 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_0 меняется направление взаимодействия инструмента и детали, здесь усилие подсосывания равно нулю. Относительный зазор $\bar{H}_0 = \frac{H_0}{H_m}$ определяется параметрами инструмента:

$$\bar{H}_0 = 0,185 \sqrt{\frac{1 + 1,4 \frac{z_p}{R} - 0,4 \frac{z_p^2}{R^2}}{1,4 \frac{R}{z_*} - 0,4}} \quad (17)$$

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

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

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

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

$$\bar{N} = -0,78\bar{H}^5 + 4,03\bar{H}^4 - 7,05\bar{H}^3 + 3,86\bar{H}^2 + 1,04\bar{H} - 0,10. \quad (19)$$

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 торцом 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 $Q < N_m$.

В динамике условие равновесия детали имеет вид:

$$1 - K_c(-0,78\dot{H}^3 + 4,03\dot{H}^4 - 7,05\ddot{H}^3 + 3,86\ddot{H}^2 + 1,04\ddot{H} - 0,10) - K_c \varphi \operatorname{Sign} \frac{d\dot{H}}{dt} \left(\frac{1}{\dot{H}} \frac{d\dot{H}}{dt} \right)^2 = 5,4 \frac{h_1}{g} \frac{d\dot{H}}{dt^2}, \quad (20)$$

где: $K_c = \frac{M_n}{Q \dot{H}}$ - коэффициент запаса в струйном режиме;
 $\frac{h_1}{\dot{H}}$ - относительное расстояние между инструментом и деталью;

$$\varphi = \frac{1,39 \rho z_1^2 (R/z_1)^4}{(1,4^2/z_1 - 0,4^2/R)(\rho - \rho_0)} - \text{коэффициент, характеризующий параметры инструмента, } \rho - \text{плотность атмосферного воздуха;}$$

g - ускорение свободного падения.

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

В результате решения установлено, что при величинах $K_c = 2,0$; $\varphi = 10^{-8} + 10^{-4}$ и $h_1 = 0,20$ мм перемещение детали имеет вид колебательного движения с затуханием. Степень затухания колебаний зависит от величины коэффициента φ . Так при $\varphi = 10^{-8}$ движение практически незатухающее, а при $\varphi = 10^{-4}$ характер перемещения близок к аperiodическому.

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 подсаваемой детали, приводит к увеличению размаха колебаний и при $K_c = 1,1$; $\varphi = 10^{-6}$; $h_1 = 0,20$ мм величина перемещения неограниченно возрастает. Имеет место отрыв детали.

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

10^{-8} ; 10^{-6} ; 10^{-5} и 10^{-4} . При расчете величины h_1 принимались равными 0,05; 0,20; 1,00 мм. В результате расчета получены зависимости $K_{cr}(\varphi; h_1)$, 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 $\varphi < 10^{-8}$ граничный коэффициент запаса приближается к величине $K_{cr} = 1,4$. При значительном увеличении φ (более 10^{-4}) надежность удержания повышается $K_{cr} > 1,0$.

Высота щели сопла h_1 оказывает наибольшее влияние на K_{cr} при параметрах устройства, соответствующих $\varphi = 10^{-5}$. Изменение параметров устройства, соответствующее увеличению и уменьшению φ , приводит к уменьшению влияния высоты щели сопла на надежность удержания.

При экспериментальной проверке теоретических положений главы 3 испытанию подверглось пневмовакуумное устройство, снабжаемое различными инструментами с параметром $R/z_1 = 2,06 + 5,90$. Параметры сопла: $z_1 = 9$ мм; $z_2 = 6$ мм; $h_1 = 0,2$ мм. Оптимальные значения коэффициента φ 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 φ .

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 оптимальные

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

Для пневмовакuumных устройств, разрабатываемых по предложенной (рис. 1) схеме, целесообразно принимать коэффициент запаса в струйном режиме не менее 1,4, независимо от конструктивных параметров устройства, при этом реальная надежность устройств 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 пневмовакuumных 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 пневмовакuumных рабочих органов загрузочно-разгрузочных устройств, предназначенных для захвата, переноса и доориентирования плоских деталей верха обуви из кож.

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

Теоретические и экспериментальные исследования диссертационной работы можно обобщить следующим образом:

1. В результате анализа работы струйных инструментов загрузочно-разгрузочных устройств технологического оборудования выявил целесообразность использования в качестве рабочих органов устройств многоцелевых инструментов, попеременно работающих в вакуумном и струйном режимах.

2. Для выполнения захвата плоских деталей из стопок, переноса и доопределения ориентации деталей без передачи от одного захватного органа к другому предложена (Авт. свид. СССР № 539816 и № 656922) схема пневмовакuumной головки, в которой для создания разрежения в инструменте при вакуумном режиме применен воздушный эжектор.

3. В результате экспериментальных исследований процесса фильтрации воздуха кожей 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 Дарси, используя в качестве характерного параметра процесса коэффициент воздухопроницаемости кож, определяемый известными в материаловедении приборами и методами.

4. На основании анализа течения воздуха в стыке между торцом вакуумного инструмента и шероховатой лицевой поверхностью искусственных и естественных кож предложена модель поверхности кож и расчетные зависимости по определению величины расхода воздуха для характерных режимов течения в каналах стыка.

5. В результате исследований воздухопроницаемости кож 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 подсосывания при минимальном расходе воздуха, дана полумпирическая 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 подсосывания 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, №39816, 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, №60922, 1979.
3. Кузовков В.С., Зайцев Б.В., Комиссаров А.И. Устройство для поштучного отделения от стопы и подачи плоских деталей верха обуви. ЦНИИТЭИлегищемаш, вып. II, М., 1976, с.12-14.
4. Кузовков В.С., Зайцев Б.В. Исследование процесса захвата деталей из кож 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.

С.В. Зайцев

Л - 77187

Подп. к печати 9.03.83

Формат 60×90^{1/16}

Способ печати офсетная

Объем 1,5 п. л.

1,5 уч.-изд. л.

Заказ № 739

Изд. № 322 а

Тираж 110

Цена Бесплатно

ЦНИИТЭИлегрпром, 107061, Москва, ул. 9-я Рота, 7 Телефон 263-07-87

Опытное-полиграфическое предприятие ЦНИИТЭИлегрпрома, Москва, ул. Вавилова, 60