

ИЧ02 650

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ПРОЦЬ Ярослав Иванович

УДК 621.86.061 (088.8)

СТРУЙНЫЕ ЗАХВАТЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Специальность 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1983

НА ДОМ
НЕ ВДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и
ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

ПРОЦЬ Ярослав Иванович

УДК 621.86.061 (088.8)

СТРУЙНЫЕ ЗАХВАТЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

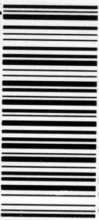
Специальность 05.02.07 - Автоматизация в машиностроении

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 1983

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1402650

Процль Я.И. Струйные захваты



М402650

Работа выполнена в Тернопольском филиале Львовского ордена
Ленина политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент
УСОВ Б.А.

Официальные оппоненты – доктор технических наук
ИЛЬИНСКИЙ Д.Я.
кандидат технических наук
ЛЕВЧУК Д.М.

Ведущее предприятие – производственное объединение
"Тернопольский комбайновый завод"

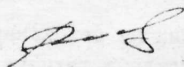
Защита диссертации состоится " 4 " апреля 1983 г.
на заседании специализированного совета К 053.15.01 МВТУ им.
Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, Б-5, 2-я Бауманская улица,
д. 5.

Ваш отзыв на автореферат в 1-м экземпляре, заверенный
печатью учреждения, просим направлять по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
им. Н.Э.Баумана.

Автореферат разослан " 1 " 03 1983 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент



В.Т.РЯБОВ

Л-99272 от 15.02.83 г. Объем I . . . Зак. 310. Тир. 100.

Ротапринт МВТУ. 107005, Москва . . . , Бауманская ул., д. 5

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В программном документе ЦК КПСС "Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981-85 годы и на период до 1990 года" поставлена одна из главных задач одиннадцатой пятилетки, которая ставит целью ускорение научно-технического прогресса и перевод экономики на интенсивный путь развития. Способствовать этому будет не только рациональное использование производственного потенциала, увеличение времени его работы, но создание и внедрение нового оборудования, повышающее производительность и улучшающее показатели качества. Для достижения проблемы рост экономики должен опираться на непрерывный научно-технический прогресс, основным направлением которого является автоматизация производственных процессов.

Актуальность работы. Одним из наиболее эффективных путей решения задачи автоматизации загрузки является создание автоматических механизмов, способных выполнять на производстве множество вспомогательных операций в условиях различных типов производств. К ним относятся бункерные и магазинные механизмы питания, автоматические манипуляторы, промышленные роботы, эксплуатационная надежность которых нередко зависит от удачно выбранной конструкции захватов. Захваты должны быть надежными в работе, компактными, универсальными. Задача создания простых, экономичных и надежных в эксплуатации захватных устройств, разработка теории и методов их расчетов и проектирования приобретает особое значение, если учесть, что примерно 40-45% отказов существующих средств загрузки приходится на невыполнение ими операций загрузки и съема деталей. В этой связи, решение вопросов разработки и исследования новых высокопроизводительных и надежных струйных захватов с широким диапазоном их действия является весьма актуальной задачей.

Целью работы является проведение теоретических и экспериментальных исследований, создание методики расчета и проектирования, разработка конструкций высокопроизводительных и надежных струйных захватов повышенной грузоподъемности.

Методы исследований. В работе применялись теоретические и экспериментальные методы исследований. Теоретические исследования проводились с использованием современных механико-математических методов и ЭВМ. Теоретические исследования подтверждены экспериментально, последние проводились на специально разрабо-

танных и изготовленных установках, опытных и промышленных образцах струйных захватов тензометрическими методами с использованием высокоточной измерительной аппаратуры.

Научная новизна. Установлено теоретическое обоснование аэродинамического эффекта взаимодействия различных по форме и направлению газовых потоков с твердым телом, выявлены физические основы струйных захватов, позволяющие разработать метод построения принципиально новых схем и конструкций струйных захватов. Определена рациональная область применения автоматических средств загрузки со струйными захватами.

На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены расчетные зависимости грузоподъемности захватов, установлены основные закономерности влияния физических и геометрических параметров на различные характеристики захватов, предложена инженерная методика проектирования и расчета струйных захватов, установлены их технологические возможности.

Практическая ценность. Комплексно исследованы методы истечения из сопел газовых струй, на основе которых разработаны типовые конструкции струйных захватов с кольцевой щелью на собственном торце, обеспечивающие надежный захват и транспортирование изделий с плоской, гофрированной, со сквозными прорезями, криволинейной контактной поверхностью. На основе проведенных исследований спроектированы конструкции автоматических средств загрузки технологического оборудования, оснащенные разработанными струйными захватами. Предложены питатели для загрузки тонколистовых заготовок, в основу которых положены струйные захваты в сочетании с непрерывно вращающимися фрикционными элементами.

Реализация работы. Результаты работы внедрены в производство. Годовой экономический эффект от использования разработанных автоматических струйных средств загрузки в сумме составит девяносто тысяч рублей.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на 5-й республиканской научно-технической конференции "Исследования в области автоматизации машиностроения" (г.Ташкент, 1970 г.), 5-й Всесоюзной научно-технической конференции "Исследования и разработки в полиграфической промышленности" (г.Львов, 1970 г.), Всесоюзном совещании по "Автоматизации сборочных процессов" (г.Москва, 1974 г.), Республиканской конференции "Автоматизация сборочных процессов в приборостроительной промышленности" (г.Севасто-

поль, 1975 г.), Республиканской научно-технической конференции "Пути совершенствования прогрессивных процессов и оборудования, применяемых при обработке металлов давлением" (г.Барнаул, 1981г.) ежегодных конференциях профессорско-преподавательского состава Тернопольского филиала Львовского политехнического института (г.Тернополь, 1976-1982 г.), научном семинаре объединенного заседания кафедр "Станки и автоматы механосборочного производства" и "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана (г.Москва, 1982 г.).

Публикации. По материалам выполненных исследований опубликовано 9 печатных работ и получено 9 авторских свидетельств, в которых изложены основные положения работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав и общих выводов, содержит 137 стр. машинописного текста, 91 рисунок, 3 таблицы, список литературы 96 наименований и приложение.

Первая глава, "Состояние вопроса и задачи исследования" посвящена анализу требований, предъявляемых к автоматическим устройствам загрузки и их захватным элементам, обоснованию актуальности и направлению исследований. В работе проанализированы разработки и исследования в области автоматизации технологических процессов средствами вибрационной техники, применением промышленных роботов, автооператоров и др. механизмами.

Большой вклад в формирование научных основ автоматизации технологических процессов загрузки и выгрузки оборудования штучными заготовками с помощью автоматических механизмов внесли исследования советских ученых Волчкевича Л.И., Камышного Н.И., Малова А.Н., Медвидя Н.Ф., Рабиновича А.Н., Шегумяна Г.А. и др. Исследования по кинематике и динамике промышленных роботов, по разработке алгоритмов управления и др. вопросам проведены Артоболевским И.И., Беляниным П.Н., Кобринским А.Е., Поповым Е.П., Юревичем Е.И. и др. Вопросам автоматизации технологических и сборочных процессов с применением автооператоров посвящены работы Новикова Н.П., Корсакова В.С., Капустина И.И., Кузнецова Н.М., Усова Б.А. и др. Вопросами теории и проектирования промышленных роботов занимаются многие организации, в том числе ЭНИИС, МВТУ им. Н.Э.Баумана, институт машиноведения АН СССР и др.

Опыт разработок и эксплуатации автоматических средств загрузки позволил в настоящее время создать конструкции, отлича-

щиеся простотой, универсальностью, надежностью, долговечностью и экономичностью. В связи с их быстрым распространением в различных областях народного хозяйства в настоящее время ведутся разработки новых, более совершенных конструкций, их область применения постоянно расширяется, усложняются выполняемые ими функции.

Исследованиями однако установлено, что эффективность применения автоматических устройств или надежность выполнения ими тех или иных технологических операций зависят от конструкции захвата. Анализ, например, неприводных (плановых, стержневых) и приводных (клевых, кулачковых, рычажных, клиновых) показал, что они не всегда обеспечивают требуемое положение заготовки при ее загрузке и транспортировании, не исключают повреждение поверхности заготовок в местах контакта, не полностью удовлетворяют требования надежности захвата деталей, размеры и форма которых изменяется после обработки.

В последнее время распространение получили магнитные, вакуумные и струйные захваты, область применения которых несколько ограничена вследствие наличия ряда известных причин. Так, например, при работе с магнитными, электромагнитными и др. этого типа захватами недостатком является захват только магнитных материалов и их намагничивание. Вакуумные захваты в свою очередь требуют полной герметизации полости вакуумирования и наличия громоздкой аппаратуры создания разряжения. Известные струйные устройства отличаются низкой грузоподъемностью не превышающей 0,08 кг и отсутствием ориентации заготовок в процессе захвата или транспортирования, применяются для деталей мелких, пластичных, что совсем не удовлетворяет требованиям машиностроительной промышленности. Поэтому, исследования с целью разработки новых конструкций струйных захватов повышенной грузоподъемности, позволяющих производить захват деталей типа дисков, колец, фланцев, втулок, валов и др. наиболее часто встречающихся в машиностроении деталей массой до 100 Н, представляет практический интерес.

На основе проведенного анализа и в соответствии с целью исследований, задачами настоящей работы является: проведение теоретических исследований динамики струи сжатого воздуха, с целью выявления возможностей повышения аэродинамического эффекта взаимодействия и разработки метода построения новых струйных захватов повышенной грузоподъемности, разработка принципиальных схем и конструкций струйных захватов, обеспечивающих надежный захват

и транспортирование заготовок различной конфигурации, веса с целью применения их в машиностроительной промышленности; проведение теоретических и экспериментальных исследований предложенных конструкций струйных захватов, с целью создания основы для разработки рекомендаций по проектированию и расчету их основных параметров, разработки общей методики инженерного расчета; определение рациональной области применения разработанных автоматических устройств загрузки, их производительности и экономической эффективности применения; исследование технологических возможностей струйных устройств с целью использования их в других областях народного хозяйства.

Во второй главе, "Струйные захваты автоматических средств загрузки", проведены анализ течения газовых потоков в зазоре взаимодействующих торцев захвата и заготовки, исследование динамики этих течений.

В основу рассмотренных принципиальных схем и конструкций струйных захватов положен эффект возникновения присасывающего действия выражающийся во взаимодействии истекающего из отверстия с развитой поверхностью торца потока сжатого воздуха с обтекаемой им плоской, цилиндрической или шаровой поверхностью заготовки. В результате преломления струи сжатого воздуха о поверхность заготовки в зазоре между торцами образуется радиальный поток. Энергия движущегося сплошного кольцевого потока, определяемая полным напором, состоящим из суммы пьезометрического и динамического напоров, вызывает на торце захвата понижение давления до величины ниже атмосферного

$$P < P_a - \frac{\rho V^2}{2} ; (I)$$

что способствует появлению аэродинамического эффекта притяжения. Под его действием заготовка будет поднята вверх с определенного расстояния и прижата к торцу захвата. По мере уменьшения расстояния между торцом сопла и обтекаемой поверхностью до величины равной толщине воздушной подушки δ , исчезает реактивная сила струи и преобладающим оказывается все возрастающее присасывающее действие, которое в дальнейшем может уравновеситься жесткостью воздушной подушки. На этой основе предложено ряд схем струйных захватов, при разработке которых учитывались функциональные признаки струи, характерные особенности элементов захвата и заготовки, форма и вес заготовок, кривизна поверхностей заготовок, способ их захвата и ориентирования, степень автоматизации и ряд других фак-

торов.

В качестве примера на рис. I приведена принципиальная схема струйного захвата с кольцевой щелью на торце.

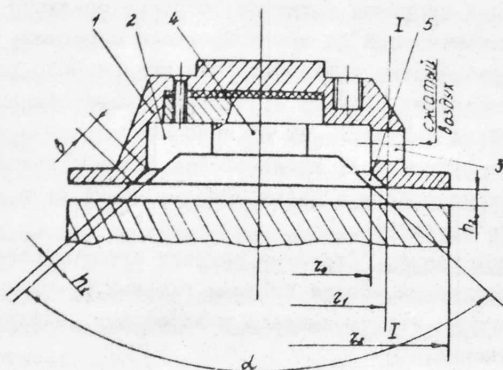


Рис. I. Принципиальная схема струйного питателя (1 - корпус, 2 - камера, 3 - подводной канал, 4 - коническая тарелка, 5 - сопловая коническая щель).

Исходными уравнениями, интегрирование которых позволило принципиально решить задачу определения в любой точке потока значения скорости V течения, давления P , плотности ρ и др. величин, необходимых для описания динамики работы струйных захватов, при заданных граничных и начальных условиях, являются уравнения движения потока, уравнения неразрывности этого потока, уравнения сохранения энергии и состояния параметров. На основании характера течения плоских, цилиндрических и др. формы различных по направлению газовых потоков, схем распределения скоростей и давлений в газоре соприкасающихся торцов захвата и заготовки разработаны принципиальные схемы захватов использующие присасывающее действие струи не только для захвата деталей, но и для последующего их ориентирования, например, относительно оси захвата.

Разработаны конструкции струйных захватов с регулируемой силой присасывания, с регулируемым расходом воздуха. С целью расширения технологических возможностей предложены также конструктивные схемы струйных приводов захватов, надежность поддержания усилия на штоке и величина хода которых зависят соответственно от величины присасывающего усилия струйного элемента и максималь-

ной зоны его действия. Регулирование этих величин производится конструктивными элементами струйных устройств и величиной подвального давления P .

Проведены исследования по определению рациональной области применения струйных захватов. С этой целью сформулированы основные требования к технологичности деталей, приведены их основные характеристики, произведена разбивка деталей на группы по степени захвата их струйными средствами. В качестве примеров конструктивной реализации струйных захватов приведены принципиальные схемы-модели автоматических манипуляторов, автооператоров, в которых рабочим органом используется струйный захват.

В третьей главе, "Теоретические исследования струйных захватов" изложено обоснованное соотношение сил, удерживающих заготовку захватом и сил противодействующих этому явлению. С учетом газодинамического анализа течений, аналитического решения систем исходных уравнений движения газовых потоков составлены расчетные уравнения для определения силовых и др. характеристик струйных захватов: с вертикальными и горизонтальными, относительно плоскости захватывания, струйными соплами; с кольцевой щелью на собственном торце; с многокольцевыми щелями на торце; для захвата и центрирования кольцеобразных заготовок и др.

Так, например, для струйного захвата показанного на рис. I условие равновесия притянутой к торцу захвата заготовки определяется величинами аэродинамического эффекта присасывания состоящей из суммы результирующей сил давления F_1 , присасывающего усилия F_2 от разрежения $P_p = \frac{\rho V_0^2}{2}$ возникшего на торце тарелки радиусом r_0 , за вычетом реактивной силы R струи сжатого воздуха, т.е.

$$F_{np} = F_1 + F_2 - R \geq G_{зар}, \quad (2)$$

где ρ_0 - плотность воздуха при давлении $P_0 \leq P_m$;
 V_0 - скорость истечения воздуха из щели.

Величину F_1 действующей на кольцевой площадке от r_0 до r_2 (рис. I) можно определить интегрированием абсолютного гидростатического давления P по всей ширине кольца

$$F_1 = \int_{r_0}^{r_2} (P_0 - P) 2\pi r dr = \frac{\pi V_0^2 \rho_0 r_0^2}{r_2 - r_0} \left(r_2 \ln \frac{r_2}{r_0} - r_2 + r_0 \right), \quad (3)$$

где r_2 - радиус захвата; r - текущий радиус, а величина давления равна

$$P = P_0 - \frac{V_0^2 \rho_0 z_0^2 (z_2 - z_0)}{2 z_2^2 (z_2 - z_0)} \quad (4)$$

Сила F_2 от разряжения в центре захвата радиусом z_0 с учетом (I) запишется

$$F_2 = \pi z_0^2 \frac{\rho_0 V_0^2}{2}, \quad (5)$$

а выражение реактивной силы при угле α наклона щели можно представить

$$R = \pi V_0^2 \rho_0 z_0 h_2 \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (6)$$

В конечном итоге формула (2) представится выражением

$$F_{np} = \pi V_0^2 \rho_0 z_0^2 \left(\frac{z_2 h_2 \frac{z_2}{z_0} - z_2 + z_0}{z_2 - z_0} + 0,5 - \frac{h_2}{z_0} \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Теоретические исследования влияния физических и геометрических параметров захватов на характер изменения присасывающего усилия и зоны его действия, расчет основных конструктивных параметров и ряд других вопросов проведены с использованием ЭВМ. В результате анализа выполненных исследований установлено: область применения захватов определяется грузоподъемностью, зависящей от максимальной силы присасывания, силовые характеристики захватов регулируются изменением давления или их конструктивных характеристик, конструктивные размеры захватов с достаточной точностью поддаются математической обработке. Составлены также расчетные схемы и уравнения динамики струйных приводов захватов, разработана методика расчета основных параметров и производительности. Установлено, что наибольшее тяговое усилие и длина хода штока привода зависят соответственно от величины присасывающего усилия струйного элемента и максимальной зоны его действия.

В четвертой главе, "Экспериментальные исследования струйных захватов", изложена методика проведения экспериментальных исследований, описаны конструкции экспериментальных установок, аппаратура для измерения и регистрации результатов исследования, приведены результаты экспериментальных исследований. Для проведения исследований были изготовлены несколько типоразмеров струйных захватов и специально разработаны экспериментальные установки. Давление на торце захватов измерялось потенциометрическим датчиком давления, а измерение максимальной силы присасывания, зоны упругой подушки проводилось при помощи датчика системы неподвижных координат, состоящего из упругого элемента и тензорезистора.

С помощью измерительной и регистрирующей аппаратуры записывались экспериментальные осциллограммы изменения давления (разрежения) на торцах захватов, присасывающей силы и законов ее изменения, скорости перемещения штока струйного привода. В результате экспериментальных исследований получены: зависимость присасывающей силы и максимальной зоны ее действия от диаметров захвата и отверстий-сопел, количества сопел, подводимого давления, диаметра кольцевой щели, угла наклона щели и др. параметров захватов, при которых обеспечивается их устойчивая работа; зависимость эффекта притяжения и зоны его действия от величины разрежения в зазоре h_2 взаимодействующих торцов захвата и заготовки; зависимость между соотношениями зазора h_2 и толщиной h_1 конической щели, измеряемой в нормальном направлении относительно ее стенок и равной $0,08 \pm 0,15$ мм, при которых достигается наилучшая эффективность присасывающего действия. Так, например, для струйного захвата (рис.1) графическая зависимость между разрежением на торце тарелки и величиной зазора h_2 приведенная на рис.2 показывает, что максимальная сила присасывания обеспечиваться будет, когда соотношение находится в пределах $2,8 \pm 3,2$.

Анализ экспериментальных исследований подтвердил достоверность расчетных, полученных машинным анализом, результатов, что свидетельствует о их пригодности для практических целей; показал, что все виды струйных захватов можно применять в качестве рабочих органов устройств загрузки; при грузоподъемности до 150-200 Н

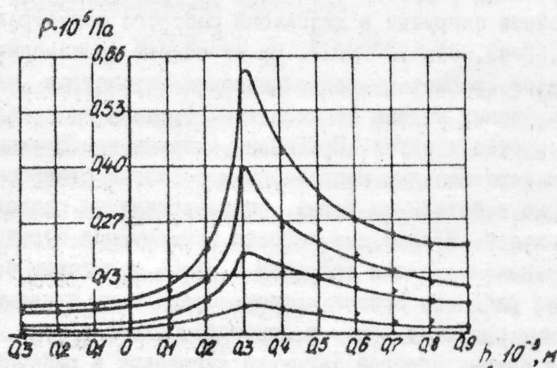


Рис.2

они работают устойчиво и надежно, а максимальная грузоподъемность регламентируется конструктивными и расходными их характеристиками. Для устойчивой работы струйных захватов и их приводов можно использовать магистральное давление до $49,05 \times 10^4 \text{ Н/м}^2$, максимальная зона действия которых в этом диапазоне давлений при диаметре кольцевой щели до 50 мм и массе заготовок до 10 Н находится в пределах 30–45 мм. Изменение присасывающего усилия захватов в зазоре $h/2$ происходит по параболическому закону, а время их срабатывания при входных давлениях от магистрали (19,62 – 49,05) 10^4 Н/м^2 составляет 0,1–0,15 с. Величина грузоподъемности струйных захватов регулируется плавным изменением входного давления либо конструктивными параметрами, а производительность – периодической подачей сжатого воздуха к захвату циклично работе машины. Захваты просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, обладают широким диапазоном захватываемых заготовок, что снижает требования к погрешностям расчетов, делает их универсальными.

В пятой главе, "Проектирование струйных захватов", изложена методика определения технических требований к струйным захватам. Она решена на основе технико-экономического исследования не только самих устройств, но и всего производства, и определяющими в ней являются требования технологического и эксплуатационного характера.

С учетом выполненных исследований изложена методика расчета и проектирования струйных захватов, которая рекомендуется при работе устройств загрузки в диапазоне рабочего магистрального давления (19,62–49,05) $\times 10^4 \text{ Н/м}^2$. На ее основе производится выбор типа захватов, расчет их геометрических параметров, максимальной силы присасывания и зоны ее действия, времени их срабатывания, потребный расход воздуха. Приведены типовые конструкции струйных захватов с вертикальным направлением сопловых отверстий, с кольцевой щелью на собственном торце, многовариантным расположением кольцевых щелей. Предложена типовая конструкция струйного захвата, предназначенного для загрузки и съема заготовок без остановки вращения рабочего органа машины. Предложены типовые конструкции струйных приводов одно- и двустороннего действия. Для осуществления автоматической загрузки заготовок в рабочий орган оборудования разработаны конструкции автоматических питателей тонких заготовок. На базе методики использования экономической эффективности в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рациона-

лизаторских предложений на основе постановления Госкомитета Совета Министров СССР и Госкомитета по делам изобретений и открытий произведен расчет годового экономического эффекта от использования в производстве разработанных струйных захватов и устройств загрузки в целом.

В шестой главе, "Технологические возможности струйных захватов" приведены теоретические и экспериментальные исследования, а также разработки устройств для автоматической загрузки тонколистовых заготовок. Струйные захваты в сочетании с постоянно или периодически вращающимися фрикционными дисками, периферия которых выступает ниже торцов захватов на величину $H \geq 0,3$ мм, могут использоваться для съема со стопы и транспортирования в собственной плоскости тонких заготовок. На этой основе предложено ряд конструкций струйно-фрикционных питателей высокой производительности (свыше 3 шт/сек), которая определяется суммой времени τ_1 движения заготовок под присасывающим действием истекающей струи, времени τ_2 транспортирования заготовки фрикционными дисками в собственной плоскости к приемному механизму и времени τ_3 вывода заготовки приемным механизмом с зоны присасывания. Проведенные экспериментальные и промышленные исследования разработанных экспериментальных устройств, моделей и образцов автоматических питателей промышленного типа показали, что использование струйных элементов в качестве рабочих органов улучшает эксплуатационные характеристики питателей, повышает производительность, надежность отделения и транспортирования заготовок.

О С Н О В Н Ы Е В Ы В О Д Ы

1. С целью повышения аэродинамического эффекта струйных устройств проведены исследования динамики различных по форме и направлению течений газовых потоков в зазоре взаимодействующих торцов захвата и захватываемой заготовки, выявлены общие закономерности процесса взаимодействия струи воздуха и поверхности заготовок с учетом геометрических их параметров. Составлены исходные уравнения газовой динамики и предложен аналитический метод решений этих уравнений с целью получения общей методики теоретического расчета конструктивных и технологических параметров струйных захватов.

2. На основе газодинамического анализа течение струйных потоков разработаны принципиальные схемы струйных захватов с различным конструктивным выполнением сопловых элементов, предложены

конструктивные схемы автоматических механизмов, использующих силовым органом струйные захваты, как принципиально новые конструкции захватно-транспортных устройств, обеспечивающие захват, транспортирование, а в некоторых случаях и ориентирование штучных заготовок, определена рациональная область их применения.

3. Составлены расчетные схемы струйных захватов и уравнения динамики их работы, определяющие максимальную грузоподъемность, производительность, точность ориентации. Приведены исследования влияния физических и геометрических параметров на характер изменения эффекта притяжения, зоны его действия. Разработана методика расчета основных силовых и конструктивных параметров с использованием ЭВМ.

4. Экспериментальные исследования струйных захватов подтвердили правомерность теоретических выводов и показали, что захваты просты в изготовлении, универсальны и надежны в работе; все виды захватов можно применять в качестве рабочих органов автоматических средств загрузки. Направление и форма струи в захватах оказывает существенное влияние на силу притяжения. Установлено, что при использовании давлений от магистрали величиной $49,05 \times 10^4 \text{ Н/м}^2$ для захватов с вертикальной струей при 4-х отверстиях-соплах диаметром 1 мм усилие составляет 40 Н, а для захватов с кольцевой щелью на торце диаметром 60 мм и углом наклона кольцевой щели равным $\alpha = 150^\circ$ усилие возрастает в 5-6 раз. Эффективная сила присасывания в $250 \pm 300 \text{ Н}$ для захватов с кольцевой щелью обеспечивается, когда соотношение между толщиной плоского радиального потока и толщиной конической щели, равной $0,88 \pm 0,15 \text{ мм}$, находится в пределах $2,8 \pm 3,2$. Изменение зоны присасывания этих же захватов до максимальной величины в $45 \pm 50 \text{ мм}$ характеризуется падением присасывающей силы по параболическому закону.

5. Разработаны, изготовлены и испытаны типовые конструкции струйных захватов, из эффективности применения которых определены технические требования к ним. Разработана методика проектирования и расчета струйных захватов и струйных приводов захватов.

6. Исследованы технические возможности разработанных струйных захватов при их использовании в струйно-фрикционных устройствах подачи штучных заготовок, обеспечивающих дискретную или непрерывную подачу тонколистовых заготовок с производительностью выше 3 шт/с.

7. Внедрение результатов исследований в производстве при автоматизации загрузки технологического оборудования заготовками позволило получить экономический эффект в размере девяносто тысяч рублей в год.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Козловский М.А., Проць Я.И., Полищук А.Г. Скоростной струйно-фрикционный питатель тонколистовых заготовок. - Исследования в области автоматизации машиностроения: Тезисы докладов 5-й республиканской конференции по автоматизации машиностроения., Ташкент, 1970, с.113-115.

2. А.с. № 283240 (СССР). Устройство отделения листов от стопы. /Авт.изобрет. М.А.Козловский, Я.И.Проць и др. Заявл. 27.05.69, № 336816/28-12; Оpubл. 06.10.70. Б.И. № 31; Кл.15е. В 41 21/00.

3. Проць Я.И., Козловский М.А., Дычковский М.Г., Рудничский М.С. Скоростная струйная подача картонных сторонки при изготовлении переплетных крышек. В сб.: Исследование и разработка в полиграфической промышленности. Львов, Львов.ун-та, 1973, с.144-150.

4. А.с. № 401621 (СССР). Листопадающее устройство. /Авт. изобрет. М.А.Козловский, С.Г.Нагорняк, И.В.Шкатула, А.А.Козловский, Я.И.Проць. Заявл. 13.04.71, № 1648067/28-12; Оpubл.12.10.73, Б.И. № 41; М.Кл³.В65 3/08.

5. Козловский М.А., Проць Я.И. Автоматический питатель листовых заготовок. - Механизация и автоматизация производства, 1974, № 1, с.16-17.

6. Козловский М.А., Проць Я.И., Бидниченко И.И. Эжекционный захватный орган. Информ.листок/Львов. ЦНТИЛ, Серия 15. 1974, № 228-74. - 1 с.

7. Козловский М.А., Проць Я.И. Пневматический патрон новой конструкции к токарным и шлифовальным станкам. - Технология и организация производства.-Киев.:Укр НИИТИ, 1980, № 11, с.70-71.

8. А.с. № 460095 (СССР). Устройство для отделения листа от стопы и подачи его к обрабатывающей машине. /Авт.изобрет. М.А.Козловский, М.Г.Дычковский, А.А.Козловский, Я.И.Проць. Заявл.22.01.73, № 1873184/25-27; Оpubл. 15.02.75, Б.И. № 6, М. Кл³.В 21 43/00.

9. А.с. № 515592 (СССР). Пневматический патрон. /Авт.изобрет. М.А.Козловский, Я.И.Проць и др. Заявл. 26.10.73, № 1967104/08; Оpubл. 30.05.76, Б.И. № 20, М.Кл2 В 23 в 31/30.

10. А.с. № 537915 (СССР). Автоматический питатель листовых заготовок. /Авт.изобрет. М.А.Козловский, Я.И.Проць и др. Заявл. 15.12.72, № 1858939/II; Оpubл. 05.12.76, Б.И. № 45, М.Кл.2.В 65 59/04.

11. Козловский М.А., Проць Я.И. Струйный захватный орган. - Гидропривод и гидропневмоавтоматика.-Киев:ТехНіка, 1976, № 12, с.93-95.

12. Козловский М.А., Проць Я.И. Расчет производительности струйно-фрикционных питателей листовых заготовок. Приборостроение, -Киев.: ТехНіка, 1976, вып.20, с.27-30.

13. А.с. № 800092 (СССР). Пневматический захват. /Авт.изобрет. Я.И.Проць. Заявл. 16.04.79, № 2757376/29-II; Оpubл. 30.01.81, Б.И. № 4; М.Кл.³ В 66с I/02.

14. Проць Я.И., Дычковский М.Г. Исследование пневматических захватных органов автоматических питателей для листовых заготовок. - Пути совершенствования прогрессивных процессов и оборудования, применения при обработке металлов давлением: Тезисы докладов к отраслевой научно-технической конференции. Барнаул. 1981, с.93-96.

15. Проць Я.И. Методика расчета струйного захвата грузо-подъемных устройств. - Технологии и организация производства.- Киев:УкрНИНТИ, 1982, № 3, с.51.

16. А.с. № 917945 (СССР). Эжекционный патрон. /Авт.изобрет. Я.И.Проць, М.Г.Дычковский. Заявл. 29.08.80, № 2977789/25-08; Оpubл. 07.04.82, Б.И. № 13; М.Кл.³ В 23 В 31/30.

17. А.с. № 940194 (СССР). Пневмоэлектрический сигнализатор. /Авт.изобрет. Б.А.Усов, Я.И.Проць. Заявл. 14.11.80, № 3007697/25-06; Оpubл. 30.06.82, Б.И. № 24, М.Кл.³ 08В 9/20.

18. А.с. № 965765 (СССР). Захват-присос. / Авт.изобрет. Б.А.Усов, Я.И.Проць. Заявл. 14.11.80., № 3007323/25-08; Оpubл. 15.10.82, Б.И. № 38; М.Кл.³ В25 j 15/06.

