

На правах рукописи

АВЦИНОВ Игорь Алексеевич

УДК 621.867.229.6

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОРИЕНТАЦИИ
ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВОЙ
НЕСУЩЕЙ ПРОСЛОЙКИ**

**Специальность 05.13.06. – Автоматизация и управление
технологическими процессами и
производствами (машиностроение)**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**



Воронеж 2003

Работа выполнена в Воронежской государственной
технологической академии



Научный консультант: Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
Битюков Виталий Ксенофонович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Волчкевич Леонид Иванович

Заслуженный деятель науки и техники
РСФСР, доктор технических наук,
Игорь Александрович

Авцинов И.А. 1618041
Автоматизация
процессов ориентации
штучных изделий с
использованием газовой...
2003

Ведущее предприятие:

Институт
строения

1618041

За
дисс
госу
адрес

ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗЖЕ
обозначенного здесь срока

Ва
проф
дисс
С
госу

У
дисс
д.т.

бю,
ся
о

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из важнейших задач автоматизации производственных процессов является организация автоматической загрузки и ориентации штучных изделий. Это особенно важно с позиций сокращения малопривлекательного ручного труда и повышения производительности технологического оборудования.

Несмотря на многочисленные научные и конструкторские разработки, эта проблема до настоящего времени не может считаться решённой для класса мелких штучных изделий типа пластин с неявно выраженными конструкторскими признаками (ключами ориентации) и обладающими заниженными физикомеханическими свойствами (хрупкость, малая жёсткость и прочность, ломкость и т. п.), так как к данным изделиям невозможно применить традиционные средства автоматизации загрузки и ориентирования с механическими захватами.

Одной из идей возможного решения поставленной задачи является использование эффектов, возникающих в тонкой газовой несущей прослойке (ТГНП), создаваемой между рабочей поверхностью автоматического загрузочно-ориентирующего устройства (АЗОУ) и опорной поверхностью транспортируемого изделия.

Идея метода состоит в следующем: на движущуюся рабочую поверхность АЗОУ поступают поштучно изделия, для которых необходимо выполнить первичное пассивное ориентирование с рассортировкой на несколько потоков. Для этого движущаяся рабочая поверхность АЗОУ полностью перфорирована соплами, создающими над ней ТГНП с направлением движения газа, независимым от перемещения рабочей поверхности. В результате этого при различном характере расположения изделий на рабочей поверхности АЗОУ, одни перемещаются совместно с ней, а другие всплывают на ТГНП и уносятся в ином направлении, независимо от движения рабочей поверхности.

Научная школа автоматизации производственных процессов с использованием ТГНП сложилась в Воронежской государственной технологической академии (ВГТА), где ранее были ре-

шены задачи линейного транспортирования штучных мелких изделий. В настоящей работе впервые решалась задача применения ТГНП для тонкого распознавания, сортировки и ориентирования специфических изделий плоскостного типа с маловыраженными признаками отличия при транспортировании к технологическому оборудованию.

Диссертационная работа выполнялась на кафедре информационных и управляющих систем ВГТА в рамках договоров с ОАО "ВЗПП" (г. Воронеж), ОАО "НИИПМ" (г. Воронеж), по грантам Российского фонда фундаментальных исследований "Развитие фундаментальных основ и разработка устройств манипулирования объектами с использованием эффектов несущей газовой прослойки" (№ 01-01-00349-а), а также по программе Министерства образования Российской Федерации по теме "Теоретические основы синтеза автоматизированного оборудования с эффектами аэродинамических несущих прослоек" (№ г. р. 01970001686).

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка научных основ автоматизации процессов ориентации штучных специфических изделий с использованием динамической распознающей тонкой газовой несущей прослойки и создание автоматических устройств, использующих в работе эффекты ТГНП.

Поставленная цель определила следующие задачи, решённые в диссертации:

1. Разработать концепцию и варианты схем создаваемых автоматических распознающих устройств.

2. Провести математическое моделирование процесса взаимосвязи конструктивных и режимных параметров разрабатываемых устройств, тонкой газовой прослойки и распознаваемого изделия.

3. Проанализировать влияние системы "рабочая поверхность – тонкая газовая несущая прослойка" на чувствительность создаваемых устройств к различным характеристикам опознаваемых изделий.

4. Исследовать влияние конструктивных и режимных параметров предлагаемых устройств на быстродействие процессов, происходящих в них, а также на производительность устройств.

5. Разработать структурные схемы систем управления процессом переналадки на основе анализа взаимосвязи различных параметров устройств, предложить методику их расчёта и выбора основных характеристик.

6. Провести стендовую и производственную апробацию, показать эффективность, оценить область рационального использования и расширенного применения разработанных устройств.

Методы исследования. Основные задачи диссертационного исследования решались на основе системного подхода, моделированием и анализом моделей с помощью математического аппарата теории газовой смазки, триботехники, машин и механизмов, теоретической механики и теории автоматического управления. Расчёт производительности АЗОУ осуществлялся в соответствии с общей теорией производительности автоматов и автоматических линий. Основные теоретические задачи решались с использованием традиционного математического аппарата, применяемого при решении дифференциальных уравнений в частных производных. Численное решение математических моделей, теоретические зависимости, статистические данные рассчитывались на ПЭВМ по разработанным программам на алгоритмическом языке высокого уровня СИ ++. С целью оценки значимости неучтённых факторов теоретических зависимостей и проверки расчётных соотношений были проведены экспериментальные исследования на сконструированных установках и действующих макетах.

Научная новизна заключается в разработке методологических принципов, научных основ процессов распознавания и ориентирования штучных специфических изделий на тонкой газовой прослойке:

1. Разработан новый метод распознавания по обобщённому критерию (удельная нагрузка), на основании чего получены два ключа ориентации (площадь опорной поверхности изделия и его масса), что позволило создать целый класс универсальных уст-

роЙств, выполняющих разнообразные операции со специфическими изделиями.

2. Доказано, что газовая прослойка обладает высокой чувствительностью к изменению характерных параметров изделий, т. е. способна их распознавать, что обусловило необходимость введения в научную терминологию нового понятия—«несуще-распознающая тонкая газовая прослойка». В диссертации дана его сущностная характеристика.

3. Разработаны математические модели процесса распознавания штучных изделий по предложенным ключам ориентации и полученным зависимостям, характеризующим причинно-следственные связи режимных и конструктивных параметров системы «рабочая поверхность - ТГНП - изделие», что позволило целенаправленно выбирать основные параметры и режимы работы вновь создаваемых устройств.

4. Разработана методика выбора структурных, конструктивных и режимных параметров устройств с ТГНП, выделена область их рационального использования.

5. Созданы схемы автоматического и программного управления процессом переналадки при переходе с одного типоразмера изделия на другие, что позволяет автоматизировать данный процесс и повысить фактическую производительность разработанного оборудования.

Новизна предложенных теоретических решений подтверждена 16 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

На защиту выносятся: научно – теоретические основы распознавания штучных изделий по обобщённому критерию удельной нагрузки; конструктивные схемы устройств, использующих в работе эффекты тонкой газовой несуще-распознающей прослойки и их классификация; математические модели распознавания штучных изделий при их транспортировании на перемещающейся рабочей поверхности; предложения по обеспечению высокой производительности разработанного оборудования и рациональная область его использования; методика синтеза устройств с тонкой газовой несуще-распознающей прослойкой.

Практическая значимость и реализация результатов диссертационного исследования. Теоретические и экспериментальные результаты легли в основу конструирования гаммы автоматических устройств, обладающих высокой универсальностью и надёжностью, способных к автоматической переналадке и распознаванию специфических изделий с неявно выраженными ключами ориентации. Разработанные устройства являются многофункциональными, позволяющими в процессе транспортирования изделий осуществлять сортировку их на несколько потоков, ориентирование, выбраковку, оценку качества поверхности, реализовывать разнообразные термические процессы.

Разработанные методы, принципы, модели, программы и алгоритмы могут быть реализованы при проектировании разнообразного оборудования, использующего эффекты тонких газовой прослойки.

Полученные научно-технические результаты использовались для конструирования устройств, прошедших как стендовую, так и промышленную апробацию на следующих предприятиях: 1) сборочный модуль – п/я Р-6644; 2) устройство для ориентированной загрузки транзисторов в пластмассовом корпусе – п/я А-7693; 3) АЗОУ для подачи корпусов (баллонов) на участок герметизации – ОАО "НИИПМ" (Воронеж); 4) барабанное АЗОУ для сушки баллонов корпусных полупроводниковых приборов – ОАО ВЗПП (Воронеж); 5) устройство для сортировки и выбраковки лекарственных трав, спрессованных в виде таблеток – ЗАО "ВЕРОФАРМ" (Москва); 6) устройство для сортировки и выбраковки леденцовой карамели, оформленной в виде таблеток – ОАО "Воронежская кондитерская фабрика"; 7) АЗОУ для подачи пуговиц – ООО Дом моделей "Таит" (Воронеж).

Экономический эффект от реализации разработок оценивается более, чем в 100000 руб.

Публикации и апробация работы. Подобная работа выполняется впервые, научно-практическая новизна подтверждена 86 публикациями, в том числе 16 авторскими свидетельствами и патентами, 1 монографией, 2 учебными пособиями и 33 статьями.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 24 научно-практических конференциях раз-

личного уровня. Полное содержание диссертационной работы было доложено и обсуждено на научно-методических семинарах кафедр "Информационные и управляющие системы" ВГТА и "Электронные технологии" МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, выводов, перечня условных обозначений, списка литературы и приложений (отдельный том). Материал диссертации изложен на 401 странице машинописного текста, содержит 161 рисунок, 5 таблиц, списка литературы из 324 наименований. Объём приложений (отдельный том) содержит 276 страниц, где приведены материалы и документы, свидетельствующие о практических и экспериментальных результатах исследования и разработок автора, дополнительные материалы, отражающие специфику решаемых задач, а также представлены новые алгоритмические программы для ПЭВМ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ штучных изделий таких многономенклатурных отраслей промышленности, как электронная, радиотехническая, электротехническая, машиностроение, точное приборостроение, химическая малотоннажная многоассортиментная (фармацевтическая, парфюмерная, косметическая и т.д.), пищевая и ряд других. На основании проведенного анализа нами была выделена значительная группа изделий плоскостного типа (рис. 1), обладающая рядом специфических свойств.

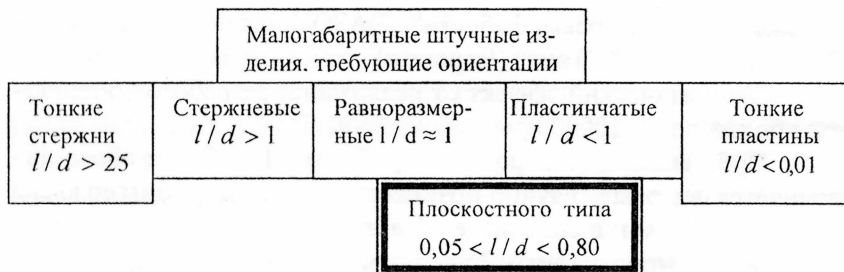


Рис.1. Классификация штучных изделий

В общем случае специфика выделенной группы заключается в их характерных особенностях, которые не позволяют или делают нецелесообразными использование традиционных средств манипулирования. На рис.2 показана типологизация специфики объектов производства представленных выше отраслей промышленности.

Специфика характерных изделий различных отраслей промышленности		
Физико-механические свойства	Особенности опорной поверхности	Геометрические параметры
Прочность, жёсткость	Высокий класс шероховатости	Габаритные размеры
Хрупкость, ломкость	Специальные покрытия	Неявно выраженная асимметрия
Фрикционные свойства	Сверхчистые поверхности	
Масса	Поверхности со свеженанесённым покрытием	
	Поверхности с промежуточным покрытием	

Рис.2. Типологизация объектов производства

Процесс манипулирования штучными мелкими изделиями является неотъемлемой частью большинства технологических операций. Однако представленная специфика объекта производства затрудняет автоматизацию данного процесса традиционными средствами и выдвигает определенные требования к оборудованию, организующему данный процесс. К наиболее характерным требованиям можно отнести - нецелесообразность жесткого фрикционного контакта трущейся пары вида «опорная поверхность изделия – рабочая несущая поверхность устройства» и высокая чувствительность к изменению параметров распознаваемого изделия. В первую очередь это относится к автоматиче-

ским загрузочно-ориентирующим устройствам (АЗОУ), где реализуется распознавание и ориентация штучных изделий.

Вопросами автоматизации процесса загрузки занимались Артоболевский И.И., Балакшин О.Б., Битюков В.К., Блехман И.И., Бобров В.П., Богуславский Б.Л., Веретенников Е.В., Владзиевский А.П., Волчкевич Л.И., Гусев А.А., Давыденко Э.П., Иванов А.А., Иоффе Б.А., Камышный Н.И., Капустин И.И., Клусов И.А., Корсаков В.С., Кошкин Л.Н., Лебедовский М.С., Малов А.Н., Медвидь М.В., Муценек К.Я., Новиков М.П., Повидайло В.А., Попов Г.В., Прейс В.Ф., Рабинович А.Н., Рувинов Д.Я., Усенко Н.А., Усов Б.А., Шабайкович В.А., Шаумян Г.А., Шершевский Н.И., Яхимович В.А. и другие.

К настоящему времени опознавание изделий в АЗОУ реализуется по трем основным критериям: геометрическим параметрам предмета производства, физическим и механическим его свойствам. Каждый из представленных критериев описывает характерные параметры или свойства предмета распознавания и состоит из набора различных ключей ориентации. Ключи ориентации представляют собой конкретную особенность предмета производства в общей информации о его параметрах (свойствах). В подавляющем большинстве используемые в АЗОУ ключи ориентации связаны с детерминированными признаками распознаваемого объекта, например, с его характерными геометрическими особенностями конфигурации (отверстия, выступы, впадины и т.п.).

Таким образом, существующий подход в разработке ориентирующих устройств, заключающийся в том, что выбор ключа ориентации зависит от параметров изделия, а принцип действия ориентатора – от выбранного ключа, привел к созданию огромного многообразия различных специальных или узкоспециализированных устройств загрузки. Кроме того, анализ их конструкций показал, что в большинстве перемещение объекта загрузки по рабочим (несущим) элементам устройств реализуется при их жестком контакте, что недопустимо для специфических изделий многономенклатурных отраслей промышленности (см. рис.2).

Таким образом, установлено, что для специфических штучных изделий многономенклатурных отраслей промышленности необходим новый концептуальный подход к процессу ориенти-

рования и разработка на его базе гаммы универсальных устройств манипулирования.

Вторая глава посвящена описанию нового метода распознавания изделий и схем устройств, реализующих его. Одним из перспективных путей решения задачи манипулирования специфическими изделиями является использование тонкой газовой прослойки (ТГНП) между опорными поверхностями изделия и рабочей поверхностью устройства.

На рис.3 представлена принципиальная схема устройства и процесса распознавания и ориентации штучных изделий. В пневмокамеру 2 подается сжатый воздух, который, истекая из перфорации 3 рабочей поверхности 1, создает под изделиями 5 и 6 воздушную прослойку.

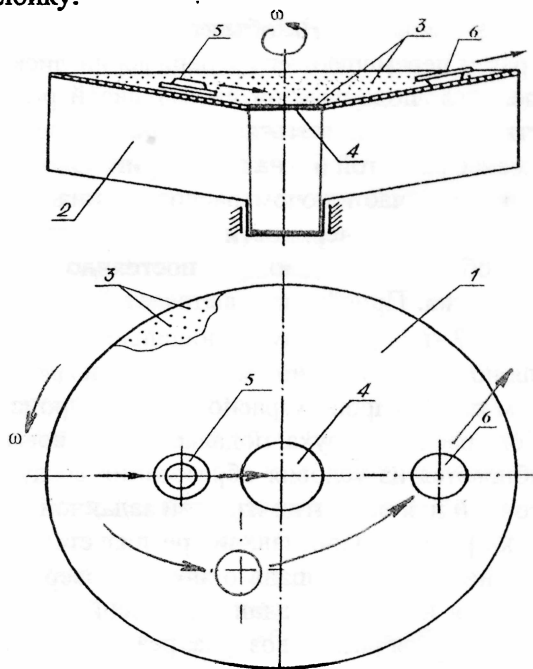


Рис.3. Принципиальная схема устройства и процесса распознавания и ориентации штучных изделий (ПНДЗУ, А.с.1320140,1337226, 1340978,1348003,1400951,1511045,1717309,П.2056122,2147942)

Расход воздуха выбирается таким образом, чтобы только под развитой (большей) опорной поверхностью изделия 5 создавалась воздушная прослойка такой толщины, при которой отсутствует контакт между опорной поверхностью изделия и рабочей поверхностью устройств. Другими словами, изделие всплывает на газовой прослойке, вращение рабочей поверхности 1 на нее не передается и осуществляется движение объекта в центр диска 1 под действием наклонной (скатывающей) составляющей силы тяжести и далее по каналу 4 к технологическому оборудованию. При подаче изделия 6 на рабочую поверхность 1 менее развитой (меньшей) опорной поверхностью (расход сжатого воздуха остается неизменным) под объектом также образуется воздушная прослойка, но меньшей толщины, т.е. процесс всплытия не реализуется. Изделие 6 касается рабочей поверхности 1 и начинается их совместное движение. На объект воздействует центробежная сила, которая и перемещает его к периферии диска 1. Таким образом, изделия 5, поданные на диск 1 своей развитой опорной поверхностью, будут собираться в центре рабочей поверхности, а поданные менее развитой 6 – на периферии.

В данном случае ключом распознавания объекта является площадь (s) опорной поверхности изделия, а, следовательно, для конкретного объекта, обладающего постоянной массой (m) – его удельная нагрузка. Причём, как вытекает из определения удельной нагрузки ($\lambda = m/s$), наряду с площадью опорной поверхности изделия ключом распознавания может быть и масса (m) объекта.

В этом случае процесс распознавания происходит следующим образом: расход воздуха, подаваемого в пневмокамеру 2 (см. рис.3), выбирается из условия образования воздушной прослойки, достаточной для всплытия изделий заданной массы. Изделия, для которых процесс распознавания реализуется по массе, должны иметь одинаковую площадь опорных поверхностей. Если на диск 1 подается изделие с заданной массой (или меньшей), для которой подбирается расход воздуха, реализуется процесс всплытия объекта распознавания, и изделие на газовой прослойке движется в центр диска 1. При подаче изделия, обладающего большей массой, происходит продавливание воздушной прослойки.

Вследствие этого объект касается рабочей поверхности 1, начинает вращаться совместно с ней и перемещается к периферии диска за счет действия центробежной силы.

Из сказанного следует, что в основу работы предлагаемых устройств положен принцип распознавания изделия по обобщенному критерию - удельной нагрузке. При этом ключом распознавания может быть как площадь опорной поверхности изделия, так и его масса. Процесс распознавания реализуется по логическим признакам, принимающим два значения истинности (например, «да-нет», «больше-меньше» и т.п.), у которых важна не величина признака распознаваемого объекта, а лишь факт попадания (или непадения) в заданный интервал. Другими словами, если величина удельной нагрузки объекта распознавания попадает в выбранный интервал (логическое «да»), для которого подбираются расход сжатого воздуха, изделие всплывает и перемещается во взвешенном состоянии в центр диска (см. рис.3). Если значение удельной нагрузки больше некоторого установленного предела (логическое «нет»), всплытие не происходит, и изделие движется к периферии рабочей поверхности.

Использование логических признаков для распознавания изделий в совокупности с критерием удельной нагрузки, не зависящих от детерминированных признаков объекта, позволяет применить предлагаемый принцип для значительного многообразия типоразмеров изделий, в том числе и выделенной группы (см. рис.2). Поэтому предлагаемый принцип является достаточно универсальным. Кроме того, процесс переналадки при переходе на другие типоразмеры изделий в конечном счете сводится к подбору расхода воздуха, подаваемого под рабочую поверхность и угловой скорости ее вращения. Автоматизация данных процессов не представляет большой сложности и осуществляется традиционными средствами. Причем тонкая газовая прослойка между изделием и рабочей поверхностью является не только несущим элементом, но и распознающим, обеспечивая бесконтактное (или с частичным контактом) манипулирование объектом загрузки, что имеет первостепенное значение для специфических изделий многономенклатурных отраслей промышленности.

Использование предложенного принципа позволило создать ряд автоматических устройств распознавания, обеспечивающих загрузку, базирование, ориентирование, сортировку, выбраковку, разнообразные сборочные и контрольные операции для штучных изделий, а также дозирование сыпучих и маловязких материалов в жесткую тару. По разработанным конструкциям и принципу распознавания получены 16 авторских свидетельств на изобретения и патентов. В табл. 1 представлена классификация устройств, использующих в работе эффекты ТГНП.

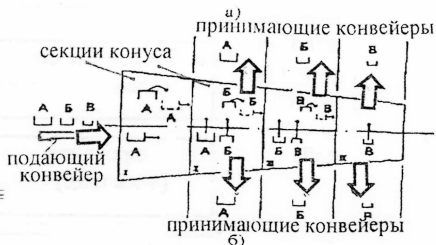
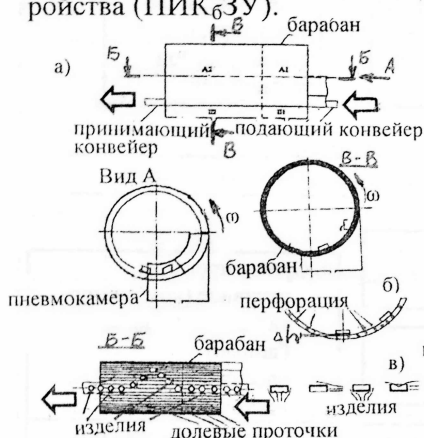
Таблица 1. Классификация автоматических устройств с тонкой газовой несущо-распознающей прослойкой

№ п.п.	Классификационные признаки	Устройства с тонкой газовой несущо-распознающей прослойкой
1	Тип комбинированного воздействия	Пневмоинерционное Пневмомеханическое Пневмоструйное
2	Вид рабочей поверхности	Диск (ПНДЗУ) Цилиндр (барабан) (ПМБЗУ) Конус (ПИКЗУ) Лоток (ПСЛЗУ) Ленточное полотно (ПИЛЗУ) Комбинированный (ПИК₆ЗУ) Дискоцилиндрический Конусноцилиндрический
3	Ключи распознавания	Площадь опорной поверхности изделия ($m = \text{const}$) Масса изделия ($s = \text{const}$)

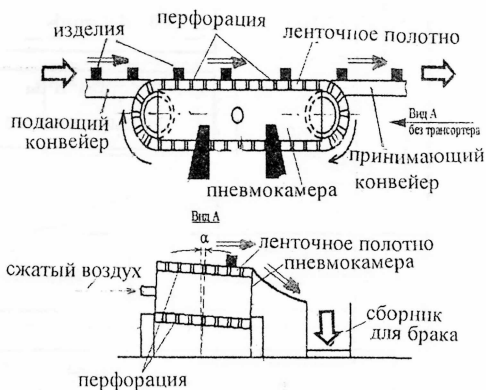
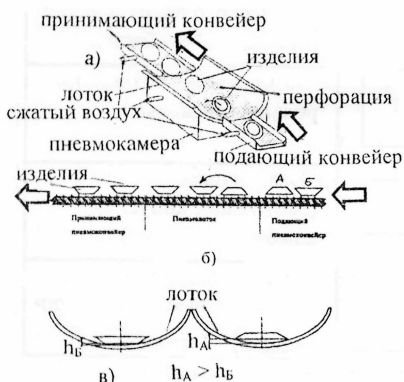
4	Характер движения рабочей поверхности	Поступательное горизонтальное Вращательное В горизонтальной плоскости, относительно вертикальной оси В вертикальной плоскости, относительно горизонтальной оси.
5	Вид выполняемых технологических процессов (операций)	Основные а. Сборочные операции (дисковые) б. Дозирование (дисковые) в. Нанесение покрытий (барабанные) г. Термическая обработка (все виды) д. Массообменные процессы (дисковые) Вспомогательные а. Ориентирование активное (комбинированные, лотковые, барабанные) - пассивное (дисковые, ленточные) б. Контроль качества поверхности (дисковые, ленточные) в. Загрузка основного технологического оборудования (дисковые, барабанные) г. Базирование, позиционирование (дисковые) д. Выбраковка (ленточные, конусные, комбинированные) е. Сортировка, классификация (конусные, комбинированные)

В зависимости от вида рабочей поверхности, устройства с ТГНП получили следующие названия (см. рис. 4): пневмоинерционные дисковые загрузочные устройства (ПНДЗУ), пневмо -

механические барабанные загрузочные устройства (ПМБЗУ), пневмоинерционные конусные загрузочные устройства (ПИКЗУ), пневмоструйные лотковые загрузочные устройства (ПСЛЗУ), пневмоинерционные ленточные загрузочные устройства (ПИЛЗУ) и пневмоинерционные комбинированные загрузочные устройства (ПИК₆ЗУ).



А) ПМБЗУ (А.с. 1553471, П. 2130890, Б) ПИКЗУ (П. 2149714, 2130419) 2151728, 2159916)



В) ПСЛЗУ (П. 2151094)

Г) ПИЛЗУ

Рис.4. Основные типы устройств, использующих в работе ТГНП

С целью оптимального конструирования устройств с тонкой газовой несущо-распознающей прослойкой необходимо математически описать взаимосвязь конструктивных и режимных параметров системы вида «рабочая поверхность–ТГНП–распознаваемое изделие».

В третьей главе теоретически обоснованы процессы распознавания штучных изделий на ТГНП для разработанных устройств.

Характерной особенностью всех разработанных устройств является наличие ТГНП. Очевидно, что при подаче сжатого воздуха под изделие, в первую очередь, изменяется сила трения, а, в частности, коэффициент трения, который не постоянен и зависит от параметров системы «рабочая поверхность–ТГНП–изделие». В результате проведенных исследований было установлено, что на коэффициент трения значительное влияние оказывает зазор между рабочей поверхностью устройства и опорной поверхностью изделия. Поэтому были получены две зависимости для коэффициента трения при постоянном зазоре (1) и переменном (2)

$$f = f_{mp} \left(1 - \frac{Q\mu s^2}{k\Delta h^3 GS} \right), \quad (1)$$

$$f = f_{mp} \left\{ 1 - \frac{Q\mu s^2 \sin \alpha'}{k \left[\frac{1}{2} \operatorname{tg} 2\alpha' \left(r - \sqrt{r^2 - d_{из}^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha' + d_{из}^2} \right) \right]^3 G \pi (R_k^2 - r_k^2)} \right\} \quad (2)$$

где f –коэффициент трения (модифицированный), f_{mp} –номинальный коэффициент сухого трения, Q –общий расход воздуха, подаваемого в пневмокамеру, μ –динамический коэффициент вязкости воздуха, k –поправочный коэффициент, Δh –зазор между изделием и рабочей поверхностью, S –площадь рабочей поверхности, G –сила тяжести изделия, α –характерный параметр опорной поверхности изделия, r –расстояние до изделия по образующей рабочей поверхности, R_k и r_k –

соответственно, радиусы большего и меньшего оснований конуса, $d_{из}$ —диаметр опорной поверхности изделия

Зависимость (1) целесообразнее использовать для ПМБЗУ, ПСЛЗУ и ПИЛЗУ рис.4(А,В,Г), а (2) – для ПНДЗУ, ПИКЗУ и ПИК₆ЗУ рис.3,4(Б).

Учитывая синтез выражений (1) и (2), была получена обобщенная зависимость для коэффициента трения вида

$$f = f_{тр} * \left(1 - 1.224 * \frac{t_{ш,код}^{0.114} * D_{код}^{0.154} * Q_{код}^{0.234} * d_{из,код}^{0.011}}{d_{0,код}^{-0.073} * m_{код}^{-0.088}} \right), \quad (3)$$

где $Q_{код}$, $d_{0, код}$, $t_{ш, код}$, $D_{код}$, $d_{из, код}$, $m_{код}$ —кодированные значения параметров системы «рабочая поверхность—ТГНП—изделие», приведенные к безразмерному виду.

Процесс распознавания изделия реализуется при движении объекта по рабочей поверхности устройств. В связи с этим были получены зависимости, характеризующие закон движения объекта распознавания по рабочим поверхностям в виде диска, барабана, конуса, ленточного полотна и лотка. Для ПНДЗУ (рис.3) закон движения описывается системой дифференциальных уравнений второго порядка вида

$$\left. \begin{aligned} \ddot{r} &= r(\omega - \dot{\theta})^2 \sin^2 \alpha' - g \cos \alpha' - \dot{r}H \\ \ddot{\theta} &= 2\frac{\dot{r}}{r}(\omega - \dot{\theta}) - \dot{\theta}H \end{aligned} \right\} \text{при}$$

$$H = \frac{f_{тр} \left\{ 1 - \frac{Q_{ис}^2 \sin \alpha}{k \left[\frac{1}{2} g 2 \alpha \left(r - \sqrt{r^2 - d_{ис}^2 \cos^2 \alpha + d_{из}^2} \right) \right]^3 G \pi (R_k^2 - r_k^2)} \right\} \left[g + (\omega - \dot{\theta})^2 r \cos \alpha \right] \sin \alpha}{\sqrt{\dot{r}^2 + (\dot{\theta} \sin \alpha)^2}} \quad (4)$$

где r , θ —подвижная система координат, ω —угловая скорость вращения диска, g —ускорение свободного падения.

На рис.5,6 представлены теоретические зависимости, ха -

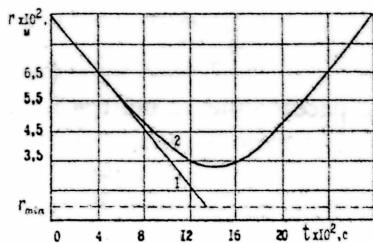


Рис.5

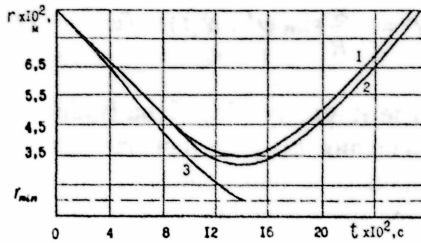


Рис.6

характеризующие зависимость траектории движения изделия в ПНДЗУ, соответственно, от диаметра опорной поверхности объекта распознавания (1- $d_{из}=0.03$ м, 2- $d_{из}=0.06$ м) и его силы тяжести (1- $G=0.2$ Н, 2- $G=0.1$ Н, 3- $G=0.02$ Н)

Сравнение теоретических зависимостей, полученных в результате численного решения системы (4), с экспериментальными данными показало, что среднее отношение лежит в пределах 3%, что вполне допустимо для инженерных расчетов.

Для барабанных устройств (см. рис.4А) процесс распознавания и ориентирования характеризуется: перемещением всплывшего изделия вдоль барабана (7), вращением распознанного объекта совместно с барабаном (5,6) и осуществление колебательного движения сорентированного изделия, независимого от вращения барабана (8,9).

$$\cos \varphi_0 = \frac{-\frac{f^2 \omega^2 R}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{f^2 \omega^2 R}{g}\right)^2 - (f^2 + 1)}}{f^2 + 1} \quad (5)$$

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\omega^2 (R - l_{из}) \sin \alpha_0}{g} \right) + \alpha_0 \quad (6)$$

$$x = \frac{g}{2} (\sin \gamma' - f \cos \gamma') t^2 + V_{из} t \quad (7)$$

$$\ddot{\psi}' = -\frac{g}{R} \sin(\psi' - \omega_e t) + f \dot{\psi}'^2 + f \omega_e^2 - 2 f \omega_e \dot{\psi}' + f \frac{g}{R} \cos(\psi' - \omega_e t) \quad (8)$$

$$\ddot{\psi}' = -\frac{g}{R} \sin(\psi' + \omega_e t) - f\dot{\psi}'^2 - f\omega_e^2 - 2f\omega_e\dot{\psi}' - f\frac{g}{R} \cos(\psi' + \omega_e t) \quad (9)$$

где R —радиус барабана (цилиндра), L_c —расстояние до центра масс изделия, ϕ_0 —угол начала скольжения изделия по барабану, ϕ —угол начала её переворота, α_0 —угол характеризующий положение центра масс изделия, γ' —угол наклона барабана к горизонту, Ψ' —угол перемещения изделия в относительной системе координат.

Зависимости (5)–(9) представляют собой математическую модель процесса распознавания и ориентирования изделий в ПМБЗУ.

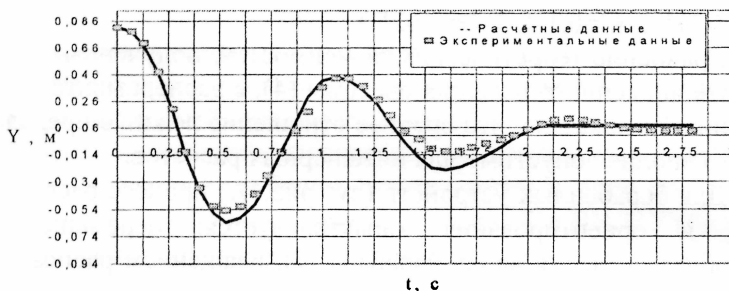


Рис.7. Расчетная и экспериментальная траектории движения сориентированного изделия в цилиндре, при $R=0.094$ м

Сравнение теоретических данных с экспериментальными (рис.7) свидетельствует об адекватности представленной математической модели.

Для струйных лотковых устройств (см. рис.4В) были разработаны экспериментально-статистические модели для параметров системы «рабочая поверхность–ТГНП–изделие». Модель №1 (10) адекватно описывает процесс в заданной области варьирования, а модель №2 (11) – в более широком диапазоне.

$$Q_{из} = 0,00024 \cdot h_{вн, код}^{-0,09685} \cdot d_{0, код}^{0,05323} \cdot t_{ш, код}^{-0,04851} \cdot D_{ш, код}^{0,00916} \cdot d_{из, код}^{0,06431} \cdot m_{код}^{0,12764} \cdot t_{ст, код}^{0,05378} \quad (10)$$

Результаты в виде графических зависимостей представлены на рис.8,9.

$$\begin{aligned}
Q_{из} = & 0.000915 + 0.000028 \cdot d_{0,код} - 0.000016 \cdot h_{вн,код} + 0.000347 \cdot d_{из,код} \\
& + 0.000028 \cdot t_{шт,код} + 0.000013 \cdot m_{код} + 0.000063 \cdot D_{ц,код} - 0.000604 \cdot t_{шт,код} \\
& - 0.000015 \cdot d_{0,код}^2 + 0.000023 \cdot h_{вн,код}^2 - 0.000027 \cdot d_{из,код}^2 + 0.000018 \cdot m_{код}^2 \\
& + 0.000303 \cdot t_{шт,код}^2 + 0.000031 \cdot d_{0,код} \cdot d_{из,код} + 0.000027 \cdot d_{0,код} \cdot m_{код} \\
& + 0.000026 \cdot d_{из,код} \cdot D_{ц,код} - 0.000043 \cdot d_{из,код} \cdot t_{шт,код} - 0.000035 \cdot D_{ц,код} \cdot t_{шт,код}
\end{aligned} \quad (11)$$

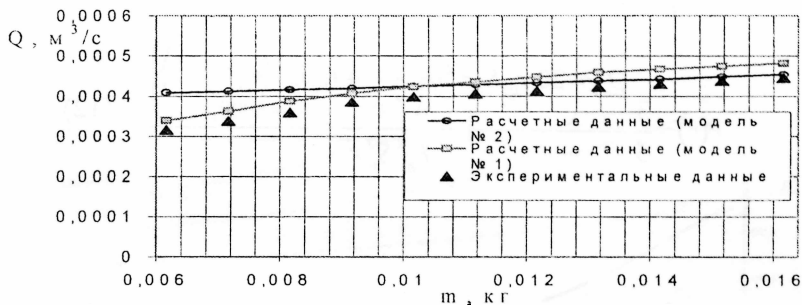


Рис.8. Зависимость расхода, подаваемого под лоток сжатого газа, необходимого для процесса ориентирования, от массы изделия, при $R=0.115$ м, $d_0=6 \cdot 10^{-4}$ м, $t_{шт}=7,5 \cdot 10^{-3}$ м, $d_{из}=3 \cdot 10^{-2}$ м.

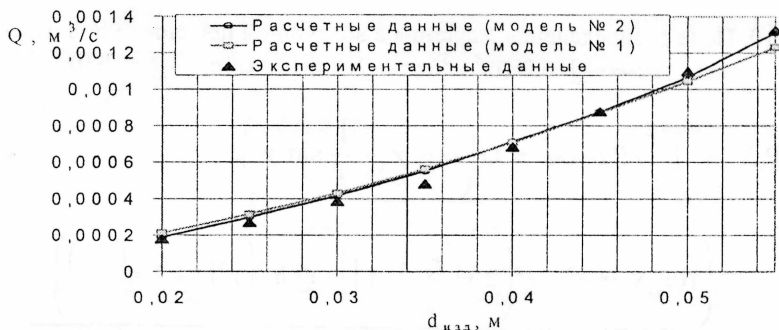


Рис.9. Зависимость расхода, подаваемого под лоток сжатого газа, необходимого для процесса ориентирования, от диаметра изделия, при $R=0.115$ м, $d_0=6 \cdot 10^{-4}$ м, $t_{шт}=7,5 \cdot 10^{-3}$ м, $h_{вн}=7 \cdot 10^{-3}$ м.

Для создания математической модели процесса распознавания и сортировки изделий при движении по конусной повер-

ности ПИКЗУ (см. рис.4Б) было использовано уравнение Навье-Стокса в совокупности с уравнением неразрывности. В результате численного решения последних были получены зависимости, характеризующие поле распределения скоростей и давления (12) (рис.10) в ТГНП. С учётом условия зависания и остановки (13) распознанного изделия на конусе было получено выражение (14), позволяющее определить результирующую силу воздействия ТГНП на опорную поверхность объекта ориентации.

$$P(r) = \frac{3}{5} \frac{Q_c \rho \left(20 w_{из} S_{щ} r^2 \ln \left(\frac{r}{r_{из}} \right) + Q_c h_n^2 (r_{из}^2 - r^2) \right)}{h_n^2 S_{щ}^2 r} \quad (12)$$

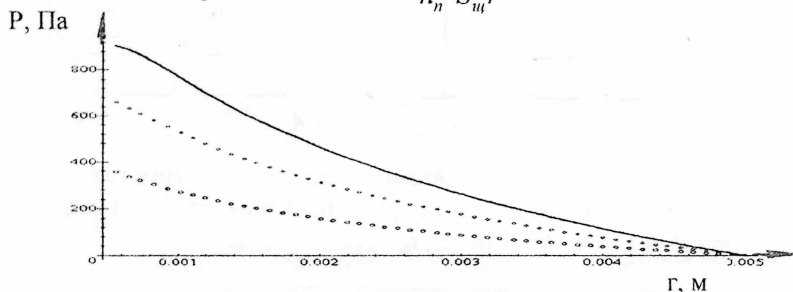


Рис.10. Поле распределения давления в воздушной прослойке под изделием, где — $Q=6,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; - - $Q=4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; ... $Q=2,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

$$P_c S_c + \int_{r_0}^{r_{из}} \int_0^{2\pi} r P \partial r \partial \varphi = G \left(\cos \gamma - \frac{1}{f} \sin \gamma \right). \quad (13)$$

$$F_d = \frac{3}{5} \frac{\pi \rho Q_c \left(10 r_{из} S_{щ} v \left(r_{из}^2 + r_c^2 \left(2 \ln \left(\frac{r_c}{r_{из}} \right) - 1 \right) \right) + Q_c h_n^2 \left(r_{из}^2 \left(1 + 2 \ln \left(\frac{r_c}{r_{из}} \right) \right) - r_c^2 \right) \right)}{h_n^2 S_{щ}^2} \quad (14)$$

где ρ —плотность воздуха, $r_{из}$ —радиус опорной поверхности изделия, h_n —толщина воздушной прослойки, $S_{щ}$ —площадь поперечного сечения криволинейной щели между поверхностями—опорной изделия и рабочей устройства, v —кинематическая вязкость возду-

ха, r_c —радиус сопла, P_c —давление воздуха в сопле, S_c —площадь сопла. Система, состоящая из уравнений (13), (14), описывает процесс распознавания и сортировки изделий на конической поверхности, численное решение которой в виде графических зависимостей представлено на рис.11.

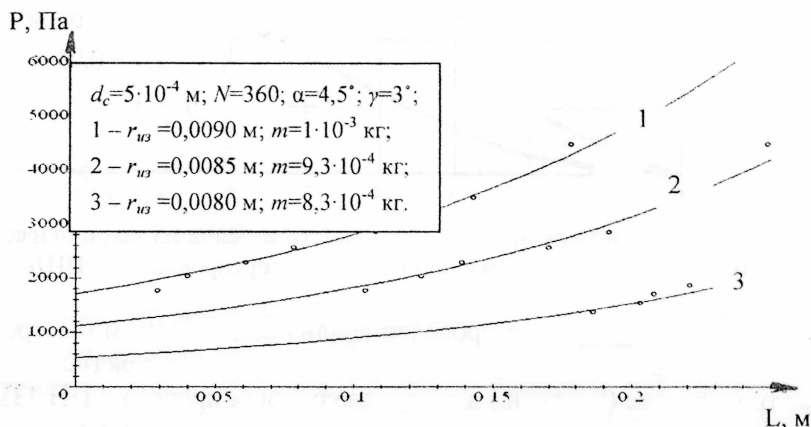


Рис.11. Зависимость места посадки изделия на конической поверхности ПИКЗУ от давления в пневмокамере

Совпадение теоретических данных с экспериментальными свидетельствует об адекватности полученной модели.

В результате моделирования процесса распознавания изделия на ленточном полотне (см. рис.4Г) получена зависимость (15)

$$x = \frac{f_{mp} \cos^2 \alpha \cdot Q \cdot \mu \cdot s^2}{2k \cdot V_k^2 \cdot \Delta h^3 \cdot m \cdot S} y^2 \quad (15)$$

где α —угол наклона ленточного полотна, V_k —скорость движения ленточного полотна.

Зависимость (15) представляет модель процесса распознавания штучных изделий при перемещении по ленточному полотну. Сравнение теоретических точек с экспериментальными (рис.12) показало, что модель адекватно описывает физическую сущность процесса.

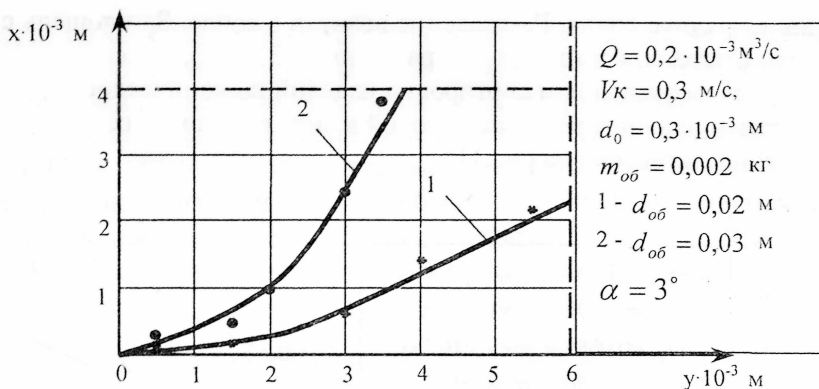


Рис.12. Влияние размера опорной поверхности изделия на закон движения при распознавании в процессе транспортирования на ПИЛЗУ

В четвертой главе проведен анализ надежности и быстродействия разработанных устройств. Данный анализ показал, что быстродействие (шт./мин.) лежит в следующих пределах: ПНДЗУ – до 120, ПМБЗУ, ПИКЗУ – до 80, ПСЛЗУ – до 140, ПИЛЗУ – до 160.

На рис.13,14 показаны зависимости длительности процесса распознавания (T_p) от расхода воздуха, подаваемого под изделие, и угловой скорости вращения рабочей поверхности для ПНДЗУ, где - - расчётные кривые (1- $Q=0.003 \text{ м}^3/\text{с}$, 2- $Q=0.005 \text{ м}^3/\text{с}$, 3- $Q=0.008 \text{ м}^3/\text{с}$, 4- $Q=0.01 \text{ м}^3/\text{с}$) • • • экспериментальные данные, соответственно, $\omega = 31, 20, 14 \text{ рад}/\text{с}$. Анализ графических зависимо-

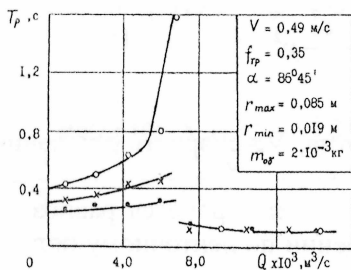


Рис.13

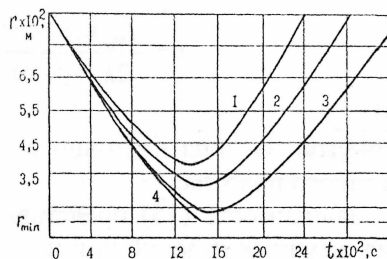


Рис.14

стей показал, что для ПНДЗУ (см. рис.3), для выбранной группы специфических изделий, увеличение ω ведет к сокращению T_p и, соответственно, росту быстродействия. При этом было получено минимальное критическое значение ω , равное 6 рад/с, при котором процесс распознавания не реализуется. Расход воздуха необходимо выбирать минимальным, требуемым для распознавания, т.к. дальнейшее увеличение Q ведет к росту T_p и при $Q=0.015$ м³/с процесс распознавания не реализуется.

Для ПМБЗУ (см. рис.4А) время распознавания рассчитывается как

$$T_p^6 = \frac{\varphi}{360 \cdot \omega} + 0.1 + \sqrt{\frac{3d_{из}}{\frac{g}{2}(\sin \gamma' - f \cos \gamma')}} \quad (16)$$

Согласно (16) сокращение T_p возможно за счет увеличения ω и γ . Увеличение угла наклона (γ) барабана ведёт к расширению зоны активного ориентирования, т.е. длины цилиндра, что приводит к росту габаритных размеров ПМБЗУ и, соответственно, возрастанию энергозатрат. Для ω получена зависимость характеризующая критическую (максимальную) частоту вращения барабана (17).



$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos(0,1\varpi + \alpha_0)}{(R - l_y) \sin(\alpha_0)}} \quad (17)$$

Рис.15. Зависимость критической частоты вращения барабана от его радиуса

Для осуществления процесса распознавания и ориентирования в ПМБЗУ необходимо соблюдение условия $\varphi_0 > \varphi$. Как показали проведённые исследования (рис.16), это реализуется при $f_{тп} > 0.95$, что невозможно достичь при применении ТГНП. Поэтому внутреннюю часть барабана (см. рис.4А) целесообразнее выполнять в виде многогранной призмы или с долевыми проточками для фиксации изделия требующего ориентации.

Для ПИКЗУ (см. рис.4Б) время распознавания и ориентирования рассчитывается из выражения (18)

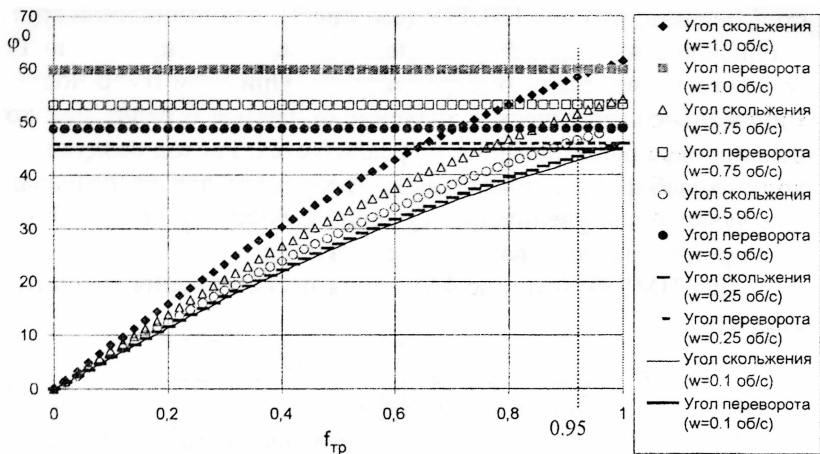


Рис.16. Зависимость углов скольжения и переворота от коэффициента трения при различной скорости вращения барабана

$$T_p^{\kappa} = \frac{\sqrt{V_{из}^2 + 2gL_n \sin \gamma} - V_{из}}{g \sin \gamma} + \frac{l_0}{R_{\kappa} \omega} + 0,4 \quad (18)$$

Очевидно, что с увеличением ω время распознавания сокращается. При этом было получено критическое значение угловой скорости вращения конуса 6 рад/с. На основании проведённого анализа влияния Q на T_p было установлено, что с возрастанием Q увеличивается путь проходимый изделием по образующей конуса (L_n), а следовательно увеличивается время распознавания и сортировки. Характерные результаты представлены на рис.17. Кроме того, при дальнейшем увеличении Q изделие независимо от расположения будет проскакивать все секции конуса без реализации процесса распознавания.

Алогичное влияние на T_p и работоспособность оказывает Q для ПСЛЗУ, ПИЛЗУ и скорость подачи изделия ($V_{из}$) для всех устройств с ТГНП.

Наряду с режимными параметрами на быстроедействие и работоспособность устройств с ТГНП оказывают влияние и их конструктивные параметры. Так, для всех предлагаемых устройств, количество отверстий перфорации рабочей поверхности

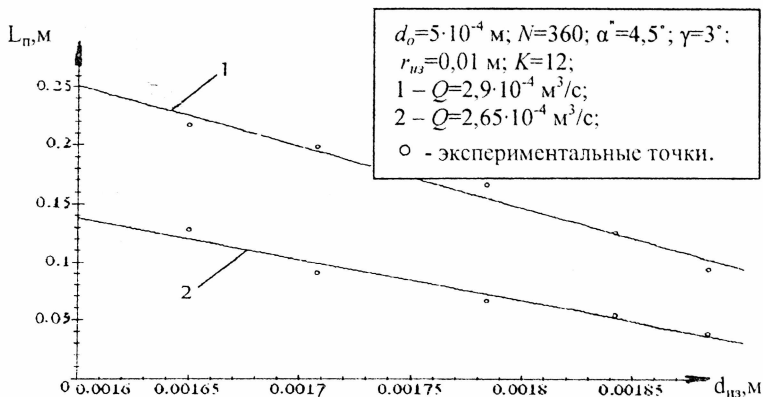


Рис.17. Зависимость пути, проходимого изделием по конусу, от расхода подаваемого под него воздуха

выбирается из условия - нахождение под развитой опорной поверхностью наименьшего изделия не менее трёх сопел. При этом шаг перфорации можно рассчитать из выражения

$$t_{шаг} \leq \sqrt{\frac{\pi \cdot d_{из}^2}{12}} \quad (19)$$

Было установлено, что чем меньше расстояние проходит изделие по рабочей поверхности устройств с ТГНП в процессе распознавания и ориентации, тем выше их быстродействие. Поэтому данное расстояние целесообразнее выбирать из условия равенства 2-м диаметрам наибольшего изделия, из группы планируемых, для ориентируемой загрузки. Кроме того, на работоспособность ПНДЗУ и ПИКЗУ оказывает влияние угол конусности рабочей поверхности, с увеличением которого возрастает, соответственно, для первого T_p , а для второго – Q . Наиболее целесообразным является угол 1-3°. С целью сокращения T_p необходимо стремиться, чтобы $f_{тр}$ трущейся пары «рабочая поверхность–изделие» был как можно: больше для ПНДЗУ, ПИЛЗУ, ПИК₆ЗУ и меньше – ПМБЗУ, ПСЛЗУ, ПИКЗУ. На работоспособность ряда устройств с ТГНП первостепенное влияние оказывает угол наклона рабочей поверхности к горизонтальной плоскости. Для ПМБЗУ он равен 7°, ПИКЗУ, ПСЛЗУ – 3°, а для ПИЛЗУ выбирается из рис.18.

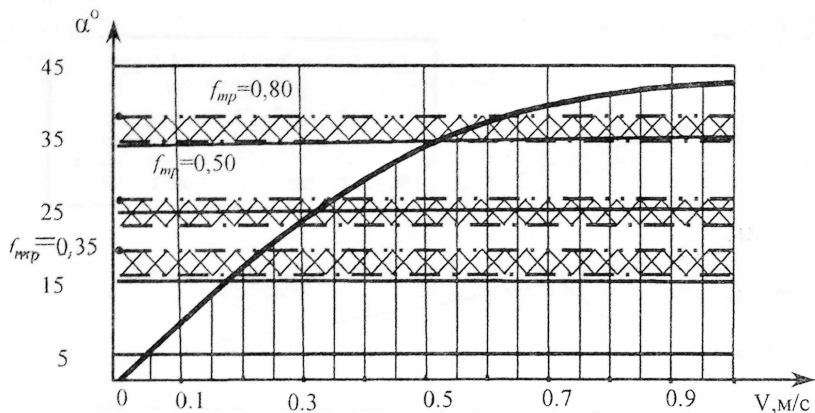


Рис.18. Зависимость угла наклона и скорости перемещения ленточного полотна на работоспособность ПИЛЗУ

Одним из путей повышения фактической производительности представленных устройств является автоматизация процесса переналадки при переходе на другие изделия. Нами разработаны структурные и функциональные схемы автоматического и программного управления (см. рис.19) данным процессом.

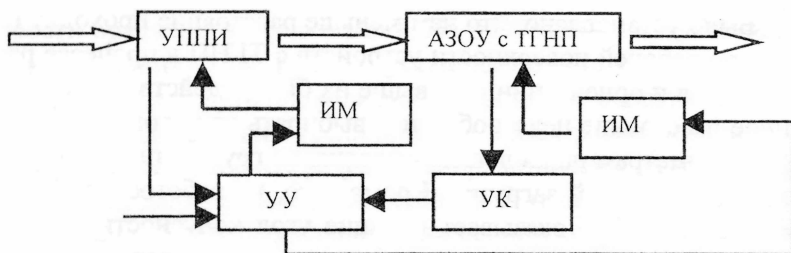


Рис.19. Обобщённая структурная схема программного управления процессом переналадки устройств с ТГНП

где УППИ–устройство поштучной подачи деталей, УУ–устройство управления, УК–устройство контроля, ИМ–исполнительный механизм, потоки: $\Rightarrow$ –транспортные и $\rightarrow$ –информационные.

В пятой главе проведен анализ влияния на чувствительность разработанных устройств режимных и конструктивных

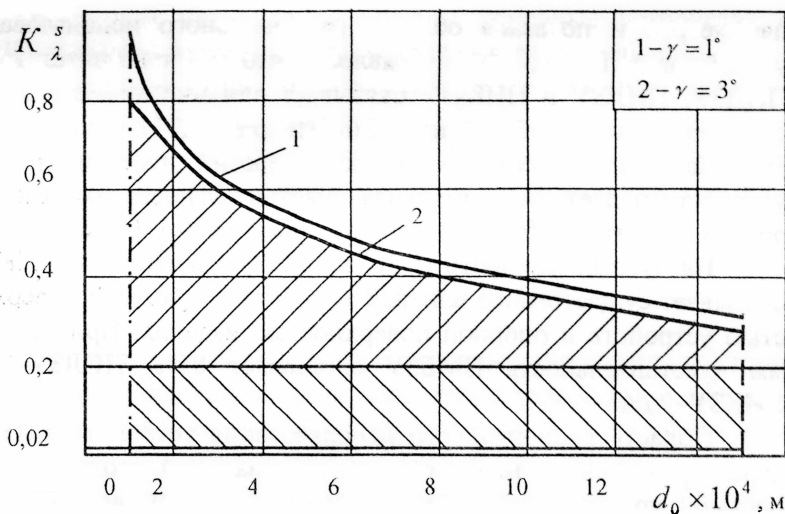
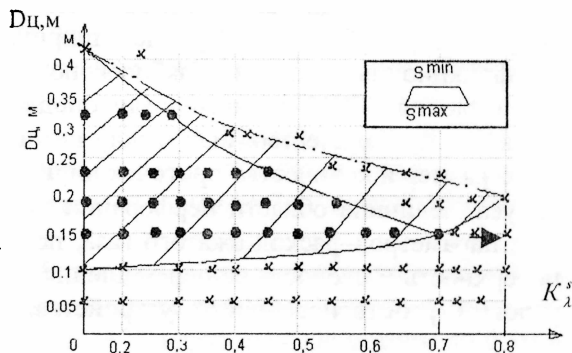


Рис.20. Влияние диаметра отверстий перфорации рабочей поверхности на чувствительность ПНДЗУ



Рис.21. Влияние диаметра отверстий перфорации рабочей поверхности на чувствительность ПНДЗУ

Рис.22. Влияние диаметра цилиндра (его части) на чувствительность ПМБЗУ (ПСЛЗУ)



параметров и показана область рационального использования устройств с ТГНП. Было выявлено, что на чувствительность ПНДЗУ, ПИЛЗУ и ПИК₆ЗУ оказывает влияние диаметр отверстий перфорации рабочей поверхности (рис.20,21). С увеличением диаметра воздухоподводящих отверстий чувствительность устройств падает. Максимальная чувствительность данных устройств достигает 95% при диаметре отверстий 0.1–0.2мм.

На чувствительность ПМБЗУ, ПСЛЗУ, ПИКЗУ и ПИК₆ЗУ оказывает существенное влияние зазор между рабочей поверхностью устройств и опорной поверхностью изделия. При зазоре 1 мм чувствительность ПМБЗУ составляет 85%, ПСЛЗУ–70%, ПИКЗУ–95%.

Область рационального использования устройств с ТГНП характеризуется их теоретической номинальной производительностью и уровнем чувствительности.

В шестой главе представлена методика выбора параметров разработанных устройств с ТГНП, приведены примеры расчета конструктивных и режимных параметров. Алгоритм расчета состоит в следующем: исходные данные для проектирования–вид технологической операции, требующей автоматизации; способ загрузки и скорость подачи изделия; необходимая производительность загрузочно–ориентирующего устройства; характерные параметры изделий выпускаемой номенклатуры. Этапы расчёта.

а) Выбор типа устройства с целью автоматизации конкретного вида технологической операции. б) Расчёт основных конструктивных параметров выбранного типа устройства: геометрических–диаметр, радиусы большего и меньшего основания, угол конусности, величина образующей, ширина и длина, угол наклона; фрикционных–материал рабочей поверхности; необходимых для создания ТГНП–диаметр воздухоподводящих отверстий перфорации, их количество, шаг между ними и наклон; специфических–размер и количество проточек цилиндра, количество секций конуса, величина области перфорации лотка. в) Подбор режимных параметров–расход сжатого газа, подаваемого под рабочую поверхность и скорость её перемещения. г) Проверка граничных условий работоспособности устройства. Пример расчёта. По

представленной методике рассчитаны основные устройства с ТГНП, успешно прошедшие производственную апробацию.

В седьмой главе показаны некоторые примеры промышленного использования устройств с ТГНП, подтвержденные актами производственных испытаний, представлены способы загрузки и расширение функциональных возможностей разработанных АЗОУ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Автоматизация процессов ориентации и загрузки мелких штучных изделий плоскостного типа с неявно выраженными ключами ориентации, малой прочности и жесткости представляет самостоятельную научно-техническую задачу, которая не решается известными методами и средствами механического захвата.

2. Разделение общего потока разноориентированных плоскостных изделий может быть достигнуто, если над движущейся рабочей поверхностью АЗОУ создавать тонкую газовую прослойку с независимым направлением движения газа. Это обеспечивает, в зависимости от ориентации подаваемых изделий, либо их транспортировку на рабочей поверхности АЗОУ, либо всплытие на газовой прослойке и подачу в ином направлении.

3. Основным управляющим параметром процесса является несущая способность газовой прослойки и возможность всплытия изделия с приоритетной (развитой) площадью нижней (опорной) поверхности на величину до 3мм над рабочей поверхностью АЗОУ.

4. Необходимые свойства газовой прослойки для распознавания изделий с отношением веса к площади опорной поверхности от $1 \cdot 10^{-4}$ кг /20мм² до 0,2кг/0,01м² (при удельной нагрузке объекта распознавания на газовую прослойку от 0,1Н/м² до 3000Н/м²) обеспечиваются шагом отверстия перфорации от 0,5мм до 20мм, их диаметром от 0,1мм до 3мм и расходом газа от 0,0001м³/с до 0,01м³/с.

5. Одним из наиболее рациональных схемных вариантов реализации предложенного метода является быстро вращающаяся "тарелка" с углом конуса $1 \div 3^\circ$, наружным диаметром до 0,5м и

скоростью вращения до 35рад/с. Данное устройство позволяет распознавать, сортировать, с дальнейшим ориентированием, плоскостные специфические штучные изделия с различием их опорных площадей до 5%, при возможной производительности до 120шт/мин.

6. Использование обобщенного критерия распознавания по удельной нагрузке, независящего от конкретных конструктивных особенностей загружаемого объекта, является признаком универсальности разработанных АЗОУ. Процесс переналадки при переходе на другие изделия сводится к регулировке расхода газа, подаваемого под объект загрузки и на основании анализа разработанных структурных схем автоматического и программного управления не превышает, соответственно, одной и трёх минут.

7. Автономность, конструктивная законченность, простота, многофункциональность, надёжность, отсутствие жёсткого фрикционного контакта объекта производства с рабочими элементами устройства обеспечивают успешное функционирование разработанных устройств при решении разнообразных задач автоматизации производственных процессов в приборо- и машиностроении, электронике, радиотехнике, электротехнической, химической (малотоннажной многоассортиментной), пищевой и др. отраслевой промышленности.

8. Перспективность предложенных методов и устройств состоит в возможности их применения для распознавания величины волнистости, неплоскостности, несоосности опорных поверхностей изделий, а также смещения центра тяжести объектов транспортирования.

Экономический эффект от реализации результатов исследования подтверждён актами производственной апробации и оценивается более 100 тыс. рублей.

Основное содержание работы отражено в следующих опубликованных диссертантом работах:

1. А. с. 1320140 СССР, МКИ В 65 G 47/24. Загрузочное устройство / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1987. - № 24.

2. А. с. 1337226 СССР, МКИ В 65 Р 19/04. Устройство для сборки / В.К. Битюков, Г.В. Попов, Ю.В. Царенко, И.А. Авцинов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1987. - № 34.
3. А. с. 1340978 СССР, МКИ В 23 Q 7/02. Устройство для ориентации деталей / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1987. - № 36.
4. А. с. 1348003 СССР, МКИ В 07 С 5/04. Устройство для сортировки изделий по качеству поверхности / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1987. - № 40.
5. А. с. 1400951 СССР, МКИ В 65 В 1/06. Устройство для наполнения тары сыпучим материалом / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1988. - № 21.
6. А. с. 1511045 СССР, МКИ В 23 Р 19/04. Устройство для автоматической сборки / И.А. Авцинов, С.Н. Аксенов, В.К. Битюков, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1989. - № 36.
7. А. с. 1553471 СССР, МКИ В 23 G 47/14. Устройство для ориентированной подачи деталей / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, В.Л. Мурзинов, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1990. - № 12.
8. А. с. 1717309 СССР, МКИ В 23 Q 7/02. Устройство для ориентации деталей / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, В.Л. Мурзинов, Г.В. Попов (СССР) // Открытия. Изобретения. ... - 1992. - № 9.
9. Патент 2056122 РФ, МКИ 6 В 01 D 15/00. Тарелка массообменного аппарата / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, В.Л. Мурзинов (РФ) // Открытия. Изобретения. ... - 1996 - № 8.
10. Патент 2130419 РФ, МКИ 6 В 65 G 47/14. Устройство для активной ориентации и сортировки изделий / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Д.Ю. Новиков (РФ) // Б.И. - 1999. - № 14.
11. Патент 2130890 РФ, МКИ 6 В 65 G 47/14. Устройство для сушки и ориентированной подачи деталей / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов, С.В. Степанов (РФ) // Б.И. - 1999. - № 15.

12. Патент 2147942 РФ, МКИ 7 В 07 В 7/08. Устройство для сортировки изделий / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Д.Ю. Новиков (РФ) // Б.И. - 2000. - № 12.
13. Патент 2149714 РФ, МКИ 7 В 07 В 4/00, В 07 С 3/06. Пневматический сепарирующий лоток / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Д.Ю. Новиков (РФ) // Б.И. - 2000. - № 15.
14. Патент 2151094 РФ, МКИ 6 В 65 G 47/248. Способ активного ориентирования / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, С.В. Степанов (РФ) // Б.И. - 2000. - № 17.
15. Патент 2151728 РФ, МКИ 7 В 65 G 47/17, 47/24. Устройство для сушки, ориентации и подачи изделий / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов, С.В. Степанов (РФ) // Б.И. - 2000. - № 18.
16. Патент 2159916 РФ, МКИ 7 F 26 В 11/04. Устройство для сушки изделий с автоматическим контролем влажности / И.А. Авцинов, В.К. Битюков, С.В. Степанов (РФ) // Б.И. - 2000, - № 33.
17. Авцинов И.А., Битюков В.К., Попов Г.В. Автоматизация загрузки штучных изделий в ГПС // Механизация и автоматизация пр-ва. - 1988. - № 12. - С. 1-3.
18. Авцинов И.А., Битюков В.К., Попов Г.В. Моделирование процесса распознавания образа изделия в пневмоцентробежном загрузочном устройстве // Изв. вузов. Машиностроение. - 1989. - № 2. - С. 141-145.
19. Авцинов И.А., Битюков В.К., Попов Г.В. Расчет пневмоцентробежного загрузочного устройства для гибких производственных систем механообработки // Механизация и автоматизация пр-ва. - 1989. - № 6. - С. 28-31.
20. Авцинов И.А., Битюков В.К., Попов Г.В., Новиков Д.Ю. Сортирующие устройства с распознающей прослойкой // Автоматизация и современные технологии. - 2000. - № 6. - С. 17-22.
21. Авцинов И.А., Битюков В.К., Степанов С.В. Пневматические загрузочные устройства, как элемент ГПС // Автоматизация и современные технологии. - 2000. - № 9. - С. 10-15.
22. Авцинов И.А., Битюков В.К. Роботизация химико-технологических процессов и устройства с несущей-распознающей тонкой газовой прослойкой - Воронеж, 2002. - 372 с.

Подписано в печать 26.03.2003.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура
Таймс. Ризография.
Усл. печ. л. 2,0. Тираж 100 экз.
Заказ № 146

Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА)
Участок оперативной полиграфии ВГТА
Адрес академии и участка оперативной полиграфии
394017, г. Воронеж, пр. Революции, 19