

На правах рукописи

17 ФЕВ 2001

28 ФЕВ 01

СТЕПАНОВ Сергей Васильевич

28 НОЯ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
ЗАГРУЗКИ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ  
ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

05.13.07 – Автоматизация технологических процессов  
и производств (промышленность)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Тамбов 2000

Работа выполнена в Воронежской государственной технологической академии на кафедре «Автоматизированные системы управления»

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:** Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
доктор технических наук, профессор  
**Битюков Виталий Ксенофонтович.**

**НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ:** кандидат технических наук, доцент  
**Авцинов Игорь Алексеевич.**

**ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:** доктор технических наук, профессор  
**Фролов Сергей Владимирович.**  
доктор технических наук, профессор  
**Чертов Евгений Дмитриевич.**

**ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ:** АООТ УГМАШ (г. Воронеж)

Защита диссертации состоится "10" июля 2000 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета К 064.20.01 в Тамбовском государственном техническом университете по адресу: г. Тамбов, ул. Ленинградская, 1, ауд. 60.

Отзывы в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью просим направлять по адресу: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, ТГТУ, ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан "8" июня 2000 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, доцент



В.М. Нечаев

091-048.92-05,0 + 3844.1-06-5-05,0

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Развитие современного производства, а также науки и техники, немыслимо без электроники, в частности ее ведущей отрасли — полупроводниковой микроэлектроники. Несмотря на значительные успехи в создании автоматизированных производств, автоматизация некоторых процессов в полупроводниковом производстве остается на относительно не высоком уровне. Например, пространственное и относительное ориентирование миниатюрных штучных деталей и изделий, загрузка к основному технологическому оборудованию, в кассеты и т.д. Это обусловлено особенностями как изделий электронной техники (малый размер и вес, слабовыраженная асимметрия параметров, высокая чувствительность, к механическим воздействиям, загрязнению, окружающей среде, побочным эффектам намагничивания), так и технологии (высокая степень зависимости надежности прибора от качества исходного материала, точности соблюдения процесса, требований гигиены). Кроме того, высокая динамичность электронной промышленности в целом и полупроводниковой микроэлектроники в частности, обусловленная быстрой сменяемостью изделий, в совокупности с сокращением сроков освоения новых приборов, предопределяет быстрое моральное старение специализированного оборудования. Все вышесказанное и обусловило внедрение ГПС в данную отрасль народного хозяйства и привело к нецелесообразности использования в полупроводниковой микроэлектронике традиционных средств автоматизации, например, процесса загрузки с использованием вибробункеров не удовлетворяющих в полной мере специфическим требованиям данных производств. С другой стороны, применение автоматических загрузочных устройств (АЗУ) на базе систем технического зрения, программного ориентирования затруднено, так как данные системы обладают сравнительно низкой производительностью, надежностью, высокой стоимостью, требуют для обслуживания высококвалифицированный персонал, сложны в настройке и эксплуатации.

Учитывая, что операция загрузки является неотъемлемой частью практически любого технологического процесса и уровень гибкости, надежности, производительности АЗУ значительно влияет на основные характеристики, как основного технологического оборудования, так и производственной системы в целом, разработка и исследование гибких, высокопроизводительных, автоматических загрузочных устройств переходит в разряд наиболее актуальных на современном этапе задач по автоматизации производства.

Цель работы. Разработка и исследование гибких автоматических загрузочных устройств с распознающей воздушной прослойкой для ориентации штучных изделий, обладающих повышенной чувствительностью к жесткому механическому контакту.

### Научная новизна работы.

На основании анализа существующих разработок предложен способ распознавания изделия по разнице площадей опорных поверхностей, который лег в основу создания гибкого струйного барабанного загрузочного устройства (СБЗУ).

Разработана математическая модель процесса движения изделия по рабочей поверхности пневмоинерционного барабанного загрузочного устройства (ПБЗУ) в условиях газовой смазки.

Разработана система программного и автоматического управления участком ориентирования, который работает в условиях бесконтактного манипулирования изделиями.

Создана методика синтеза пневматических загрузочных устройств, позволяющая рассчитать конструктивные и функциональные параметры подобных устройств как части гибкой автоматизированной системы.

### На защиту выносятся.

Пневматические барабанные загрузочные устройства, реализующие принцип распознавания изделия по критерию – разница площадей опорных поверхностей изделия;

Математическая модель процесса движения изделия при активном ориентировании в пневмоинерционном барабанном загрузочном устройстве;

Основные пути повышения цикловой и фактической производительности пневматических барабанных загрузочных устройств;

Системы управления ПБЗУ и СБЗУ;

Методика синтеза пневматических барабанных загрузочных устройств.

Методы исследования. В работе использованы положения теоретической механики, триботехники, современной теории автоматического управления, математической статистики, теории производительности.

Обоснованность научных результатов. Исследования по теме выполнялись с применением современных математических методов обработки экспериментальных данных. Получаемые теоретические зависимости проверялись на экспериментальных установках.

Практическая ценность работы. Полученные математические модели и результаты экспериментальных исследований легли в основу разработки универсальных, автоматически перенастраиваемых, высокопроизводительных и надежных загрузочных устройств. Полученные в результате исследования зависимости могут быть использованы при проектировании гибких пневматических загрузочных устройств различных типов для электронных, пищевых, фармацевтических, машиностроительных и других предприятий, где необходима автоматическая загрузка разнообразных штучных изделий.

### Реализация работы.

Результаты использования предложенной методики расчета загрузочных устройств позволяют в зависимости от параметров поступающих на ориент

рование изделий выбирать тип устройства и рассчитывать его основные конструктивные и функциональные параметры.

Использование разработанных устройств на участке герметизации полупроводниковых приборов ОАО НИИПМ позволит получить экономический эффект 43420 рублей (в ценах на 1.01.2000) вследствие повышения эффективности производства.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XI Международной научно-технической конференции «Математические методы в химии и технологиях» (г. Владимир, 1998 г.), на Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем» (г. Пенза, 1998 г.), на Воронежской школе «Современные проблемы механики и прикладной математики» (г. Воронеж, 1998 г.), а также на отчетных конференциях Воронежской государственной технологической академии (1998 г., 1999г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 3 патента, 5 статей.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, основных выводов, списка литературы и приложения. Материал диссертации изложен на 113 страницах машинописного текста, содержит 57 рисунков, 19 таблиц и список литературы на 161 наименование.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель работы, определены задачи исследования, научная новизна диссертационной работы, дана краткая аннотация работы по главам.

Первая глава посвящена анализу конструкций АЗУ для штучных миниатюрных изделий как объекта автоматической загрузки ГПС. Проведенный анализ, как систем распознавания, так и конструктивных разработок АЗУ показал, что из широкого спектра всевозможных решений, наиболее перспективными на современном этапе являются пневматические системы распознавания. Разработка оригинальных конструкций с использованием воздушных несущих прослоек обеспечит:

- значительный уровень гибкости, обусловленный универсальностью представленной системы распознавания, в совокупности с возможностью автоматической переналадки при переходе с одних типоразмеров изделия на другие;
- высокую производительность за счет проточности, и высоких скоростей движения изделий на воздушной прослойке;
- бесконтактное манипулирование изделиями, в результате применения газовой смазки между объектом загрузки и несущей поверхностью устройства, что

удовлетворяет специфическим требованиям полупроводниковой микроэлектроники;

– простоту эксплуатации за счет высокой надежности и несложного конструктивного исполнения.

Во второй главе теоретически обоснован процесс движения и ориентирования изделий в рабочих элементах предлагаемых устройств. На основании проведенного анализа номенклатуры изделий электронной, пищевой, фармацевтической промышленности, приборостроения, была выделена достаточно большая группа деталей корпусных приборов (рис. 1), которой присущи следующие основные признаки:

- симметричность относительно своей вертикальной оси;
- отношение высоты изделия к диаметру опорной поверхности не превышает 1;
- вертикальная ось проходит через центры диаметрально-противоположных параллельных опорных поверхностей;
- совпадение осей вращения и симметрии;
- изделия данной группы могут занимать не менее двух равновероятных положений;
- опорные поверхности изделий отличаются либо по площади, либо по конфигурации.

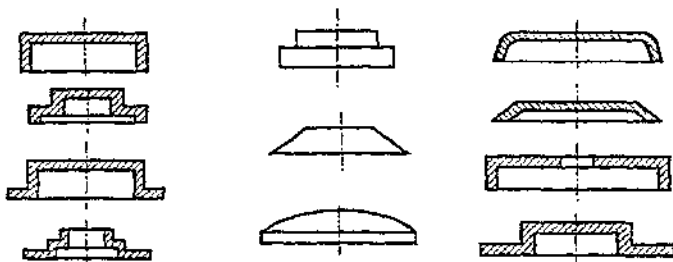


Рис.1. Характерные виды изделий ряда отраслей промышленности.

На основании сформулированных ранее рекомендаций для данной группы деталей разработаны два типа пневматических загрузочных устройств. На рис. 2. представлена принципиальная схема пневмоинерционного барабанного загрузочного устройства (ПБЗУ). Оно состоит из пневмокамеры 1, на которой установлена вращающаяся рабочая поверхность 2 полностью перфорированная воздухоподводящими отверстиями и имеющая форму полого цилиндра. В пневмокамеру подается сжатый воздух через штуцер 3. Для предотвращения истекания воздуха из пневмокамеры в атмосферу установлены уплотнения 4 и прижимные ролики 5. Рабочая поверхность на своей внутренней поверхности снабжена продольными проточками 6, не позволяющими соскальзывать за-

хваченным изделиям 7. Пневмокамера вращается от электродвигателя постоянного тока 8 посредством фрикционной передачи 9. Активное ориентирование изделий происходит следующим образом: изделия подаются во внутрь вращающегося цилиндра. Одновременно в пневмокамеру подается сжатый воздух, который, проходя через перфорацию рабочей поверхности, попадает во внутреннюю часть устройства. Расход сжатого воздуха подбирается таким образом, что бы изделия поданные на рабочую поверхность своей развитой (большей) опорной поверхностью всплывали на газовой прослойке. На всплывшее изделие вращение цилиндра не передается. Предмет производства за счет составляющей силы тяжести (так как барабан имеет наклон) начинает

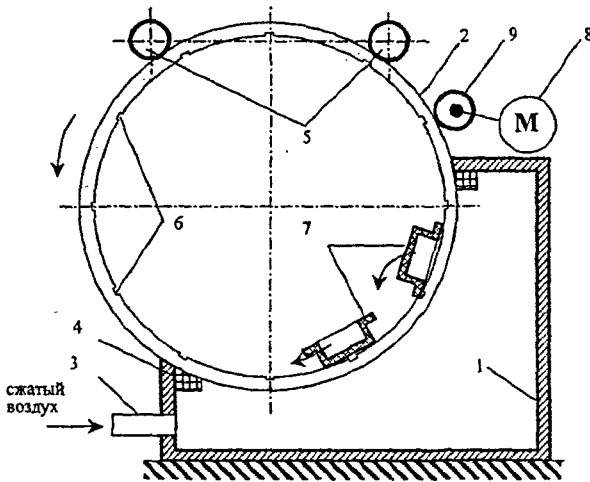


Рис. 2. Принципиальная схема пневмоинерционного барабанного загрузочного устройства.

перемещение на газовой прослойке вдоль рабочей поверхности и попадает на принимающий пневмотранспортер. С него правильно ориентированное изделие подается на дальнейшие технологические операции. При подаче предмета производства своей менее развитой опорной поверхностью на внутреннюю часть цилиндра, под ним также

создается газовая прослойка, но не достаточная для осуществления процесса всплытия. Предмет производства касается рабочей поверхности, фиксируется в ее проточке и начинается их совместное вращение. При достижении цилиндром определенного угла поворота, изделие переворачивается и попадает на внутреннюю поверхность цилиндра своей более развитой опорной поверхностью. Под предметом производства образуется газовая прослойка достаточная для процесса всплытия, который и реализуется. Так как, вращение цилиндра на изделие не передается, оно движется в его нижнюю часть, за счет составляющей силы тяжести и далее вдоль устройства на принимающий пневмотранспортер.

На рис. 3 представлено струйное барабанное загрузочное устройство (СБЗУ) в котором ориентирование изделий производится без вращения барабана, а только за счет динамического давления струй воздуха. Устройство работает следующим образом. Произвольно ориентированные изделия 1 подаются на внутреннюю цилиндрическую поверхность устройства 2 по подающему пневмоконвейеру 3. В пневмокамеру 4 подается сжатый воздух, который истекает внутрь цилиндра через его перфорацию 5. Расход сжатого воздуха подбирается таким образом, чтобы изделия поданные на цилиндр своей развитой опорной поверхностью переворачивались и занимали диаметрально противоположное положение. При этом изделия, поданные на цилиндр своей менее развитой опорной

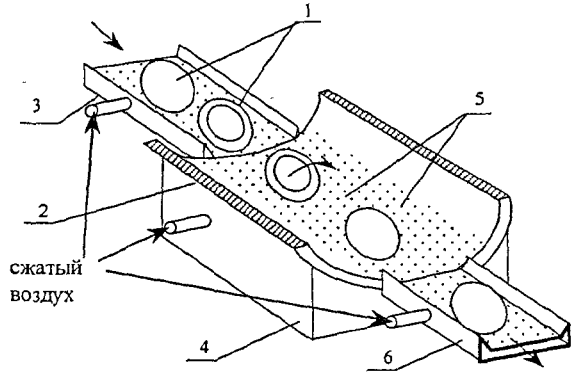


Рис. 3. Принципиальная схема струйного барабанного загрузочного устройства

поверхность данное воздействие больше, чем на менее развитую, т.к. площади их различны, поэтому предмет производства расположенный менее развитой опорной поверхностью вниз перевернуть тяжелее. Заметим, что процесс активного ориентирования реализуется в области возникновения процесса витания. Кроме того, в зависимости от расположения изделия на цилиндре, меняется и зазор между опорной поверхностью изделия и несущей поверхностью цилиндрического барабана. При неизменном избыточном давлении в пневмокамере величина данного зазора влияет на скорость движения струй воздуха в нем. Известен эффект Бернулли, когда при возрастании скорости течения струй воздуха, между двумя рядом расположенными поверхностями, создается некоторое разрежение которое способствует их притягиванию. При расположении изделия на внутренней поверхности цилиндра меньшей опорной поверхностью вниз зазор между изделием и поверхностью цилиндра становится меньше. Скорость протекания воздуха под изделием увеличивается, следовательно, возрастает влияние эффекта Бернулли (изделие как бы приса



сывается к поверхности цилиндра). Таким образом, совокупность двух выше перечисленных эффектов позволяет изменять ориентацию только тех изделий, которые расположены на цилиндре более развитой опорной поверхностью вниз, или имеют больший зазор.

Как показали экспериментальные исследования, в ПБЗУ, в условиях газовой смазки изделия имеют различный коэффициент трения при диаметрально противоположном расположении изделия на несущей поверхности устройства (рис. 4), т.е. происходит их распознавание.

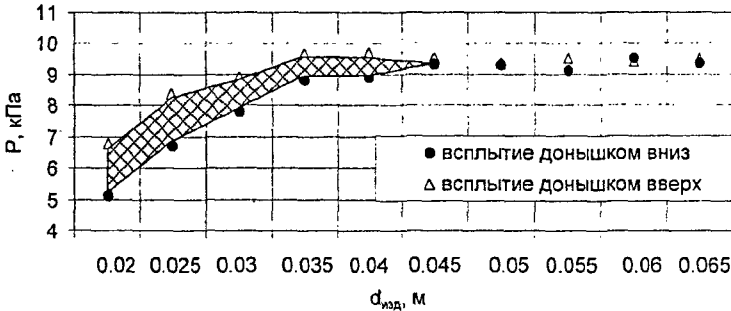


Рис. 4. Зависимость давления всплытия изделия (достижения коэффициента трения равного 0.05) от диаметра изделий, при диаметрально противоположном расположении изделий, имеющих вид колпачка, на несущей поверхности,  $R = 0.115$  м,  $d_0 = 0.0004$  м,  $t_{ш} = 0.005$  м.

Для определения того, достаточна ли разница в коэффициенте трения, чтобы удержать неправильно ориентированное изделие на вращающейся несущей поверхности до момента его переворота, были найдены зависимости характеризующие углы начала проскальзывания  $\varphi_0$  и переворота  $\varphi$ .

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

$$\varphi = \arcsin \left( \frac{\omega^2 (R-l) \sin(\arctg \frac{r_0}{l})}{g} \right) + \arctg \frac{r_0}{l} \quad (2)$$

где:  $f$  – коэффициент трения;  $R$  – радиус цилиндра;  $l$  – высота расположения центра тяжести изделия над опорной поверхностью;  $r_0$  – радиус изделия.

На эти углы, в первую очередь, оказывает влияние частота вращения барабана  $\omega$ . Основным ограничением, действующим на нее, является  $\varphi = 90^\circ$ , так как при подъеме на угол больше  $90^\circ$  изделие отрывается от несущей поверхности

и падает вниз, при этом нарушается условие бесконтактности, и изделие может неправильно ориентироваться. Таким образом, частота вращения барабана должна лежать в данных пределах.

$$0 \leq \omega \leq \sqrt{\frac{g \cos(0.1\omega + \arctg \frac{r_0}{l})}{(R-1) \sin(\arctg \frac{r_0}{l})}} \quad (3)$$

На основании данного выражения была найдена зависимость критической частоты вращения от диаметра цилиндра (рис. 5).

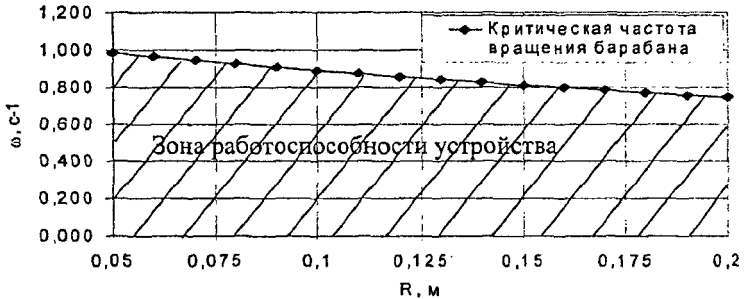


Рис. 5. Значения критической частоты вращения при различном радиусе несущей поверхности.

Расчет углов начала проскальзывания и переворота при различных частотах вращения барабана показал, что угол начала проскальзывания становится больше угла переворота при коэффициенте трения больше 0,95 (рис. 6).

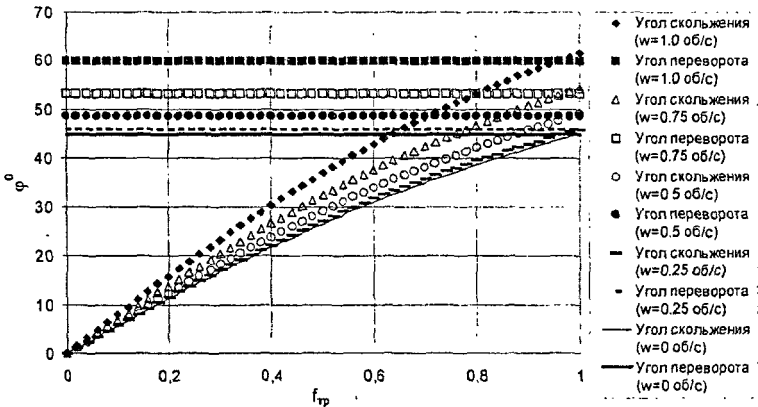


Рис. 6. Зависимость углов начала переворота и начала скольжения от коэффициента трения при различной частоте вращения цилиндра.

Достичь такого коэффициента трения в условиях газовой смазки невозможно, поэтому необходимо конструктивное изменение формы несущей поверхности для обеспечения надежного ориентирования изделия. Как показано на рис. 2 данное конструктивное изменение формы выполнено в виде продольных проточек 6.

Для нахождения траектории движения изделия во вращающемся цилиндре решалась система из двух уравнений описывающих движение изделия в плоскости вращения (4 и 5) и одного описывающего движение изделия вдоль цилиндра.

$$\ddot{\psi} = -\frac{g}{R} \sin(\psi + \omega_e t) - f\dot{\psi}^2 - f\omega_e^2 - 2f\omega_e \dot{\psi} - f\frac{g}{R} \cos(\psi + \omega_e t) \quad (4)$$

$$\ddot{\psi} = -\frac{g}{R} \sin(\psi - \omega_e t) + f\dot{\psi}^2 + f\omega_e^2 - 2f\omega_e \dot{\psi} + f\frac{g}{R} \cos(\psi - \omega_e t) \quad (5)$$

$$x = \frac{g}{2} (\sin \gamma - f \cos \gamma) t^2 + U_0 t \quad (6)$$

где:  $\psi$  – угловая координата текущего положения изделия на несущей поверхности;  $g$  – ускорение свободного падения;  $R$  – радиус несущей поверхности;  $\omega_e$  – частота вращения цилиндра;  $f$  – коэффициент трения;  $t$  – текущее время;  $x$  – координата текущего положение изделия по длине барабана;  $\gamma$  – угол наклона несущей поверхности к горизонту;  $U_0$  – начальная скорость подачи изделий.

Полученные аналитические зависимости организованы в математическую модель активного ориентирования изделий в ПБЗУ. В результате реализации на ЭВМ полученной математической модели рассчитана траектория движения изделия по внутренней вращающейся цилиндрической поверхности ПБЗУ (рис. 7).

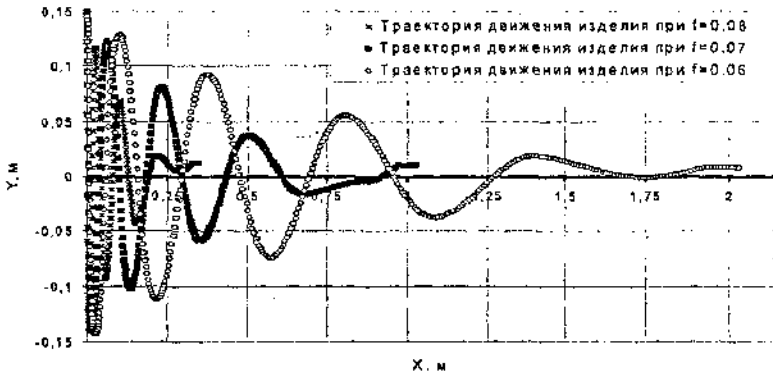


Рис. 7. Траектория движения изделия по рабочей поверхности ПБЗУ, при активном ориентировании изделия,  $\gamma = 6^\circ$ ,  $\omega = 0.4 \text{ с}^{-1}$ ,  $R = 0.15 \text{ м}$ ,

Как видно из рис. 7, одним из основных факторов, влияющих на характер движения изделия, является коэффициент трения, для определения которого была получена экспериментально-статистическая зависимость коэффициента трения в условиях газовой смазки от конструктивных и функциональных параметров системы «несущая поверхность устройства – изделие».

$$f = f_{mp} * \left( 1 - 1.224 * \frac{t_{ш,код}^{0.114} * D_{ц,код}^{0.154} * Q_{код}^{0.234} * d_{изд,код}^{0.011}}{d_{0,код}^{-0.073} * m_{код}^{-0.088}} \right) \quad (7)$$

где:  $Q_{код}$ ,  $d_{0,код}$ ,  $t_{ш,код}$ ,  $D_{ц,код}$ ,  $d_{изд,код}$ ,  $m_{код}$  – приведенные к безразмерному виду, кодированные значения таких параметров, как расход воздуха подаваемого под изделие, диаметр и шаг отверстий перфорации, диаметр барабана ПБЗУ, характерные размеры изделия.

Основным параметром, характеризующим процесс активного ориентирования в СБЗУ, является расход воздуха подаваемого под изделие и необходимого для активного ориентирования. В результате обработки экспериментальных данных, при использовании методики планирования эксперимента получены следующие зависимости расхода воздуха необходимого для активного ориентирования от конструктивных параметров системы «несущая поверхность – изделие»:

$$Q_{изд} = 0,00024 \cdot h_{вн,код}^{-0,09685} \cdot d_{0,код}^{0,05323} \cdot t_{ш,код}^{-0,04851} \cdot D_{ц,код}^{0,00916} \cdot d_{изд,код}^{0,06431} \cdot m_{код}^{0,12764} \cdot t_{ст,код}^{0,05378} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} Q_{изд} = & 0.000915 + 0.000028 \cdot d_{0,код} - 0.000016 \cdot h_{вн,код} + 0.000347 \cdot d_{изд,код} + \\ & + 0.000028 \cdot t_{ст,код} + 0.000013 \cdot m_{код} + 0.000063 \cdot D_{ц,код} - 0.000604 \cdot t_{ш,код} - \\ & - 0.000015 \cdot d_{0,код}^2 + 0.000023 \cdot h_{вн,код}^2 - 0.000027 \cdot d_{изд,код}^2 + 0.000018 \cdot m_{код}^2 + \\ & + 0.000303 \cdot t_{ш,код}^2 + 0.000031 \cdot d_{0,код} \cdot d_{изд,код} + 0.000027 \cdot d_{0,код} \cdot m_{код} + \\ & + 0.000026 \cdot d_{изд,код} \cdot D_{ц,код} - 0.000043 \cdot d_{изд,код} \cdot t_{ш,код} - 0.000035 \cdot D_{ц,код} \cdot t_{ш,код} \end{aligned} \quad (9)$$

где:  $h_{вн,код}$ ,  $d_{0,код}$ ,  $t_{ш,код}$ ,  $D_{ц,код}$ ,  $d_{изд,код}$ ,  $m_{код}$ ,  $t_{ст,код}$  – приведенные к безразмерному виду, кодированные значения таких параметров, как высота внутренней части изделия, диаметр и шаг отверстий перфорации, диаметр несущей поверхности СБЗУ, а также характерные размеры изделия.

Сравнение результатов полученных экспериментальным путем и полученных в результате решения уравнений (8) и (9) (рис. 8) для более широкого участка варьирования параметров показал, что на участке выбранной области варьирования параметров (соответствующих параметрам основных характерных изделий электронной техники) более точной оказалась экспериментально – статистическая модель вида (9), а при выходе за границы этого участка модель вида (8) точнее описывает экспериментальные данные.

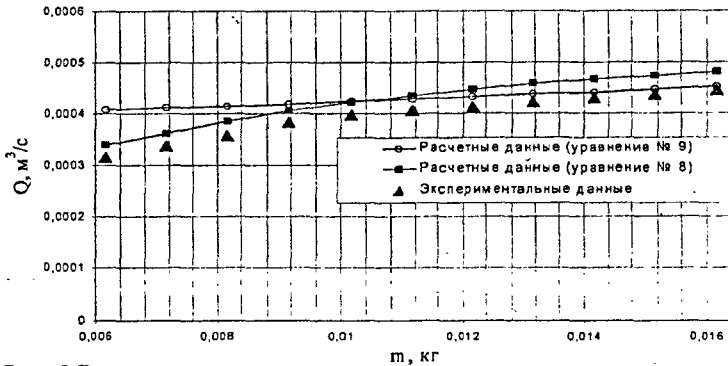


Рис. 8. Расчетная и экспериментальная кривые зависимости расхода воздуха необходимого для ориентирования изделия от массы изделия (радиус цилиндра 0.115 м, диаметр отверстий 0.0006 м, шаг отверстий 0.0075 x 0.0075 м, диаметр изделия 0.03 м, высота внутренней части изделия 0.008 м, толщина стенки изделия 0.001 м).

Приведенные теоретические и экспериментально-статистические зависимости характеризуют структурную и функциональную взаимосвязь параметров как ПБЗУ, так и СБЗУ для различных типов изделий, адекватно описывают процесс движения и распознавания объекта загрузки.

В третьей главе изложена техника и методика проведения экспериментальных исследований. Описаны экспериментальные установки, аппараты и приборы для регистрации результатов экспериментальных исследований. Так же на основании экспериментальных исследований было установлено, что СБЗУ на возможно производить ориентирование изделий, имеющих различные конструктивные параметры без изменения расхода воздуха подаваемого в пневмокамеру (рис. 9) т.е. оно имеет высокий уровень гибкости.



Рис. 9. Зависимость давления активного ориентирования от диаметра изделий при одинаковой удельной нагрузке,  $d_0 = 0.0004$  м,  $t_{\text{щ}} = 0.005$  м.

Кроме вышесказанного, экспериментальные исследования подтвердили адекватность математической модели описывающей процесс ориентирования в ПБЗУ, и позволили получить экспериментально-статистические зависимости коэффициента трения и расхода воздуха необходимого для активного ориентирования от конструктивных и функциональных параметров системы «несущая поверхность устройства – изделие».

В четвертой главе проведен анализ производительности пневматических загрузочных устройств. Показано, что характерной особенностью структуры рабочего цикла разрабатываемых устройств является совмещение процесса транспортирования с операцией активного ориентирования. На основании теоретических и экспериментальных исследований было доказано, что время активного ориентирования для обоих устройств не превышает 0.5 с. При этом общее время цикла  $T_p$  можно рассчитать по следующим зависимостям:

для ПБЗУ,

$$T_p = \frac{\varphi}{360 \cdot \omega} + 0.1 + \sqrt{\frac{3d_{изд}}{\frac{g}{2}(\sin \gamma - f \cos \gamma)}} \quad (10)$$

для СБЗУ,

$$T_p = \frac{3d_{изд}}{U_0} \quad (11)$$

где:  $\varphi$  - угол, при достижении которого, изделие начинает переворачиваться (т.е. активно ориентироваться).

Проведенный анализ цикловой производительности пневматических барабанных загрузочных устройств показал, что ее средняя величина для ПБЗУ составляет 100÷120 изделий в минуту, а для СБЗУ - 80÷100.

В пятой главе представлена система управления гибким автоматизированным участком ориентированной загрузки на базе пневматических загрузочных устройств. Рассмотрена система программного управления гибким участком ориентирования на базе пневмоинерционного барабанного загрузочного устройства, которая позволяет:

- осуществлять сигнализацию при отклонении кинематических параметров (скорость движения, поштучная подача) потока штучных изделий от заданных;
- перенастраивать пневмоинерционное барабанное загрузочное устройство при переходе с одного типа предмета производства на другой по заданной технологической программе;
- производить автоматическую коррекцию работы устройства при возникновении помех.

Также рассмотрена система автоматического управления гибким участком ориентирования на базе струйного барабанного загрузочного устройства, которая позволяет:

- осуществлять автоматическое управление операцией активного ориентирования разнообразных изделий;
- осуществлять сигнализацию при отклонении кинематических параметров (скорость движения, поштучная подача) потока штучных изделий от заданных;
- автоматически перенастраивать струйное барабанное загрузочное устройство при переходе с одного типа предмета производства на другой;
- производить автоматическую коррекцию работы устройства при возникновении помех.

В шестой главе представлена методика расчета пневматических барабанных загрузочных устройств. По разработанной методике в зависимости от параметров изделий, типа загрузки и производительности ведущего технологического оборудования выбирается тип загрузочного устройства, а также его конструктивные и функциональные параметры. Методика расчета организована в виде алгоритма. Проведен расчет разработанного загрузочного оборудования. Показано использование ПБЗУ в автомате герметизации корпусных полупроводниковых приборов и использование СБЗУ на гибком автоматизированном участке кассетирования корпусов полупроводниковых приборов.

## ВЫВОДЫ

1. Разработка нового принципа распознавания объекта загрузки по обобщенному критерию – разница площадей опорных поверхностей обеспечила создание пневматических барабанных загрузочных устройств, способных успешно функционировать в гибких автоматизированных системах и позволяющих решать следующие задачи: автоматическую загрузку миниатюрных изделий разнообразных типоразмеров с активным ориентированием; транспортирование в процессе ориентирования; производить некоторые технологические операции в процессе ориентирования (сушка, охлаждение и др.).

2. Применение газовой смазки между загружаемым объектом и рабочей поверхностью загрузочного устройства с использованием эффектов воздушной прослойки позволяет манипулировать изделиями без их повреждения. Это особенно важно для изделий с заниженными физико-механическими свойствами, выполненных из стекла, керамики, монокристаллов, металлокерамики и др.; со специальными покрытиями из химически активных веществ; с высококачественными обработанными поверхностями, например зеркальными, и т.п.

3. Минимальное количество механических подвижных частей, бесконтактные способы манипулирования, не вызывающие побочные эффекты, не-

значительные габариты, соизмеримые с размерами загружаемых изделий, способствуют успешному функционированию устройств на автоматизированных участках ряда отраслей промышленности (электроника, приборостроение, фармацевтическая промышленность, пищевая, химическая и др.).

4. Проточность предложенных конструкций обеспечивает простоту встраивания в транспортные технологические линии автоматизированных участков, а также обеспечивает высокую производительность данных устройств.

5. Полученные экспериментально-статистические модели позволяют рассчитывать загрузочные устройства, предназначенные для ориентирования широкого класса изделий имеющих следующие конструктивные параметры: диаметр опорной поверхности изделия 0.01 – 0.06 м, масса изделия 0.002 – 0.0016 кг, высота внутренней части 0.001 – 0.024 м.

6. Повышение производительности пневматических загрузочных устройств возможно за счет, во-первых, сокращения времени рабочего цикла пневматического барабанного загрузочного устройства в результате: совмещения операций транспортирования и активного ориентирования; сокращения времени ориентирования на основании подбора рациональных параметров устройств, во-вторых, в результате сокращения времени переналадки за счет автоматизации данного процесса, в-третьих, рациональное согласование параметров пневматических барабанных загрузочных устройств с параметрами основного технологического оборудования.

7. Методика расчета пневматических барабанных загрузочных устройств, выполненная в виде алгоритма расчета основных параметров устройств, позволяет общедоступными средствами, с применением предложенного пакета программ, рассчитать основные кинематические характеристики разработанного загрузочного оборудования и создает предпосылки к автоматизации данного процесса.

8. Разработанная система управления гибкого производственного модуля активной ориентации штучных изделий позволяет: осуществлять автоматическое (программное) управление операцией активного ориентирования разнообразных изделий; автоматически перенастраивать СБЗУ (ПБЗУ) при переходе с одного типа предмета производства на другой; осуществлять корректировку производительности модуля в зависимости от производительности ведущего технологического оборудования; производить автоматическую коррекцию работы устройства при возникновении помех.

9. Результаты и рекомендации, полученные на основании проведенного исследования и реализованные в гибком участке герметизации, способствуют решению задач автоматизации на базе ГПС и позволяют получить годовой экономический эффект 43 тыс. руб. (в ценах на 1.01.2000), а также создают



предпосылки для разработки автоматизированных линий производства изделий электронной техники и ряда других отраслей промышленности.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Повышение качества изделий за счет использования в оборудовании газовых несущих прослоек / Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Актуальные проблемы анализа и обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем: Междунар. Науч.-техн. Конф.: Тез. Докл./ Пенза, 1998. с. 227-228.
2. Пневмоинерционное барабанное загрузочное устройство для сушки и ориентирования пищевых продуктов / Авцинов И.А., Битюков В.К., Степанов С.В. // Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: Сборник научных трудов (выпуск 8) / Воронеж, ВГТА, 1998. с. 25-26.
3. Математическое моделирование процесса ориентирования и сортировки изделий на газовой прослойке / Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Математические методы в химии и технологиях. Школа молодых ученых: XI Междунар. Науч.-техн. Конф.: Тез. Докл./ Владимир, 1998. с. 75.
4. Гибкие пневмоинерционные загрузочные устройства бесконтактного манипулирования / / Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Современные проблемы механики и прикладной математики: Воронежская школа: Тез. Докл./ Воронеж, ВГУ, 1998. с. 11.
5. Автоматизация процесса ориентирования и сушки штучных изделий на базе барабанных пневмоинерционных устройств / Авцинов И.А., Битюков В.К., Степанов С.В. // Материалы XXXVI отчетной научной конференции за 1997 год. / Воронеж, ВГТА, 1998. с. 179.
6. Роботы и автоматизированное производство / Степанов С.В. // Актуальные проблемы научно практических методологий: Материалы научно-практической конференции аспирантов и соискателей ВГТА на иностранных языках / Воронеж, ВГТА, 1998. с. 16.
7. Пневмоинерционное барабанное загрузочное устройство для сушки штучных изделий / Авцинов И.А., Степанов С.В. // Теоретические основы проектирования технологических систем и оборудования автоматизированных производств: Межвуз. сб. науч. тр. (выпуск 3) / Воронеж, ВГТА, 1998. с. 42-45.
8. Исследование процесса ориентирования в барабанных загрузочных устройствах / Авцинов И.А., Битюков В.К., Степанов С.В. // Материалы XXXVII отчетной научной конференции за 1998 год. / Воронеж, ВГТА, 1999. с. 226.

9. Математическое моделирование процесса распознавания изделий на газовой прослойке / Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-12: Сб. трудов Международ. науч. конф. В 5-ти т. Т.2. / Новгород. гос. ун-т. Великий Новгород, 1999. с. 93-94.
10. Пневматические устройства с распознающей газовой прослойкой / Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Вестник ВГТА №4/ 1999. с.
11. Автоматическое управление процессом переналадки гибких пневмоинерционных загрузочных устройств // Авцинов И.А., Битюков В.К., Новиков Д.Ю., Степанов С.В. // Информационные технологии моделирования и управления // Межвуз. сб. науч. тр./ Воронеж, ВГТУ, 1999. с 29-36.

и защищены следующими патентами:

1. Патент №2130890 Россия, В 65 G 47/14 Устройство для сушки и ориентированной подачи деталей/И.А. Авцинов, В.К. Битюков, Г.В. Попов, С. В. Степанов (Россия). - № 981000914/03; Заявлено 21.01.98.; Опубл. 27.05.99., Бюл № 15. - 4 с., ил.
2. Положительное решение о выдаче патента на изобретение, заявка № 99107919/03 Устройство для сушки, ориентации и подачи изделий / Авцинов И.А., Битюков В.К., Попов Г.В., Степанов С.В. Приоритет от 28.02.2000.
3. Положительное решение о выдаче патента на изобретение, заявка № 99111899/28 Способ активного ориентирования изделий / Авцинов И.А., Битюков В.К., Степанов С.В. Приоритет от 04.02.2000.

*Смирнов*