

И 399409

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

УДК 621.9.08-52

ЖУКОВ Владимир Викторович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ
ПНЕВМОВИХРЕВЫХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ

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 - 1982 г.

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного знамени высшем техническом училище имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор ВОЛЧКЕВИЧ Л.И.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор НИКИФОРОВ А.Д.
кандидат технических наук
ПОЧТАРЬ Ю.С.

Ведущее предприятие - указано в решении специализированного совета

Защита диссертации состоится "___" _____ 1982 г.
на заседании специализированного совета К053.15.01 в Московском высшем техническом
адресу: 107005, Москва,

Ваш отзыв в одном экземпляре
просим высылать по указанию

С диссертацией можно ознакомиться

Автореферат

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук

М 399409

Актуальность проблемы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года предусмотрено "повысить технический уровень и качество продукции машиностроения, средств автоматизации и приборов, значительно поднять экономичность и производительность техники".

Из числа факторов, определяющих качество продукции на конечных стадиях производства, важнейшим является обеспечение качественного соединения деталей и узлов машин. В общем объеме соединений, выполняемых при сборке, свинчивание составляет от 25 до 80%, причем в большинстве случаев обеспечивает за счет соединительных (крепежных) деталей.

В настоящее время в связи с интенсификацией сборочных процессов на основе применения высокопроизводительных автоматов и поточных линий требования к точности и взаимозаменяемости используемых при автоматической сборке резьбовых крепежных деталей постоянно возрастают. Попадание негодных по резьбе крепежных деталей является основной причиной отказов технологического оборудования.

Известно, что при массовом изготовлении крепежных деталей на специализированных предприятиях контроль размеров резьб деталей осуществляется на основе выборочных послеоперационных методов. Выход годных по резьбе крепежных деталей оценивается вероятностной величиной, не исключающей попадание бракованных деталей в партию выборки.

Для многих предприятий машиностроительной отрасли, выпускающих партии крепежных деталей в объеме серийного сборочного производства, затраты, связанные с внедрением специальных автоматизированных средств статрегулирования процесса изготовления резьб деталей, как правило не окупаются программой выпуска изделий и малоэффективны из-за частых переналадок резьбообрабатывающего оборудования на различные типоразмеры крепежных деталей.

Использование взамен автоматических средств статрегулирования процесса изготовления резьб крепежных деталей упрощенных, в основном ручных средств контроля и подналадки технологического оборудования приводит к повышенному выходу негодных по резьбе деталей и дополнительным потерям времени и

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1399409

Жуков В.В. Разработка и ис

М В Т У
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

браку (при автоматической сборке) по резьбовым соединениям.

В зависимости от степени обеспеченности производства крепежных деталей средствами статрегулирования процесса изготовления резьб, состояния резьбообрабатывающего оборудования и квалификации рабочих число бракованных деталей в партиях, признанных годными по результатам выборки, может достигать 4-8%.

Для снижения потерь от брака, повышения коэффициента использования автоматического сборочного оборудования на ряде предприятий применяется дополнительный контроль-сортировка крепежных деталей. При этом выполнение на стадиях сборочного процесса сплошного контроля-разбраковки крепежных деталей по резьбе связано с значительными затратами малопроизводительного ручного труда.

Существует проблема снижения трудоемкости контрольных операций по резьбовым крепежным деталям, решение которой возможно путем автоматизации процесса контроля. При этом средства автоматического контроля должны удовлетворять требованиям серийного сборочного производства, характеризуемого частой сменой объекта контроля из-за большого числа типоразмеров крепежных деталей, используемых при сборке. Применение в этих условиях специальных контрольных автоматов, используемых в массовом метизном производстве, оказывается малоэффективным в виду их низкой мобильности и производительности, а также непригодности к работе в режиме сплошного контроля-сортировки крепежных деталей по резьбе.

Одним из перспективных направлений при разработке высокопроизводительных, мобильных и надежных автоматов для контроля резьб крепежных деталей является применение новых физических процессов и основанных на них методов. К числу последних относится метод ориентации и сборки резьбовых соединений, основанный на эффекте вращающихся (вихревых) воздушных потоков.

Указанный метод применительно к задаче автоматизации цикла контроля резьб может обеспечить высоконадежную ориентацию резьбовых пар "крепежная деталь-резьбовой калибр" с одновременным наживлением резьбового соединения на 2-3 нитки резьбы. Положительной особенностью метода является и то, что необходимые для ориентирования резьбовой пары движения могут быть

переданы от пневмовихревого потока посредством исполнительного органа ориентатора, постоянно находящегося в потоке. При этом габариты и форма ориентируемых резьбовых деталей не оказывают существенного влияния на стабильность процесса и имеется возможность выполнить одним пневмовихревым устройством ориентацию резьбовых пар различных типоразмеров.

В настоящее время известен ряд практических применений пневмовихревого метода при автоматизации сборки, транспортировки и загрузки деталей. Однако проведенные при разработке известных образцов исследования вихревых процессов не касались вопросов, связанных с выбором параметров и режимов работы устройств пневмовихревого действия, позволяющих выполнить сборку резьбовых соединений на заданную длину резьбы, интенсифицировать частоту вращения деталей вихревым потоком без снижения надежности при ориентации резьбовых пар, обеспечить заданную величину крутящего момента при свинчивании и др.

Целью данной работы является разработка научно-теоретических основ и методов выбора параметров устройств автоматического контроля-сортировки крепежных деталей по резьбе на основе эффекта пневмовихревых потоков.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования осуществлены на основе теории производительности машин и труда Г.А.Шаумяна, методов экспериментального исследования надежности автоматических машин и линий Л.И.Волчкевича, аэродинамики вихревых потоков, теории математического моделирования процессов с использованием современных электронно-вычислительных машин.

Использовались работы по теории контроля линейных размеров и проектированию измерительных устройств и их элементов А.Д.Никифорова, Л.Н.Воронцова, А.И.Якушева и других ученых.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях кафедр "Станки и автоматы механосборочного производства", "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана, а также в лаборатории Отдела автоматизации и механизации УГК ТОС производственного объединения ЗИЛ с привлечением современной регистрирующей и измерительной аппаратуры.

Научная новизна работы заключается в разработке основ

расчета и проектирования нового типа устройств для автоматического контроля-сортировки крепежных деталей по резьбе, основанных на эффекте пневмовихревых потоков; в создании методики расчета и выбора параметров пневмовихревых исполнительных устройств ориентации и реверсивного вращения крепежных деталей при контроле их резьб по предельным резьбовым калибрам-кольцам (пробкам); в обосновании эффективности применения пневмовихревых потоков при автоматизации цикла пневматического измерения диаметров и распознавания наружных резьб деталей с целью дальнейшего повышения производительности, надежности и упрощения конструкции действующего автоматического оборудования.

В соответствии с целью в работе поставлены и решены следующие научные задачи:

1. Выявлена и математически описана кинематика движения цилиндрических тел в вихревой трубе под действием аэродинамических сил вихревого потока и реакций связей. Получены аналитические зависимости для расчета момента количества движения вихревого потока в кольцевых трубах и частот вращения цилиндрических деталей в вихревых трубах при заданных входных параметрах.

2. Исследованы пневматические параметры вихревых потоков в кольцевых каналах истечения и получены характеристики распределения скоростей и статического давления в различных сечениях по длине канала при радиальных зазорах порядка 1-2 мм и давлении на входе кольцевой вихревой трубы - 0,15-0,3 МПа.

3. Разработана методика выбора конструктивных параметров устройств автоматического контроля резьб и расчета выходных характеристик устройств при заданных конструктивных и пневматических параметрах.

4. Определена область рационального применения разработанных устройств контроля и распознавания резьб крепежных деталей.

Практическая ценность работы. Основные результаты работы могут использоваться для расчета и проектирования быстродействующих исполнительных механизмов пневмовихревого принципа действия для автоматов контроля резьб крепежных деталей по предельным резьбовым калибрам; для выбора параметров пневматического измерительного узла контроля среднего диаметра

крепежных деталей с наружной резьбой; для разработки автоматических устройств распознавания и ориентированной выдачи крепежных деталей типа шпилек в зависимости от шага резьбы с помощью пневмовихревых потоков и очистки наружных резьбовых поверхностей.

По результатам работы разработан и внедрен на машиностроительном предприятии опытно-промышленный образец автомата контроля-сортировки крепежных болтов по резьбе, годовой экономический эффект от использования которого составил 7700 руб., по результатам работы разработана автоматическая установка для очистки от смазки наружных цилиндрических поверхностей, ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения которой на заводе им. Воскова составляет 10700 руб.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на научных семинарах кафедр "Станки и автоматы механосборочного производства" и "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" МВТУ им. Н.Э.Баумана; Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в технологии, механизации и автоматизации сборочных процессов в машиностроении" в г.Москве, 20-22 ноября 1979 г.; Республканской конференции "Прогрессивная технология в механосборочном производстве" в г.Москве, 20-21 апреля 1980 г.

Объем работы. Диссертационная работа изложена в четырех главах на 142 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 10 таблиц и список литературы из 49 наименований.

Во введении работы обоснована актуальность решаемой проблемы, указана цель работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан обзор и краткий анализ методов измерения резьб и средств автоматического контроля-сортировки крепежных деталей, определена цель и задачи исследования.

Показано, что при измерении резьб крепежных деталей, имеющих различные посадки в резьбовых соединениях (РС), возможно использование различных измерительных схем и приборов, обеспечивающих при разной длительности измерения требуемую точность. При автоматизации цикла контроля параметров резьбы выбор схемы измерения имеет первостепенное значение, так как определяет число и сложность исполнитель-

ных механизмов контрольного автомата, обеспечивающих требуемую при данной схеме измерения траекторию перемещения контролируемой детали. Оптимальной является схема измерения резьб, которая при достаточной точности создает предпосылки к автоматизации цикла контроля с помощью наиболее простых и надежных исполнительных механизмов.

Для крепежных деталей, используемых в резьбовых соединениях с зазорами, таким требованиям удовлетворяет схема двух-предельного контроля резьб с помощью предельных резьбовых калибров-колец (и пробок), при которой не требуется высокоточное базирование резьбовых деталей в процессе измерения (свинчивания с предельными калибрами).

Показано, что при автоматизации контроля-сортировки резьб с помощью предельных калибров и совмещении рабочих и холостых ходов контрольного автомата возможно увеличение производительности труда на контрольной операции в 3-4 раза по сравнению с ручным контролем.

Проведенный в данном разделе анализ типовых схем автоматических устройств контроля резьб показал, что для достижения указанной производительности, а также мобильности контрольного оборудования (в условиях серийного сборочного производства) необходима разработка быстродействующих исполнительных механизмов реверсивного вращения с одновременной ориентацией резьбовых пар "деталь-резьбовой калибр" по начальным "ниткам" резьб при отсутствии специально выполненных заходных фасок и ограничении частот вращения детали при ориентации.

Для крепежных деталей, используемых в РС с натягами, проблема автоматизации цикла контроля диаметральных размеров резьб осложняется из-за отсутствия достаточно производительных и надежных схем измерения. Используемые в настоящее время полуавтоматические установки для контроля-сортировки крепежных деталей по резьбе, разработанные на основе приборов с контактными наконечниками (проволочками, сферическими и коническими вставками) сложны и малонадежны в эксплуатации из-за повышенных требований к точности базирования деталей при измерении. Базирование резьбовых крепежных деталей, не имеющих, как правило, специально подготовленных технологических баз, осуществляется по резьбе с помощью специальных исполнитель-

ных механизмов, жестко связанных с базовыми плоскостями измерительных устройств. Наличие жестких кинематических связей между отдельными механизмами существенно ограничивает возможности переналадок известных образцов на различные типоразмеры контролируемых крепежных деталей.

Актуальным является разработка и исследование схем измерения резьбовых диаметров крепежных деталей, которые при обеспечении требуемой точности измерения позволили бы снизить требования к точности и длительности перемещений детали в процессе контроля, т.е. создали бы основу для автоматизации цикла с помощью конструктивно простых и мобильных исполнительных механизмов.

В данном разделе также показано, что автоматизация контроля диаметральных размеров резьб крепежных деталей является важнейшим моментом, но далеко не исчерпывает весь комплекс задач, связанных с снижением трудоемкости контрольных операций по резьбовым крепежным деталям. При решении этих задач необходим комплексный подход, предусматривающий контроль линейных размеров и формы крепежной детали, распознавания ее положения при автоматической загрузке на измерительную позицию и ряд других. Решение этих задач во многом определяет целесообразность разработки и внедрения на предприятиях серийного производства контрольно-сортирующих автоматов по резьбе.

В работе сделана первая попытка применения пневмовихревых потоков и основанных на них методов к комплексному решению задач автоматизации контроля резьбовых крепежных деталей. Проведенный анализ указал на перспективность применения пневмовихревых потоков для решения следующих задач:

- разработки исполнительного механизма реверсивного вращения и ориентации при автоматическом контроле-сортировке крепежных деталей по резьбе с помощью предельных резьбовых калибров;
- разработки измерительного пневматического узла для контроля-сортировки крепежных деталей с наружными тугими резьбами;
- разработки устройств автоматизации вспомогательного цикла, включая исполнительные механизмы для контроля гладких на-

ружных диаметров, распознавания по шагу резьбы и ориентированной загрузки резьбовых шпилек в транспортный орган автомата, очистки наружных поверхностей резьб.

Применение пневмовихревых потоков для решения поставленных задач и обоснование эффективности их применения невозможно без научно разработанных методов расчета и выбора конструктивных и пневматических параметров пневмовихревых дополнительных устройств по заданным требованиям к производительности и надежности их работы.

Вторая глава посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям процессов взаимодействия вихревых воздушных потоков, наведенных в вихревой трубе, с помещенным в трубу цилиндрическим телом; анализу структуры вихревых потоков в кольцевых зазорах канала истечения потока и приложению результатов исследования к разработке методики расчета и проектированию исполнительного механизма реверсивного вращения и ориентации резьбовых пар для автоматического контроля резьб крепежных деталей по предельным резьбовым калибрам.

На первом этапе исследования проведен анализ и экспериментальная проверка функциональных возможностей известных устройств пневмовихревого действия для автоматической ориентации и наживления резьбовых сборочных единиц. В качестве основы для дальнейших разработок пневмовихревого исполнительного механизма привода реверсивного вращения и ориентации резьбовых пар "калибр-крепежная деталь" принята конструктивная схема, включающая направляющую втулку, постоянно размещенную в вихревой трубе и снабженную промежуточным элементом для захвата и передачи движения на ориентируемую деталь от втулки.

На основе полученных зависимостей выходных характеристик (частоты вращения направляющей втулки, крутящего момента и длительности сборки РС) принятой схемы от ее конструктивных и пневматических параметров произведен анализ и последующий синтез базового образца пневмовихревого привода реверсивного вращения и ориентации резьбовых пар, конструктивная схема которого включает два основных элемента: вихревую трубу с противоположно направленными тангенциальными отверстиями-

соплами и направляющую втулку с элементами ориентации и захвата резьбовой детали. На рис. 1 представлена принципиальная схема пневмовихревого привода. Привод состоит из вихревой трубы 1, в корпусе которой выполнены тангенциально расположенные каналы-сопла, соединенные через распределитель с источником сжатого воздуха; направляющей втулки 2 с ограничительными фланцами и осевым отверстием, в котором с радиальным зазором установлен ориентирующий элемент 3 с отверстием 4 для захвата головки контролируемого болта. Для реверса вращения направляющей втулки отверстия-сопла 5 и 6 выполнены во взаимнопротивоположных направлениях и имеют различные диаметры для обеспечения повышенного крутящего момента при вывинчивании деталей из резьбового калибра.

Установлено, что при работе пневмовихревого привода процесс автоматической ориентации и сборки-разборки РС сопровождается высокочастотной вибрацией, обусловленной взаимодействием турбулизированного вихревого потока с направляющей втулкой, что существенно снижает моменты трения и затяжки при разборке резьбовых соединений типа "деталь-непроходной резьбовой калибр". Указанный эффект обеспечивает повышенную достоверность автоматического контроля резьб (за счет обеспечения сборки практически беззазорных резьбовых соединений) и позволяет при сравнительно малых крутящих моментах, развиваемых приводом, обеспечить надежность и производительность контроля, а также снизить энергозатраты и металлоемкость исполнительного механизма с пневмовихревым приводом вращения и ориентации резьбовых пар.

В процессе экспериментального исследования выходных характеристик пневмовихревого привода установлена необходимость расчета кинематики движения исполнительного органа привода, который под действием вихревого потока совершает сложное вращение: с частотой ω_2 — относительно оси вихревой трубы и с частотой ω_1 — относительно собственной оси симметрии (рис. 1). Как показал последующий анализ, для нахождения частот вращения и крутящего момента пневмовихревого привода необходимо определить момент количества движения, передаваемого в рабочей камере привода от вихревого потока на исполнительный орган.

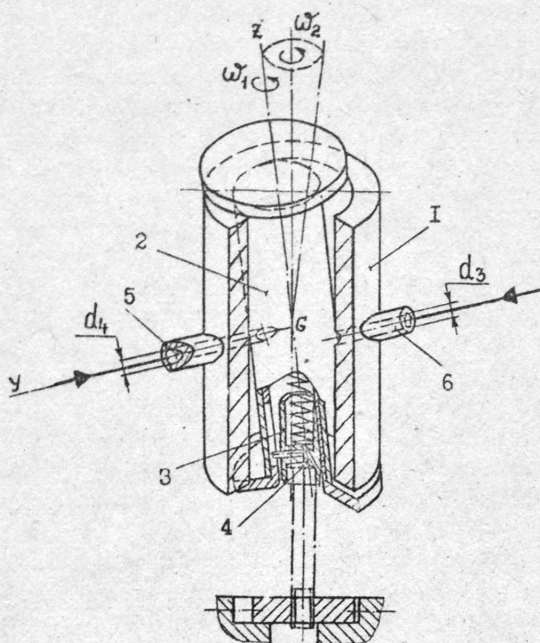


Рис. I

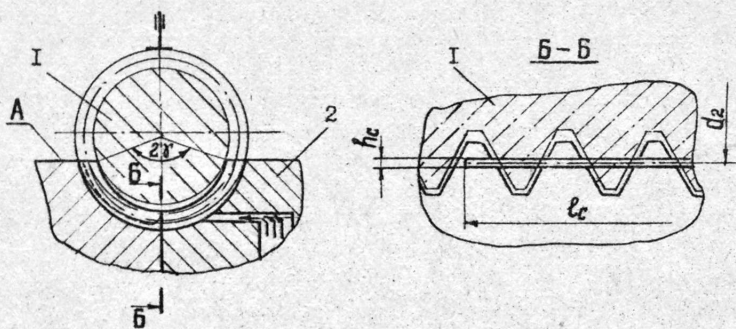


Рис. 2

На основе разработанной физической модели процесса взаимодействия исполнительного органа привода с вихревым потоком, наведенным в вихревой трубе, получены зависимости для расчета момента количества движения, передаваемого на исполнительный орган (направляющую втулку) от вихревого потока, в виде

$$M_{cy} = \alpha A \sin^2 \theta \{ R^3 - (R - z_c)^3 - z_c^2 [(n-1)z_c \delta^4 + 2(n-1)^2 - (1+2+\dots+(n-1))] \},$$

и отношения частот вращений втулки в рабочей камере привода

$$\omega_1/\omega_2 = 1 - \cos \theta,$$

где R - радиус вихревой трубы, м; z_c - радиус направляющей втулки, м; z_c - радиус отверстий-сопел (3 x 2), м; δ , n - постоянные величины, определяемые из соотношения основных конструктивных размеров рабочей камеры привода; A , α - постоянные, определяемые с учетом распределения момента количества движения вихревого потока в сопловом сечении кольцевой вихревой трубы с радиальным зазором $\Delta p = R - z_c$; θ - угол наклона оси направляющей втулки при ее обкатке по внутренней поверхности вихревой трубы.

На основе полученных зависимостей и эмпирических данных разработана методика расчета и выбора параметров пневмовихревого комбинированного привода для ориентации и сборки-разборки РС, позволяющая, исходя из размеров контролируемой крепежной детали, длины ее свинчивания с калибрами, массы и момента трения в РС, выполнить проектный расчет пневмовихревого привода на заданную длительность цикла сборки-разборки в диапазоне частот вращения контролируемых деталей до 520 об/мин.

В данном разделе методика расчета использована при проектировании пневмовихревого исполнительного органа разработанного автомата контроля-сортировки крепежных болтов по резьбе. Опытно-промышленный образец выполнен по схеме роторного шестипозиционного автомата и содержит две измерительные позиции с быстросъемными резьбовыми калибрами-кольцами (типа проходных и непроходных), позиции загрузки-выгрузки и отбраковки негодных по каждому из калибров болтов. Соосно измерительным позициям автомата установлена двухпозиционная вихревая головка, содержащая два однотипных вихревых привода, которые последовательно подводят к контролируемым болтам при их подаче на

измерительные позиции с помощью поворотной карусели. При длительности двухпредельного контроля резьбы одного болта 2,5-3 секунды компоновочной схемой автомата предусмотрена возможность простых переналадок в диапазоне резьб М5-М6 и в пределах одного размера резьбы - на 6-10 типоразмеров крепежных болтов. Указанные переналадки обеспечиваются за счет достаточно широких функциональных возможностей и конструктивной простоты пневмовихревого исполнительного органа автомата.

В данной главе проведены также исследования структуры вихревых потоков в кольцевых каналах истечения и рассмотрены особенности взаимодействия закрученного потока с наружными резьбовыми поверхностями. Экспериментально установлено наличие зон пониженного статического давления вблизи отверстий-сопел гладких кольцевых вихревых труб в вихревом потоке; выявлен эффект осевого перемещения крепежной детали, имеющей определенный шаг резьбы, при взаимодействии потока с помещенной в вихревую трубу деталью. Указанные исследования легли в основу технических разработок по устройствам автоматизации контрольных операций по резьбе, рассмотренных в IV главе работы.

Третья глава посвящена исследованию возможности повышения производительности и надежности контроля-сортировки крепежных деталей с тугими резьбами на основе применения пневмовихревых потоков.

Ранее проведенный анализ показал, что для успешного решения задач, связанных с автоматизацией цикла контроля-сортировки, необходимо рассмотрение вопросов, упрощения схем базирования крепежных деталей при измерении. Положительный эффект может быть достигнут на основе применения сравнительно простых пневматических измерительных узлов, в которых базирование осуществляется в процессе свинчивания детали с специальной резьбовой оправкой. Однако длительность такого контроля существенно зависит от времени свинчивания, и в автоматическом режиме требуется дополнительно оснащать измерительные позиции механизмами ориентации и свинчивания резьбовых деталей с базирующей оправкой. При косвенном измерении диаметров резьбы по величине расхода сжатого воздуха через зазор между резьбовыми профилями оправки и контролируемой де-

тали на точность измерения отрицательное влияние оказывают такие факторы как перекося осей резьбовой пары, накопленная погрешность шага на длине свинчивания, нестабильность измерительного зазора и др.

Показано, что перспективной в плане уменьшения указанных погрешностей является схема пневматического измерения, основанная на способе тангенциального подвода сжатого воздуха в измерительный зазор между контролируемой резьбой и резьбой базирующей оправки. Особенностью разработанной схемы пневматического бесконтактного измерения собственно среднего диаметра наружных резьб крепежных деталей является то, что достигается упрощение схемы базирования и снижение погрешностей при измерении за счет исключения процесса свинчивания.

Как видно из представленной на рис. 2 принципиальной схемы пневматической измерительной оснастки, для измерения среднего диаметра наружной резьбы 1 при ее базировании по резьбовому (эталонному) профилю гнезда 2 с линейным контактом в плоскости А по образующим сопрягаемых резьб увеличение собственно среднего диаметра d_2 контролируемой резьбы ведет к увеличению высоты (и площади) измерительного зазора на величину, большую, чем при несовпадении шага и угла профиля резьб в сопряжении (в последнем случае имеет место лишь плоскопараллельное смещение контура детали). Вариация наружного диаметра в поле установленного в "тело" контролируемой детали допуска дает незначительное изменение площади зазора за счет "среза" вершин резьбовых выступов контролируемой резьбы.

Проведенные расчеты показали, что с учетом возможных отклонений наружного диаметра, шага и угла профиля контролируемой резьбы от номинальных значений собственно средний диаметр резьбы определяет площадь измерительного зазора для резьб М8 - М16 с шагом $P \geq 1$ мм с точностью 9-12%. Получена расчетная зависимость для соотношения площади измерительного зазора в резьбовом сопряжении "деталь-гнездо" и среднего диаметра контролируемой резьбы в виде

$$\bar{S}_3 = 0,5 \theta_c (1 - \cos \gamma - \bar{d}_2 + \sqrt{\bar{d}_2^2 + \sin^2 \gamma}),$$

где $\bar{S}_3, \bar{d}_2$ - проноормированные по среднему диаметру резьбы-гнезда площадь измерительного зазора и собственно базирующей

венно средний диаметр резьбы контролируемой детали; l_c — длина тангенциально расположенного измерительного щелевого сопла;
 γ — угол сектора резьбового гнезда.

В данной главе выполнено экспериментальное исследование возможности реализации предложенного способа пневматического измерения с использованием тангенциально расположенного щелевого сопла. Исследование проводилось на основе использования расходомера высокого давления с конкретной пневматической оснасткой, спроектированной и изготовленной для измерения собственно среднего диаметра резьбы М9х1 — Т₀2 изделия.

Анализ расходных характеристик отсечно-регистрирующего прибора с разработанной согласно принципиальной схемы рис.2 пневматической оснасткой показал, что величина измеряемого расхода линейно зависит от площади измерительного зазора в диапазоне, соответствующем фактическим зазорам в РС, возникающим из-за несовпадения средних диаметров резьб детали и гнезда. При сравнении результатов измерения собственно среднего диаметра резьб М9х1 методом трех проволок как наиболее точным и предложенным, — с помощью пневматической оснастки, предельная суммарная погрешность косвенного измерения среднего диаметра составила ± 10 мкм.

Полученные в процессе исследования расходные характеристики прибора высокого давления подтверждают возможность применения разработанной пневматической оснастки для контроля-сортировки резьбовых деталей с наружной тугой резьбой по верхнему предельному размеру собственно среднего диаметра резьб с шагом $P \gg 1$ мм, что в совокупности с достаточно простой схемой базирования деталей при измерении создает предпосылки для автоматизации цикла измерения. На основе проведенных исследований по выбору размеров измерительного сопла и его расположению в корпусе оснастки даны практические рекомендации к проектированию пневматической измерительной оснастки с тангенциально расположенным щелевым измерительным соплом.

Четвертая глава посвящена разработке конструкций и анализу работоспособности устройств пневмовихревого действия для автоматизации вспомогательных контрольных операций по резьбовым крепежным деталям. Проведено исследование быстродействия и надежности работы опытных образцов устройств для распознавания

положения резьбовых шпилек по шагу резьбы при их загрузке в транспортный орган сборочного автомата и вихревой очистки резьбы от загрязнений перед пневматическим контролем, разработанных по результатам исследований процессов в вихревой трубе, выполненных во второй главе. Доказана эффективность применения вихревых потоков для автоматизации операций контроля, распознавания и очистки резьбовых деталей и даны практические рекомендации к выбору конструктивных схем устройств и основных параметров их пневмовихревых узлов. В данном разделе также рассмотрена возможная область применения разработанных устройств и приведены технико-экономические показатели разработанного образца автомата контроля-сортировки крепежных болтов по предельным резьбовым калибрам.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Выполнение контроля резьбовых крепежных деталей требует значительных затрат ручного труда, обусловленных сложностью автоматизации процесса, и является фактором, сдерживающим повышение производительности автоматической сборки резьбовых деталей.

2. Перспективным методом автоматизации двухпредельного контроля резьбы крепежных деталей является использование пневмовихревых потоков, позволяющих выполнять одновременно ориентацию и свинчивание компонентов резьбовых пар "деталь-калибр".

3. При воздействии вихревого потока на резьбовую деталь возникает эффект избирательного взаимодействия потока с резьбовой поверхностью и осевого перемещения детали в вихревой трубе, что позволяет выполнить распознавание положения резьбовых шпилек по шагу резьбы при их подаче вихревым потоком на сборочные позиции автомата.

4. В вихревых потоках вблизи отверстий-сопел вихревой трубы образуются зоны пониженного статического давления, которые позволяют эжектировать в вихревой поток дополнительные компоненты и обеспечивать высокоинтенсивную очистку наружных резьбовых поверхностей.

5. Автоматизация контроля-сортировки деталей с тугой резьбой может быть выполнена при использовании пневматической измерительной оснастки с вихревым способом подачи воздуха в измерительный зазор и базировании детали по резьбовому профилю в плоскости, перпендикулярной плоскости измерительного зазора. Дости-

гается разрешающая способность по точности измерения ± 10 мкм при упрощении базирования детали и сокращении длительности измерения в два раза.

6. Разработанная методика расчета и выбора параметров пневмовихревого привода для контроля резьб по предельным калибрам позволяет спроектировать привод на заданную производительность контроля и рассчитывать его выходные характеристики (частоту вращения и крутящий момент привода) по выбранным конструктивным размерам.

7. Разработанный опытно-промышленный образец автомата контроля-сортировки крепежных деталей по резьбе позволяет сократить длительность двухпредельного контроля одного изделия до 2,5 с, что в 2-3 раза повышает цикловую производительность по сравнению с существующими.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Волчкевич Л.И., Тыналиев Ш.С., Жуков В.В. Исследование процесса разделения вихревого потока в кольцевой трубе. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1980, №3, с. 126-130.

2. Жуков В.В., Тыналиев Ш.С. Исследование влияния параметров входа вихревой трубы на скорость вращения потока. - Известия ВУЗов. Машиностроение, 1980, № 6, с. 56-60.

3. Перспективы применения пневмовихревой технологии в приборостроении. / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков и др. - В сб.: Прогрессивная технология в механосборочном производстве. Тезисы докладов. М.: ВНИИТприбор, 1980, с. 62-63.

4. А.С. 782893 (СССР). Устройство для сортировки цилиндрических деталей / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков. - Опубл. в Б.И., 1980, № 44.

5. А.С. 844198 (СССР). Пневмовихревой привод вращения / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков и др. - Опубл. в Б.И., 1981, № 25.

6. А.С. 891385 (СССР). Устройство для автоматического ориентирования резьбовых деталей / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков. - Опубл. в Б.И., 1981, № 47.

7. А.С. 929991 (СССР). Устройство для автоматического контроля диаметров наружной резьбы / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков. - Опубл. в Б.И., 1982, № 19.

8. А.С. 914260 (СССР). Головка для очистки абразивом наружной поверхности перемещающейся длинномерной детали / Л.И. Волчкевич, Д.М. Левчук, В.В. Жуков и др. - Опубл. в Б.И., 1982, № 11.