

ММ49876

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С С С Р

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

НА ЧТО
ОБЯЗЫВАЕТСЯ

На правах рукописи

УДК. 621.757-52

ЕГОРОВ Владимир Петрович

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ОРИЕНТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ГИБКОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ
СБОРКИ

Специальность 05.02.08 - Технология машиностроения

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

Москва

1987

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

Научные руководители — заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор В.С.КОРСАКОВ

— заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук профессор А.М.ДАЛЬСКИЙ

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор А.М.ГУЗНЕЦОВ

— кандидат технических наук, с.н.с. Ю.М.ЗОЛОТАРЕВСКИЙ

Ведущее предприятие — МНПО "ТИМП" г. Москва

на заседании
московском в
решу: 1070

С ди
имени Н.Э

Ваш
печатью,

Мос-
ад-

ТУ

репный

М449846

Уч
ка
до

КОВ

Типограф

Л - 4461

10.02.87

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Автоматизация процессов сборки является одним из важнейших направлений повышения производительности и качества изготовления продукции в машиностроении. Повышение уровня автоматизации этих процессов в условиях серийного многономенклатурного производства связывается с широким использованием промышленных роботов (ПР). Создание высокоэффективного производства с применением ПР и современной вычислительной техники отмечено в решениях Коммунистической партии и Правительства СССР как стратегическая задача комплексной автоматизации промышленного производства.

Между тем в настоящее время удельный вес полностью автоматических сборочных работ, включая и сборку с применением ПР, совершенно недостаточен, что и определяет высокую трудоемкость сборочных работ - до 35...45% в общем объеме производства. Одной из причин создавшегося положения является отсутствие в полной мере разработанных и достаточно надежных и производительных систем автоматического ориентирования деталей при сборке. Это в особенности относится к условиям гибких производственных систем (ГПС), отличающихся, как известно, большим разнообразием деталей по конфигурации, размерам и точности. Кроме того, не решена задача ориентирования деталей с малой асимметрией. Создание таких систем, в полной мере учитывающих специфику и особенности роботизированного сборочного процесса и технологические особенности ГПС в целом, относится к числу важных и сложных научных и технических проблем. Теоретические и прикладные задачи, определяющие решение этой проблемы, требуют учета множества факторов, в том числе вопросов управления процессами ориентирования деталей с помощью микропроцессорной техники.

Таким образом, разработка и исследование автоматической системы ориентирования деталей (СОД) в условиях гибкого сборочного производства является важной народно-хозяйственной задачей, весьма актуальной на современном этапе развития технологии машиностроения.

Цель работы - разработка системы автоматического ориентирования деталей для гибкой роботизированной сборки и расширение ее технологических возможностей за счет создания прогрессивных средств оснащения и управляющей аппаратуры.

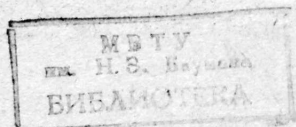
Методы исследований. Исследования процесса автоматического

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1449876

Егоров В.П. Разработка и ис



ориентировании деталей выполнены расчетно-аналитическими и экспериментальными методами. Математическое описание связей параметров процесса получено с помощью аппарата аналитической геометрии, алгебры, теории матриц и классической механики и органически связано с положением технологии машиностроения. Для разработки отдельных элементов ориентирующих устройств, например датчиков светового сечения, использовались энергетические и габаритные зависимости геометрической оптики. Вычисления, связанные с теоретическими исследованиями, и обработка экспериментальных данных проводились на ЭВМ ЕС-1022. Экспериментальные исследования проведены с помощью современной контрольно-регистрирующей аппаратуры, в частности, на специальной установке с использованием микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-23".

Научная новизна. На основе теоретических и экспериментальных исследований выявлены основные закономерности процесса автоматического ориентирования деталей в условиях гибкого сборочного процесса. Установлены аналитические зависимости для определения возможной производительности роботизированной СОД и сборки, позволяющие на стадии проектирования выбрать наиболее целесообразную структуру процесса сборки и метода ориентирования деталей.

Получены аналитические зависимости по количественной оценке влияния основных элементов конструкции деталей на показатели их технологичности для целей автоматического ориентирования при сборке. Установлены зависимости по оптимизации схем рациональной укладки деталей в накопители.

Доказана целесообразность построения СОД в условиях ГПС на основе соединения устройств первичного и вторичного ориентирования и разработана математическая модель такой СОД.

Разработана новая схема вторичного ориентирования деталей с одновременным контролем их размеров на основе использования датчика светового сечения (ДСС) и электронных устройств для управления процессом ориентирования.

Практическая ценность. Даны расчетные зависимости для сопоставления и выбора оптимальных вариантов структуры процессов ориентирования и сборки и для определения потерь фактической производительности от уровня надежности работы оборудования, качества собираемых деталей и от периодичности смены накопителей.

Разработана методика количественной оценки технологичности конструкции деталей для их автоматического ориентирования, позволяющая выбрать схему построения СОД для заданных технологических условий и вносить определенные изменения в конструкции деталей на стадии проектирования.

Предложен метод аналитического анализа схем рациональной укладки деталей в накопители, который дает возможность оптимизировать эти схемы в зависимости от формы деталей.

Даны практические рекомендации по использованию ДСС в устройствах вторичного ориентирования для различных по конфигурации и точности деталей в условиях роботизированной автоматической сборки.

Предложен новый электронный логический блок управления (ЛБУ) автоматическим процессом ориентирования деталей и контроля их размеров.

Разработана научно обоснованная методика проектирования СОД для гибкой роботизированной сборки с определением характеристик датчиков светового сечения и электронных устройств для управления процессом ориентирования.

Реализация работы. Результаты работы по анализу конструкции деталей для возможности автоматического ориентирования вошли в руководящие технические материалы по оценке технологичности конструкции деталей и сборочных единиц для автоматической сборки, изданные МКТЭМавтопром (г. Минск). Материалы по исследованию технологических возможностей датчика светового сечения использованы в разработке и внедрении устройства для контроля радиальных зазоров поршневых колец двигателей внутреннего сгорания в плане выполнения договора о сотрудничестве с НИИ Интроскопии (г. Москва).

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации докладывались на Всесоюзной конференции "Проблемные вопросы автоматизации производства" (Краснодар, 1981 г.), научно-технической конференции "Промышленные роботы и АСУ роботизированным производством" (Одесса, 1982 г.), Всесоюзном научно-техническом семинаре "Опыт разработки и внедрения автоматических манипуляторов и технологических комплексов с их использованием" (Москва, 1982 г.), республиканской научно-технической конференции "Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительной промышленности Узбекистана" (Ташкент,

1982 г.), Всесоюзном научно-техническом совещании "Механизация и автоматизация сборки изделий машиностроения для агропромышленного комплекса" (Киев, 1983 г.), республиканской научно-технической конференции "Повышение эффективности производства механизацией и автоматизацией механосборочных и вспомогательных процессов в машиностроении с применением промышленных роботов и манипуляторов" (Ташкент, 1983 г.), научно-технической конференции "Применение промышленных роботов в народном хозяйстве края" (Хабаровск, 1984 г.), 3-ем Всесоюзном совещании "Координатно-чувствительные фотоприемники и оптоэлектронные устройства на их основе" (Барнаул, 1985 г.), научных семинарах кафедры "Технология механосборочного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1983 - 1986 гг.

Публикации. Материал диссертации отражен в 8 публикациях.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и общих выводов, изложена на 138 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунка, 8 таблиц, 5 приложений на 28 страницах, в том числе программу для ЭВМ и справки об использовании, и список литературы из 102 наименований, из них на русском языке 90. Общий объем работы составляет 232 страницы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены направления теоретических и экспериментальных исследований.

Первая глава содержит обзор и анализ современного состояния сборочного производства, а также проблем, связанных с автоматизацией этого производства по материалам публикаций в научной литературе и производственным данным.

Перспективы развития автоматизации сборочного производства связаны с широким внедрением ГПС, главными элементами которых являются ПР и сборочное оборудование с микропроцессорным управлением. Одной из важнейших проблем при автоматизации сборочных работ, в особенности в условиях серийного многономенклатурного производства является обеспечение надежного и высокопроизводительного процесса ориентирования деталей перед сборкой.

В опубликованных материалах по вопросам ориентирования деталей мало приводится обоснованных рекомендаций по выбору или созданию надежных и эффективных для заданных технологических условий систем ориентирования, в частности для условий

гибкого сборочного производства.

Проведенный анализ, а также подробное изучение производственного опыта, показали, что существующие системы ориентирования, применяемые в условиях массового производства и основанные на использовании бункерных загрузочных устройств и накопителей, малоприспособны или вообще непригодны для использования в условиях серийного многономенклатурного производства, так как они в лучшем случае требуют длительной переналадки на ориентирование при изменении конфигурации детали.

С другой стороны, использование для ориентирования систем технического зрения в комплексе с ПР также затруднительно, так как они в определенных технологических условиях хотя и обеспечивают надлежащие требования по ориентированию, но отличаются сравнительно низкой производительностью и высокой стоимостью.

Следовательно, невозможность в большинстве случаев использовать традиционные средства ориентирования деталей требует при создании гибких сборочных систем научно обоснованного поиска и разработки новых систем автоматического ориентирования, включая создание различных исполнительных механизмов, ориентирующих устройств и т.д.

Анализ и обобщение имеющегося опыта в данной области показали, что решение указанной проблемы следует вести в направлении создания систем автоматического ориентирования, основанных на использовании и соединении ориентирующих устройств первичного и вторичного ориентирования. При этом механические ориентирующие устройства, обладающие высокой производительностью, используются для первичного ориентирования, а устройства бесконтактного типа, обладающие необходимой гибкостью и обеспечивающие надежность правильного ориентирования детали — для вторичного ориентирования.

Таким образом, в соответствии с результатами проведенного анализа были сформулированы задачи настоящей работы:

1. Выявить основные закономерности процесса автоматического ориентирования деталей в условиях гибкой роботизированной сборки с выявлением функциональных связей между производительностью СОД и технологическими факторами для обоснования и выбора рациональной структуры процесса сборки и СОД, обеспечивающих заданную производительность.

2. Установить аналитические зависимости по определению влия-

ления элементов конструкции деталей на их технологичность для целей автоматического ориентирования и разработать методику количественной оценки этой технологичности.

3. Определить научно обоснованные технологические требования к СОД для заданных условий сборки и разработать принципы выбора СОД, включая выбор устройства вторичного ориентирования с использованием бесконтактных средств — датчиков. Предложить для этой цели тип датчика.

4. Разработать логический блок обработки информации об ориентации детали и для управления процессом вторичного ориентирования.

5. Провести комплекс экспериментальных исследований для проверки основных теоретических положений и надежности разработанной СОД.

6. Разработать практические рекомендации для использования автоматических СОД в условиях гибкой роботизированной сборки.

7. Осуществить внедрение результатов работы.

Вторая глава посвящена исследованию путей повышения производительности системы ориентирования деталей и загрузки сборочного оборудования.

При анализе цикловой производительности определены пути повышения производительности за счет выбора рациональной структуры процесса ориентирования деталей и загрузки сборочного оборудования, причем ПР рассматривается как элемент сложной технологической системы. Вспомогательное время группируется по видам вспомогательных переходов: t_{a1} — время пространственного ориентирования деталей в зоне загрузки и переноса их в зону сборки;

t_{a2} — время взаимного ориентирования деталей и манипулирования ими в зоне сборки; t_{a3} — время транспортирования и закрепления сборочных единиц между позициями; t_{a4} — время на смену исполнительных органов; t_{a5} — время контроля функционирования элементов системы, контроля деталей и этапов сборочного процесса.

Цикловая производительность роботизированной СОД зависит от многих факторов, но определяющими среди них являются быстроедействие ПР, структура процесса, компоновочное решение, возможность параллельного выполнения ряда этапов процесса и способ ориентирования и подачи деталей к ПР. Были определены 12 основных структур СОД, характеризующиеся различным содержанием элементов вспомогательного времени. Каждая из этих структур рассмот-

рена подробно с позиций гибкого сборочного производства. Полученные аналитические выражения цикловой производительности и подробное рассмотрение составляющих вспомогательного времени позволяют на стадии проектирования выбирать структуру построения СОД, удовлетворяющую заданным технологическим условиям.

Установлено, что в качестве СОД, наиболее пригодной для условий ГПС, должна быть система на основе соединения устройств первичного и вторичного ориентирования, причем последняя должна выполнять функции определения положения деталей при ориентировании и управлять в целом процессом ориентирования.

При рассмотрении фактической производительности роботизированной СОД учитывались внецикловые потери, включая потери при отклонении размеров деталей.

Для анализа фактической производительности Q_f предложена формула:

$$Q_f = \frac{q \cdot \gamma^n}{T + \frac{1}{N} \cdot [(1 - \prod_{\alpha=1}^p p_{\alpha}) \tau_{\beta} + T_{ппр}] + p_{огр} \cdot T + p \cdot T_{пер} + (1 - \gamma^n) \cdot T}, \quad (I)$$

где $T = \frac{1}{p} \cdot \sum_{\epsilon=1}^p T_{\epsilon}$ – среднее время цикла; $N = \sum_{\epsilon=1}^p N_{\epsilon}$ – годовая программа выпуска p партий изделий по N_{ϵ} изделий в ϵ партии; $p_{\alpha} = \prod_{\alpha=1}^p p_{\alpha}$ – вероятность безотказной работы β элемента α системы; τ_{β} – время восстановления работоспособности; p $T_{ппр}$ – время на планово-предупредительный ремонт; $T_{пер} = \frac{1}{p} \cdot \sum_{\epsilon=1}^p T_{пер, \epsilon}$ – среднее время на переналадку; $\gamma = \frac{1}{\alpha} \cdot \sum_{i=1}^{\alpha} \gamma_i$ – средний процент годных деталей; $n = \frac{1}{p} \cdot \sum_{\epsilon=1}^p n_{\epsilon}$ – среднее число деталей в сборочной единице; q – количество деталей ориентируемых за цикл.

Формула (I) позволяет провести комплексную оценку составляющих фактической производительности роботизированной системы ориентирования деталей и загрузки сборочного оборудования в условиях ГПС.

Более подробно рассмотрено влияние (в количественных показателях) на фактическую производительность качества собираемых деталей и надежности работы элементов всей производственной системы. Установлено, что в условиях гибкой автоматизированной сборки требования к качеству деталей значительно повышаются. По этой причине выявлена целесообразность осуществления контроля

деталей непосредственно перед сборкой в процессе автоматического ориентирования.

Рассмотрены также возможности сокращения простоев при смене накопителей за счет применения разработанных рациональных схем укладки деталей в них. Предложены 4 новые схемы рациональной укладки двухступенчатых цилиндрических деталей, которые позволяют увеличить количество деталей в накопителях на 25...70%.

Полученные аналитические зависимости для определения цикловой и фактической производительности позволяют сформулировать требования к СОД, выбрать необходимую структуру процесса ориентирования деталей, а также выявить пути повышения производительности СОД в условиях ГПС.

В третьей главе рассмотрены вопросы, связанные с разработкой критериев пригодности деталей для автоматического ориентирования и созданием методики количественной оценки технологичности конструкции детали для этой цели.

В качестве определяющих факторов пригодности деталей к автоматическому ориентированию выделены следующие: степень симметричности, устойчивость, сцепляемость и сложность ориентирования.

Симметричность детали оценивается числом различных положений, занимаемых деталью. Для призматических деталей, например, число различных положений определяется количеством граней и порядком оси симметрии. Чем выше порядок оси симметрии, тем меньше число различных положений, состоящих из устойчивых и неустойчивых. Получены зависимости, позволяющие определять устойчивость положения детали при симметричном и произвольном расположении ее центра тяжести.

Сцепляемость деталей оценивается суммой углов сцепления и трения. Угол сцепления определяется конфигурацией детали, наличием выступов и впадин на ее поверхности, что обуславливает возможность образовывать цепочку. Сложность ориентирования характеризуется затратами на его осуществление, зависящими, в частности, от размера элемента, по которому ориентируются детали: перепад диаметров, длин, размеры проточки и выступов, смещение центра тяжести и т.п. При уменьшении ориентирующего элемента, например, с 5 мм до 0,3 мм затраты на ориентирование возрастают в 3...10 раз.

Разработана методика количественной оценки технологичнос-

ти конструкции деталей для автоматического ориентирования. Эта методика основана на использовании ряда коэффициентов, учитывающих ту или иную особенность конструкции детали с точки зрения пригодности к автоматическому ориентированию. Рассчитанные по определенным зависимостям эти коэффициенты сравниваются с так называемыми нормативными коэффициентами, значения которых также определяются, но исходя из возможности высокопроизводительного и надежного ориентирования и при допустимых затратах. При сравнении расчетных и нормативных коэффициентов оценивается уровень пригодности детали в целом для автоматического ориентирования. Значения нормативных коэффициентов для различных деталей приведены в работе.

Технологичность конструкции ориентируемой детали, с точки зрения её пригодности к автоматическому ориентированию, оценивается комплексным показателем технологичности следующим образом:

$$K_{\tau\Delta} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{\Delta i} \cdot \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (2),$$

где $K_{\Delta i}$ — коэффициент технологичности детали по i -му показателю ($i = 1 \dots 4$); λ_i — уровень значимости i -го показателя технологичности ($\lambda = 0 \dots 1$).

Использование методики количественной оценки технологичности конструкции деталей для автоматического ориентирования позволяет выбрать оптимальный вариант схемы ориентирования и определить необходимые пути изменения конструкции детали для улучшения ее технологичности.

В четвертой главе представлены результаты исследований по разработке устройств вторичного ориентирования, включающих в себя оптический датчик светового сечения (ДСС) и логический блок управления (ЛБУ) процессом ориентирования и контроля размеров деталей.

ДСС является одним из центральных звеньев устройств вторичного ориентирования. Его технические характеристики оказывают влияние не только на точность определения положения и контроля размеров детали, но и на производительность всей системы автоматического ориентирования. В качестве такого оптического датчика предложен датчик фотометрического типа со щелью, расположенной перпендикулярно к направлению движения детали.

При перемещении детали происходит частичное перекрытие узкого пучка излучения, что приводит к изменению сигнала фотоприемника. Цифровая обработка аналогового сигнала позволяет определить ориентацию детали и провести контроль ее размеров.

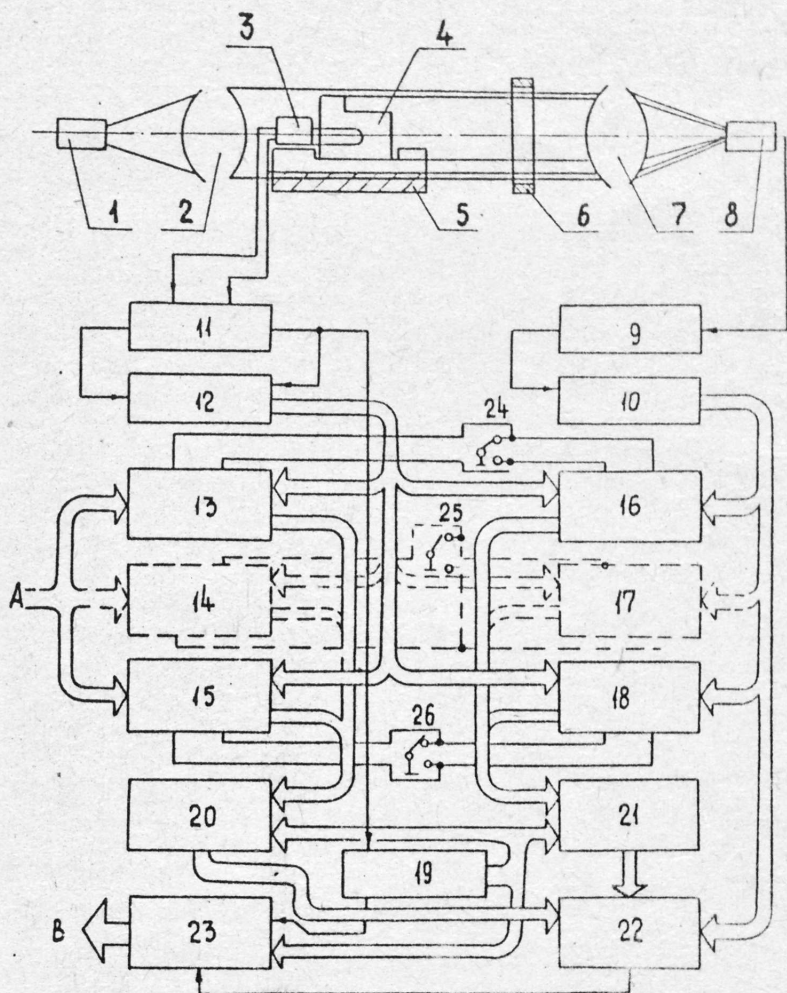
Выбор и расчет параметров ДСС, включая конструктивные параметры его оптической схемы, ведется в определенной последовательности: 1) подлежащие ориентированию детали группируются по габаритным размерам, форме, точности и др.; 2) определяются продольное и поперечное разрешение по выбранным группам деталей; 3) выбирается схема базирования деталей, источник и приемник излучения; 4) рассчитываются высота и ширина пучка, исходя из технологических требований к изображению профиля всей группы деталей; 5) определяются углы фокусировки и коллимации; 6) определяется допустимая неравномерность освещенности по высоте пучка; 7) рассчитываются световые диаметры и фокусные расстояния линз; 8) оценивается пропускная способность датчика и все необходимые характеристики ДСС по заданным технологическим условиям.

Как было отмечено выше, функции определения ориентации деталей и контроля их размеров в устройствах вторичного ориентирования выполняют ДСС и ЛБУ. Особенностью разработанного ЛБУ при сравнении, например, с известными микро-ЭВМ, является сокращение анализируемой информации при топологическом описании детали, что обеспечивает повышение точности и скорости обработки поступающей от ДСС информации, а следовательно, и повышение в целом производительности СОД и процесса сборки, в том числе за счет отбраковки деталей, поступающих на сборку.

Функциональная схема работы ДСС и ЛБУ в устройствах вторичного ориентирования, разработанных в ходе исследований, показана на рисунке, где 1 - осветитель; 2,7 - оптические системы; 3 - преобразователь линейных перемещений; 4 - ориентируемая деталь; 5 - направляющий лоток; 6 - щелевая диафрагма; 8 - фотоприемник. ЛБУ включает в себя: 9 - усилитель напряжения; 10 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 11 - преобразователь сигнала перемещения; 12 - счетчик импульсов; 13...18 - блоки ячеек памяти; 19 - блок формирования кодов; 20,21 - мультиплексоры; 22 - блок сравнения; 23 - блок записи данных о совпадении; 24...26 - ключи.

Работа ЛБУ основана на использовании двух режимов - записи и воспроизведения, коммутация которых осуществляется ключами 24,

Функциональная схема устройства для определения
положения деталей при ориентировании



25, 26. В режиме записи в блоки ячеек памяти I6, I7, I8 записывается информация о заданных размерах детали по сечениям, а в блоки ячеек памяти I3, I4, I5 – информация о допусках на эти размеры. Запись информации в блоки памяти возможна от внешнего устройства А (например, ЭВМ, штекерная панель), а для блоков I6, I7, I8 также от АЦП IO.

Каждому блоку I3, I4, I5 ячеек памяти допусков соответствует блок I6, I7, I8 ячеек памяти размеров по сечениям для одного устойчивого положения детали. Таким образом, при перемещении детали на шаг дискретизации на блок сравнения 22 поступает информация, с одной стороны, из блоков I6, I7, I8 и I3, I4, I5, а с другой – от АЦП IO, которая характеризует фактический размер ориентируемой детали по тем же сечениям.

С блока сравнения 22 информация по номинальным (заданным) размерам детали и фактическим размерам ориентируемой детали поступает в блок 23 данных о совпадениях. Затем с этого блока 23 в виде параллельного потока полученная информация выходит через шину В на внешнее устройство, например, в систему управления роботом. Результатом работы ЛБУ является определение положения ориентируемой детали и контроль ее размеров по сечениям.

Разработаны практические рекомендации по применению ДСС и ЛБУ.

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям СОД на основе ДСС. На примере автоматического ориентирования двухступенчатых деталей с диаметрами в пределах 10...30 мм и из различных материалов.

При проведении экспериментальных работ по исследованию технологических возможностей устройств первичного ориентирования использовано вибрационное бункерное загрузочное устройство (ВБЗУ). Проведена проверка полученных на стадии аналитических исследований расчетных значений коэффициентов отдачи СОД по двум схемам ориентирования. Определены надежность и производительность ориентирования двухступенчатых деталей при их различных конструктивных параметрах, а также технологические возможности использования ВБЗУ.

Экспериментальные исследования технологических возможностей устройства вторичного ориентирования на основе ДСС проводились на установке, содержащей оптическую систему, механизм перемещения деталей, фотоприемный блок, модуль связи с микро-ЭВМ, микро-ЭВМ "Электроника-ДЗ-28" и контрольно-регистрирующую аппаратуру.

Измерялись технические характеристики ДСС с регистрацией выходного напряжения с помощью цифрового вольтметра. Получена экспериментальная зависимость этого напряжения при различных параметрах пучка ДСС. Проведены данные по оценке неравномерности освещения пучка при использовании лампы накаливания и He-Ne лазера.

Экспериментальные исследования СОД в комплексе с микро-ЭВМ были проведены также и с деталями, состоящими из набора пластин и моделирующих различную конфигурацию деталей, имеющих выступы и проточки. Полученное разрешение по диаметральным размерам составило 0,0125 мм и по длине — 0,7 мм. Сравнительно малое разрешение по длине вызвано низкой частотой обработки информации микро-ЭВМ (25 Гц). При этом скорость перемещения деталей по лотку составила 3,5 мм/с. Дальнейшее уменьшение скорости ведет к снижению производительности СОД. Поэтому микро-ЭВМ целесообразно заменить другим электронным устройством по типу ЛЕУ, позволяющим вести обработку информации с значительно более высокой частотой. Установлено, что собственная частота ДСС составила $3 \cdot 10^3$ Гц, что гарантирует движение деталей по лотку со скоростью до 40 мм/с при обеспечении разрешения по длине до 0,07 мм.

Проведены экспериментальные исследования прибора контроля радиальных и тепловых зазоров поршневых колец, в измерительное устройство которого заложена принципиальная схема точного определения ориентации детали с проверкой ее основных размеров на базе ДСС и ЛЕУ. Для исследований использовались отобранные поршневые кольца (100 шт) с зазорами от 1 мкм до 100 мкм при протяженности от $5^\circ \dots 10^\circ$ до 90° , ориентированными случайным образом по периметру колец. Установлено, что прибор отличается высокой воспроизводимостью (погрешность многократного измерения одного и того же кольца не превышала 5%) и достаточно высокой точностью измерений (среднеквадратическая погрешность не превышала 0,5 мкм в диапазоне зазоров от 10 мкм до 30 мкм).

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили возможность использования разработанной СОД на основе ДСС, на снижающей производительности первичного ориентирующего устройства и обеспечивающей необходимую гибкость.

В шестой главе изложена методика проектирования системы автоматического ориентирования для гибкой роботизированной сборки. Она состоит из 6 разделов и содержит последовательный ход выбора и расчета параметров СОД, исходя из заданных технологических условий автоматической сборки: I-й раздел содержит анализ

данных по типу производства и характеристике деталей, подлежащих ориентированию и сборке; 2-й раздел посвящен определению структуры и требуемой производительности сборочных операций, выбору варианта рациональной укладки деталей для увеличения числа деталей в накопителе; в 3-ем и 4-ом разделах производится количественная оценка технологичности конструкции деталей по всем показателям, в том числе по комплексному показателю, на основе которых, как по одному из вариантов, определяется возможность внесения изменений в конструкцию детали для повышения ее пригодности к автоматическому ориентированию, и производится оценка технологичности сборочных единиц для автоматизации сборочного процесса в целом; 5-й раздел содержит рекомендации по выбору устройств первичного ориентирования и схему расчета основных параметров устройств вторичного ориентирования. Завершающий этап этого раздела выделяет детальный выбор оптимального варианта оптической схемы ДСС; 6-ой раздел, заключительный, содержит схему расчета параметров ЛЕУ для заданных технологических условий с методикой составления алгоритмов для программы управления.

В приложениях изложены: 1) программа расчета схем рациональной укладки деталей и примеры такого расчета для конкретных деталей применительно к ЭВМ ЕС-1022; 2) программа оценки положения ориентируемой детали применительно к микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-28"; 3) основные энергетические соотношения для выбора параметров оптической схемы ДСС с необходимой разрешающей способностью (расчеты по сравнительному анализу этих схем даны в четырех вариантах: с лампой накаливания; с He-Ne лазером; с волоконным светопроводом и с позиционно-чувствительным фотоприемником); 4) расчет экономической эффективности от внедрения РТМ; 5) справки об использовании результатов работы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Получены аналитические зависимости цикловой производительности, позволяющие обоснованно выбрать структуру процесса ориентирования с учетом заданных технологических условий роботизированной сборки. Установлено, что система автоматического ориентирования деталей с малой асимметрией ($D-d < 0,3D$, $e/L < 0,2$), а также для работы в условиях гибкой роботизированной сборки должна строиться на основе соединения устройств первичного и вторичного ориентирования.

2. Предложены новые схемы заполнения накопителей, за счет рациональной укладки деталей, которые позволяют увеличить коли-

чество деталей в них на 25...70%.

3. Разработана методика количественной оценки технологичности деталей для пригодности их к автоматическому ориентированию. Она базируется на использовании полученных аналитическим путем коэффициентов технологичности конструкций. Использование методики позволяет вводить изменения в конструкцию деталей на этапе проектирования.

4. Для обеспечения надежности роботизированной сборки установлена необходимость определения в процессе вторичного ориентирования положения ориентируемой детали с одновременным проведением контроля ее основных размеров. Сформулированы технологические требования к точности ориентации деталей.

5. Разработан метод определения положения детали при ориентировании и контроле ее размеров с помощью датчиков светового сечения в комплексе с микро-ЭВМ или специальным микропроцессором. Дана методика выбора основных параметров оптических схем этих датчиков. Разработана система программирования управления процессами автоматического ориентирования с помощью микро-ЭВМ и составлен алгоритм для программирования.

6. Разработан электронный логический блок управления процессом ориентирования, который по сравнению с микро-ЭВМ позволяет значительно повысить производительность и точность системы автоматического ориентирования.

7. Проведен комплекс опытно-экспериментальных работ по автоматическому ориентированию деталей при использовании существующих установок первичного ориентирования и созданных специальных установок вторичного ориентирования. Получены следующие результаты при ориентировании цилиндрических двухступенчатых деталей с разностью диаметров 2,5 мм и при использовании микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-23": разрешение по диаметральным размерам - 0,0125 мм и продольным - 0,7 мм. При этом скорость движения деталей составила 3,5 мм/с. При использовании разработанного электронного устройства - ЛКУ результаты составили: разрешение по диаметральным размерам - 0,0125 и продольным - 0,07 мм. При этом скорость движения деталей составляла 40 мм/с.

8. Внедрение нашли следующие разделы работ: I) методика оценки технологичности деталей для автоматического ориентирования издана в виде РТМ "Требования к технологичности конструкции деталей и сборочных единиц двигателей внутреннего сгорания при автоматической сборке"; годовой экономический эффект от внедрения РТМ -

100 тыс.руб.; 2) разработанная СОД на основе ДСС и ЛЛУ используется в приборе для автоматического контроля радиальных и тепловых зазоров в поршневых кольцах; 3) на разработанную СОД подана заявка на изобретение 4134635/08 I3I600 от 9.09.86 г.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Корсаков В.С., Алексеев А.В., Егоров В.П. Загрузочные устройства для сборочных роботов // Состояние и перспективы применения вычислительной техники в машиностроительной промышленности Узбекистана: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции - Ташкент, 1982, С. 93 - 94.
2. Холодкова А.Г., Егоров В.П., Максимович Б.Д. Оценка технологичности конструкций для условий автоматической сборки // Повышение эффективности производства механизацией и автоматизацией механосборочных и вспомогательных процессов в машиностроении: Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции - Ташкент, 1982, С. 23 - 25.
3. Сборка резьбовых соединений с применением автоматических манипуляторов / В.С.Корсаков, А.В.Алексеев, В.П.Егоров, Б.Д.Максимович // Механизация и автоматизация производства, 1983. № 10. С. 2 - 6.
4. Требования к технологичности конструкций деталей и сборочных единиц двигателей автомобилей при автоматической сборке. РТМ 37.002.0383-83 / А.Г. Андреев и др. Введен 1.07.83 - Минск, МКТЭИ-автопром, 1983. - 173 с.
5. Требования к технологичности конструкций деталей и сборочных единиц двигателей автомобилей при автоматической сборке. РД 37.002.0409-84 /А.Г.Андреев и др. Введена 1.07.84 - МКТЭИавтопром, Минск, 1984 - Ч.І 1984.- 166 с., Ч.ІІ - 1984. - 71 с.
6. Егоров В.П. Устройство ориентирования деталей на основе оптического датчика // Механизация и автоматизация производства, 1985, № 5, С. 30 - 31.
7. Егоров В.П., Лизунов А.В., Кеткович А.А. Автоматический оптоэлектронный прибор с ПЭС - фотоприемником контроля радиального зазора поршневых колес // Координатно-чувствительные фотоприемники и оптоэлектронные устройства на их основе: Тезисы 3-го Всесоюзного совещания. Ч.Ш. - Барнаул, 1985. С. 110.
8. Кеткович А.А., Лизунов А.В., Егоров В.П. Контроль радиального зазора поршневых колец // Механизация и автоматизация производства, 1985, № 12. С. 17.

Виниц

