

М 249506

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ имени Н. Э. БАУМАНА

ДАВТЯН ГАМЛЕТ ВАЧЕЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОНАСТРАИВАЮЩЕГОСЯ
СОРТИРОВОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ
КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ

*(05. 13. 07 — Автоматическое управление технологическими
процессами)*

(Диссертация написана на русском языке)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКОЕ
ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ имени Н. Э. БАУМАНА

ДАВТЯН ГАМЛЕТ ВАЧЕЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОНАСТРАИВАЮЩЕГОСЯ
СОРТИРОВОЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ
КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ

17249506
(05.13.07 — Автоматическое управление технологическими
процессами)

(Диссертация написана на русском языке)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



1249506

Давтян Г. В. Исследование

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

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ—доктор технических наук,
профессор *ТИЩЕНКО О. Ф.*
—кандидат технических наук,
доцент *ШАЧНЕВ Ю. А.*

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ—доктор технических наук
НОРЕНКОВ И. П.
—кандидат технических наук
ГОЛОУЛЬНИКОВ Е. М.

ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ—Московский Инструментальный завод «Калибр».

Автореферат разослан « » 197 г.

Защита диссертации состоится « » 197 г. на
заседании Совета

Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего технического училища имени Н. Э. Баумана по адресу: 107005 г. Москва, Б-5, 2-я Бауманская ул., д. № 5.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просьба выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке училища.

Ученый секретарь Совета

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
Библиотека

В В Е Д Е Н И Е

XXIV съезд КПСС поставил перед работниками народного хозяйства задачу дальнейшего повышения производительности и улучшения качества выпускаемой продукции. Одним из важнейших факторов повышения производительности труда является автоматизация производственных процессов с применением автоматических средств контроля. Объем производства резко увеличивается, поэтому становится все более актуальной задача разработки высокопроизводительных средств контроля, основанных на новых методах построения систем автоматического контроля размеров.

Одним из перспективных направлений увеличения производительности измерений и контроля является применение бесконтактных методов измерений. Фотоэлектрические бесконтактные методы контроля могут обеспечить значительное повышение производительности контроля и измерения, позволяя производить измерения и контроль размеров поверхностей без остановки измеряемой детали на измерительной позиции и при значительных скоростях их транспортирования. Применение бесконтактных методов контроля и измерения особенно перспективно при контроле размеров деталей из мягких материалов, а также деталей нежесткой конструкции. Одним из наиболее эффективных методов увеличения точности контроля является применение самонастраивающихся систем.

В связи с этим целью настоящей работы является разработка и исследование самонастраивающегося фотоэлектрического бесконтактного метода для автоматического измерения, контроля и сортировки деталей.

Глава I. Обзор и анализ работ по исследованию и разработке автоматических и самонастраивающихся контрольно-измерительных систем

В настоящее время в промышленности получили широкое распространение контрольно-сортировочные автоматы. Однако большинство из них основано на контактном принципе действия с различными преобразователями: электроконтактными, пневмо-электроконтактными, индуктивными, фотоэлектрическими, механотронными и т. д. Стремление увеличить

точность привело к созданию самонастраивающегося контрольно-сортировочного автомата с индуктивным преобразователем контактного принципа действия. С целью повышения производительности при контактном принципе контроля на ЛИЗе разработана специальная конструкция транспортирующего механизма и применена в автоматах с контактным фотоэлектрическим преобразователем.

Несмотря на то, что контрольно-сортировочные автоматы обеспечивают высокую точность сортировки, их дальнейшее совершенствование ограничено присущими контактному принципу недостатками. Это износ измерительных наконечников и других деталей, входящих в метрологическую размерную цепь, значительная, в сравнении с другими методами преобразования и передачи информации, инерционность механической части измерительной позиции, высокие требования к конструкции всей измерительной позиции, определяющие сложность ее изготовления. Поэтому один из перспективных путей совершенствования контрольно-сортировочных автоматов связан с разработкой и исследованием бесконтактных методов измерения и контроля.

Фотоэлектрический метод широко применяется в автоматических средствах контроля и измерения. В этих приборах и автоматах используются измерительные головки ЛИЗа (типа ДФМ и т. п.) с оптико-механическими преобразователями, где измерительные фотопреобразователи работают в релейном режиме.

Бесконтактные фотометрические методы не нашли распространения при создании средств измерений или контроля геометрических размеров из-за отсутствия достаточно стабильных преобразователей с достаточно большим диапазоном линейности. Применение в качестве преобразователя фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), имеющего широкий линейный диапазон световой характеристики, ограничивается нестабильностью параметров во времени и отсутствием простых, вместе с тем достаточно эффективных методов и устройств стабилизации рабочих параметров. Применение в производственных условиях методов стабилизации работы ФЭУ, которые обычно осуществляются в лабораторных условиях или при научных исследованиях, оказалось невозможным или нецелесообразным. Существующие методы стабилизации фотометрических измерительных систем требуют эталонного источника излучения, по которому производится регулировка (при одновременной стабилизации питающих напряжений измерительного тракта).

Изучение современного состояния работ по созданию бесконтактных автоматических контрольно-измерительных систем позволило сформулировать следующие задачи:

1. Исследование особенностей применения фотоэлектронного умножителя для автоматических контрольно-измерительных устройств.

2. Исследование особенностей фотометрического метода измерений и контроля линейных размеров деталей различных конфигураций.

3. Анализ погрешностей измерения и контроля разработанного бесконтактного метода измерений и контроля размеров с применением ФЭУ.

4. Разработка и исследование методов и схем самонастройки и стабилизации параметров контрольно-сортировочного автомата с применением ФЭУ.

5. Разработка макета контрольно-сортировочного автомата и опытного образца электронных и оптико-механических блоков автомата. Экспериментальное исследование их погрешностей.

Глава II. Разработка и исследование бесконтактного фотометрического метода измерений с применением в качестве измерительного преобразователя ФЭУ

В этой главе рассмотрен метод измерений с применением ФЭУ в многодиапазонных контрольно-сортировочных устройствах. Этот метод основан на фотометрическом бесконтактном принципе действия с применением измерительных масок, где в качестве измерительных преобразователей применяются ФЭУ. Принцип измерений основан на измерении величины площади световой тени, образующейся во время прохождения детали перед измерительной маской. Такой метод позволил отказаться от применения базирующих элементов, необходимых при контактном методе измерения. Линейность световой характеристики ФЭУ позволила получить линейную зависимость между измеряемым размером и величиной измерительного сигнала. Применение такого метода позволяет разработать ряд новых методов самонастройки всей измерительной системы и стабилизации параметров фотопреобразователя, обеспечивая компенсацию погрешностей всего измерительного тракта. Это в свою очередь позволило применить в измерительной цепи функциональные элементы, к которым не предъявляются высокие требования в отношении стабильности их рабочих параметров.

Применение измерительных масок, представляющих непрозрачные пластины с измерительными окнами, позволяет определить размер детали по разности световых потоков до и после прохождения детали.

Исследование влияния различных конструктивных форм измерительных масок позволило определить оптимальную по точности форму измерительных масок. В зависимости от кон-

струкции измерительных масок при измерении размеров можно использовать или метод непосредственной оценки, или метод сравнения. В работе проведены аналитические исследования различных конструкций измерительных масок, применяемых для указанных методов измерений.

Исследования показали, что абсолютный метод измерения, основанный на использовании измерительной маски с одним измерительным окном, имеет меньшую точность по сравнению с методом сравнения, где используются два или большее число окон в зависимости от конфигурации детали. В последнем случае обеспечивается большая разрешающая способность. Связь относительного приращения измерительного сигнала δU_B с размером контролируемой детали может быть представлена в виде:

$$\delta U_B = \frac{\Delta S_d}{S_e - S'_e}$$

где: ΔS_d — площадь, перекрываемая деталью, характеризующая действительный размер детали;

S_e — площадь измерительного окна;

S'_e — площадь части измерительного окна, которая не закрывается деталью.

Из формулы видно, что увеличение δU_B связано с уменьшением разности $(S_e - S'_e)$, что обеспечивается применением двух измерительных окон. В последнем случае по существу используется метод сравнения. При этом измерительная маска одновременно используется как мера. Это в свою очередь обеспечило возможность осуществления эффективной самонастройки.

Исследование зависимости чувствительности измерительной системы от размеров измерительных окон при методе сравнения с мерой показало, что при меньших размерах измерительных окон выше чувствительность измерительной системы и меньше погрешность измерения.

В диссертации разработана методика расчета и выбора размеров окон измерительных масок, исходя из величины контролируемых размеров, числа групп сортировки, диапазона сортировки и погрешности положения детали в измерительной позиции. Получено, что для цилиндрических деталей высота окон для измерения длины и ширины окон измерения диаметра практически однозначно зависят от соответствующих диапазонов сортировки, а ширина окон измерения длины и высота окон измерения диаметра связаны со скоростью движения детали в измерительной позиции и с быстродействием измерительной системы, а также с оптическими явлениями, происходящими в узких щелях.

Теоретические исследования позволили получить зависи-

мость относительных погрешностей измерения длины σ_e и диаметра σ_d от погрешности изготовления размеров измерительных окон, используемых при комплексном контроле:

$$\sigma_e = \frac{\frac{\delta_{e2} \cdot \delta_{h2}}{\delta_{e1} \cdot \delta_{h1}} + \frac{i\Delta h_1 + \Delta h_{e1}}{h_{e1} + \Delta h_{e1}}}{1 + \frac{i\Delta h_1}{h_e}}$$

$$\sigma_d = \frac{i\Delta d - \Delta d_d}{i\Delta d} \cdot \frac{\delta h_d}{\delta h_e \cdot \delta d_e}$$

где: δ_{e1} и δ_{h1} — относительные погрешности размеров первого окна соответственно ширины d_{e1} и высоты h_{e1} ;

δ_{e2} и δ_{h2} — относительные погрешности размеров второго окна соответственно ширины d_{e2} и высоты h_{e2} ;

Δh_1 — допуск одной группы сортировки по длине;

i — количество групп сортировки;

δh_d — относительная погрешность высоты окна измерения диаметра;

Δh_d — средняя абсолютная погрешность ширины двух окон измерения диаметра;

Δd — допуск одной группы сортировки по диаметру.

Для определения требований, предъявляемых к оптической системе, установлена взаимосвязь между неравномерностью освещения и возникающими при этом погрешностями измерения. Для этой цели проведены теоретические исследования влияния неравномерности освещения измерительных окон на погрешность измерения и его экспериментальная проверка, подтверждающая правильность полученных теоретических результатов. Получено, что максимальная относительная погрешность измерения не может превышать величины относительной погрешности неравномерности освещения.

Глава III. Разработка и исследование методов самонастройки контрольно-измерительных систем с ФЭУ

При работе измерительной системы, где в качестве измерительного преобразователя используется фотоэлектронный умножитель, возможно изменение параметров электронной части как преобразовательного, так и усилительного и других блоков. Очевидно, что оптимальная система самонастройки должна охватывать весь измерительный тракт. Такая система может быть реализована несколькими способами, разработанными и исследованными в диссертационной работе.

Первый метод основан на сравнении амплитуды импульса выходного сигнала измерительной системы, получающегося

при подаче детали, когда перекрывается одно измерительное окно, с величиной опорного напряжения. При этом для осуществления самонастройки необходима подача детали.

Для того, чтобы использовать для самонастройки интервалы между двумя последовательными измерениями, был предложен второй метод, который основан на модуляции анодного тока ФЭУ и последующем сравнении полученного при этом выходного напряжения измерительной системы с опорным напряжением.

Для обеспечения необходимой точности контроля и измерения в ряде случаев оказывается достаточным применение стабилизации только фотометрического измерительного преобразователя.

В данной работе разработаны и исследованы оба предложенных метода самонастройки и метод стабилизации. Во всех исследованных методах для обеспечения постоянства параметров измерительной системы используется регулирование коэффициента усиления ФЭУ изменением питающих его напряжений. Изменение коэффициента усиления ФЭУ M от изменений питающих напряжений dU_0 при числе каскадов умножения n можно представить следующей зависимостью:

$$dM = M \left(\frac{n^2}{AU_0} - \mu \right) dU_0,$$

где: A и μ — коэффициенты, характеризующие данный тип ФЭУ;

U_0 — напряжение питания.

С целью реализации предложенных методов самонастройки и стабилизации оказалось необходимым исследование параметров ФЭУ при больших выходных токах (порядка 100 мкА). Были предложены методики исследований линейности световой характеристики ФЭУ и параметров ФЭУ при изменении напряжения катод-динод для различных анодных напряжений. При этом получено, что сохраняется высокая линейность световой характеристики ФЭУ, хотя отмечается значительное утомление фотокатода в таком режиме работы. Исследования показали, что увеличение выходного тока ФЭУ приводит к некоторому увеличению отношения сигнал-шум.

В результате исследований была разработана и исследована схема активного RC фильтра низких частот, который обеспечивает уменьшение шумового сигнала не менее чем на один порядок. Исследование шумов нескольких типов ФЭУ показало, что наименьшим шумом обладает ФЭУ-51.

Исследование параметров ФЭУ изменением напряжения катод-динод позволяет выбрать оптимальный режим работы, пределы допустимых колебаний параметров измерительной системы и найти необходимую точность установки этого напряжения.

Результаты проведенных исследований позволили разработать опытные образцы блоков самонастройки и стабилизации измерительной системы.

При использовании для самонастройки сигнала, полученного при перекрытии одного окна, сигнал подается на схемы сравнений, выполненных в виде заторможенного блокинг-генератора, сигналы которых управляют схемой регулирования напряжения ФЭУ. Вследствие этого происходит постепенное изменение величины импульсов, подаваемых на схемы сравнений. Процесс регулирования прекращается при совпадении величин контрольного (для самонастройки) импульса и опорного напряжения. Недостаток данного метода в том, что время самонастройки ограничено временем прохождения детали с первого до второго измерительного окна. Однако этот недостаток не является существенным при бесперебойной подаче деталей. При этом цикл самонастройки должен быть согласован с циклом работы автомата. При данном методе самонастройки автомат выходит на режим после подачи примерно 15 деталей. После этого цикл самонастройки осуществляется в пределах 5 миллисекунд, что обеспечивает высокую производительность автомата. Экспериментальные исследования данного метода самонастройки показали, что погрешность установки напряжения самонастройки не превышает 0,2 %.

Разработан второй метод самонастройки. В этом случае при открытых измерительных окнах полученный от ФЭУ сигнал модулируется и амплитуда модулированного сигнала (после усилителя) сравнивается с величиной опорного напряжения. В зависимости от соотношения величин этих сигналов с блока сравнения подается соответствующий сигнал на управление напряжением питания ФЭУ.

Экспериментальные исследования показали, что лучшие метрологические характеристики обеспечиваются при модуляции выходного постоянного тока ФЭУ. В этом случае погрешность установки напряжения самонастройки получена порядка 0,28 %, что, однако, не является пределом и может быть значительно уменьшена.

Экспериментальные исследования широко распространенного метода модуляции напряжения питания ФЭУ показали, что в данном случае трудно получить погрешность установки напряжения самонастройки менее 1%.

Применение стабилизации работы ФЭУ вместо самонастройки измерительной системы позволяет сравнительно простой электронной схемой обеспечить постоянство максимального выходного тока (100 мкА) с погрешностью не более 0,35 %. Стабилизация выходного тока ФЭУ осуществлялась при открытых измерительных окнах.

Как при осуществлении самонастройки, так и при ампли-

тудной селекции выходного измерительного сигнала (при сортировке на группы) используются опорные напряжения, величина которых под влиянием разных факторов может меняться. Для определения требований, предъявляемых к стабильности опорных напряжений, получена теоретическая зависимость погрешности измерений от нестабильности опорных напряжений. При этом исследования показали, что если происходит медленное изменение величин всех опорных напряжений (включая и напряжение самонастройки) на одинаковую относительную величину, то это практически не влияет на погрешность измерений.

Система самонастройки должна производить корректировку изменений параметров также источника излучения. Для определения влияния изменений параметров источника излучения на работу измерительной системы проведено теоретическое исследование и получена зависимость допустимой нестабильности напряжения источника питания лампы освещения от допустимой величины изменений светового потока. Исследования показали, что при разработанных методах самонастройки и стабилизации на погрешность измерений значительно влияют лишь пульсации питающего напряжения, период которых значительно меньше времени осуществления самонастройки. Было исследовано влияние пульсаций и получена зависимость допустимой пульсации напряжения K_{ϕ} от допустимой пульсации светового потока:

$$K_{\phi} \leq \frac{3,8}{f \cdot \delta E},$$

где: f — частота питающей сети;
 δE — пульсация светового потока.

Проведена экспериментальная проверка полученных теоретических результатов. При этом получено, что с относительно простым электронным стабилизатором на транзисторах, имеющим коэффициент стабилизации около 200, можно практически свести к нулю погрешности от пульсации питающего напряжения.

Глава IV. Разработка и исследование бесконтактного фотоэлектрического самонастраивающегося многопозиционного контрольно-сортировочного автомата

Применение бесконтактного фотоэлектрического метода контроля принципиально обеспечивает возможность измерения и контроля размеров детали при ее свободном падении. С этой целью были проанализированы возможности и особенности осуществления самонастройки и измерений. Эти исследования позволили определить необходимые параметры

электронной измерительной схемы, обеспечивающие самонастройку и измерение в зависимости от скорости прохождения детали перед измерительными окнами. Результаты экспериментальных исследований показали, что при свободном падении детали имеется значительное расхождение циклограмм движения однотипных деталей и поэтому для контроля многоступенчатых деталей с относительно малыми длинами ступеней в ряде случаев целесообразно транспортирование детали относительно измерительных окон с постоянной скоростью.

Исследование погрешности положения детали в двух плоскостях позволило получить зависимости погрешностей контроля от погрешностей положения и определить необходимую точность базирования детали.

Широко применяемый метод амплитудной селекции в контрольно-сортировочных и измерительных устройствах основан на выделении амплитуды сигнала разными схемами сравнений напряжений (амплитудными компараторами). Величина их порога срабатывания, как правило, почти не зависит от абсолютных величин и обусловлена только разницей подаваемых на входы напряжений. В то же время с увеличением величины выходного напряжения электронных усилителей увеличивается также коэффициент нелинейности, что может привести к большим погрешностям измерений. Поэтому, исходя из заданных требований контроля или измерения, для правильного выбора соотношений между указанными параметрами, необходимо было установить взаимосвязь между ними. Теоретические и экспериментальные исследования позволили определить связь погрешности контроля и чувствительности амплитудных компараторов и выбрать соответствующую схему, обеспечивающую нормированную погрешность контроля. Так, например, экспериментально установлено, что с применением простых диодно-регенеративных компараторов напряжений величину погрешности амплитудной селекции можно довести до значений не превышающих $(0,3 \div 0,4) \cdot 10^{-3}$.

Особенности двух методов транспортирования (свободное и принудительное движение детали) определили разработку двух методов управления контролем. При принудительном движении детали оптимальным является метод управления по циклограмме, когда в соответствии с циклограммой от блока управления подаются команды на производство самонастройки и измерений.

При свободном движении и в других случаях, когда циклограмма однотипных деталей не является достаточно жесткой, для управления контролем используются первые и вторые дифференциалы измерительного импульса. При этом схема совпадений выдает соответствующие команды: при совпадении знаков обоих дифференциалов сигнала начинается пе-

реходной процесс — новая измеряемая ступень входит в зону измерительного окна. При изменении знака одного дифференциала подается команда на измерение очередной ступени. Такой метод управления измерением позволяет автоматически произвести измерение большого количества размеров (ступеней) на детали. Это позволяет в ряде случаев отказаться от применения автоматов с несколькими измерительными позициями, что значительно повышает производительность контроля многоступенчатых деталей.

Одной из причин, вызывающих погрешность контроля, является погрешность изготовления измерительной маски. В связи с этим был проведен анализ некоторых способов уменьшения погрешностей контроля, вызываемый погрешностями изготовления измерительной маски. Разработаны рекомендации по уменьшению данной составляющей погрешности контроля.

С целью определения предельной погрешности контроля и измерения дан анализ суммарной погрешности и ее составляющих, а также проведены теоретические расчеты и экспериментальные исследования суммарной погрешности измерения.

Рассмотрены некоторые возможности и области применения для контроля и измерений, описанным методом, размеров деталей различных конфигураций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных экспериментов определена возможность осуществления регулирования параметров ФЭУ с помощью изменения напряжения катод — первый диод.

Проведены исследования и получена зависимость погрешности амплитудной селекции от параметров схем сравнения, позволяющая производить их выбор.

Исследовано влияние неустойчивости опорных напряжений на погрешность измерений и предложена схема получения опорных напряжений.

Экспериментально определена возможность применения ФЭУ при больших выходных токах (порядка 100мкА) при сохранении высокой линейности световой характеристики.

На основе экспериментальных исследований шумов ФЭУ при больших выходных токах разработан и исследован метод уменьшения воздействия шума ФЭУ с помощью активных RC фильтров.

В результате теоретических исследований получена зависимость погрешности измерений от изменений параметров источника излучений. Определены требования к пульсации напряжения, питающего источник излучения. Эксперимен-

тально подтверждено, что при соблюдении полученных условий пульсации напряжений источника излучений практически не влияют на погрешность измерений.

Разработан метод самонастройки измерительной системы с использованием контрольного сигнала при перекрытии одного измерительного окна, основанный на измерении соотношений между опорным и контрольным сигналами.

Разработан метод самонастройки измерительной системы, основанный на использовании интервала времени между двумя следующими друг за другом измерениями с применением модуляции выходного тока ФЭУ.

Разработан метод стабилизации величины выходного тока ФЭУ, обеспечивающий высокую стабильность режима его работы.

Разработаны и исследованы опытные образцы блоков самонастройки и стабилизации.

Разработан и исследован макет бесконтактного фотоэлектрического контрольно-сортировочного самонастраивающегося автомата многодиапазонной сортировки с применением в качестве измерительного преобразователя ФЭУ.

В результате теоретических исследований получены зависимости погрешностей измерения длины и диаметра (для цилиндрических деталей) от погрешностей изготовления размеров измерительных окон как при дифференцированном, так и при комплексном контроле. Разработаны рекомендации по уменьшению погрешности измерений в зависимости от погрешности изготовления измерительной маски.

Проведены теоретические исследования и получена зависимость погрешности измерений от погрешностей положения контролируемой детали.

Разработана методика расчета и выбора размеров окон измерительных масок исходя из величины контролируемой детали, числа групп сортировки, диапазона сортировки, погрешностей положения в измерительной позиции и скорости движения детали. Полученные соотношения позволяют определить необходимые требования, предъявляемые к электронным схемам измерительного тракта.

Разработаны и исследованы два метода управления измерением, соответствующие двум способам подачи детали на измерительную позицию (свободное и принудительное движение детали при транспортировании).

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. ДАВТЯН Г. В. Высокопроизводительный автомат сортировки многоступенчатых деталей. Тезисы докладов Второй научно-технической конференции «Приборостроение». М., 1973.

2. ДАВТЯН Г. В. Фотоэлектрический сортировочный автомат с самонастройкой фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Тезисы докладов Второй научно-технической конференции «Приборостроение», М., 1973.

3. ДАВТЯН Г. В., Стабилизация выпрямленных высоких напряжений в транзисторном преобразователе с применением полевых транзисторов в цепи обратной связи. Тезисы докладов Второй научно-технической конференции «Приборостроение», М., 1973.

4. ДАВТЯН Г. В., ТИЩЕНКО О. Ф., ГОНОХИН Г. Е. Новый автомат для контроля геометрических размеров деталей. Экспресс информация № 12 ГОСИНТИ, М., 1973.

5. ДАВТЯН Г. В., Фотоэлектрический бесконтактный двухпозиционный сортировочный автомат. «Измерительная техника», № 6, 1974.

