

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

устойчивость хаотического режима, а также некоторое повышение стохастичности при работе в воде и сохранение периодического режима при работе в воздухе.

Вывод

Проведённые исследования показали возможность создания сигнализатора уровня на основе генератора хаоса. В качестве чувствительного элемента использовался биморфный пьезоэлемент. Основным техническим результатом является повышение помехоустойчивости. Была осуществлена практическая реализация в виде лабораторного макета и проведены испытания на долговременную стабильность и в условиях сильной вихревой кавитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданкин, В.К. Сигнализаторы изменения уровня [Текст] / В.К. Жданкин // Современные технологии автоматизации, №2. -М: СТА-ПРЕСС, 2002.-С.6-19.
2. Патрушев, Е.М. Исследование механизма чувствительности измерительных преобразователей, основанных на использовании неавтономных генераторов хаоса [Текст] / Е.М. Патрушев, Т.В. Патрушева // Измерение. Контроль. Информатизация : материалы двенадцатой Международной научно-технической конференции. – Барнаул: АлтГТУ, 2011. - С.139-143.
3. Yue, L. Chaotic system for the detection of periodic signals under the background of strong noise [text] / Yue Li, Baojun Yang // Chinese Science Bulletin, Vol. 48, № 5. – [China]: Science China Press, 2003. - P.508-510.
4. Chen, H.Y. Chaos weak signal detecting algorithm and its application in the ultrasonic Doppler bloodstream speed measuring [text] / H. Y. Chen, J. T. Lv , S. Q. Zhang , L. G. Zhang , J. Li.// J. Phys. Conf. Ser.13. – London: IOP Publishing, 2005. - P.320-324.
5. Murali, K. The simplest dissipative nonautonomous chaotic circuit [text]/ K. Murali, M. Lakshmanan, L.O. Chua // IEEE Trans. Circuits Syst., Vol.41. – [s.l.]: IEEE Circuits and Systems Society, 1994. - P.462-463.
6. Патрушева, Т.В. Двухпараметрический анализ динамики измерительного преобразователя на основе детерминированного хаоса [Текст] / Т.В. Патрушева, Е.М. Патрушев // Ползуновский альманах, №1.- Барнаул: АлтГТУ, 2011.- С.37-40.
7. Kennedy, M.P. Robust Op-Amp Realization of Chua's Circuit [text]/ M.P. Kennedy // Frequenz, Vol. 46, №3-4.-Berlin: Fachverlag Schiele & Schön, 1992.- P.66-80.

Ст. преп. **Патрушева Т.В.**; к.т.н., доц. **Патрушев Е.М.** тел. (3852) – 290913, attractor@list.ru – каф. «Информационные технологии» Алтайского государственного технического университета

УДК 536.521:614.841.47

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ В ГАЗОДИСПЕРСНОЙ СРЕДЕ

Н.Ю. Тупикина, Е.В. Сыпин, Е.С. Повернов, М.А. Алыгин, М.Н. Горбенко

Статья посвящена вопросам проектирования трёхканального оптико-электронного прибора обнаружения очага возгорания на ранней стадии в газодисперсной среде. Приведены сведения, касающиеся разработки оптической и электронной частей прибора.

Ключевые слова: оптико-электронный прибор, очаг возгорания, оптическая система.

Введение

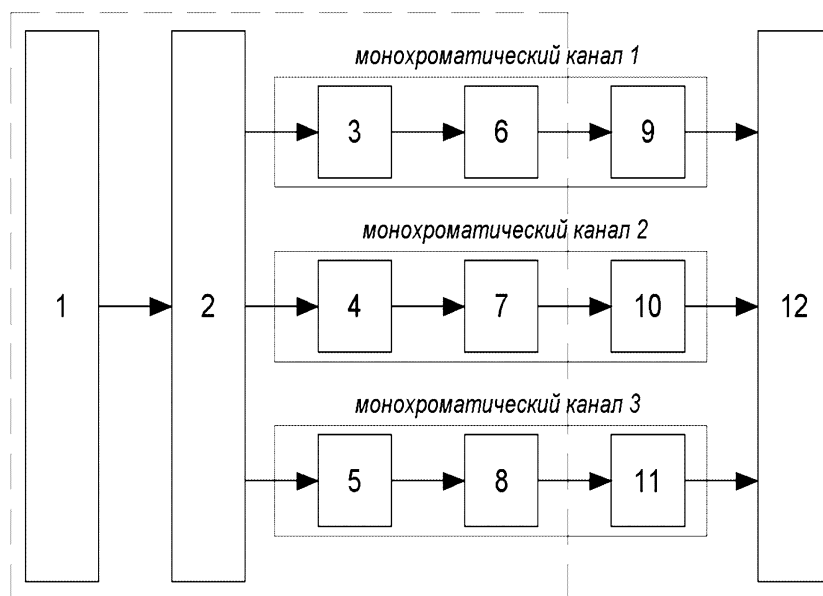
Оптико-электронные приборы нашли широкое применение в различных областях для дистанционного определения и контроля температуры [1, 2]. В том числе, оптико-электронные приборы могут использоваться для обнаружения очага возгорания на ранней стадии на угледобывающих предприятиях [3, 4]. Нами было предложено [5] для повышения достоверности принятия решения о наличии и отсутствии очага возгорания в производ-

ственных условиях использовать метод двух спектральных отношений, заключающийся в контроле и анализе отношений сигналов, получаемых в трёх различных участках спектра. Для реализации данного метода был спроектирован и изготовлен трёхканальный оптико-электронный прибор.

Принцип работы прибора

Структурная схема прибора приведена на рисунке 1. Пунктиром показаны компоненты, относящиеся к оптической части прибора.

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ В ГАЗОДИСПЕРСНОЙ СРЕДЕ



1 – объектив; 2 – устройство разделения светового потока; 3, 4, 5 – светофильтры;
6, 7, 8 – приёмники оптического излучения; 9, 10, 11 – усилители;
12 – электронная часть прибора (блок обработки информации)

Рисунок 1 – Структурная схема трёхканального оптико-электронного прибора двух спектральных отношений

В приборе имеется три канала, каждый из которых работает в узком спектральном диапазоне, при этом диапазоны каналов не перекрываются. Блок обработки информации анализирует отношения сигналов на выходах фотоприёмников. При этом возможен контроль трёх отношений сигналов, из которых контролируется только два. Контроль третьего отношения является избыточным, так как оно может быть получено из двух. Характер изменения каждого отношения позволяет определить вид сигнала, действующий на вход прибора (полезный сигнал или помеха).

Разработка оптической системы прибора

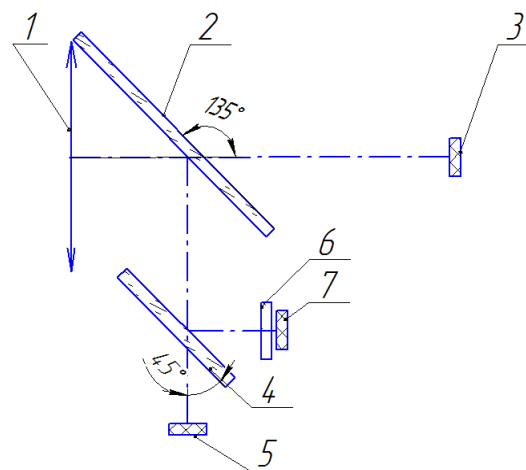
При разработке и анализе возможных вариантов построения оптической системы прибора учитывались следующие критерии:

- возможность одновременного выделения оптической системой узких спектральных диапазонов;
- минимальные потери мощности сигнала при его прохождении через оптическую систему;
- минимальный габаритный размер оптической системы.

При выборе оптической системы рассматривались следующие возможные способы выделения спектральных диапазонов:

- без разделения потока излучения (сменные оптические фильтры);

- энергетическое разделение потока излучения с последующей фильтрацией;
- спектральное разделение потока излучения.



1 – собирающая линза;
2, 4, 6 – оптические полосовые фильтры,
3, 5, 7 – приёмники излучения

Рисунок 2 – Оптическая система трёхканального оптико-электронного прибора двух спектральных отношений

Использование конструкций с подвижными элементами (сменными оптическими фильтрами) уменьшает надёжность работы прибора и является нежелательным. Также

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

при таком способе разделения светового потока регистрация сигналов от источника излучения происходит в разные моменты времени, что снижает быстродействие прибора в целом и требует синхронизацию сигналов по каналам.

Ранее при проектировании приборов использовалось энергетическое разделение светового потока [4] с помощью полупрозрачного зеркала установленного под углом к оптической оси системы. Но включение полупрозрачного зеркала в оптическую систему прибора приводит к уменьшению потока излучения на каждом фотоприёмнике в два раза, а для трёх каналов как минимум в 3 раза.

В результате, была предложена структурная схема на основе полосовых интерференционных светофильтров, показанная на рисунке 2. При разработке методики габаритного расчёта оптической системы прибора [6] сделаны следующие предположения:

- в каждом канале прибора используются одинаковые фотоприёмники;
- форма чувствительной площадки фотоприёмника – круг или квадрат;
- световой пучок представляет собой в пространстве прямой усеченный конус.

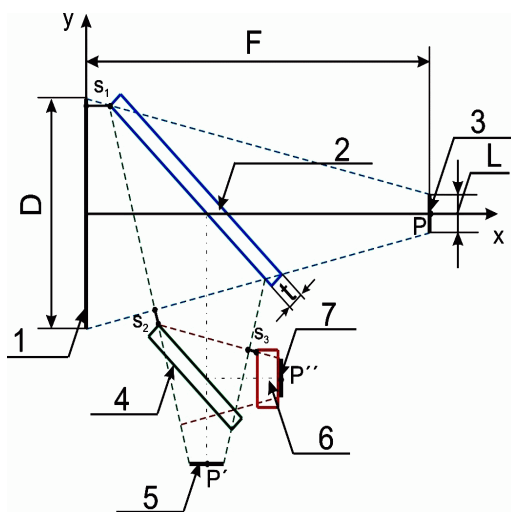


Рисунок 3 – Пояснения к выбору исходных данных для габаритного расчёта

Исходными данными для габаритного расчёта являются (рисунок 3):

- диаметр (D) и фокусное расстояние (F) собирающей линзы;
- характерный размер (диаметр или длина стороны) чувствительной площадки фотоприёмников (L);
- толщина t , оптических фильтров;
- технологические зазоры s_1 и s_2 , при этом s_1 – минимальное расстояние от свето-

фильтра 2 до линзы 1, s_2 – минимальное расстояние между образующей светового конуса, формируемого линзой и ближайшей точкой светофильтра 4.

Технологический зазор s_3 определяется как минимальное расстояние между образующей светового конуса, отраженного светофильтром 4 и ближайшей точкой светофильтра 6.

В результате расчёта получены выражения, позволяющие рассчитать размеры светофильтров, координаты положения светофильтров и фотоприёмников в оптической системе.

При проектировании оптической системы прибора важной задачей является выбор рабочих спектральных диапазонов каналов прибора, которые будут определяться:

- характеристиками излучения источника возгорания;
- характеристиками излучения возможных источников помех;
- спектральной характеристикой чувствительности используемого фотоприёмника.

Сигналы на выходе фотоприёмника для диапазона длин волн (λ_1, λ_2) определяются как:

$$I = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} M_s(\lambda) \cdot \tau_m(\lambda) \cdot \tau_o(\lambda) \cdot \tau_f(\lambda) \cdot s(\lambda) \cdot d\lambda \quad (1)$$

где $M_s(\lambda)$ – спектральная плотность излучения сигнала, приходящего на входной зрачок прибора; $\tau_m(\lambda)$ и $\tau_o(\lambda)$ – спектральные характеристики пропускания среды распространения и оптической системы; $\tau_f(\lambda)$ – спектральная характеристика оптического фильтра; $s(\lambda)$ – спектральная чувствительность приёмника излучения.

Далее было выполнено моделирование выходного тока через фотоприёмники с помощью разработанной компьютерной программы [7].

В качестве фотоприёмников в лабораторном образце трёхканального оптико-электронного прибора используются кремниевые фотодиоды ФДК-155. Спектральные характеристики источников полезного сигнала и оптических помех были смоделированы на основе данных приведенных в литературе [8]. Спектральные характеристики пропускания среды распространения определялись исходя из возможной области применения прибора (угольные шахты), а коэффициент пропускания оптической системы – исходя из

ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ПРИБОР ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ В ГАЗОДИСПЕРСНОЙ СРЕДЕ

используемых компонентов оптической системы.

После анализа изменения сигналов на выходе фотоприёмников было предложено: рабочий диапазон длин волн одного из каналов выбрать равным 650-700 нм (для исключения влияния люминесцентных ламп и ламп на основе светодиодов). Длина волны двух других каналов выбирается из условия максимального увеличения отношения $I_{ps}(\Delta\lambda_3)/I_{ps}(\Delta\lambda_2)$ при росте температуры на 1°C. $I_p(\Delta\lambda_i)$ – ток на выходе фотоприёмника в диапазоне длин волн $\Delta\lambda_i$ при воздействии на входной зрачок смеси полезного сигнала и помехи, i – соответствует условному номеру канала (второй или третий).

После проведенных расчетов для прибора были выбраны следующие рабочие диапазоны длин волн: 690±30 нм, 790±20 нм, 980±20 нм.

Для изготовления прибора были выбраны полосовые интерференционные светофильтры производства фирмы ООО «Фото-

оптик-фильтры» (г. Обнинск) [9]: BPF 690\30, BPF 790\20, BPF 980\20.

Разработка электронной части прибора

Электронная часть прибора должна обеспечивать необходимое быстродействие прибора (не более 3 мс) [4] и выполнять следующие функции:

- опрос фотоприёмников, преобразование сигналов фотоприёмников в напряжение и его усиление;
- нахождение спектральных отношений и определение вида поступающего сигнала (полезный сигнал или помеха);
- принятие решения о возникновении очага возгорания и формирование сигнала на активацию врывоподавляющего устройства в случае принятия решения о возгорании.

На рисунке 3 показана структурная схема электронной части трёхканального пирометрического прибора двух спектральных отношений.

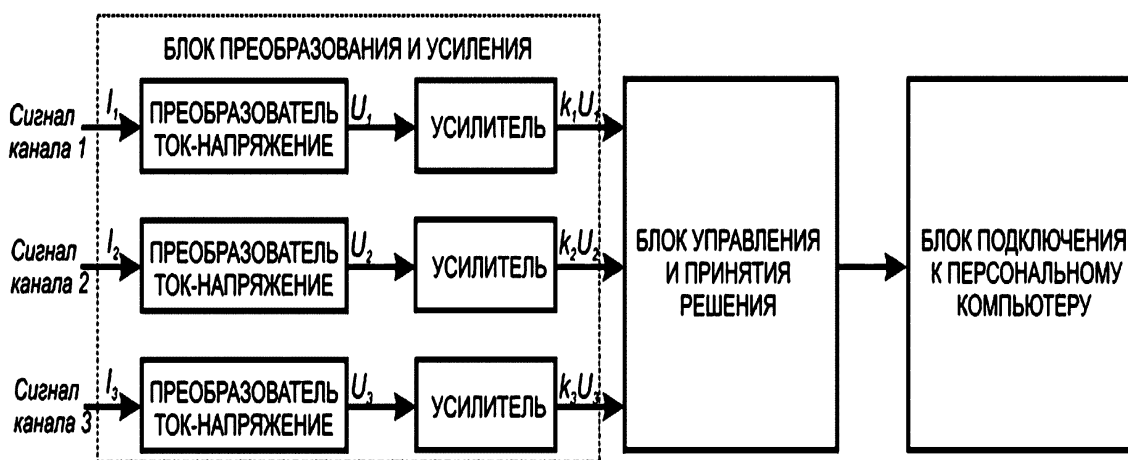


Рисунок 4 – Структурная схема электронной части трёхканального оптико-электронного прибора двух спектральных отношений

Основой блока управления и принятия решения является микроконтроллер. Применение микроконтроллера позволяет использовать более качественные алгоритмы принятия решения о возгорании, появляется возможность накопления информации о контролируемом объекте.

Для реализации блока управления и принятия решения был выбран микроконтроллер Atmega8. Указанный микроконтроллер является 8-разрядным достаточно высокопроизводительным с малым потреблением и небольшой ценой [10]. Микроконтроллер имеет внутреннюю память в 8

Кбайт, что достаточно для записи в нее программного обеспечения, а также шестиканальный аналого-цифровой преобразователь.

Блок подключения к персональному компьютеру является опциональным, он необходим для лабораторного тестирования прибора.

После разработки структурной схемы электронной части был предложен следующий алгоритм работы прибора.

1. Инициализация микроконтроллера.
2. Оцифровка сигналов с каждого канала АЦП и запись во внутренний регистр.

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

3. Усреднение оцифрованных значений сигналов с каждого канала по 16 измерениям.

4. Отправка данных по последовательному интерфейсу в персональный компьютер.

Остальные функции по обработке и анализу сигналов выполняет программа, установленная на персональном компьютере. К этим функциям относятся.

1. Нахождение спектральных отношений.
2. Определение вида сигнала (полезный сигнал, источник помехи, смесь полезного сигнала и помехи).
3. Принятие решения о возникновении очага возгорания.
4. Графическое отображение сигналов в каждом из каналов прибора.

Для датчика, устанавливаемого на реальный объект, все функции будут выполняться одной программной – программой микроконтроллера.

Программное обеспечение для микроконтроллера реализовано в среде AVR Studio, а программное обеспечение для персонального компьютера – в среде Borland Delphi 7.

Предварительная оценка параметров и характеристик прибора

После разработки оптической и электронной частей прибора было выполнено его изготовление.

Далее была выполнена оценка быстродействия прибора и получены передаточные характеристики для каналов прибора.

Быстродействие прибора будет определяться постоянной времени фотоприёмников и временем обработки сигналов с фотоприёмников электронной платой. Сигнал с фотоприёмника усиливается адаптивной схемой усиления и затем оцифровывается с помощью встроенного в микроконтроллер Atmega8 АЦП. Поскольку оцифровываемых каналов в приборе три, достаточно определить время на обработку одного из каналов и умножить его на три. Для используемых в приборе микроконтроллера Atmega8 [10] и фотоприёмников ФДК-155 [11]:

- тактовая частота АЦП микроконтроллера – 125 кГц;
- количество тактов, необходимы для преобразования АЦП – 14;
- количество команд программы микроконтроллера для выполнения обработки информации для одного канала – около 1 тыс.;
- тактовая частота микроконтроллера – 8 МГц;

- постоянная времени фотоприёмников – $1 \cdot 10^{-5}$ с.

В результате расчёта время срабатывания прибора составило 721 мкс. Полученное значение удовлетворяет требованию высокого быстродействия для обнаружения очага возгорания на ранней стадии.

Дальнейшей задачей было получение передаточной характеристики для каждого канала прибора. В качестве приёмников излучения в приборе используются фотодиоды, которые включались в измерительный тракт в обратном направлении. Обратный ток фотодиодов преобразовывался в напряжение и усиливался при прохождении через блок преобразования и усиления (рисунок 4). Далее полученное значение напряжения $k_i \cdot U_i$ подавалось на вход АЦП микроконтроллера ($i = 1, 2, 3$ – условный номер канала).

Для построения передаточной характеристики прибора были сняты значения напряжений на выходе блока преобразования и усиления для каждого канала прибора при различных температурах лампы ТРУ-1100-2350 (рисунок 5).

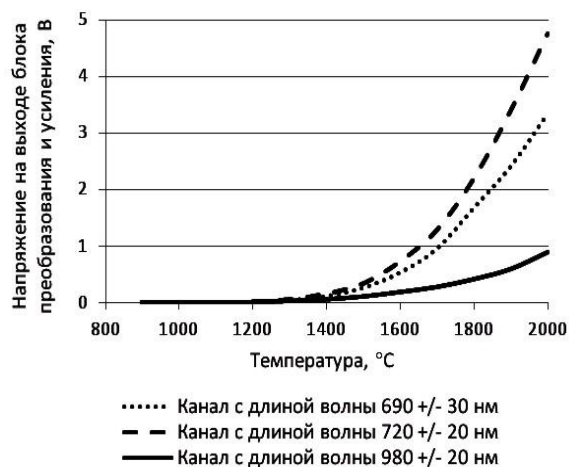


Рисунок 5 – Зависимость напряжения на выходе блока преобразования и усиления от температуры источника

Знание передаточных коэффициентов позволяет определять спектральные отношения, и по ним можно судить о температуре контролируемого объекта.

Вывод

Таким образом, в результате работы разработаны оптическая и электронная части трёхканального пирометрического прибора двух спектральных отношений, прибор был изготовлен, для каналов прибора получены передаточные характеристики и оценено быстродействие. Полученные данные под-

тверждают корректность методики проектирования, правильность выполненных расчётов и возможность экспериментальной отработки прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поскачей А.А. Оптико-электронные системы измерения температуры [Текст] / А.А. Поскачей, Е.П. Чубаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 248 с.: ил.
2. Якушенков Ю.Г. Теория и расчёт оптико-электронных приборов: Учебник для студентов вузов [Текст] / Ю.Г. Якушенков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 1999. – 480 с.: ил.
3. Разработка устройства для обнаружения и подавления взрывов газа метана и угольной пыли на начальной стадии при помощи пирометрического датчика [Текст] / Е.В. Сыпин [и др.] // Вестник КузГТУ. – 2005. – №3. – с.59–65.
4. Сыпин, Е.В. Оптико-электронный прибор обнаружения начальной стадии развития взрыва в газодисперсных системах [Текст]: дис. канд. тех. наук : 05.11.13 : защищена 28.05.2007: утв. 14.12.2007 / Сыпин Евгений Викторович. – Барнаул: 2007. – 144 с.
5. Тупкина, Н.Ю. Способы повышения достоверности принятия решения оптико-электронным прибором обнаружения очага возгорания на ранней стадии [Текст] / Н.Ю. Тупкина, Е.С. Повернов, Д.В. Герасимов, Е.В. Сыпин // Современные техника и технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 3 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С. 266-267.
6. Tupikina, N.Y. The Optical System for the Three-channel Pyrometric Device of Two Spectral Ratios [Текст] / N.Y. Tupikina, E.S. Povernov, E.V. Sypin // International conference and seminar on micro/nanotechnologies and electron devices EDM`2011: Conference proceedings. – Novosibirsk: NSTU, 2011. – P.354-361.
7. Программа расчёта выходных сигналов различных фотоприёмников пирометра двойного спектрального отношения с учётом влияния оптических помех / Тупкина Н.Ю., Павлов А.Н., Герасимов Д.В., Сыпин Е.В. // Свидетельство РФ об официальной регистрации программ для ЭВМ №2011613735, 2011.
8. Гуторов М.М. Основы светотехники и источники света: Учеб. пособие для вузов [Текст] / М.М. Гуторов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
9. Фотооптик-фильтры [Электронный ресурс] // Веб-узел ООО «Фотооптик-фильтры». – Режим доступа: <http://www.photooptic-filters.com/>
10. Atmel Corporation - Atmel AVR 8- and 32-bit Microcontrollers - megaAVR [Электронный ресурс] // Веб-узел Atmel Corporation. – 2011. – Режим доступа: http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=2004.
11. Аксененко М.Д. Приемники оптического излучения [Текст]: справочник / М.Д. Аксененко, М.Л. Баранчиков. – М.: Радио и связь, 1987. – 296с.: ил.

Инженер ООО «Полистрим» Н.Ю. Тупкина; к.т.н., заместитель директора по научной работе ООО «Полистрим» Е.В. Сыпин; научный сотрудник ООО «МИП «Политех» Е.С. Повернов; инженер ООО «Полистрим» М.А. Альгин; инженер ООО «Полистрим» М.Н. Горбенко – Россия, 659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел. (3854) 432450, e-mail sev@bti.secna.ru

УДК 621.755-251

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СТАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ УЗЛОВ ПРИБОРОВ

А.Н. Гормаков, И.А. Плотников

Рассматривается установка для статической балансировки узлов приборов. Приводится структурная схема системы для автоматического измерения момента статической неуравновешенности. В результате динамического анализа определены параметры элементов системы измерения, обеспечивающие требуемую чувствительность, точность и быстродействие.

Ключевые слова: статическая балансировка, автоматизированная установка, подвижные узлы приборов.

Введение

Статической балансировке подвергаются медленно вращающиеся или колеблющиеся подвижные части приборов, а также относительно быстро вращающиеся детали типа тонких дисков. Статическая неуравновешен-

ность – неуравновешенность, при которой ось ротора и его главная центральная ось инерции параллельны. При этом центр масс подвижного узла смещен относительно оси вращения на некоторую величину, в результате чего возникает момент статической не-