УДК 535.65, 53.08

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ОБОГАТИМОСТИ РУД ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.А. Алёхин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

В настоящее время спрос на драгоценные металлы и камни остается стабильным, а качество добываемых и перерабатываемых руд неуклонно снижается. Это обуславливает актуальность внедрения новых, более эффективных методов обогащения, а также совершенствования уже используемых. Фотометрический (или оптический) метод, основанный на анализе цветовых характеристик объектов анализа в реальном времени, является в настоящее время одним из наиболее динамично развивающихся и перспективных.

Тем не менее, несмотря на применение в существующих оптических сепараторах методов машинного обучения, они, главным образом, эффективны для решения простых задач: в случае ярко выраженного цветового контраста объектов контроля, при разделении по нескольким цветовым оттенкам или же по однородности одного из цветов. Однако при необходимости различения в автоматическом режиме тонких цветовых оттенков, контроле минеральных структур со сложной поверхностной и/или внутренней структурой (образцы с рельефной поверхностью, дающей вторичные тени на изображении; частично и неоднородно прозрачные образцы), потенциально перспективный метод часто пасует, не позволяя достигать должного качества сортировки.

Кроме того, препятствием развития метода является отсутствие методики предварительной оценки обогатимости руд твердых полезных ископаемых оптическим методом. Т.е., на данный момент невозможно оценить возможность и эффективность обогащения того или иного типа руды без прямого опробования на конкретной модели оптического сепаратора. Данный факт только добавляет неопределенности в понимание реальных возможностей метода и нередко является причиной отторжения потенциальных заказчиков.

Таким образом, актуальным является создание портативного оптико-электронного аналитического комплекса для экспресс-анализа руд твердых полезных ископаемых.

Особенностью предлагаемого решения является возможность проведения комплексного анализа минеральных образцов: не только их цветовых характеристик, но также и степени прозрачности, структуры поверхности, поверхностных и внутренних (для полупрозрачных и прозрачных образцов) дефектов. Кроме того, использование подобной интеллектуальной системы позволит определять оптимальные настройки оптических сепараторов при обогащении конкретных типов руд без длительного этапа предварительной настройки.

Отдельное внимание в работе уделяется принципам освещения рабочей зоны и методикам настройки цветопередачи системы регистрации аналитического комплекса, имеющим важное значение для обеспечения эффективности анализа и выбора оптимальных условий сепарации.

Разрабатываемый аналитический комплекс может быть востребован на горно-обогатительных предприятиях страны при добыче золота, алмазов, изумрудов и многих других полезных ископаемых, а также в технологических лабораториях при геологических партиях.

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СКАНИРОВАНИЯ ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВ

Д.В. Апехтин
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

В настоящее время 3D-технологии развиваются все интенсивнее и это неудивительно, ведь они открывают новые границы применения как в промышленной, так и в сфере развлечений. Разработок для воспроизведения 3D-информации много, однако приборы сканирования начали развиваться совсем недавно, а их области применения огромны: сканирование труднодоступных для человека замкнутых пространств, таких как пещеры, сканирование пространства в реальном времени, применение которому найдется как в охранных системах, так и в военных целях, и конечно сфера развлечений.

В настоящее время приборы проектируются в инженерных программах. Причина тому – возможности обработки, хранения и передачи информации о структуре объекта, хранящейся в компьютере в электронном виде. Информацию можно получать как измерениями и проектированием, так и с помощью 3D-сканеров. В свою очередь существующие сканеры основаны на трех различных принципах, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки, рассмотрим их немного подробнее.

Первый заключается в измерении лазерным дальномером расстояния до определенной точки в пространстве под определенными вертикальными и горизонтальными углами, задающимися угломерными механизмами. С некоторой плотностью точек в пространстве прибор считывает характеристику (расстояние) до точки поверхности одну за другой. Задаваемая плотность точек определяет шаг угломерных механизмов между измерениями. Полученное облако точек обрабатывается программно, создавая 3D-модель в некоторых инженерных форматах. Достоинствами являются высокая скорость сканирования, точность, большой угол охвата. Недостатками являются небольшое расстояние сканирования, высокая цена, невозможность определения цвета.

Второй принцип сканирования называется стереоскопическим. Лазер, расположенный в нижней части сканера, проецирует развертку перекрестий лучей на объект сканирования. Две приемные камеры принимают отраженный сигнал, на основе которого в режиме реального времени генерируется поверхность. После процесса 3D-сканирования все необходимые данные о строении и форме изучаемого объекта поступают в компьютер, где уже происходит анализ полученных данных и построение точной компьютерной модели объекта. Достоинствами являются высокая точность, возможность получения цветного изображения, непозиционная работа, а передвижная, малый вес и габариты. Недостатками являются небольшое расстояние и скорость сканирования, высокая цена, необходимость использования маркеров.

Третьим является технология трехмерного сканирования, разработанная компанией Artec Group, позволяет с высокой точностью и скоростью снимать информацию о поверхности объектов (глубине), используя принцип структурированной подсветки. Все данные получаются путем проецирования на объекты специальной решетки под параллаксным углом. Искажения проекции данной решетки позволяют рассчитать положение всех точек объекта в геометрическом пространстве. Полученные точки триангулируются, образовывая полигональную поверхность, которая представляется в некотором формате. Система использует уникальную форму объекта для корректного определения взаиморасположения отснятых снимков, благодаря чему в процессе съемки не требуются маркеры, что значительно снижает затраты времени усилий. Так же система способна воспринимать объекты не только неподвижные, но и динамические, что позволяет автоматически создавать анимацию. Достоинствами являются высокая точность, возможность получения цветного изображения, непозиционная работа, подвижная, малый

вес и габариты, осуществление работы без маркеров, использование вспышки вместо лазера. Недостатком является небольшое расстояние сканирования.

Поставленная задача – разработка 3D-сканера, обладающего следующими параметрами: высокая скорость сканирования, возможность сканирования в видео режиме. Отличие прибора от существующих заключается в его ориентации на сканирование окружающего пространства, а не направленного на какой-либо объект. Вследствие поставленных задач следует вывод о необходимости разработки системы, обладающим максимально возможным углом обзора. Такое значение позволит сканировать с достаточно высокой скоростью, а так же измерять пространственные характеристики окружающего пространства в видео режиме. За основу берется система с проецированием сетки, которая состоит из оптической к осветительной системе, блоков управления и обработки, источника питания. Однако тем же остается только принцип действия, для обеспечения необходимого угла обзора все элементы системы подлежат изменению. Эмпирическим путем было доказано, что оптическая система прямоугольных камер дает недопустимую погрешность при совмещении изображения, в отличие от качественных панорамных. Осветительная система, проецирующая сетку, нуждается в доработке и определении необходимой точности.

Результатами работы являются анализ существующих систем и выбор на его основе собственной элементной базы. По результатам опытов был сделан выбор оптической системы, подходящей для поставленных задач. Следующим шагом разработки станет создание математической модели. Стоят вопросы о выборе источника осветительной системы, расчете возможных частоте мерцания и шага сетки. Решение данных вопросов позволит создать опытный образец и сравнить теоретические ожидания с экспериментальным и данными.

УДК 681.786

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РЕГЛОСКОПА НА ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ СВЕТА ФАРЫ

Н.С. Арбузов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

Системы освещения занимают особое место в электрооборудовании автомобилей, так как эффективность автономного освещения определяет безопасность дорожного движения в темное время суток. Для проверки правильности регулировки световых приборов применяются реглоскопы. Реглоскоп – это оптико-электронный прибор, предназначенный для контроля светотеневой границы и измерения силы света автомобильных фар в контрольных точках. При проверке технического состояния фар прибор необходимо точно позиционировать относительно измеряемого объекта.

Задачами работы является разработка модели прибора и проведение исследования влияния ошибки позиционирования прибора. Система должна обеспечивать контроль положения светового пучка фары и обеспечивать измерение силы света в трех контрольных точках. Для проведения исследовательской работы была изготовлена упрощенная модель прибора. Корпус прибора состоит из каркаса и боковых крышек, закрепленных между собой винтовыми соединениями. В корпусе установлены конструктивные элементы прибора. Во входном окне прибора закреплена линза Френеля. Зеркало закреплено под углом 45 градусов, имеется механическая угловая подвижка, а также продольная подвижка. Экран с фотоприемниками закреплен под крышкой прибора. Имеется возможность перемещения экрана в горизонтальной плоскости вдоль корпуса прибора и в вертикальной плоскости. Индикатор измерения силы света вмонтирован в крышку прибора. В основании прибора закреплен блок телевизионного датчика и блок питания прибора.

Исследование влияния смещения на величину силы света осуществлялось следующим образом. Прибор и фара устанавливались соосно на расстоянии 500 мм. Устанавливался режим работы фары. Осуществлялся сдвиг прибора в горизонтальной плоскости перпендикулярно и вдоль оптической оси в пределах ±200 мм, во время которого измерялась величина силы света. Основная погрешность измерения величины силы света согласно требованию стандарта не должна превышать 15%. Исследования влияния ошибки позиционирования прибора на силу света показало следующие результаты. Измерение силы света в режиме ближнего света в темной зоне показало, что смещение прибора перпендикулярно оси не должно превышать ±40 мм. Смещение вдоль оптической оси незначительно влияет на величину измерения силы света. Измерение силы света в режиме ближнего света в светлой зоне показало, что смещение прибора вдоль оптической оси слабо влияет на измеряемую величину. Смещение прибора перпендикулярно оптической оси не должно превышать ±40 мм. Измерение силы света в режиме дальнего света от смещения прибора вдоль оптической оси показало, что отклонение силы света укладывается в диапазон допустимой погрешности 15%. Смещение перпендикулярно оптической оси не должно превышать ±20 мм.

В результате проведенной работы собрана модель прибора для измерения силы света фар автотранспортных средств. Проведено исследование влияния смещения прибора в горизонтальной плоскости перпендикулярно и вдоль оптической оси на измеряемую силу света фары в различных режимах работы. На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что смещение прибора вдоль оптической оси незначительно влияет на измеряемую величину силы света. Смещение перпендикулярно оптической оси требует достаточно высокой точности установки прибора, что требует новых решений в задаче позиционирования прибора относительно автомобиля.

УДК 681.78

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ МНОГОТОЧЕЧНОГО КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРОГИБА ПЛАВАЮЩИХ ДОКОВ

А.А. Арнст
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

Производятся исследование структурной схемы и выбор элементов и параметров оптико-электронной системы многоточечного контроля величины прогиба плавающих доков.

Краткое введение, постановка проблемы. При эксплуатации крупногабаритных конструкций требуется вести контроль не только над изменением величины продольной деформации, но и ее формой, для предупреждения возникновения нештатных ситуаций, в том числе, техногенных катастроф. Для этих целей предлагается использовать оптико-электронные прогибомеры (ПОЭ) с несколькими реперными метками.

Цель работы. Разработка оптико-электронного прогибомера многоточечного контроля с четырьмя реперными метками, для более точного контроля формы деформаций особо крупных объектов.

Базовые положения исследования. В 2011 году в НИУ ИТМО был разработан оптико-электронный доковый прогибомер, реализующийся как система связанных между собой измерительных каналов, информация с которых обрабатывается параллельно в блоке обработки [1]. В измерительных каналах прогиба в качестве датчиков используются оптико-

электронные измерительные преобразователи на базе матричных фотоприемников и две активные визирные цели.

На основании данной системы предлагается вести разработку оптико-электронного прогибомера многоточечного контроля с четырьмя реперными метками, для более точного контроля формы деформаций особо крупных объектов. Предлагаемая структурная схема оптико-электронного прогибомера многоточечного контроля (ОЭПМК) представлена на рисунке.

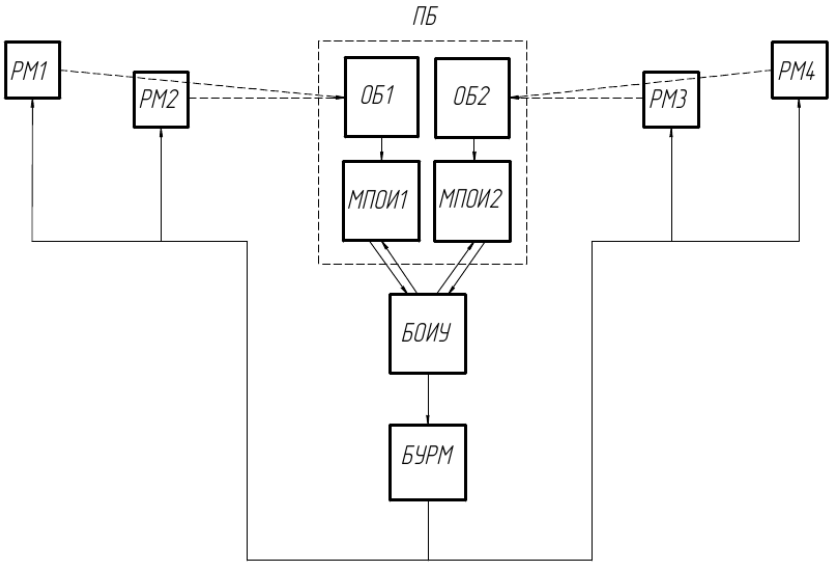


Рисунок. Схема структурная двухканальной ОЭС контроля смещений

В предлагаемую структурную схему входит:

- реперные метки (РМ);
- приемный блок (ПБ), который включает в себя два объектива (ОБ) и два многоэлементных приемника оптического излучения (МПОИ);
- блок обработки и управления (БОиУ);
- блок управления реперными метками (БУРМ).

Активна рабочая часть реперной метки представляют собой точечный источник оптического излучения (ИОИ). Четыре РМ (РМ1–РМ4) устанавливаются непосредственно на точках контроля деформаций (т.е. в тех местах конструкции, в которых значительная деформация наиболее точно описывает состояние сооружения).

Объектив, входящий в состав ПБ – формирует распределение освещенности от реперных меток на МПОИ.

Матричный приемник оптического излучения – определяет положение изображения распределения освещенности сформированного объективом.

Блок обработки и управления – управляет ходом работы всей системы: считывает и обрабатывает изображения с МПОИ, по которым определяет положение реперных меток, также управляет работой БУРМ и имеет интерфейс связи с внешними устройствами.

Блок управления реперными метками (БУРМ) по каналу связи управляет работой удаленных реперных меток (источником оптического излучения).

Предполагается использование алгоритма управления МР, заключающегося в использовании обработки изображений МР на основе межкадровой разности, что позволит исключить влияние внешних помех. Кроме того, что бы исключить виляние МР друг на друга, необходимо разнести их по полю зрения канала и синхронизовать их работу с кадровым анализом.

Работа системы основана на нескольких общих процедурах.

1) Захват и считывание изображения с МПОИ.

МПОИ преобразует распределения освещенности, сформированное на нем объективом,

в электрический цифровой сигнал. БОиУ считывает с МПОИ образованный цифровой сигнал и на его основании формирует изображение освещенности в цифровом виде.

2) Обработка цифрового изображения.

БОиУ в результате обработки цифрового изображения освещенности вычисляет нужную информацию: относительные координаты реперных меток или фоновое распределение освещенности на МПОИ.

3) Включение (выключение) ИОИ на заданной РМ.

БОиУ дает команду БУРМ на включение (выключение) ИОИ на требуемой РМ. БУРМ через канал связи с реперными метками посылает сигнал выбранной РМ на включение (выключение) ИОИ.

Промежуточные результаты. По окончанию работы одного цикла системы, будут вычислены относительные координаты положения четырех РМ, с учетом влияния различных внешних факторов на ПБ. В случаи возникновения деформаций контролируемых конструкций, положение РМ относительно ПБ изменится, что отразиться на вычисляемых относительных координатах при следующем цикле работы. Разница между относительными координатами (межкадровая разность), вычисленными до деформации и после деформации, и будет являться величиной относительной деформации контролируемых точек конструкции.

БОиУ на основе полученных данных и заложенной программы может осуществлять всевозможную автоматизацию процесса контроля деформации, через интерфейс связи с внешними устройствами, например немедленное оповещение о возникшей или предсказываемой критической ситуации и т.п.

Основной результат, практические результаты. Выбраны основные параметры системы: за базовые МПОИ предложено использовать цветную мегапиксельную телевизионную камеру высокого разрешения VEC-545 [4]. Фоточувствительным элементом этой камеры является КМОП-матрица OV5620 производства фирмы OmniVision. На основании законов геометрической оптики рассчитано проектное значение фокусного расстояния объектива система (f=440 мм) и необходимый размер источника (диаметр – 20 мм).

В дальнейшем планируется провести энергетические расчеты и анализ структуры возможных погрешностей, развить алгоритм работы системы межкадровой разности и детальные особенности управления системой.

Литература

1. Алеев А.М., Горбачёв А.А., Коротаев В.В., Пантюшин А.В. Экспериментальное исследование случайной погрешности оптико-электронного докового прогибомера // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2011. – № 4(74). – С. 7–11.
2. Горбачев А.А., Коняхин И.А., Мусяков В.Л., Тимофеев А.Н. Исследование особенностей построения инвариантных оптико-электронных систем с единым матричным полем анализа // Оптический журнал. – 2007. – Т.72. – №12. – С. 24–29.
3. Андреев А.А., Тимофеев А.Н. Методика выбора параметров элементов оптико-электронных систем многоточечного контроля с единым матричным полем / IX международная конференция «Прикладная оптика-2010» // Программа. – СПб: ГОИ им. С.И. Вавилова. – 2010. – С. 56.
4. Руководство по эксплуатации. Цветная мегапиксельная телевизионная камера высокого разрешения в корпусе внутреннего исполнения Модель VEC-545, ОАО «ЭВС», 2010. – 22 с.

УДК 535.24

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПО ИЗМЕРЕНИЮ СВЕТОВОГО ПОТОКА СВЕТОДИОДА С ПОМОЩЬЮ МАТРИЧНОГО ФОТОПРИЕМНИКА

И.Е. Ашарина
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

Полупроводниковые излучающие диоды в последнее время получают все большее распространение в разных областях световой техники. В связи с быстро расширяющимся диапазоном областей применения светодиодов и их глубоким проникновением на рынок возникла необходимость в тестировании данных устройств.

Осветительный прибор может состоять из десятков, а в некоторых случаях и сотен светодиодов. Качество такого осветительного прибора зависит от параметров и характеристик излучения каждого светодиода, поэтому необходим жесткий контроль светодиодов на производстве. Одним из важнейших параметров светодиода является световой поток.

Существует множество методов контроля светодиодов на производстве. В пример можно привести гониометрический метод, однако, при контроле каждого светодиода из партии, данный метод занимает большое количество времени. Для устранения этого недостатка, на производстве проводят контроль не каждого из светодиодов, а контролируют характеристики лишь нескольких выбранных из партии светодиодов. Вследствие этого, возникает значительная погрешность контролируемых характеристик светодиодов. Исходя из этого, было принято решение исследовать другие методы контроля светодиодов.

Цель работы – разработка и исследование установки по измерению светового потока светодиода с помощью матричного фотоприемника.

Для измерения светового потока светодиода была разработана структурная схема и конструкция лабораторной установки, подобраны светодиоды для исследования. Проведен расчет установки. Далее была получена серия кадров для различных параметров установки, разработан алгоритм для измерения светового потока светодиода. По разработанному алгоритму проведено исследование установки по измерению светового потока светодиода с помощью матричного фотоприемника.

УДК 621.397

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ МЕЖКАДРОВОГО РАЗНОСТНОГО СИГНАЛА

А.П. Вараткова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Л. Андреев

В работе рассмотрен алгоритм, сочетающий процедуры межкадровой и внутрикадровой обработки сигналов, который может использоваться в автоматизированных системах наблюдения (АСН) за подвижными объектами. В сложной фоновой обстановке, когда малоконтрастные подвижные объекты наблюдаются на фоне значительно более контрастных предметов или перепадов яркости в поле зрения АСН, процесс обнаружения и выделения информации об объектах распадается на два этапа: формирование межкадрового разностного сигнала (МРС), в котором сосредоточена вся информация об изменениях, происходящих в изображении, и в то же время отсутствуют (или значительно подавлены) мешающие перепады уровня, соответствующие неподвижным объектам, находящимся в кадре; и оптимальную обработку МРС с целью выделения необходимой информации с максимальной

достоверностью.

Учитывая достаточно сложный характер взаимосвязей множества различных факторов и физических процессов, протекающих в различных звеньях оптико-электронного трата, наиболее эффективным методом решения подобной задачи представляется использование виртуальной компьютерной модели АСН. Общий вид лицевой панели виртуальной установки приведен на рис. 1. С помощью виртуальной компьютерной модели без заметных материальных затрат можно создать условия практически адекватные условиям работы реальной системы причем с широкими возможностями осуществления режима статистических испытаний по методу Монте–Карло.

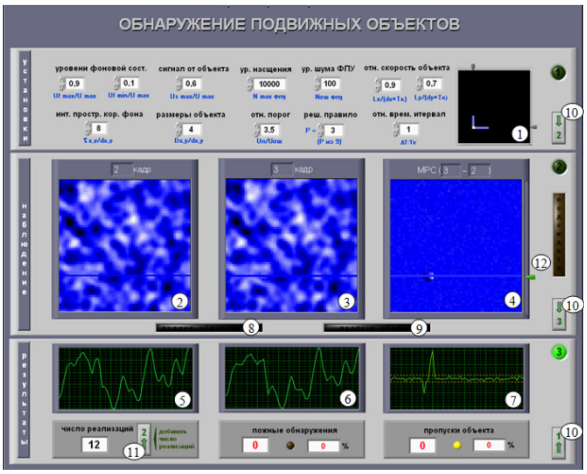
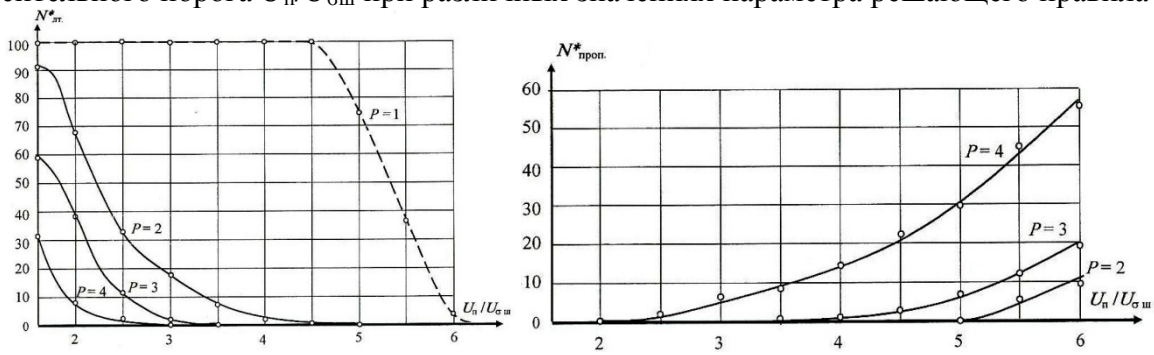


Рис. 1. Общий вид лицевой панели виртуальной установки

Далее приведены некоторые результаты исследования, полученные с использованием данной модели.

На рис. 2, а показана зависимость числа ложных обнаружений от величины относительного порога $U_п/U_{σш}$ при различных значениях параметра решающего правила P.



а б

Рис. 2. Зависимость числа ложных обнаружений (а) и числа пропусков (б) от величины относительного порога $U_п/U_{σш}$ при различных значениях параметра решающего правила P

Приведены результаты статистического моделирования, подтверждающие эффективность использования в составе алгоритма обнаружения решающего правила «P из 9» с точки зрения снижения вероятности ошибок I рода – «ложных тревог». Каждое значение получено при статистической обработке не менее 250 реализаций.

Как видно из приведенных зависимостей, уже при величине относительного порога $U_п/U_{σш}$>3,5 удается свести к минимуму вероятность ошибок первого рода («ложных тревог») в тех случаях, когда P≥3. При P=1 минимальная вероятность «ложных тревог» может быть достигнута при $U_п/U_{σш}$>7. Однако при этом существенно увеличивается вероятность ошибок второго рода – пропуска объекта.

Результаты, представленные на рис. 2, б показывают зависимость числа пропусков от

величины относительного порога $U_п/U_{сш}$ при различных значениях параметра решающего правила P. При сопоставлении результатов моделирования видно, что при определенном соотношении параметров решающего правила в составе алгоритма обнаружения не было зарегистрировано ни одной ошибки первого и второго рода.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: рассмотренный алгоритм формирования и обработки МРС при оптимальном соотношении параметров решающего правила позволяет добиться надежного обнаружения малоконтрастных подвижных объектов в достаточно сложных условиях наблюдения; наилучшие характеристики обнаружения достигаются при достаточно полном использовании динамического диапазона ФПУ; описанная виртуальная модель позволяет на ранних стадиях проектирования решать задачи оптимизации параметров используемого алгоритма, обосновывать требования к отдельным звеньям аппаратной структуры АСН, а так же позволяет прогнозировать поведение проектируемой системы в заданных условиях наблюдения за объектами.

Литература

1. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 696 с.
2. Семенов В.В. Философия: итог тысячелетий. Философская психология / В.В. Семенов, Рос.акад. наук, Пущин. науч. центр, Ин-т биофизики клетки, Акад. проблем сохранения жизни. – Пущино: ПНЦ РАН, 2000. – 64 с.
3. Андреев А.Л. Автоматизированные видеоинформационные системы. – СПб: НИУ ИТМО, 2011. – 120 с.

УДК 614.842.3, 621.383

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ЗАДЫМЛЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А.С. Васильев

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

Задача обнаружения возгорания является комплексной проблемой, и требует соответствующего подхода. Наиболее рациональным подходом к решению задачи раннего обнаружения лесных пожаров является применение оптико-электронной системы на безе беспилотного летательного аппарата (БЛА).

При построении подобных систем одной из важных задач является удобное представление визуальной информации для оператора и системы обнаружения возгораний. При поиске возгораний БЛА зачастую попадает в зону задымления, что приводит к существенному снижению качества изображения визуального канала. Для устранения такого рода дефектов изображения применяют различные методы фильтрации.

Для решения задач фильтрации задымления на изображении были рассмотрены три метода фильтрации:

- алгоритм на основе поиска аддитивной фоновой составляющей;
- алгоритм на основе высокочастотной фильтрации;
- алгоритм на основе эквализации гистограммы изображения.

Для сравнения методов фильтрации задымления была подготовлена база цифровых изображений, содержащих задымления. Все изображения подверглись обработке представленными методами фильтрации. Оценка качества фильтрации производилась комплексным подходом на основании сравнения с оригиналом по следующим параметрам:

- контраст по Микельсону;

– эксцесс двумерного спектра Фурье;
– быстродействие;
– экспертная оценка.

По результатам исследования наилучшим был признан метод фильтрации на основе эквализации гистограммы изображения. Он обладает высокими показателями оценки качества изображения, как с субъективной точки зрения экспертов, так и с количественной оценки. Применение метода фильтрации на основе эквализации гистограммы изображения наиболее целесообразно при решения задач улучшения качества изображений искаженных задымлениями.

УДК 535.5

ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ ГИРОСКОПЕ

А.А. Власов
Научный руководитель – ассистент А.С. Алейник

Краткое вступление, постановка проблемы. На сегодняшний день во всем мире проявляется большой интерес к созданию волоконно-оптических гироскопов. Они обладают рядом ключевых параметров, которые позволяют успешно их использовать в системах инерциальной навигации и стабилизации различных объектов. При создании такого рода высокоточных приборов возникают проблемы электромагнитной совместимости, которые оказывают значительное влияние на точность как отдельного волоконно-оптического гироскопа, так и навигационной системы в целом. Такого рода системы имеют сложное внутреннее устройство: огромное число электрических цепей и узлов, как аналоговых, так и цифровых систем регулирования и стабилизации ключевых параметров измерительной системы. Паразитные связи в системе измерения приводят к искажению передаточной характеристики, увеличению уровня шума, возникновению гистерезиса и т.д.

Цель работы. Исследование причин возникновения помех и механизмов влияния на измерительную систему, препятствующих корректной работе волоконно-оптического гироскопа и поиск путей борьбы с ними.

Базовые положения исследования.

Электромагнитная совместимость (ЭМС) технических средств – способность технических средств одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам. Волоконно-оптический гироскоп является сложной системой объединяющей в себе аналоговые и цифровые электронные и оптические компоненты, содержащие цепи автоматического регулирования взаимодействующие между собой. Получение минимального уровня выходного шума и оптимальных эксплуатационных параметров требует решения ряда вопросов электромагнитной совместимости, проведения исследованию по их выявлению и разработки методов их устранения.

Практические результаты. В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:
– исследованы основные причины возникновения помех и механизмы их воздействия на работу волоконно-оптического гироскопа;

– проведена оценка величины их влияния на выходной сигнал волоконно-оптического гироскопа;
– проведен анализ и предложены методы борьбы с выявленными проблемами электромагнитной совместимости, в частности, с возникновением паразитной обратной связи в измерительной цепи волоконно-оптического гироскопа.

УДК 528.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ АТМОСФЕРЫ НА ИЗМЕРЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУШНОГО ТРАКТА

М.Ю. Войтович
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

Исследуется влияние турбулентности атмосферы на точность определения величины вертикального градиента температур воздушного тракта с помощью оптико-электронной системы измерения на основе полихроматической оптической равносигнальной зоны.

В оптико-электронных системах для инженерных геодезических измерений основную погрешность работы определяет воздушный тракт, а именно – влияние градиента температур воздушного тракта. Для определения и, при необходимости, компенсации этого влияния используется полихроматический (дисперсионный) метод. Суть этого метода заключается в измерении в контролируемой точке разности смещений пучков лучей для двух длин волн, обусловленных градиентом температуры. Наиболее просто реализуется этот метод в оптико-электронных системах с оптической равносигнальной зоной путем частотного алгоритма модуляции двух пар источников с различной длиной волны оптического излучения.

На данном этапе **целью работы** является определение степени влияния турбулентности атмосферы на измерение вертикального градиента температур воздушного тракта при дисперсионном методе.

Флуктуации показателя преломления воздушного тракта являются случайными и вызывают колебания положения и формы оптической равносигнальной зоны, что обусловливает случайные погрешности в процессе контроля. Чтобы количественно оценить воздействие турбулентности, среда распространения принимается изотропной, т.е. равномерно заполненной отдельными неоднородностями, размер которых равен радиусу корреляции флуктуаций показателя преломления. При этом колебания показателя преломления в каждой точке изменяются по закону нормального распределения.

В ходе исследования было показано, что для уменьшения влияния флуктуации показателя преломления воздушного тракта выгодно увеличивать диаметр входного зрачка объектива приемной части. Также при увеличении постоянной времени оптико-электронной системы среднее квадратическое значение погрешности, вызванное влиянием турбулентности, уменьшается.

При прохождении излучением турбулентной атмосферы происходят также флуктуации поляризации и интенсивности. Однако при дистанциях до 50 м этими явлениями можно пренебречь по причине их малости.

В дальнейшем на основании полученных данных о величине погрешности, вызванной турбулентностью атмосферы, планируется, при необходимости, доработка системы с целью максимального повышения ее точности.

УДК 654.924 (681.78)

ТЕПЛОВОЙ ПОРТРЕТ НАРУШИТЕЛЯ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

П.А. Воробьев, Р.Р. Трапш
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Волхонский

Методика испытаний работоспособности пассивных инфракрасных (ПИК) датчиков охранной сигнализации для закрытых помещений, согласно российскому и европейскому стандартам, устанавливает два вида цели – стандартная и реальная (человек). Стандартная цель представляет собой конструкцию в виде параллелепипеда, характеристики излучения которого в ИК диапазоне электромагнитного спектра аналогичны характеристикам излучения человека. Такая тепловая модель нарушителя содержит равномерное распределение температур по поверхности и тепловой контраст относительно фона порядка (4±0,25)°С. Она достаточно эффективна в определенных условиях и позволяет выполнить объективную сравнительную оценку характеристик различных устройств. Однако в соответствии с упомянутыми стандартами указанная оценка выполняется в наилучших условиях с точки зрения обнаружения для данного типа извещателя (движение поперек диаграммы направленности (ДН)). Т.е. в ситуации справедливой только в части возможных случаев проникновения на объект.

При этом существует вероятность того, что при квалифицированном несанкционированном проникновении (НСП) нарушитель будет действовать с учетом вышесказанного. Поэтому в задачах анализа НСП в реальных условиях необходимо учитывать, во-первых, распределение фоновых температур, во-вторых, распределение температур по поверхности тела нарушителя и, в-третьих, взаимное расположение цели и элементов ДН извещателя. Второй и третий факторы влияют в большей степени.

Следует отметить, что реальная и стандартная цели имеют значительно отличающиеся распределения температур. Это не оказывает существенного влияния для случая поперечного направления движения нарушителя, когда в вертикальной плоскости, как правило, реальной целью с неравномерным распределением температуры по поверхности тела пересекается один сегмент ДН, что приводит к усреднению. Однако, может становиться существенным при квалифицированном НСП, при котором, например, нарушитель будет двигаться в радиальном направлении движения, т.е. по направлению на извещатель. В такой ситуации разные элементы цели с различной температурной контрастностью будут пересекать разные сегменты ДН. Что приведет к формированию извещателем сигнала, заметно отличающегося от сигнала для стандартной цели.

Для оценки влияния неравномерного распределения температур по поверхности цели было проведено экспериментальное исследование тепловых портретов реальной цели, позволяющий говорить о необходимости в ряде задач использовать стандартную цель с неравномерным распределением температуры по поверхности. А именно, с более высокой температурой в верхней части, соответствующей голове нарушителя, по причине того, что при низкой температурной контрастности цели эффективными являются лишь отдельные ее участки. При этом наибольший тепловой контраст имеют руки, лицо и/или голова. Таким образом, для оптимизации формы ДН извещателя и при оценке его вероятности обнаружения в нерегламентируемых стандартами условиях целесообразно применение других моделей.

Экспериментальные исследования показали, что важным фактором при исследовании вероятности обнаружения в реальных условиях может служить изменение температуры поверхности цели или ее отдельных участков в процессе проникновения. В частности, ее повышение за счет прогрева одежды от выделения телом тепла. Что важно при кратковременных проникновениях, когда одежда с низкой теплопроводностью, надетая непосредственно перед проникновением, может существенно замедлить процесс прогрева наружной поверхности самой одежды. Т.е. снизить температурную контрастность цели на

некотором интервале времени.

Исследования показали, что время прогрева тонкой куртки до достижения разницы в 4°С между последней и фоном составляет порядка 1 минуты. Соответствующие изменения для теплой куртки требуют уже порядка 10 минут. На основе экспериментальных результатов были получены графики, характеризующие скорость прогрева и распределение температур. С учетом полученных результатов следует, что использование нарушителем специальной теплоизолирующей одежды может, во-первых, значительно снизить тепловой контраст и, во-вторых, значительно увеличить интервал времени ее прогрева. Что существенно снижает заметность цели в рассматриваемом ИК-диапазоне оптического спектра и приводит к существенному уменьшению вероятности обнаружения цели.

Эти же результаты могут эффективно применяться и в задачах обнаружения нарушителя с помощью систем тепловизионного наблюдения.

В заключение можно отметить следующие основные результаты работы:

1. проведены экспериментальные исследования тепловых портретов реальной цели для одежды с различным уровнем теплопроводности;
2. оценено влияние времени нахождения нарушителя в указанных типах одежды на температурную контрастность теплоизолирующей одежды;
3. получены зависимости, позволяющие оценить необходимый для обнаружения НП интервал времени пребывания нарушителя внутри зоны обнаружения ДН извещателя, а также полезные как для анализа задач обнаружения в системах охранной сигнализации ПИК датчиками, так и в задачах ТВ наблюдения с использованием тепловизоров.

УДК 53.08,681.2.084

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПИСАНИЯ И АНАЛИЗА ЦВЕТА В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

П.А. Гранквист
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

Цвет – важный атрибут изобразительной информации, визуально воспринимаемой получателем при выполнении им тех или иных профессиональных задач. Современной открытой информационной среде присущи разнообразные и, как правило, разобщенные между собою средства считывания (ввода), передачи, хранения, обработки и отображения (вывода) изображений цветных объектов. Однако жестко оговоренный, понятный всем этим средствам регламент представления цвета объектов встречается лишь в некоторых отраслевых системах, например, в ТВ вещании. В то же время перед колориметрией стоит широчайший спектр задач, для решения которых используются разнообразные цветовые модели, или цветовые пространства.

Целью работы является исследование существующих цветовых пространств, используемых для описания цвета в оптико-электронных приборах и комплексах. Для описания излучаемого и отраженного цвета используются разные цветовые модели – способы математического, количественного описания цвета. Цветовые модели могут быть аппаратно-зависимыми (их пока большинство, RGB и CMYK в их числе) и аппаратно-независимыми (модель Lab).

В ходе работы проведены экспериментальные исследования особенностей представления цвета по стандартам МКО, исследование особенностей анализа основных цветов в видеоинформационной системе, а также исследование принципов колориметрической коррекции.

УДК 681.786

ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ С ОПТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНОЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУШНОГО ТРАКТА

В.Ф. Гусаров

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

С ростом сложности работ в таких отраслях как горное дело, судостроение, аэрокосмическая промышленность, инженерное строительство повышаются и требования по точности к проведению измерений в этих отраслях. Особенностью подобных измерений являются большие дистанции и, соответственно, усиление влияния воздушного тракта, в частности температурного градиента, на точность.

В рамках проекта по разработке оптико-электронной системы с полихроматической оптической равносигнальной зоной (ОРСЗ) для измерения вертикального градиента температур воздушного тракта целью работы на данном этапе является выбор и расчет основных элементов системы согласно разработанной структурной схеме.

В ходе работы в первую очередь производится выбор длин волн излучения, исходя из требования максимальной разности деформаций ОРСЗ, вызванных рефракцией атмосферы, и подбор соответствующих источников излучения.

Также проводится габаритно-энергетический расчет по методикам, описанным в [1], результатами которого являются величины выходного и входного зрачков системы, и осуществляется выбор объективов задатчика базового направления (ЗБН) и приемной части (ПЧ).

Исходя из полученных параметров объектива ЗБН, производится расчет конденсора.

Таким образом, в результате проделанной работы в качестве источников излучения в разрабатываемой системе было предложено использовать полупроводниковые излучающие диоды с длинами волн 0,43 мкм и 0,95 мкм.

Энергетический расчет показал, что при выбранном диаметре выходного зрачка ЗБН в 42,5 мм диаметр входного зрачка ПЧ будет 50,8 мм. В дальнейших расчетах полученные значения будут скорректированы и согласованы с данными о влиянии турбулентности атмосферы на смещение энергетической оси луча.

Также результатами работы являются найденные конструктивные параметры и параксиальные характеристики конденсоров и объективов ЗБН и ПЧ.

В дальнейшей работе предполагается разработка оптической схемы, исследование погрешностей системы и при необходимости доработка, как структурной, так и оптической схем.

Литература

1. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. – СПб: ИТМО, 1998. – 238 с.
2. Коротаев В.В., Краснящих А.В. Измерительные оптико-электронные приборы. Методические указания по выполнению лабораторных работ. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 104 с.

УДК 681.7.067.27

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДОПУСКОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ КИНООБЪЕКТИВА

И.Н. Златев, Д.А. Кузьмин, Д.В. Марков
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.П. Смирнов

Современные объективы являются важнейшей частью любого оптического прибора. В зависимости от условий эксплуатации и требований к степени коррекции качества изображения различают десятки типов и сотни вариантов конструктивного исполнения объективов.

И все же, несмотря на столь большое разнообразие выпускаемых объективов, на каждом отечественном предприятии способы проектирования и подходы к ним базируются главным образом на личном опыте предшественников, что препятствует внедрению общеинженерной методики проектирования.

Целью работы является создание на основании разработанной Л.И. Крыниным методики проектирования объективов, учитывающей вопросы выбора и точного анализа схем базирования оптических элементов, программного продукта для полного цикла конструкторского проектирования, начиная от оценки технологичности оптической схемы и заканчивая выбором конструкции и назначения допусков, исходя из качества получаемого изображения.

Алгоритм, реализованный на языке Mathcad, позволяет в первую очередь выполнить анализ исследуемой оптической схемы для оценки ее технологичности. На данный момент выполняется проверка на тонкость линзы, на расстояние между кромками линз, определяющее возможность помещения буртиков оправ линз в промежутке между ними, на тонкость краев линз, обеспечивающую комфортное обращение с линзами при сборке без риска получения порезов, а также проверка фактической величины заднего фокального отрезка.

После оценки технологичности в программе выполняется построение наглядной оптической схемы, позволяющей оценить взаимное расположение линз в системе.

Для формирования изображения, получаемого после прохождения пучка лучей через оптическую систему, используется группа программ, формирующая входной пучок и цикл по поверхностям, включающий в себя программы для создания матрицы поворота, расчета координат точки пересечения луча с поверхностью, вычисления нормали к поверхности в точке пересечения и расчета направляющих косинусов преломленного или отраженного лучей.

Полученное изображение оценивается по критерию минимума среднеквадратического отклонения, после чего выполняется поиск плоскости изображений, соответствующей минимуму этого критерия и вычисляется необходимое для этого ее смещение.

Введенные данные позволяют рассчитать однофакторные передаточные коэффициенты комы, которые позволяют рассчитать однофакторные допуски, показывающие максимально допустимую величину погрешности для исследуемой линзы при идеально выполненных остальных.

Несмотря на то, что однофакторные допуски носят оценочный характер и их нельзя использовать в расчетах, в случае получения действительно жесткого однофакторного допуска требуется предусмотреть юстировочные и компенсирующие механизмы, или вовсе пересмотреть конструкцию.

Далее производится ввод в программу реальных величин отклонений в пределах допуска для выполнения проверочного расчета по методу Монте-Карло, который позволяет оценить примерную долю объективов, удовлетворяющих требованиям к величине комы.

В ходе работы было проведено исследование модифицированной схемы объектива ОКС-8-35-1, показавшее, что разработанные алгоритмы и написанные программы в среде Mathcad позволяют уже на данном этапе выполнять расчет допусков на элементы конструкций объективов и получать адекватные результаты.

Данная методика позволяет автоматически проанализировать полученную после этапа функционального проектирования оптическую схему, а также автоматизировать работу конструктора на этапе назначения необходимых для обеспечения качества изображения допусков на элементы твердотельной структуры прибора.

В дальнейшем планируется расширение программы, в частности, для учета большего количества факторов, влияющих на качество изображения.

УДК 681

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ТОЧЕК ГЛАВНОГО ЗЕРКАЛА РАДИОТЕЛЕСКОПА НА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Е.А. Калькина
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

В данной работе исследуется оптико-электронная система контроля положения точек на поверхности адаптивного зеркала радиотелескопа миллиметрового диапазона. Контролируемый объект представляет собой основное зеркало радиотелескопа диаметром 70 м, состоящее из 1200 щитов отражающей поверхности, которые смещаются под действием веса и температурных деформаций. Определение координат положения контрольной точки осуществляется по определению координат визирной цели на объекте методом «прямой угловой засечки.

В настоящее время существует большое количество приборов, определяющих пространственное положение объекта: теодолиты, лазерные радары, лазерные трекеры и т.д., все они обладают достаточной точностью для осуществления контроля за главным зеркалом радиотелескопа, однако продолжительность полного цикла определения положения 1200 щитов основного зеркала этими приборами многократно превысит допустимое время коррекции деформации (15 мин, по предварительным данным), это определяет необходимость разработки новой оптико-электронной системы (ОЭС).

В ходе работы в технологии Mathcad были созданы и рассмотрены два варианта построения ОЭС измерения координат контрольной точки. На основе компьютерного моделирования погрешности измерения, вследствие шумов фотоприемной матрицы, для проектирования системы был выбран вариант, в котором измерительные каналы располагаются на опорном кольце главного зеркала радиотелескопа. На основе выбранной модели проводился эксперимент, заключающийся в исследовании влияния на точность измерения ОЭС погрешностей, вызванных различными источниками: отклонением фокусного расстояния от номинального, погрешностью установки базы и влиянием шумов на фотоприемной матрице. Получены графики этих зависимостей. При анализе графиков выяснилось, что все три исследуемые погрешности вносят значительную ошибку в определение линейной координаты Z. Для устранения систематических погрешностей предложен метод калибровки объектива и отклонения величины базы между измерительными каналами от номинальной величины. Также из моделирования следует, что для обеспечения требуемой точности измерения координат контрольной точки необходимо измерять координаты изображения на матрице с погрешностью не более 0,03 пикселя.

В результате работы исследована возможность построения ОЭС определения пространственных координат точек главного зеркала радиотелескопа миллиметрового

диапазона; выявлены сильно влияющие погрешности, требующие компенсации при настройке системы. Устранив погрешности предложенными методами, и вновь исследовав ОЭС на компьютерной модели, в случае, если будет получена требуемая точность измерений, можно перейти к реализации указанной системы.

УДК 681.751.323,8: 623, 827

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

С.А. Кемпф
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Н. Назаров

В работе рассмотрена усовершенствования система наблюдения глубинного запуска с автономных необитаемых подводных аппаратов. Предложено решение, обеспечивающее возможность передачи информации на расстояние.

В настоящее время все большее значение в различных сферах приобретают автоматические приборы и системы наблюдения. Они позволяют существенно расширить возможности их использования по сравнению с наблюдательными средствами, требующими участие человека. Например, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с системами видеонаблюдения и целеуказания активно применяют в разведке и боевых действиях.

В последнее время начата также разработка автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Они имеют большой потенциал для исследования водного пространства в целях разведки военного и научного назначения.

В связи с указанными достижениями в данной области представляет интерес исследование возможности создания мобильных систем видеонаблюдения для повышения боевой эффективности подводных лодок. С момента их появления основным средством наблюдения за окружающей обстановкой и наведения оружия на цель являлся перископ.

Перископное вооружение современных подводных лодок является сложной оптико-электронной системой, однако, обладает существенным конструктивным недостатком. Он состоит в том, что лодка вынуждена при использовании перископа подниматься к поверхности моря и рискует быть обнаруженной из-за малой перископной глубины.

Инженерами и конструкторами неоднократно предпринимались попытки устранить этот недостаток, повышая перископную глубину. Для перископного вооружения современных подводных лодок была разработана система видеонаблюдения, сигнал которой передавался по кабелю. Это позволило уменьшить габариты перископа и увеличить глубину перископного погружения подводной лодки. Изображение окружающей обстановки могло транслироваться на мониторы перископа, что облегчало работу экипажа. Примером такого технологического и конструкторского решения является отечественный унифицированный перископный комплекс «Парус-98Э».

Проведение исследований научных публикаций на тему перспектив развития перископного вооружения подводных лодок, показывает, что основной недостаток использования перископов подводных лодок, а именно, необходимость всплытия на перископную глубину, остается острой проблемой. Это значительно повышает риск обнаружения и уничтожения подводной лодки.

В ходе научной работы был рассмотрен перспективный вопрос создания систем видеонаблюдения глубинного запуска, в том числе для применения в качестве дополнительного перископного вооружения подводных лодок. В частности, предлагается исследование возможности создания плавучей мобильной платформы, оборудованной системой наблюдения. Платформа должна иметь возможность запуска с глубины, превышающей текущую перископную глубину подводных лодок.

Учитывая современные тенденции развития отрасли систем наблюдения, указанные выше, в качестве одного из перспективных вариантов решения задачи по созданию мобильных систем наблюдения подводных лодок, предлагается разработка прототипа автономного необитаемого подводного аппарата, в котором установлена система наблюдения с возможностью удаленной беспроводной передачи информации. Аппарат запускается с борта подлодки, которая продолжает находиться на глубине. Сигнал с аппарата передается на подводную лодку. Данная схема исключает риск обнаружения подлодки на перископной глубине.

В процессе дальнейшей представляется необходимым решить следующие задачи:

- система стабилизации изображения при волнении на море и его ориентация;
- обеспечение бесперебойной работы аппарата в различных климатических условиях (температура, давление, волнение на море);
- система передачи данных с аппарата на подводную лодку.

Кроме перечисленных, необходимо решить и технические проблемы:

- система запуска аппарата с подводной лодки;
- способность аппарата возвращаться на носитель – подводную лодку;
- маскировка аппарата от обнаружения;
- интеграция систем наблюдения, управления и передачи информации аппарата в системы наблюдения современных подводных лодок.

Использование беспилотных подводных аппаратов, как систем наблюдения, имеет большую перспективу для решения указанных задач. Данные аппараты можно использовать также для патрулирования водного района, ведения разведки и создания сети видеонаблюдения с центром на корабле-носителе.

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАБОТУ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СООСНОСТИ С ДУПЛЕКСНЫМ ОТРАЖАТЕЛЕМ

М.А. Клещенок
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

Методические погрешности могут возникать из-за несовершенства выбранного метода измерений, ограниченной точности эмпирических формул, применяемых для описания явления, положенного в основу измерения, а также ограниченной точности используемых в уравнениях физических констант. Сюда следует отнести и погрешности, обусловленные несоответствием принятой модели измерений реальному объекту вследствие принятых допущений или упрощений. В некоторых случаях влияние этих допусков на погрешность измерений оказывается незначительным, в других оно может оказаться существенным.

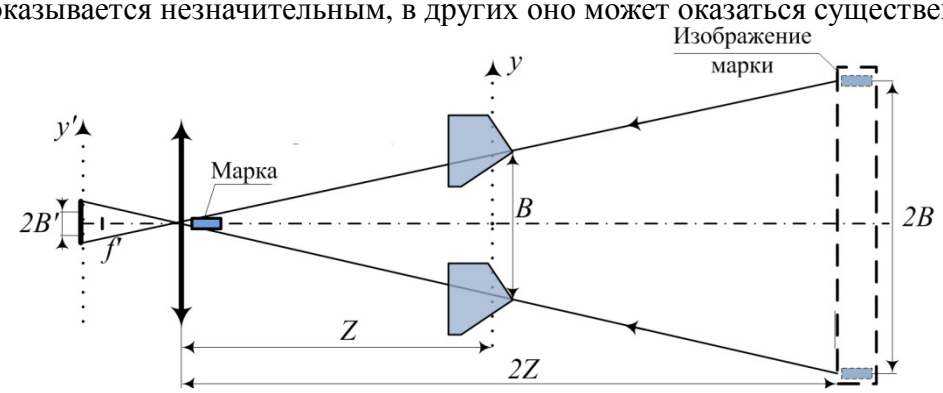


Рисунок. Схема оптической части ОЭСКСПЭТ

Для исследования методических погрешностей на работу оптико-электронной системы контроля соосности с дуплексным отражателем, был выведен закон функционирования.

$$x = \frac{2 \cdot B}{(x_{1\text{МФП}} - x_{2\text{МФП}}) \cdot \sqrt{1 + M_{yx}^2 \cdot \left(\frac{y_{1\text{МФП}} - y_{2\text{МФП}}}{x_{1\text{МФП}} - x_{2\text{МФП}}} \right)^2}} \quad (1)$$

$$y = \frac{2 \cdot B}{(y_{1\text{МФП}} - y_{2\text{МФП}}) \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{M_{yx}^2} \cdot \left(\frac{x_{1\text{МФП}} - x_{2\text{МФП}}}{y_{1\text{МФП}} - y_{2\text{МФП}}} \right)^2}}, \quad (2)$$

где $M_{yx} = p_y/p_x$ – коэффициент линейного искажения; B – база контрольного элемента, а значения $x_{1\ \text{МФП}}$, $y_{1\ \text{МФП}}$, $x_{2\ \text{МФП}}$, $y_{2\ \text{МФП}}$ – координаты, определяющиеся в результате измерений.

Таким образом, если при измерениях не будут происходить скручивания, при которых изображения ПИД будут находиться на одной вертикальной или горизонтальной прямых, то в расчетах удобнее использовать вариант с параметром M_{yx}.

Литература

1. Коротаев В.В., Краснящих А.В. Видеоинформационные измерительные системы. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – 124 с.
2. Научно-производственная лаборатория ОЭПиС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://oeps.ifmo.ru/lab/sks, своб.
3. OmniVision Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ovt.com, своб.

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО АВТОКОЛЛИМАТОРА ФИРМЫ TRIOPTICS

А.А. Коробейникова, А.И. Рыбаков
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

Электронные автоколлиматоры (АК) фирмы TRIOPTICS являются бесконтактными оптическими контрольными приборами для высокоточного измерения угловых смещений зеркально-отражательных поверхностей и точного углового выравнивания оптических и механических деталей.

В рамках данной работы проводилось исследование временной стабильности измерений пороговой чувствительности, полученных с помощью АК модели TriAngle TA 1000–140 и уголкового отражателя; а также проверка соответствия полученных результатов данным, заявленным производителем: точность прибора составляет 0,2 угл. с.

В ходе работы было необходимо произвести измерения координаты изображения при неподвижном отражательном элементе. Так как достичь неподвижности без специально оборудованного помещения практически невозможно, был использован уголковый отражатель, который независимо от собственного положения возвращает излучение, попавшее на него, в строго обратном направлении.

В программном обеспечении АК задаются параметры проведения эксперимента: количество измерений N=14 и временной интервал между измерениями t=30 с. Данные эксперимента обрабатывались в MathCad. Пороговая чувствительность АК составила в среднем $2{,}653 \cdot 10^{-5}$ угл. с^2 для угловой координаты X и $6{,}633 \cdot 10^{-4}$ угл. с^2 для угловой

координаты *Y*. Эти значения попадают в соответствующие доверительные интервалы при вероятности $\alpha = 0{,}95$ $\left[1{,}364 \cdot 10^{-5}; 7{,}229 \cdot 10^{-5}\right]$ и $\left[3{,}411 \cdot 10^{-4}; 1{,}807 \cdot 10^{-3}\right]$.

Была произведена проверка полученных данных на нормальность распределения выборки по составному критерию *d*. Результаты проверки показали, что данные удовлетворяют условию нормального распределения.

Точность, полученная экспериментально, для угловой координаты *X* 0,016 угл. с и для угловой координаты *Y* 0,08 угл. с оказалась выше, чем заявленная производителем. Таким образом, простота и удобство интерфейса программы АК фирмы TRIOPTICS и столь высокая точность позволяют делать необходимые измерения качественно и быстро.

УДК 681.25-027.31

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ОДНОКАСКАДНОЙ БЛЕНДЫ В ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ТИПА РИЧИ-КРЕТЬЕНА

Д.А. Кузьмин, И.Н. Златев
Научный руководитель – д.т.н., профессор А.П. Смирнов

Излучатели, находящиеся за пределами углового поля оптико-электронного прибора, приводят к появлению дополнительного сигнала, обусловленного рассеянием излучения, идущего от помех, на элементах конструкции прибора. Эквивалентная яркость этого свечения в ряде случаев значительно превышает яркость помех, находящихся в угловом поле прибора. В некоторых случаях боковые помехи создают в плоскости анализа прибора «сфокусированные» блики. Одним из способов борьбы с боковыми помехами являются бленды, предназначенные для снижения яркости рассеянного света до величины, меньшей яркости фоновых помех, а также для подавления возможных бликов от боковых помех.

Существуют различные типы бленд, отличающиеся друг от друга габаритными размерами, коэффициентами подавления паразитного излучения и другими параметрами. Проблема анализа оптической системы и выбора типа бленды и ее конструктивных параметров с точки зрения оптимизации соотношения светозащищенность/габариты является актуальной и востребованной.

Вместе с этим, следует разработать методику расчета светозащитных элементов в телескопических системах. Такой современный продукт как Zemax, широко используемый в настоящее время, не имеет в своем арсенале функций расчета бленд, несмотря на обширные замечательные возможности в других направлениях и отличный Windows-интерфейс. Вычисление размеров бленд с помощью Zemax возможно путем применения непоследовательного анализа и последующего подбора диафрагм, ограничивающих пучок, но требует от пользователя значительных навыков в области работы с данной САПР.

Использование графического способа нахождения необходимых размеров светозащитных бленд возможно только в том случае, когда лучи попадают во входной зрачок телескопической системы под нулевым углом. При наклонном падении световых пучков уже необходимо производить численный расчет по формулам Федера. Однако в этом случае велик объем вычислительных работ.

Исследованная телескопическая система была ранее рассчитана для звездного датчика космической ориентации. Для проведения анализа влияния сторонней засветки на оптическую систему в среде Mathcad была разработана программа трассировки лучей. На основе результатов ее работы построены графики зависимости коэффициента пропускания, коэффициента экранирования и величины выноса входной диафрагмы от величины приращения диаметра центрального экрана. Устранение прямой засветки может достигаться или выносом вперед входной диафрагмы, или увеличением диаметра центрального экрана. В последнем случае появляется возможность установления на вторичное зеркало круговой

бленды.

Проведенное исследование показало, что на основе трассировки лучей через систему можно подобрать с учетом габаритов и коэффициента пропускания параметры круговых бленд, полностью исключающих прямую засветку в телескопах типа Ричи-Кретьена.

УДК 681.78

РАЗРАБОТКА ДВУХКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ В РАЗНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ

Д.О. Кузьминов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Михеев

Решаемая проблема. Существуют определенные сложности при наблюдении за охраняемой территорией обычной системой видеонаблюдения. Множество факторов влияют на результаты наблюдения. Часто погодные условия или человеческий фактор не позволяют получить желаемый результат. Разработка двухканальной системы видеонаблюдения позволит этого избежать.

Цель работы. Обзор и анализ существующих двухканальных систем видеонаблюдения.

Разработка конструкции двухканальной системы видеонаблюдения за охраняемой территорией. Обеспечить 24 часовой режим работы.

Промежуточные результаты. Был произведен обзор и анализ существующих двухканальных систем видеонаблюдения. На основе полученного обзора были выявлены основные требования и уклон существующих систем, а также плюсы и минусы конструкций.

Основные результаты. В работе были рассмотрены различные системы двухканального видеонаблюдения. Была разработана конструкция двухканальной системы.

УДК 612.11, 681.785.5

НЕИНВАЗИВНЫЕ ГЛЮКОМЕТРЫ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ВНЕДРЕНИЯ В МЕДИЦИНСКУЮ ПРАКТИКУ

Е.А. Ластовская
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

Внедрение и использование спектральных методов анализа в области медицины дает возможность решения таких актуальных задач, как распознавание болезни на раннем этапе ее развития, более эффективная диагностика заболевания, контроль качества лекарственных препаратов. В последние десятилетия активно развиваются и внедряются в медицинскую практику методы неинвазивного анализа тканей и органов человека. Контроль уровня сахара в крови бескровным методом является одной из нерешенных, но весьма актуальных проблем среди людей, страдающих сахарным диабетом, и врачей клинической практики на сегодняшний день. Однако, несмотря на множество разнообразных разработок, ни одна из них по ряду причин до сих пор так и не вышла на рынок медтехники.

Целью работы является проведение обзора существующих неинвазивных глюкометров для выявления особенностей данного метода и реализующих его приборов, а так же разработка экспериментальной установки и анализ результатов.

На основе имеющихся источников проведен обзор существующих систем для

неинвазивного измерения уровня сахара в крови человека, обозначены характерные особенности метода решения данной задачи, которые помогают понять причины сложностей для успешной реализации метода и внедрения его в практику.

Результаты предварительных экспериментов выявили ожидаемые сложности и подтвердили предположения о достижении необходимой точности экспериментальной установки, а также детальной проработки самой методологии измерений.

Следует заметить, что особым свойством данного метода является его относительная универсальность, о которой говорят некоторые источники литературы. Идея количественного неинвазивного анализа других компонентов тканей и крови, таких как холестерина, билирубина, токсинов, может также оказаться весьма актуальной.

Результатом настоящей работы является макет установки для измерения глюкозы неинвазивным методом. В дальнейшем планируется оценка точности, обеспечиваемая установкой, а также усовершенствование алгоритма, интерпретирующего данные в понятные пользователю показатели.

УДК 62-783.1

СИНТЕЗ МОДЕЛИ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБОАГРЕГАТА КАК ОБЪЕКТА ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

О.Ю. Лашманов
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.В. Краснящих

В связи с возросшим числом техногенных аварий на гидро-турбинных и атомных станциях в последнее время остро стоит проблема оперативного мониторинга состояния турбоагрегатов. В настоящее время такие проверки осуществляются во время плановых осмотров 1–2 раза в год и занимают около нескольких суток. Внедрение автоматических систем позволит вести такой мониторинг непрерывно, что позволит избежать потерю времени при плановых осмотрах. А кроме того позволит в реальном времени прогнозировать реальный износ лопаток турбоагрегатов.

Для решения задачи контроля лопаток турбоагрегатов необходимо четкое представление о форме и оптических свойствах объекта контроля. Наиболее быстрый способ получение такой информации – эксперимент, но в данном случае такой подход невозможен ввиду сложности и дороговизны работ по проведению разбора турбины. Другим достаточно эффективным способом получения сведений об объекте контроля является компьютерное моделирование. Излучение от источника попадает на объект контроля, затем частично рассеиваясь, частично отражаясь, проходит через среду распространения, где происходит рассеяние на капельках пара. Затем излучение, пройдя через объектив, попадает на фотоприемную матрицу, где формируется изображение. Полученное изображение передается на вычислитель для дальнейшей обработки.

Задача осложняется тем, что в процессе работы турбоагрегата создается большое давление и температура, а так же присутствует водяной пар, который сильно влияет на изображение.

Разберем подробнее процесс формирования модели и основные характеристики составных компонентов. Лопатка представляет собой прямоугольную металлическую пластину с размерами 100×500×5 мм. Для ее моделирования использовался прямоугольник соответствующего размера с коэффициентом отражения 0,98, при этом каждый падающий луч образовывал 100 дополнительных лучей, которые рассеивались согласно закону Ламберта.

Объектив осуществляет преобразования 3-х мерного объекта в двумерное изображение,

его основные характеристики выбираются исходя из конструктивных соображений, в данном случае было приняты следующие величины: F=10 мм, D/F=0,45, что соответствует объективу ADP 5-10A.

В результате работы были выявлены основные параметры компьютерной модели лопатки, Разработана компьютерная модель лопатки турбоагрегата, Показан процесс моделирования лопатки турбоагрегата, как объекта контроля.

УДК 629.78

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОРА «МУЛЬТИКЛЕТ» В КАЧЕСТВА БОРТОВОГО КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ПЛАТФОРМЫ «СИНЕРГИЯ»

Д.В. Малыгин
(Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)
Научный руководитель – д.т.н., профессор О.А. Толпегин
(Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

Вступление в третье тысячелетие совпало с новым этапом развития космических технологий – разработка и внедрение микро- и наноспутников. Сверхмалые космические аппараты (СМКА) – одно из перспективных направлений техники и технологий в аэрокосмической отрасли. Сохраняя невысокую стоимость они постоянно эволюционируют, в результате чего становятся гибким инструментом для проведения научных и технологических экспериментов в космическом пространстве. Принципиально иной подход к идеологии построения отечественных СМКА научного и социально-экономического назначения заложен в универсальную блочно-модульную платформу «Синергия» [1].

Так одним из ключевых параметров, закладываемых в платформу, является повышенный срок активного существования ~60 месяцев, что в корне отличает от аналогичных проектов, так как большинство СМКА не предназначены для длительных космических миссий. Однако стоит отметить, что для достижения такого результата необходимо применять современную элементную базу, при этом ставка делается на компоненты COTS по причине низкой стоимости в отличие от электроники специального назначения (класс «space» или «military»). Основные факторы космического пространства, оказывающие губительно воздействие на СМКА это: радиация, тепловой удар и виброускорения. Если с двумя последними достаточно легко справится [2], то с радиационным воздействием есть ряд сложностей, достаточно сказать, что накопленная доза является основной причиной выхода из строя СМКА как правило, на второй год функционирования (рисунок) [3].

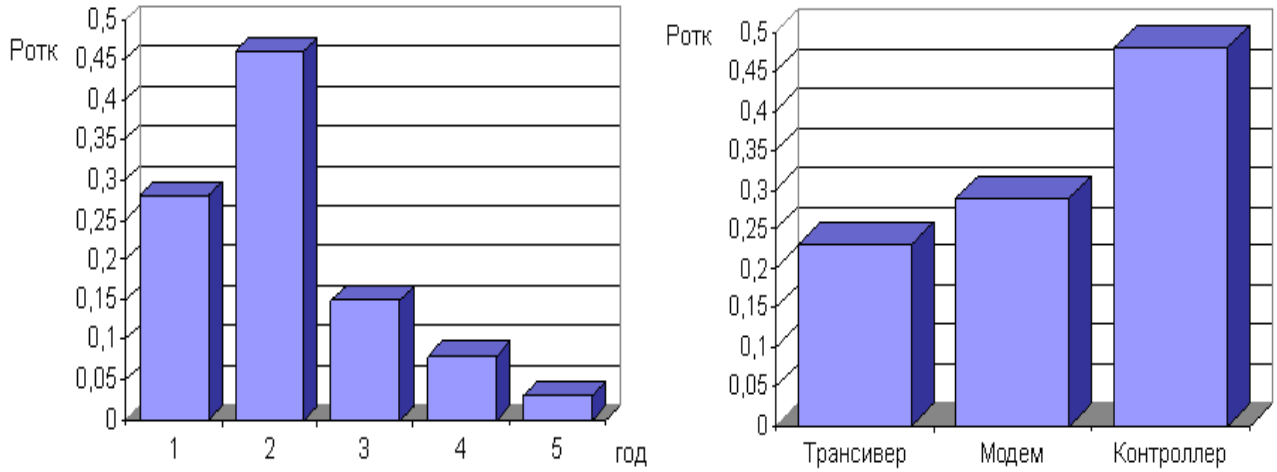


Рисунок. Анализ функционирования элементной базы СМКА

Таким образом, бортовое кибернетическое устройство должно отвечать ряду особенностей – наличие в своем составе адаптивных элементов отказоустойчивости, т.е. программно-алгоритмические механизмы защиты от внешних воздействий факторов космического пространства, таких как радиация, ионное излучение, магнитные и солнечные бури [4].

Автор предлагает использовать уникальную отечественную разработку – процессор «Мультиклет» [5]. Мультиклеточное процессорное ядро (МСс) – первое процессорное ядро с принципиально новой (пост-неймановской) мультиклеточной архитектурой, которое предназначено для решения задач управления и цифровой обработки сигналов в приложениях, требующих минимального энергопотребления и высокой производительности. Разноплановость и качественный состав преимуществ предлагаемой архитектуры позволяют позиционировать ее как принципиально новое и высокоэффективное пост-неймановское направление развития микропроцессорной техники.

Ключевое свойство такого процессора – живучесть:

- отказоустойчивость (непрерывное выполнение программы при деградации аппаратной среды – отказ клеток);
- дефектоустойчивость производства (кристалл считается годным, даже при отбракованности части клеток).

В заключение отметим, что очевидные преимущества мультиклеточного процессора, его новизна и открывающиеся возможности по созданию новой и модернизации существующей аппаратуры перевесят те небольшие неудобства для предприятий, что связаны с освоением нового процессора разработчиками аппаратуры.

Литература

1. Малыгин Д.В. Универсальная платформа «Синергия» блочно-модульного исполнения // XV Международная научная конференция «Решетневские чтения». – 2011. – Часть 1. – Красноярск. – С. 377–378.
2. Малыгин Д.В., Сбитнев М.А., Славянский А.О., Тихомиров С.А. О возможности использования магнитных дисперсных наносистем в организации функционирования системы терморегулирования на малых космических аппаратах // V Международная научно-практическая конференция «АКТО-2010». – С. 213–222.
3. Сивачева К.Г. Оценка достоверности расчетно-экспериментальных методов прогнозирования радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов // III Научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов ФГУП «КБ АРСЕНАЛ» «Инновационный арсенал молодежи». – С. 97–100.
4. Малыгин Д.В. Проектирование бортового комплекса управления для сверхмалых космических аппаратов на базе однокристальной ПЛИС // XVI Международная научная конференция «Решетневские чтения». – 2012. – С. 187–188.
5. Овчинников В.А. Мультиклеточные процессоры – новое поколение вычислительных устройств // Компоненты и технологии. – 2011. – № 6. – С. 70–73.

УДК 681.7

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФОНОВОЙ ЗАСВЕТКИ НА РАБОТУ МУЛЬТИСКАНА С МОДУЛИРОВАННЫМ СВЕТОМ

А.Г. Оболенсков
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – д.т.н., профессор С.М. Латыев
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный консультант – д.ф.-м.н. Б.Г. Подласкин
(Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН)

В настоящее время все больше интеллектуальных оптико-электронных систем работает с пространственными характеристиками оптических распределений. Среди задач технического зрения часто возникают ситуации, когда работа с оптическими сигналами происходит на фоне мощных фоновых засветок. Подобные ситуации приводят к поискам систем, функционирующих не в режиме накопления заряда (принцип работы широко распространенных ПЗС-матриц), а систем, работающих по принципу аналогового сравнения фототоков (четырехквадрантные фотодиоды, современные позиционно-чувствительные датчики Hamamatsu, PSD-датчики Мультискан).

Позиционно чувствительные датчики (PSD) в настоящее время нашли широкую нишу своего распространения, используются в медицинской и военной технике, в сложных системах юстировки оптических приборов. Кроме того, характерной особенностью аналоговых систем является их работа в режиме реального времени.

Однако отечественный датчик Мультискан обладает рядом особенностей. Работа его сродни аналоговому процессору, который регистрирует медиану светового распределения сигнала в момент равновесия суммарных фототоков датчика, вдоль его фоточувствительной площадки. Кроме того, датчик обладает высоким динамическим диапазоном, что позволяет работать с сигналами мощностью от 10^{-9} Вт до 10^{-4} Вт.

В классической схеме включения мультискана в режиме координатоуказания выходным параметром датчика служит потенциал его сигнальной шины, соответствующий медиане входного светового распределения. Альтернативной схемой включения мультискана служит схема с управляемым напряжением питания датчика, вырабатываемым под воздействием суммарного фототока с его сигнальной шины.

Для изучения работы мультискана с внешней паразитной засветкой был собран макет, основанный на синхронном детектировании модулированного света. Идея использования схемы синхронного детектирования, обусловлена низкочастотностью фоновой засветки, в то время как модуляция полезного сигнала происходит в диапазоне от 1 кГц до 10 кГц.

В подобном режиме включения, переменная составляющая фототока с сигнальной шины датчика преобразуется в напряжение, усиливается и попадает на синхронный детектор, где предоставляется возможным выделение интересующей нас части сигнала. Дальнейший сигнал проходит фильтрацию и интегрируется. Выход же системы управляет напряжением питания датчика, замыкая тем самым обратную связь.

Исследования схемы на помехоустойчивость производились в лабораторных условиях, при мощности фоновой засветки, превышающей мощность полезного сигнала в 50 раз. Как показали исследования, переменная составляющая тока в данном режиме успешно детектируется датчиком, в то время как фототок от постоянного фона не вносит вклад в процесс формирования отсчетов.

Важным достоинством данного схемного решения является возможность устранения временной нестабильности измерений за счет устранения влияний температурных

нестабильностей темнового тока, характерных для схем, работающих в режиме немодулированного светового сигнала.

Полученные результаты открывают путь к созданию помехозащищенной схемы включения безкорпусного датчика Мультискан.

В дальнейших исследованиях планируется изучить влияние частоты модуляции фона на точность координатоуказания датчика, определить временную стабильность мультискана в режиме с модуляцией света и т.д.

УДК 53.08,681.2.084

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Н.А. Павленко
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

В настоящее время во многих отраслях горнодобывающей промышленности в силу стремительного истощения запасов полезных ископаемых, наблюдается снижение содержания полезных компонентов в обогащаемом минеральном сырье. Вследствие этого предприятия вынуждены повышать затраты на добычу и переработку. В свою очередь, это создает условия для проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по развитию существующих технологий обогащения с целью повышения экономической эффективности предприятий.

Фотометрическая (или оптическая, или «цветовая») сепарация используется для обогащения различных продуктов и материалов уже много лет. И прогресс в этой области по-прежнему направлен на понижение крупности обогащаемого материала и увеличение вероятности выделения полезного компонента. Однако на сегодняшний день используемые алгоритмы принятия решения (разделения по критериям «темный/светлый», нескольким основным цветам или же по однородности одного из цветов) создают сложности для установки точных цветовых порогов и допусков при настройке оптических сепараторов, оценки малых цветовых различий между компонентами в исследуемом материале. Например, современные сепараторы Optosort фирмы AIS Sommer используют цветовую модель RGB, которая, в силу своей неравномерности, не является объективной с точки зрения анализа цвета. То же самое можно сказать и о сепараторах фирмы Commodas, использующих систему YUV, аналог цветовой модели CIE Luv (производной от RGB), также отличающуюся неравномерностью представления цвета. Как результат, такие сепараторы не всегда могут справиться с разделением «сложного», слабоконтрастного материала.

Целью работы является создание стенда (физической модели сепаратора) для изучения возможностей разделения движущихся объектов на основании анализа их цветовых характеристик. Стенд является прототипом фотометрического сепаратора малой производительности и предназначается, в первую очередь, для отработки технических решений и алгоритмов разделения при решении задач сортировки непрозрачных сыпучих объектов и материалов.

Разработанная установка предназначена, в первую очередь, для отработки алгоритмов анализа и разделения частиц минеральных руд крупностью 0,5–2 мм. В качестве селективных параметров разделения возможно использование признаков «цвет», а также, дополнительно, «прозрачность», «блеск», «форма проекции объекта».

Модульный принцип построения сепаратора позволит обеспечить изменение условий сепарации на стадии определения оптимальных условий разделения конкретных видов руд. Возможная скорость транспортировки материала соответствует аналогичному параметру в существующих оптических обогатительных комплексах и составляет 0,5–2 м/с.

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИЭДРИЧЕСКОГО ОТРАЖАТЕЛЯ АВТОКОЛЛИМАТОРА НА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Е.И. Павлова

Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

Разрабатывается оптико-электронный автоколлиматор с триэдрическим контрольным элементом.

Одной из важных задач измерительной техники является измерение угловых величин, в частности, определение угловой ориентации объектов. В наиболее общем случае необходима пространственная угловая ориентация, для которой требуется измерение углов поворота относительно трех ортогональных осей. Как показали многочисленные работы российских и зарубежных исследователей, а также исследования, ранее проведенные в НИУ ИТМО, для решения задач, связанных с высокоточными измерениями, где погрешность составляет величину от единиц угловых секунд до единиц десятков угловых секунд при диапазоне измерения от нескольких угловых минут до единиц угловых градусов, наиболее перспективным является применение трехкоординатных оптико-электронных углоизмерительных систем, при этом предпочтительно использование угломеров автоколлимационного типа с размещением на объекте отражающего контрольного элемента, не требующего электропитания и эксплуатационного обслуживания.

Аналитический обзор существующих и применяющихся в настоящее время оптико-электронных автоколлиматоров показал, что они не обладают требуемой для поставленных задач рабочей дистанции. Данное обстоятельство указывает на то, что для решения задачи определения угла поворота нужна новая относительно не сложная по структуре и не затратная ОЭС.

Типичным КЭ для автоколлимационных измерений является плоское зеркало с коэффициентом преобразования «угол поворота объекта – угол отклонения отраженного пучка», равным K=2. Однако при его использовании рабочая дистанция угломера не превышает 2–3 метров вследствие значительного виньетирования приемным объективом автоколлиматора отраженного пучка даже при малом (единицы угловых минут) диапазоне измерения. При использовании КЭ в виде зеркального триэдра автоколлимационные измерения реализуются на значительных дистанциях без существенного виньетирования, что позволяет увеличить диапазон измерения. Матрица действия такого триэдра имеет вид:

$$M_d = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}. \qquad (1)$$

В ходе работы была построена компьютерная модель функционирования используемого элемента для анализа алгоритма измерения углов, использующая матричный метод для определения угла поворота объекта. Рассмотренный в работе алгоритм автоколлимационных измерений математически сводится к решению системы нелинейных уравнений. При малых величинах измеряемых коллимационных углов возможно применение упрощенных алгоритмов с использованием приближений:

$$Q_1 = \frac{B_x - B_y}{2};\ Q_2 = \frac{B_x + B_y}{2}, \qquad (2)$$

где Q_1 и Q_2 – углы поворота объекта относительно осей OX и OY соответственно; составляющие B_x и B_y орта B определяются после измерения смещений изображения марки в плоскости анализа автоколлиматора.

Абсолютные значения методической погрешности, возникающей вследствие приближений для величин измеряемых углов Θ_1 и Θ_2 в интервале –5°…+5°, изображены на

рисунке.

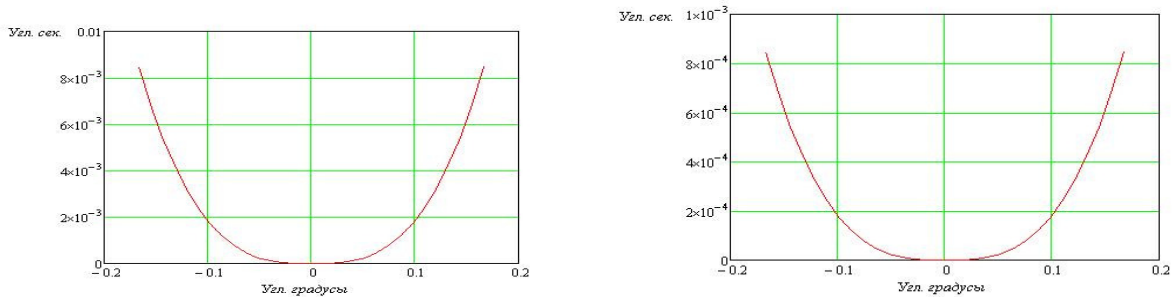


Рисунок. Методическая погрешность вследствие приближений в алгоритме измерения по оси *X* (а) и по оси *Y* (б)

На рисунке по оси аргумента – величины измеряемых углов в угловых градусах, по оси функции – абсолютные значения погрешности измерения в угловых секундах. Таким образом, можно сделать вывод, что если величина погрешности небольшая, то можно применять этот алгоритм, если же велика, то в схему автоколлиматора следует включать микропроцессор и идти путем решения системы нелинейных уравнений.

Литература

1. Крайлюк А.Д., Панков Э.Д., Коняхин И.А. Контрольные элементы для автоколлимационных измерений // Изв. вузов. Приборостроение. – 2004. – Т. 47. – № 2. – С. 51–55.
2. Коняхин И.А. Панков Э.Д. Анализ и экспериментальное исследование погрешностей трехкоординатного автоколлиматора //ОМП. – 1981. – № 10. – С. 40–42.
3. Якушенков Ю.Г. Проектирование оптико-электронных приборов: учебник. – Изд-во: Логос, 2000. – 488 с.

УДК 681.78

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОПЕРЕЧНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТА

Е.Н. Пантюшина

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

В работе рассматривается построение компьютерной модели системы контроля поперечных перемещений объекта. Исследованы несколько вариантов построения этой модели с использованием различных меток. Результаты моделирования использованы для улучшения параметров физической модели системы.

Введение. Этапу физического моделирования в основном предшествуют этапы математического и компьютерного моделирования. Эти этапы облегчают процесс создания разнообразных приборов и систем. Если же физическая модель уже разработана, то применение математического и компьютерного моделирования позволяет улучшить параметры и характеристики имеющейся модели.

Теоретическое исследование оптико-электронной системы для контроля поперечных перемещений проходило в два этапа. На первом этапе с помощью программы Zemax были получены изображения от метки. На втором этапе проводился анализ полученных изображений.

Цель работы. Исследовать варианты построения компьютерной модели оптико-электронной системы контроля поперечных перемещений объекта с целью использования

результатов моделирования для модернизации физической модели системы.

Базовые положения исследования. На кафедре ОЭПиС НИУ ИТМО была разработана оптико-электронная система, позволяющая контролировать поперечные перемещения объекта [1]. Принцип работы системы различается в зависимости от того, какая используется метка – пассивная (отражатель) или активная (излучающий диод). В первом случае, метка освещается источником излучения (ИИ), изображение ИИ от метки формируется на приемнике оптического излучения (ПОИ) видеоблока системы, включающего в себя оптическую систему, матричный анализатор изображения и источники излучения. Кадр с изображением источника передается в блок обработки, где вычисляется смещение, скорость и ускорение перемещающегося объекта и передается информацию на видеоконтрольное устройство. Во втором случае, на ПОИ видеоблока системы формируется изображение самой активной метки.

Было исследовано двух вариантов построения модели оптико-электронной системы для контроля поперечных перемещений объекта в программе Zemax: первая модель в качестве метки используется источник излучения, вторая – отражатель. Первая модель состоит из источника излучения, оптической системы и приемника излучения. Во второй модели на место источника излучения установлен отражатель. Расстояние от метки до оптической системы в первой и второй модели одинаковы.

Программа Zemax позволяет создать источник излучения с необходимой индикатрисой излучения, учитывающей внутренние отражения в источнике излучения и рассеяние на неполированных гранях. В качестве источников излучения используется модель излучающего диода со следующими параметрами и характеристиками: астигматизм линзы излучающего диода – 0,05; угол излучения в двух ортогональных плоскостях ±10°, сила излучения распределена по закону Гаусса.

Отражатель представляет собой шар диаметром 4 мм с покрытием, которое зеркально отражает 55% падающего излучения, остальное излучение рассеивает по закону Ламберта. Такое покрытие учитывает мелкие неровности, сколы и царапины на поверхности шара. В программе Zemax принято следующее условие: на один падающий луч приходится 100 рассеянных.

Оптическая система взята из библиотеки Zemax: объектив № 45205 фирмы Edmund Optics, состоящий их двух склеенных линз, с фокусным расстоянием 8 мм и относительным отверстием 1/2. Марки стекол определены в каталоге «SCHOTT».

Модель приемника излучения представляет собой матричное поле размером 9,6×5,4 мм (Г×В) с числом элементов 1920×1080. Потерь энергии в приемнике излучения не происходит, т.е. все падающее на него излучение участвует в образовании изображения.

В обеих моделях задается перемещение метки, изображение от которой с помощью оптической системы формируется на приемнике излучения. По полученным картинкам определяются координаты изображения метки на приемнике излучения. Далее проводится пересчет координат метки из пространства изображений в пространство предметов. По полученным координатам строится статическая характеристика значений измеренных перемещений метки от величины задаваемых перемещений.

Результаты. В процессе работы над данной темой были рассмотрены два варианта построения компьютерной модели системы контроля поперечных перемещений объекта. Получены результаты исследований этих моделей. Из графиков статических характеристик моделей видно, что для первой модели (метка в виде источника излучения) характеристика имеет линейный вид, а для второй модели (метка в виде сферического отражателя) характеристика имеет нелинейный вид. Первая модель принята в качестве основной для сравнения. Исследована зависимость отклонения результатов измерения второй модели относительно первой. Данная зависимость показывает, что при использовании модели со

сферическим отражателем необходимо компенсировать подобное отклонение. Предельная величина отклонения значений статической характеристики для второй модели не превосходит 0,7 мм по сравнению со статической характеристикой первой модели. Поэтому для второй модели необходимо ввести корректировку, что позволит приблизить ее статическую характеристику к идеальной.

В дальнейшем планируется исследовать влияние шумов, возникающих в приемнике излучения, и неоднородного фона на рассмотренные модели.

Литература

1. Горбачёв А.А., Кулешова (Пантюшина) Е.Н. Исследование влияния формы сферического отражателя на точность измерения перемещений поршня в цилиндре клапана // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 6(70). – С. 12–16.

УДК 535.6, 628.93

РАЗРАБОТКА МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ЦВЕТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ И ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ КОНТРОЛЯ ИХ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК

В.С. Перетягин

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

На сегодняшний день разработки в области технологий освещения занимают одну из ведущих позиций в сфере инноваций. Новейшие системы освещения, в частности светодиодного, актуальны и востребованы не только по причине малого энергопотребления и длительных сроков службы, что выгодно отличает их от традиционных источников света. Большой интерес, например, к составным источникам излучения на базе использования излучающих диодов обусловлен широкими возможностями по созданию на их основе специализированных устройств подсветки, в том числе, управляемых.

Однако разработка подобных многоэлементных устройств освещения невозможна без обеспечения тщательного контроля как их собственных параметров и характеристик, так и используемых для этого источников излучения.

Настоящая работа направлена на разработку класса многоэлементных управляемых цветных источников излучения, представляющих собой матрицу из $n \times m$ элементов, излучающих в разных участках видимого диапазона длин волн. Одной из ключевых задач работы является создание специализированных аппаратно-программных комплексов для одновременного определения диаграммы направленности, спектральных характеристик, цветовых параметров разрабатываемых источников в трехмерном пространстве и, кроме того, равномерности освещения рабочей зоны.

В разработанных математических моделях форма пространственного распределения освещенности на заданном расстоянии от источника определяется количеством и взаимным расположением его элементов, функциями, описывающими оптические характеристики элементов, и расстоянием от многоэлементного источника до зоны анализа (экрана, рабочей зоны и т.п.). Для моделирования источника излучения, включающего в себя излучающие элементы с различными спектрами излучения, и получения модели цветовой картины в зоне анализа используется комбинация распределений нескольких цветовых составляющих с учетом переналожения спектров отдельных излучающих элементов. Получены результаты предварительных экспериментальных исследований многоэлементного управляемого цветного источника излучения.

Подобные устройства освещения могут быть использованы при разработке и создании интеллектуальных приборов и систем, предназначенных для осуществления цветового

анализа, например, в пищевой промышленности при сортировке продуктов по цвету, в текстильной промышленности при контроле качества окраски тканей, в горнодобывающей промышленности для увеличения эффективности обогащения руд твердых полезных ископаемых и др.

Результаты работы по созданию аппаратно-программных комплексов контроля параметров и характеристик источников излучения могут найти применение при разработке и контроле качества источников излучения на производстве; многоэлементных источников излучения (линейных, круговых, а также более сложной конфигурации) для высокоточных оптико-электронных систем, в том числе, адаптивных (меняющих спектральные и цветовые характеристики) различного назначения.

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ

А.В. Петроченко
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

Рассмотрены зависимости параметров, определяющих качество оптико-электронных систем определения пространственных координат объектов в зависимости от алгоритмов обработки изображения на анализаторах в виде матричных приемников оптического излучения.

Система измерения пространственных координат визирной цели (излучающего диода) предназначена для определения деформаций контролируемого объекта (опоры, стены, фундамента) в точке ее установки и ее мониторинга в течение заданного промежутка времени.

Для контроля пространственного положения определяют координаты энергетического центра изображения цели на матричном приемнике оптического излучения (МПОИ) с последующим пересчетом этих координат в параметры пространственной ориентации визирной цели.

В настоящее время актуально решение проблемы отображения вычислительных задач алгоритма на параллельную архитектуру вычислительных систем (ВС) как способа повышения эффективности использования вычислительных средств посредством использования параллельных методов организации вычислений.

Параллельная обработка может быть реализована как для получения данных с распределенной многоканальной оптико-электронной системы, так и при реализации алгоритмов обработки полученной информации.

Реализованные методы параллельной обработки изображений позволили увеличить эффективность разработанных алгоритмов за счет использования возможностей новейших вычислительных устройств.

В процессе исследований был разработан макет для отработки функционирования двухканальной оптико-электронной системы измерения пространственного положения объекта, а также выполнена программная реализация алгоритма определения пространственного положения изображения визирной цели (светодиода) на МПОИ с использованием методов параллельной обработки данных. Получено, что при отношении сигнал/шум более 40 дБ погрешность измерения координат изображения не более единиц тысячных долей пикселя, а при отношении сигнал/шум 20 дБ до единиц сотых долей пикселя МПОИ.

Данные, полученные в ходе эксперимента, показали что данный алгоритм может быть

применен в высокоточных быстродействующих измерительных оптико-электронных системах.

Исследования проводятся на кафедре ОЭПиС НИУ ИТМО в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Петроченко А.В. Исследование алгоритмов параллельной обработки изображений на матричном анализаторе // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. – Выпуск 2. Труды молодых ученых. – СПб: НИУ ИТМО. – 2012. – С. 101–102.

УДК 535.674.3, 778.68, 51-74

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ

Д.Б. Петухова

Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

Одним из перспективных направлений в совершенствовании сепарации минералов твердой руды является использование оптического метода обогащения, который основан на регистрации цветовых различий анализируемых объектов. При этом центральной проблемой становится разработка и реализация алгоритма обработки данных и распознавания минералов, обеспечивающего их надежную автоматическую селекцию. В достаточно общей постановке эта проблема может быть сформулирована следующим образом. Минеральные образцы характеризуются различной формой, текстурой, окраской, наличием или отсутствием включений, степенью прозрачности и др., поэтому система регистрации сепаратора должна обладать большой гибкостью, что позволило бы ей адаптироваться к смене свойств обогащаемой руды. Сложность заключается еще и в том, что на первом этапе анализа именно специалист-минералог должен определить селективные признаки для конкретного типа руды, характеризующие ее полезность и отличающие от «пустой породы». Кроме того, необходимо установить взаимосвязь между выбранными признаками и соответствующими элементами изображений всех образцов анализируемой минеральной пробы.

Для решения поставленной задачи был разработан алгоритм обработки изображения минералов с целью оценки возможности обогащения их оптическим методом. Анализ объектов проводится в двух режимах. Первый режим – «Режим диагностики», включает в себя процедуры, связанные с получением необходимых селективных признаков: цветовой диапазон, который необходимо выделить на объектах, допустимое процентное соотношение полезной части объекта к неполезной, и др. Далее запускается режим проверки, в ходе которого алгоритм уже автоматически принимает решение о наличии/отсутствии полезной части на каждом объекте, основываясь на вычисленных ранее параметрах. По окончанию всей работы, пронаблюдав процент ложной классификации, можно сделать вывод о возможности или невозможности сепарации минеральных объектов данного месторождения представленным алгоритмом.

Также была проведена экспериментальная проверка разработанного алгоритма на базе лабораторной установки с использованием представительного ряда минеральных образцов медно-никелевой руды. Описана методика проведения данного экспериментального исследования, а также представлены полученные результаты, на основании которых можно сделать вывод о том, что алгоритм успешно справился с поставленной задачей разделения объектов.

Важным этапом последующей работы будет дальнейшая апробация разработанного алгоритма на типах руд с разнообразным набором селективных признаков.

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛЬНОВЛИЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ НАСАДКИ НА ТЕОДОЛИТ ПУЛ-Н

Е.О. Раскин
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

В связи с постоянным ростом конкуренции в строительной области, а также ужесточения требований к качеству и скорости реализации проектов широкое применение получили системы автоматизированного управления (САУ) для повышения общего технического уровня строительных работ и их технологичности. Существуют приборы и системы для позиционирования рабочих органов машин, выполняющих земельные работы, относительно базовой плоскости. Среди этих приборов достаточно эффективно применяется прибор с оптической равносигнальной зоной (ОРСЗ), выполненный как насадка на теодолит ПУЛ-Н [1]. Основное назначение ПУЛ-Н – автоматическая выработка команд управления глубиной копания землеройными машинами при прокладке траншей по заданному уклону. В структуре ПУЛ-Н можно выделить управляющую и приемную часть, закрепленную на исполнительном органе машины, положение которого относительно заданного управляющей часть направления определяется.

В ОЭПиС с ОРЗС измерительная информация последовательно передается носителем одного вида к носителю другого вида. Первоначально измерительная информация заложена в пространственно-временном распределении облученности, а поэтому вредное влияние на такое распределение будут оказывать как параметры ЗБН (различие, а также неравномерность и деградация яркости источников излучения, нестабильность параметров их модуляции), так и параметры, характеризующие состояние воздушного тракта (температура, влажность и пропускание, турбулентность). При преобразовании оптического излучения в электрический сигнал, осуществляемом непосредственно ПОИ, собственные шумы ПОИ и фоновое излучение среды также искажают полученную информацию. Далее в усилительно-преобразовательном тракте ОЭПиС имеют место нестабильность коэффициента усиления и амплитудно-фазовые сдвиги, а также погрешности преобразования измерительной информации к виду, удобному для наблюдения.

Факторы, которые вносят погрешности, составляющие более 5% от суммарной погрешности контроля положения приемной части, будем определять как сильновлияющие.

Проанализировав возможные источники погрешности в ПУЛ-Н выявлено, что воздействие изменений температуры оказывает наибольшее влияние. Например, изменение плотности воздуха, вызванное малыми температурными градиентами в атмосфере, приводит к изменениям показателя преломления среды, в результате чего искривляются направления пучков оптического излучения. При использовании приемника оптического излучения – кремниевого фотодиода HAMAMATSUS10043 (площадь фоточувствительного элемента (ФЧЭ) $S_{ФЧЭ}$=100 мм^2, максимальная фоточувствительность S=0,24 А/Вт) и источника оптического излучения VishayTSAL5100 погрешность позиционирования от температурного градиента воздушного тракта на дистанции 100 метров может достигать величин более 5 мм. Неравномерный нагрев корпуса управляющей части также приводит к существенным погрешностям

В дальнейшем предполагается продолжение углубленного анализа погрешностей ПУЛ-Н с целью их ослабления путем модернизации, как конструктивной, так и электронной частей [2, 3].

Литература

1. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. – Монография, под общ. ред. Э.Д. Панкова. – СПб: ИТМО, 1998. – 238 с.
2. Мусяков В.Л., Панков Э.Д. , Тимофеев А.Н., Богатинский Е.М., Яковлев П.В. Направления развития оптико-электронных систем с оптической равносигнальной зоной / Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – №9. – С. 27–31.
3. Мараев А.А., Тимофеев А.Н. Исследование распределения энергетической чувствительности в полихроматической оптической равносигнальной зоне // Сборник трудов 9 Международной конференции «Прикладная оптика-2010». – СПб: ГОИ им. С.И. Вавилова. – 2010. – Т. 1. – Ч. 1. – С. 241–245.

УДК 681.77

РАСЧЕТ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ОСМОТРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

И.С. Романов
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Михеев

Решаемая проблема. Назначение систем видеонаблюдения состоит в повышении уровня безопасности объекта, т.е. в минимизации возможных последствий нежелательных воздействий на людей, на материальные ценности и на информационные ресурсы. Обзор современных прикладных ТВ систем показывает, что решение перечисленных задач особенно актуально при видеонаблюдении протяженных объектов – объектов, проекция которых на плоскость кадра существенно превышает размер последнего.

Цель работы. Проектируемая система предназначена для бокового обзора вагонов, вывод видео на устройство отображения видеоинформации, так же система должна обеспечивать качество видеокадра необходимое для уверенного распознавания номера вагона в любое время суток.

Промежуточные результаты. Был проведен обзор существующих камер видеонаблюдения. На основе полученных результатов была выявлена наиболее эффективная структурная схема телевизионной системы. Произведен расчет параметров системы. Выявлены функциональные особенности интеллектуальных систем видеонаблюдения, сегментации и сопровождения, обеспечивающие существенное повышение их эффективности.

Основные результаты. В работе рассмотрены особенности влияния параметров телевизионной системы на функционирование и предоставления оптимальных результатов для наблюдения подвижного состава, а также исследован контраст на входе передающей камеры при заданных условиях работы, величина контраста объекта с окружающим фоном.

На основе разработанных методов реализована многоцелевая видеокомпьютерная система осмотра поездов и вагонов.

УДК 681.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОЙ РАВНОСИГНАЛЬНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУР

Л.Г. Самигуллина
Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

Краткое введение, постановка проблемы. Воздушный тракт, в котором происходит распространение оптических лучей, представляет собой неоднородную среду с регулярными изменениями в состоянии атмосферы (например, температуры и давления), что является причиной неоднородности показателя преломления. Такая неоднородность ведет к отклонению оптического луча от его прямолинейного распространения, т.е. к рефракции [1], а, следовательно, и к погрешности при измерении линейных смещений объектов.

Цель работы. Оптико-электронные системы для реализации контроля положения объектов должны принимать во внимание информацию об изменении температур, влияющем на распространение оптического луча. Таким образом, целью проводимых исследований является разработка оптико-электронного прибора для измерения вертикального градиента температур воздушного тракта.

Базовые положения исследования. Многоволновые методы компенсации влияния атмосферы позволяют повысить точность оптических измерений [2]. Так, двухволновый метод измерений позволяет ослабить влияние градиента температуры при обработке результатов измерения. Этот метод заключается в измерении координат объекта с использованием излучения двух длин волн (основной и вспомогательной). На основе полученных данных можно внести поправки в измерения смещения объекта для рабочей длине волны.

Наиболее просто реализуется этот метод в оптико-электронных системах с оптической равносигнальной зоной (ОРСЗ) путем противофазного алгоритма модуляции двух пар источников с различной длиной волны оптического излучения [3].

Реализация двухволнового метода становится возможной благодаря тому, что в ОРСЗ информация о смещении относительно базы содержится в величине основного информативного параметра, которым в большинстве случаев является глубина модуляции излучения. Применяя необходимую модуляцию излучения двух пар источников (создающих ОРСЗ) и используя в электронных схемах обработки сигналов синхронное детектирование, можно успешно осуществлять двухспектральные измерения [4].

Промежуточные результаты. На основе анализа существующих схемных решений рассматриваемого класса устройств была разработана обобщенная оптическая схема автоколлимационной системы с полихроматической ОРСЗ. Ее можно представить в виде прожектора, в котором с помощью излучателей 1 (рисунок) на разделительной призме 2 создается оптическая равносигнальная плоскость, которая затем с помощью зеркала 3 и объектива 4 направляется на контрольный элемент 7 (отражатель), и приемной части, объектив 5 которой собирает на фотоприемнике 8 излучение пришедшее от отражателя.

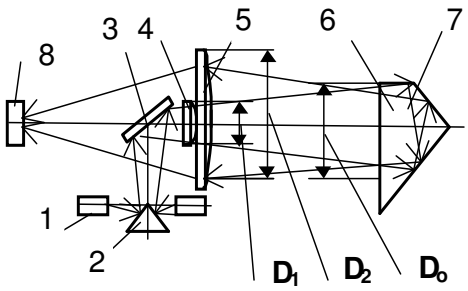


Рисунок. Обобщенная оптическая схема автоколлиматора с ОРСЗ

Отличительной особенностью оптических электронно-информационных систем с ОРСЗ автоколлимационного типа является выполнение контрольного элемента в виде световозвращателя, определяющее двукратное распространение излучения в воздушном пространстве между задатчиком и контрольным элементом в прямом и обратном направлениях.

Основной результат, практические результаты. В результате проделанной работы разработана структурная схема оптико-электронного градиентомера с концентрическим объективом и описаны основные задачи и функции узлов системы, позволяющие производить дальнейшее проектирование устройства.

На основании энергетического расчета определены диаметры зрачков объективов задатчика базового направления (D_1) и приемной части (D_2). Также были определены основные параметры оптической системы (фокусное расстояние, задний фокальный отрезок).

Расчет основных параметров системы показал, что необходимо использовать в качестве источников излучения полупроводниковые излучающие диоды (ПИД), излучающие на длинах волн λ_1=0,85 мкм и λ_2=0,4 мкм, а в качестве приемника – кремниевый фотодиод.

В дальнейшем планируется разработка оптической схемы прибора, выбор конкретных источников и приемников излучения для его реализации.

Литература

1. Ишанин Г.Г., Прокопенко В.Т., Кирилловский В.К., Андреев А.Н. Оптические измерения: учебное пособие. – М.: Логос, 2006. – 450 с.
2. Араканцев К.Г. Исследование двухспектрального метода ослабления влияния вертикального градиента температуры воздушного тракта в оптико-электронной системе контроля смещений // Труды четвертой международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика-2005». – СПб: СПбГУ ИТМО. – 2005. – 398 с.
3. Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. Монография, под общ. ред. Э.Д. Панкова. – СПб: ИТМО, 1998. – 238 с.
4. Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н., Богатинский Е.М., Яковлев П.В. Направления развития оптико-электронных систем с оптической равносигнальной зоной // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 9. – С. 27–31.

УДК 681.786

ТРИЭДРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО АВТОКОЛИМАТОРА

Н.С. Севостьянова
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

Рассмотрен автоколлиматор с триэдрическим контрольным элементом, служащий для увеличения рабочей дистанции. Установлено, что такой контрольный элемент может быть выполнен в виде трех отражающих плоскостей с двугранными углами 60, 120 и 60 градусов, что позволяет реализовать коэффициент преобразования равный корню из двух.

Введение. Серийные автоколлиматоры обеспечивают достаточную точность измерения, однако реализуемая рабочая дистанция не превышает 2 метров, что недостаточно для использования при измерении деформаций крупногабаритных сооружений. Это обстоятельство является следствием того, что используемый типовой контрольный элемент – плоское зеркало обладает значительным коэффициентом преобразования, равным двум, что приводит к значительному виньетированию отраженного пучка на входном объективе.

Цель работы. Для увеличения рабочей дистанции предлагается использовать контрольный элемент (КЭ) с коэффициентом преобразования, меньшим, чем у плоского зеркала. Установлено, что такой контрольный элемент может быть выполнен в виде зеркального триэдра с углами 60, 120 и 60 градусов между отражающими поверхностями. В этом случае реализуется коэффициент преобразования равный корню из двух.

Основные положения. Исследуемый автоколлиматор функционирует следующим образом. Поток оптического излучения от источника, проходя через светоделитель формируется объективом в параллельный пучок лучей, падающий на контрольный элемент. После трехкратного отражения от зеркал триэдрического КЭ пучок возвращается в объектив и после светоделителя формирует изображение источника на чувствительной площадке ПЗС матрицы. Видеокадр с ПЗС матрицы после электронного блока обработки поступает в вычислительное устройство, где определяются координаты изображения на площадке ПЗС-матрицы, пропорциональная измеряемым углам поворота. При повороте КЭ отраженный пучок отклоняется от исходного направления, что приводит к смещению формируемого им изображения на ПЗС. Величина смещения изображения, измеряемая анализирующей системой, определяет искомый угол поворота КЭ. Численное моделирование подтвердило увеличение рабочей дистанции автоколлиматора в 1,5 раза по сравнению с типовым угломером.

Заключение. Доказана возможность реализации контрольного элемента для автоколлимационных измерений в виде зеркального триэдра, применение которого позволяет значительно увеличить дистанцию измерения. Так же разработана компьютерная модель функционирования триэдрического отражателя в случае отклонения величин углов между зеркалами от номинальных значений.

Литература

1. Бондаренко И.Д. Принципы построения фотоэлектрических автоколлиматоров. – Минск: Изд-во «Университетское», 1984. – 190 с.
2. Коняхин И.А., Панков Э.Д. Трехкоординатные оптические и оптико-электронные угломеры. Справочник. – М.: Недра, 1991. – 224 с.

3. Аникст Д.А., Константинович К.М., Меськин И.В., Панков Э.Д. Высокоточные угловые измерения / под ред. Якушенкова Ю.Г. – М.: Машиностроение, 1987. – 480 с.

УДК 681.786

РАЗРАБОТКА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СООСНОСТИ С ПРИВЯЗКОЙ К ПОЛОЖЕНИЮ РЕПЕРНОГО ЭЛЕМЕНТА

В.Е. Селькин

Научный руководитель – к.т.н., ст.н.с. А.Н. Тимофеев

Производятся исследование структурной схемы и выбор параметров оптико-электронной системы контроля соосности с привязкой к положению пассивного реперного элемента.

Краткое введение, постановка проблемы. Контроль состояния крупногабаритных сооружений определяет их производительность, безопасность и экономическую эффективность эксплуатации. Поэтому высокоточный контроль пространственного положения элементов подобных сооружений (например, контроль качества сборки турбоагрегата большой единичной мощности) является трудоемкой и ответственной задачей [1]. При решении поставленных задач прибегают к помощи оптико-электронных приборов, базирующихся на различных методах измерения.

Цель работы. В данной работе рассматривается анализ и выбор структурной схемы и параметров оптико-электронной системы, работающей на методе авторефлексии.

Базовые положения исследования. В процессе исследования был проведен краткий обзор по классу существующих разработок. На основании результатов анализа предлагается модифицировать авторефлексионную схему НИУ ИТМО путем привязки к положению реперного элемента (РЭ).

Преимущество данной системы заключается в возможности измерения на коротких дистанция, чего нельзя сказать о первоначальной схеме. На РЭ будут находиться два полупроводниковых излучающих диода (ПИД), которые обеспечивают требуемый диапазон смещений по дистанции и будут симметрично смещены с визирной линии системы на расстояние $B/2$ [1]. В центре РЭ будет отверстие, через которое будет проходить свет от отражателя. Из-за наличия отверстия пучок света может срезаться, что делает данную систему менее практичной при измерениях на дальних дистанциях.

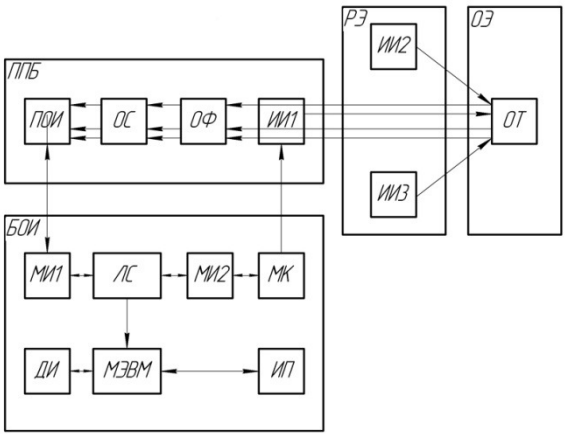


Рисунок. Структурная схема исследуемой системы

Промежуточные результаты. В рассматриваемой системе в качестве приемника оптического излучения используется матричный фотоприемник на основе КМОП-структуры [2]. Полученный данные обрабатываются в блоке обработки информации, включающий в себя два модуля интерфейса, линию связи, микроконтроллер, дисплей, источник питания и микро-электронно-вычислительную машину. Отражательный элемент состоит из трипель-призмы, который отражает падающий на него свет.

Принцип работы схемы заключается в регистрации изображения источником излучения матричным фотоприемником, находящемся в приемно-передающем блоке. Само изображение формируется оптической системой после отражения света в трипель-призме и прохождении через оптический фильтр. Полученные данные в ПОИ передаются на модуль интерфейса, от которого после по линии связи информация поступает в микро-электронно-вычислительную машину, где в процессе измерений определяются координаты *i*-го ПИД в пикселях.

Основной результат, практические результаты. В результате проделанной работы на базе ОЭСКС НИУ ИТМО была разработана структурная схема оптико-электронной системы контроля соосности с привязкой к положению пассивного реперного элемента, описаны ее основные элементы и принцип их действия. Были описаны преимущества и недостатки полученной системы, а также алгоритм работы установки.

На основании расчета основных параметров была выбрана КМОП-матрица и ПИД. Перспективным развитием работы является энергетический и погрешностный расчеты системы.

Работа проводится при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Анисимов А.Г., Горбачёв А.А., Краснящих А. В., Пантюшин А. В. Оптико-электронная система контроля соосности элементов турбоагрегатов / Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 9. – С. 22–26.
2. Коротаев В.В., Краснящих А.В.. Видеоинформационные измерительные приборы. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2012. – С. 49.

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЗМЕННЫХ АНАМОРФОТНЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА СКРУЧИВАНИЯ

Д.Н. Семченкова
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

Рассмотрены призменные системы с анаморфотными контрольными элементами для измерения угла скручивания. Установлено, что четырехгранная призма с отражающей гранью обладает анаморфотными свойствами и значительно упрощает и уменьшает конструкцию измерительной системы.

Введение. Одной из важных задач измерительной техники является измерение угловых величин, в частности, определение углового пространственного положения объектов. Во многих практических случаях наиболее значимой составляющей угловой ориентации является поворот объекта на угол скручивания. Измерение этого угла в таких системах выполняется по осевому анаморфированному пучку, параметры которого изменяются вследствие поворота связанного с объектом анаморфотного контрольного элемента при

сохранении исходного осевого хода пучка.

Цель работы. Провести исследование систем с различными анаморфотными контрольными элементами для оптико-электронных систем измерения угла скручивания.

Основные положения. Для реализации измерений малых углов скручивания анализируется несколько конфигураций анаморфотных призменных систем, в частности:
- анаморфотная трехгранная призма, расширяющая или сжимающая выходящий пучок;
- анаморфотная призменная система, состоящая из двух аналогичных трехгранных призм;
- анаморфотная четырехгранная призма с отражающей гранью.

Проходя через трехгранную призму, луч смещается с первоначальной оси. Если объединить две трехгранные призмы, оптическую ось можно восстановить, но это усложнит конструкцию и увеличит габариты системы. Призма с четырьмя гранями обеспечивает четыре внутренних отражения так, чтобы луч мог выйти в соответствии с направлением входящего луча.

Но системы с такими анаморфотными контрольными элементами требуют наличия отражательного элемента. Представилось возможным объединить отражатель и четырехгранную призму, нанеся на одну из граней призмы отражающее покрытие. Разработав компьютерную модель системы с таким контрольным элементом, было установлено, что данный контрольный элемент может использоваться в качестве анаморфотного.

Заключение. В ходе проведенного анализа анаморфотных призменных систем было установлено, что конструкция четырехгранной анаморфотной призмы для расширения или сжатия пучка обладает преимуществами над более простым трехгранным проектом, поскольку он не отклоняет осевую линию пучка и предоставляет свободный выбор показателя преломления и, следовательно, более широкий выбор коэффициентов анаморфирования.

Объединив отражатель и анаморфотный контрольный элемент в четырехгранную призму с отражающей гранью можно значительно упростить конструкцию измерительной системы и расширить диапазон коэффициентов анаморфирования.

Исследования выполнены в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Коняхин И.А., Мерсон А.Д. Оптико-электронная система измерения угла скручивания на основе анаморфирования // Изв. вузов. Приборостроение. – 2008. – Т. 51. – № 9. – С. 10–14.
2. Karl A. Stetson. Prism for a line-beam expansion in one dimension // Applied Optics. – 1995. – V. 34. – № 22. – P. 4634–4636.

УДК 681.7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛУЧЕННОСТИ ВИНЬЕТИРОВАННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В АВТОКОЛЛИМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИМУЛЯЦИИ

А.А. Смехов

Научный руководитель – д.т.н., профессор И. А. Коняхин

В работе рассмотрены особенности виньетирования в автоколлимационных системах и алгоритмические методы компенсации систематической погрешности, вызванной этим виньетированием; особенности построения программного обеспечения для подобных целей.

Введение. В процессе монтажа, работы, наблюдения за крупногабаритными объектами часто требуется контроль и наблюдение за их деформациями, вызванными различными причинами, среди которых погодные условия, такие как ветер; прогибами, проявляющимися под собственным весом конструкций, или по иным причинам, контроль за которыми и является основной целью. В любом случае, существует необходимость в использовании углоизмерительных приборов, таких как автоколлимационные системы, которые, собственно, в большинстве случаев и используются для измерения малых угловых рассогласований объектов или их частей.

Автоколлимационные системы имеют некоторые ключевые особенности и недостатки [1], среди которых погрешности, связанные с виньетирование входного пучка. При прохождении света через автоколлимационную систему некоторые наклонные пучки могут быть срезаны входным зрачком. Это связанно, с неполным прохождением пучка через систему и энергетическими потерями на чувствительной поверхности матричного приемника. Более того, множество виньетированных пучков образует неравномерное, искаженное распределение освещенности на чувствительной поверхности матричного приемника, что является причиной некорректного обсчета средневзвешенного центра распределения.

Тем не менее, ошибки и погрешности, вызванные виньетированием пучка, могут быть устранены, поскольку являются систематическими [2].

Цель работы. Построить компьютерную модель автоколлимационной системы со свободно изменяемыми параметрами. Оценить ее быстродействие и пригодность к исследованию распределения освещенности в виньетированном пучке. Собственно, рассмотреть распределение освещенности при разных параметрах заданной системы. Выявить основные тенденции в зависимости погрешности виньетирования от прочих факторов.

Основные положения. Построение модели производилось в среде MATLAB, Продемонстрировавшей существенно большую скорость обработки данных и обсчета результатов по сравнению с пакетом MathCad [3], в особенности проявившуюся при работе с многомерными массивами данных.

Поскольку в автоколлимационной схеме источник излучения находится в фокальной плоскости излучающего объектива, в пространстве изображений этого объектива образуется сноп коллимированных пучков, каждый из которых порождается светящейся точкой источника излучения и имеет диаметр и форму соответствующую форме выходного зрачка объектива. В свою очередь, распределение пучков по углам, т.е. направлениям переделяется распределением освещенности источника излучения, и фокальным отрезком объектива.

На данном этапе можно ввести двухуровневую абстрактную модель поля: поле описывается энергетической характеристикой в каждой своей точке, которой помимо этого

присущи координаты (x, y) и направление (φ_x, φ_y). Помимо этого, каждая точка имеет две внутренние степени свободы, раскрывающиеся в подпространство каждого коллимированного пучка около точки с координатами (x, y).

Элементы автоколлимационной схемы были описаны модульно как операторы изменяющие поле: оператор свободного пространства, зеркала, оператор апертуры и наконец, оператор объектива, сворачивающий внутренне двумерное пространство каждого снова в точку – т.е. фокусирующий.

Описанная модель помогла выявить закономерности и подтвердить аналитические предположения относительно распределения освещенности как при изменении угла поворота контрольного элемента, так и при изменении дистанции до него.

Заключение. В ходе проведенной работы была построена модель автоколлимационной схемы с геометрической трассировкой лучей, излучаемых излучающей маркой произвольной формы, с изменением лучей элементами системы.

При рассмотрении типичной схемы с круглой равномерно светящей маркой и оптическими элементами с круглой апертурой были рассмотрены зависимости распределения освещенности, и сделаны соответствующие выводы о последующем характере построения компенсационных алгоритмов погрешности виньетирования. Погрешность угловых измерений в заданном диапазоне может быть существенно уменьшена с помощью моделирования и предрасчета. Нивелирование этой погрешности может увеличить диапазон измерений. Эффективность алгоритма остается высокой, однако в областях, находящихся за пределами определенной зоны, достоверность результатов компенсации падает, что является основным недостатком метода.

Исследования выполняются в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Литература

1. Коняхин И.А., Панков Э.Д. Трехкоординатные оптические и оптико-электронные угломеры. Справочник. – М.: Недра, 1991. – 224 с.
2. Парвулюсов Ю.Б., Родионов С.А., Солдатов В.П. и др. Проектирование оптико-электронных приборов. Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Ю.Г. Якушенкова. – М.: Логос, 2000. – 488 с.
3. Амосова О.А., Вестфальский А.Е. Применение пакета MATHCAD к решению вычислительных задач. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 30 с.

УДК 621.317

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ ВЫСОКИХ НАПРЯЖЕНИЙ

М.А. Смоловик, Ф.А. Шуклин, А.Н. Никитенко
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.К. Мешковский

Краткое вступление, постановка проблемы. Для измерения высоких напряжений в настоящее время в нашей стране применяют, в основном, традиционные (неоптические) приборы. Они имеют ряд недостатков, наличие которых в значительной мере затрудняет использование таких приборов. Кроме того, внедрение цифровых информационных технологий в процесс производства, преобразования, распределения и учета электроэнергии требует создания новых средств ее регистрации. Поэтому на сегодняшний день проявляется большой интерес к созданию волоконно-оптических измерителей напряжения, основанных на электрооптических методах.

При создании таких приборов возникает ряд проблем, связанных как с конструкцией измерителя создающей необходимую конфигурацию измеряемого электрического поля в защищенной от различных влияний области, так и непосредственно выбор принципа и оптической схемы для измерения этого поля.

Цели работы

- Изучение существующих электрооптических методов измерения напряжения.
- Расчет и моделирование конструкции измерителя для создания требуемой конфигурации измеряемого электрического поля.
- Создание макета оптического измерителя напряжения и оценка его основных метрологических характеристик.

Базовые положения исследования. В основу построения измерителя положен традиционный физический принцип использования электрооптических элементов. В электрооптическом кристалле, помещенном в электрическое поле, согласно эффекту Фарадея, возникает двулучепреломление, которое изменяет разность фаз собственных поляризационных мод электрооптического кристалла, что приводит к изменению состояния поляризации на выходе кристалла и соответствующему изменению интенсивности света на выходе анализатора. Для измерения напряжения необходимо создать область с распределением электрического поля жестко с ним связанным. Таким образом, измеряется величина электрического поля создаваемого измеряемым напряжением, и по модели пересчитывается в искомую величину.

Практические результаты. В ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

- изучены существующие электрооптические методы измерения напряжений;
- создана модель зависимости электрического поля от измеряемого напряжения;
- создан и испытан макет оптического измерительного преобразователя напряжения.

Основной результат. В ходе работы была описана методика измерения высоких напряжений, а также предложена оптическая схема и продемонстрирована ее работоспособность.

УДК 535.6, 621.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВИДИМОГО ДИАПАЗОНА В ПОЛУСФЕРЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Сотник
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

Краткое вступление, постановка проблемы. Контроль качества продукции по цвету является актуальным для целого ряда отраслей промышленности, таких как пищевая, текстильная, перерабатывающая, горнодобывающая. При организации процесса контроля, в независимости от того, осуществляется он визуальным методом или же автоматизируется, существенную роль играют источники освещения рабочей зоны, позволяющие сформировать необходимую для решения конкретной задачи светотеневую и цветовую обстановку.

В настоящее время для решения колориметрических задач МКО рекомендован ряд стандартных излучений: A; B, C и D, соответствующих различным фазам дневного света; а также E (несуществующее, идеальное) и F. В отличие от реальных источников, стандартные излучения МКО описывают классы источников света, основываясь на усредненных значениях их спектральных распределений.

При этом реализация указанных излучений в том виде, в каком они описываются в стандартах, для использования в автоматизированных технологических линиях, далеко не всегда возможна, и при цветовом анализе часто используются источники, в той или иной мере близкие стандартным по спектральному распределению излучения.

Целью работы является исследование параметров и характеристик светодиодных источников видимого диапазона в полусфере излучения. Особое внимание в работе должно быть уделено принципам проведения измерений и систематизации экспериментальных данных.

В предлагаемом проекте планируется решить следующие задачи:

- исследование параметров и характеристик светодиодных источников излучения используемых для определения цвета источника;
- изучить процессы измерения и контроля параметров светодиодных источников излучения
- разработка методики проведения измерений спектров источников излучения и схемы измерений;
- проведение экспериментальных исследований и систематизация полученных данных.

Базовые положения исследования. Проводить цветовые измерения со всеми существующими источниками невозможно, да в этом и нет необходимости, так как обычно достаточно измерить образец с одним источником. Если изготовитель заинтересован в определенном цвете изделия при дневном освещении, то опыт показывает, что нет необходимости контролировать цвет при всех фазах дневного света. Если изделие соответствует стандарту при одной фазе, например при свете от облачного неба, цветовое равенство сохраняется (или почти сохраняется) при всех остальных фазах.

В настоящее время использование стандартных источников излучения нецелесообразно, они уступают светодиодным источникам по большинству параметров.

Использование светодиодных источников излучения в оптико-электронных системах цветового анализа способствует увеличению области исследований.

Промежуточные результаты

1. Аналитический обзор существующих методов и средств измерения и контроля параметров и характеристик светодиодных источников излучения. Исследования показали, что существует несколько методов измерения и контроля параметров и

характеристик светодиодных источников излучения, однако ни один из этих методов не является актуальным для решения задач колориметрии.
2. Теоретические и экспериментальные исследования параметров и характеристик светодиодных источников излучения показали, что их использование для решения задач колориметрии достаточно перспективно.

Основные результаты. Разработаны схема измерительной установки для проведения экспериментальных исследований источников излучения, а также методика проведения экспериментальных исследований источников излучения. В ходе исследований были получены и систематизированы данные по различным образцам светодиодов.

УДК 681

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ИНДИКАТРИСЫ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДА С ПОМОЩЬЮ МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ФОТОПРИЕМНИКА

Т.Н. Суховерхова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Горбачёв

В последнее время полупроводниковые источники света получают все большее распространение в разных областях светотехники. Их глубокое проникновение на рынок и быстро расширяющийся диапазон применений осветительных приборов на основе светоизлучающих диодов привели к необходимости тестирования этих устройств с учетом специфики их работы и применения. Задача оптической системы, используемой в паре со светодиодом – как можно более рационально распределить световой поток в пространстве. Для различных целей необходимы светодиоды с разными диаграммами направленности. На рынке огромное множество фирм выпускающих светодиоды. Для того чтобы контролировать распределение силы излучения в зависимости от направления в диоде необходимо проводить контроль на производстве.

Целью работы является разработка системы по измерению индикатрисы излучения светодиода с помощью многоэлементного фотоприемника.

Измерение индикатрисы излучения можно проводить несколькими методами. Один из них гониометрический. Суть этого метода основана на пошаговой фиксации значений силы излучения диода при его повороте на известный угол, что может быть реализовано перемещением датчика вокруг светодиода или наклонами светодиода относительно неподвижного датчика. Однако такой метод может быть весьма продолжительным. В работе О.В. Круглова «Разработка и исследование приборов для измерения оптических параметров и характеристик светодиодов» приведен прибор для измерения индикатрисы, представляющий собой полусферу из металла или пластика в которой зафиксированы, в определенных точках, соответствующие заданным углам, световоды, которые оптически сочлены с ПЗС-матрицей или диодной линейкой. Этот метод занимает меньше времени, чем предыдущий. Однако для различных видов индикатрис необходимо разрабатывать определенную схему – т.е. прибор не универсальный. И необходимо проверять чувствительность фотодиодов, зафиксированных в схеме. Существует возможность создания гибридной схемы.

Поскольку индикатриса излучения выражается в относительных единицах необходимо знать силу излучения в различных направлениях. Измерение силы излучения обычно осуществляются с помощью одного из двух методов: метода непосредственного измерения и метода замещения.

Исходя из анализа методов, был выбран метод измерения индикатрисы излучения

светодиода при различных настройках матричного фотоприемника. Разработана структурная схема лабораторной установки. Проведен расчет системы, в ходе которого были рассчитаны углы излучения светодиодов, которые возможно измерить на лабораторной установке. Также была рассчитана освещенность, создаваемая светодиодом на оптической оси излучения в центре матричного фотоприемника. При исследовании светодиода были получены кадры для различных значений параметра Exposure (характеризующего время экспонирования приемника оптического излучения). В ходе работы был разработан алгоритм для измерения индикатрисы излучения. Используя программу MATLAB и следуя алгоритму, были получены графики индикатрисы излучения светодиода в главных плоскостях. Было проведено исследование системы по измерению индикатрисы излучения светодиода с помощью установки с многоэлементным фотоприемником.

УДК 681.786

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.А. Сычева
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.В. Коротаев

Современные крупногабаритные сооружения являются объектами уникального инженерного решения, на этапах строительства и эксплуатации которых, активно внедряются современные технологии, направленные на улучшение качества строительных конструкций. Однако в процессе строительства и эксплуатации сооружения могут подвергаться разнообразным внешним воздействиям, в том числе, не предусмотренным при проектировании, результатом данных воздействий становятся разрушение зданий.

Внезапные обрушения крупногабаритных сооружений, произошедшие за последние годы в различных городах и странах мира (Москва-2012, 2006, Токио-2012, Италия-2011, Санкт-Петербург-2011 и др.), вывели проблему мониторинга конструкций на одно из первых мест в системах по обеспечению безопасности проживания людей в крупных городах. Как правило, для своевременного обнаружения нежелательных воздействий необходимо регулярно вызывать дорогостоящих специалистов, которые требуют больших затрат времени и средств, что не позволяет проводить обследования достаточно часто, тем самым увеличивая вероятность аварий в период между очередными обследованиями.

Поэтому в настоящее время чрезвычайную актуальность приобретает исследование возможности построения принципиально новых комплексных автоматизированных систем, осуществляющих непрерывный мониторинг технического состояния зданий и сооружений, для своевременного определения опасных состояний и предотвращения аварийных ситуаций.

Существуют большое количество систем мониторинга объектов, которые по принципу действия можно разделить на две группы: контактные способы измерения и бесконтактные.

В последнее десятилетие наблюдается активное развитие различных оптико-электронных систем мониторинга, которые в режиме многоканальных измерений позволяют получать необходимую информацию. Развитие подобных систем связано с тем, что наибольшее количество информации для принятия решений сосредоточено в электромагнитном излучении оптического диапазона. Пространственная плотность электромагнитного излучения оптического диапазона спектра значительно выше, чем в радиодиапазоне, и поэтому приемная часть оптических систем имеет существенно меньшие размеры, чем в радиосистемах, при одинаковых энергетических и точностных характеристиках.

Проведенный сравнительный анализ систем мониторинга крупногабаритных конструкций предлагаемых в данный момент на рынке как отечественном, так и зарубежном

показал, что для определенных сооружений и ценового сегмента перспективными являются использования распределенных оптико-электронных систем непрерывного контроля деформаций. Такие системы могут легко структурироваться и обеспечивать параллельные и независимые измерения с высокой частотой обновления информации.

В связи с вышеизложенным, в дальнейшем предлагается проведение исследований по развитию распределенных оптико-электронных систем на базе комплексирования информации для различных спектральных диапазонов оптического излучения и программных средств.

УДК 681.78

СИНТЕЗ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ВТОРИЧНОГО ЗЕРКАЛА РАДИОТЕЛЕСКОПА

Н.С. Толочёк
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

В работе рассматривается компьютерная модель оптико-электронного прибора предназначенного для определения пространственных координат объекта, работающего по методу «обратной угловой засечки».

Приборы для определения пространственных координат объекта: лидары, тахеометры, лазерные трекеры обеспечивают достаточную точность измерения, однако, из-за наличия сканирующей системы в своем составе данные измерительные системы имеют высокую стоимость, кроме того, они нуждаются в обеспечении специальных условий для своей работы. Поэтому **цель работы**, это разработка новой оптико-электронной системы для непрерывного наблюдения за положением вторичного зеркала (контррефлектора) радиотелескопа, а также моделирование работы такой системы в технологии MathCad.

Система, работающая по методу «обратной угловой засечки» состоит из, как минимум, трех активных визирных целей на объекте контроля, приемного канала, состоящего из объектива и матричного анализатора, приемного блока, включающего устройство сопряжения и электронно-вычислительную машину, которая вычисляет линейные и угловые перемещения объекта. Объектив, который имеет достаточное поле зрения для получения изображения от визирных целей, строит их изображение на матричном анализаторе. Видеосигнал, пройдя через устройство сопряжения, попадает в процессор ЭВМ, где производится обработка видеокадра и вычисление координат объекта по специальным алгоритмам. Для уменьшения воздействия наиболее влияющей погрешности измерения такой системы – погрешности измерения в плоскости матричного приемника излучения из-за наличия шумов на матрице, предлагается в приемном канале использовать объектив с фокусным расстоянием 400 мм и анализатор в виде трех фотоприемных матриц. Компьютерное моделирование такой системы подтверждает, что при такой структуре приемного канала удается снизить влияние случайной погрешности в 3 раза.

В результате, благодаря созданию специальной компьютерной модели, доказана возможность реализации такой системы как датчика выработки команд для автоматизированной коррекции положения контррефлектора.

УДК 681.785.35

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

А.В. Трушкина
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Рыжова

В настоящее время эллипсометрические технологии измерений, использующие свойства поляризованного излучения, распространяются во многие области науки благодаря точности метода, его универсальности, неразрушающему воздействию. Сегодня встала острая необходимость проводить исследования по этой теме, чтобы в дальнейшем совершенствовать приборы для эллипсометрических измерений, уменьшать их габариты, улучшать метрологические характеристики и адаптировать к различным условиям работы.

В связи с этим **целью работы** является анализ и сравнение технических характеристик современных эллипсометрических приборов для выявления их достоинств и недостатков, а также для выработки в дальнейшем рекомендаций по улучшению метрологических характеристик поляризационных установок для высокоточного контроля.

Был проведен патентный поиск и исследование схем и особенностей функционирования приборов, использующих в качестве источника поляризованного излучения лазер с определенной длиной волны, а также приборов, работающих в выделенном диапазоне длин волн. Из первой указанной группы были рассмотрены следующие эллипсометры: быстродействующий Стокс-эллипсометр и эллипсометрическая установка высокого временного разрешения для изучения высокотемпературных процессов. В качестве приборов, работающих в широком спектральном диапазоне, были рассмотрены следующие: спектроэллипсометр реального времени на основе коммутационной схемы и спектральный эллипсометрический комплекс *UVI*-диапазона. Было проведено попарное сравнение технических характеристик приборов.

Результаты сравнительного анализа приборов, работающих на одной длине волны излучения (быстродействующий Стокс-эллипсометр – эллипсометрическая установка для изучения высокотемпературных процессов):

- первый имеет меньшую погрешность измерения толщины пленки и больший диапазон измеряемых толщин;
- второй работает со световым пучком меньшего диаметра для обеспечения локальности измерений;
- кроме того, второй способен отслеживать изменения образца при высокотемпературном нагреве.

Результаты сравнительного анализа приборов, работающих в широком спектральном диапазоне (спектроэллипсометр на основе коммутационной схемы – спектральный комплекс *UVI*-диапазона):

- первый имеет меньшие погрешности измерения поляризационных параметров и больший диапазон измеряемых толщин;
- первый работает быстрее, но проводит лишь единичное измерение на заданной длине волны, в то время как второй сканирует полный спектр.

Итак, в данной работе был дан обзор последних исследований в области эллипсометрии с приведением схем и характеристик различных поляризационных угломеров. Можно сказать, что за последние годы разработки в этой области продвинулись достаточно далеко, появилось много возможностей измерения поляризационных параметров и, как следствие, оптических констант прозрачных материалов. Разумеется, место новым разработкам остается – необходимо решать задачи габаритов эллипсометров, а также уменьшения погрешности измерений, но, во всяком случае, быстродействие приборов уже достигнуто.

УДК 681.786

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХКООРДИНАТНОГО ЦИФРОВОГО АВТОКОЛЛИМАТОРА

Т.В. Тургалиева
Научный руководитель – д.т.н., профессор И.А. Коняхин

В работе проведены исследования по определению характеристик трехкоординатного цифрового автоколлиматора в лабораторных условиях. Результаты исследований подтвердили эффективность предложенной системы по трехкоординатному контролю угловых деформаций крупногабаритных промышленных объектов.

Введение. В настоящее время часто затрагивается задача определения пространственного взаимного положения объектов, под которыми понимаются два объекта, один из которых принимается за базовый (неподвижный), а второй – контролируемый – перемещается относительно него. При этом для контроля углового положения крупногабаритных промышленных объектов относительно некоторой базы широко используются оптико-электронные измерительные средства, в частности одно- и двухкоординатные автоколлиматоры, позволяющие контролировать положение объекта только относительно одной или двух осей, перпендикулярных оптической оси системы (коллимационные оси). Однако существует необходимость контроля положения объекта и относительно оптической оси системы (оси скручивания). Для одновременного измерения коллимационных углов и угла скручивания эффективным является применение трехкоординатных оптико-электронных автоколлиматоров.

Цель работы. Провести экспериментальные исследования по определению характеристик макета трехкоординатного цифрового автоколлиматора.

Базовые положения исследования. Для решения указанной задачи предлагается использовать трехкоординатный автоколлиматор с увеличенной чувствительностью измерения угла скручивания [1], в котором в качестве контрольного элемента используется тетраэдрический отражатель (ТО), с заданными отступлениями δ от 90° двух двугранных углов между отражающими гранями. При отражении такой ТО разделяет падающий по оси пучок автоколлиматора на две пары пучков, одна из которых может использоваться для измерения угла скручивания. Каждый из пучков пары для измерения угла скручивания Θ_3, составляет с осью объектива автоколлиматора угол Δ, который численно равен коэффициенту передачи между углом поворота ТО на угол скручивания и отклонением отраженного пучка от первоначального направления и, соответственно, определяет чувствительность измерения скручивания. Увеличение чувствительности Δ при использовании типового автоколлиматора с малым угловым полем обеспечивается переотражением пучка, реализуемым дополнительным плоским зеркалом. Коллимационные углы измеряются по части пучка, отраженной от фронтальной грани ТО как от автоколлимационного зеркала.

При практической реализации системы [1] величина выноса дополнительного зеркала составила величину 100 мм, что на дистанции до ТО 1000 мм определяет величину угла Δ=0,1 рад. Тогда коэффициент передачи по углу скручивания равен $K=2\cdot\Delta=0{,}2$, $K_3 = 2$ – для коллимационных углов.

В состав стенда [2] для проведения экспериментальных исследований системы входят трехкоординатный автоколлиматор с ТО [1], поворотный столик (позволяет задавать повороты относительно коллимационных осей OX, OY на углы Θ_1, Θ_2 и оси скручивания OZ на угол Θ_3), персональный компьютер, блок питания источника излучения трехкоординатного автоколлиматора, миллиамперметр, оптическая скамья ОСК-2, двухкоординатные автоколлиматоры с отражателями в виде плоского зеркала для контроля углового положения

ПС, блок питания источников излучения двухкоординатных автоколлиматоров.

Проведение исследований трехкоординатного цифрового автоколлиматора начато с контроля стабильности прибора за время $t < 100$ мин. при нулевом угловом положении ТО. Полученные в ходе контроля стабилизации значения среднеквадратической погрешности измерения (СКО) измеренных координат задают пороговую чувствительность измерительной системы и не превышают величину теоретической пороговой чувствительности, составляющей 0,1″ для коллимационных углов и 1″ для угла скручивания.

Следующим этапом измерений на представленном стенде [2] проводился контроль углов скручивания в диапазоне ±25′ и коллимационных углов в диапазоне до 10′ на дистанции в 1 м, снятие статической характеристики системы, определение коэффициента передачи K по измеренным углам и среднеквадратической погрешности измерения σ.

В результате проведения измерений получены величины СКО и коэффициента передачи ТО, равные σ=20″, K=0,215 для угла скручивания и σ=1,4″, $K_З$=2,167 для коллимационных углов. Значительное превышение экспериментальных СКО измерения по сравнению с величиной пороговой чувствительности объясняется относительно невысокой точностью задания угловых поворотов устройствами контроля при выполнении экспериментальных исследований.

Результаты. В ходе экспериментальных исследований трехкоординатного цифрового автоколлиматора доказана линейность статической характеристики автоколлимационной системы, при этом оценка среднеквадратического значения погрешности σ составила 20″ при измерении угла скручивания в диапазоне ±25′ и 1,4″ при измерении коллимационных углов в диапазоне до 10′. Полученные метрологические характеристики соответствуют требуемым для систем контроля углового положения крупногабаритных промышленных объектов.

Исследования выполнены в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список использованных источников:

1. Коняхин И.А., Копылова Т.В. Трехкоординатный оптико-электронный автоколлиматор с увеличенной чувствительностью измерения угла скручивания // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – № 6(70). – С. 9–11.
2. Тургалиева Т.В., Коняхин И.А. Исследование автоколлимационной системы измерения угловых деформаций крупногабаритных объектов // Научно-технический вестник ИТМО. – 2012. – № 6(82). – С. 150–151.

УДК 681.772.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОСТРОЕНИЯ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ В СФЕРЕ ПРИКЛАДНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Е.П. Тюрикова
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А. Рыжова

Введение. С каждым днем человечество все более поглощается идеей запечатлеть мир таковым, каким его видят наши глаза: объемным, насыщенным и точным. Однако зачастую люди не могут связать воспринятым человеческим глазом действительность с работой машины. Увеличить возможность более детально приобщиться к созданной на экране реальности помогает объемное или стереоизображение.

В настоящее время отсутствует детальное описание аппаратной реализации систем стереонаблюдения, что затрудняет процесс поиска альтернативных решений восстановления

трехмерной структуры сцены.

Целью работы является исследование построения стереоскопических систем в сферах телевидения для создания изображения в трехмерном виде.

В работе стоит несколько задач: изучение процесса получения стереоизображения для решения задач прикладного телевидения, исследование особенностей реализации методов при построении стереотелевизионных систем и поиск современных решений.

Основы формирования стереоизображения. В основе стереоизображения лежит физиология восприятия человеческого глаза окружающего пространства. Объемность предметов, их взаимное расположение по глубине пространства и рельефность воспринимаются нами благодаря бинокулярному зрению, т.е. мы имеем две точки обзора для видеоанализа объекта. Таким образом, мы создаем стереопару – пару плоских изображений одного и того же объекта (сюжета), имеющую различия между изображениями, которые создают эффект объема [1].

Чтобы получить трехмерное изображение в стереотелевизионной системе, нужно решить следующие поставленные задачи:

1. осуществить передачу по каналу связи видеосигналов, соответствующих двум изображениям (стереопаре) одного и того же объекта, полученным с двух позиций или ракурсов, аналогичных позициям наблюдения левого и правого глаза зрителя;
2. обеспечить зрителю раздельное рассматривание левым и правым глазом соответствующих изображений воспроизводимой стереопары на приемном конце стереотелевизионной системе.

Формирование стереопары в основном сводится к решению поставленных задач. Для этого стереотелевизионная система должна содержать две передающие телевизионные камеры, разнесенные в пространстве на некоторое расстояние, равное базису рассматривания. В зависимости от размера базиса будут использоваться две идентичные видеокамеры или одна передающая видеокамера с двумя объективами и двумя фотоэлектрическими преобразователями.

Схемы стереотелевизионных систем. В зависимости от назначения стереотелевизионной системы передача видеосигналов от левого и правого изображений стереопары может осуществляться последовательно во времени или одновременно.

Последовательная передача сигнала соответствует одноканальной стереотелевизионной системе. В данной системе для получения стереоизображения того же уровня, что и в вещательном телевидении, необходим канал связи с удвоенной шириной полосы пропускания, так как в два раза возрастает количество передаваемой визуальной информации в единицу времени по сравнению с вещательным телевидением. В системе может осуществляться использование как однотрубочной передающей камеры, так и применение двух камер.

Когда мы имеем дело с одновременной передачей видеосигналов, то стереосистема в общем случае будет двухканальной. Как и для одноканальной системы, также требуется удвоенная полоса пропускания видеосигналов стереопары по сравнению с вещательным телевидением. Последовательный способ передачи стереопары применяется в случае использования временного параллакса или при проектировании левого и правого изображений на матричном фотоприемном устройстве. В последнем случае кадры стереопары можно расположить на матричном фотоприемном устройстве, или рядом по горизонтали (последовательная передача по строкам), или рядом по вертикали (последовательная передача по полям или кадрам) [1].

Использование голографии. Наиболее совершенную многоракурсную стереотелевизионную систему возможно сделать, используя последние достижения голографии.

Практическая реализация сопряжена со многими техническими трудностями. Это объясняется тем, что для передачи и воспроизведения голографического изображения

требуются каналы связи с полосой частот до 1011 Гц и матричное фотоприемное устройство с разрешающей способностью до 1000 лин/мм. Однако голографическая система обладает избыточностью информации, так как в ней передаются данные о бесконечно большом числе ракурсов.

Современные решения. В стремлении модернизировать стереотелевидение производители разделились на два направления: создание технологии показа стереоскопического телевизионного изображения, не требующего ношения специальных очков или улучшение поляризационного метода стереотелевидения.

Компания LG Electronics представила технологию под названием Film Patterned Retarder, которая устраняет два главных недостатка современных активных затворных стереоочков – мерцание и двоение изображения. В активных очках используются две жидкокристаллические матрицы, меняющие прозрачность синхронно с демонстрацией на экране изображений для левого и правого глаза [4].

Ученые из Массачусетского технологического института построили 3D-дисплей, не требующий очков для просмотра [материал с выставки SIGGRAPH Asia 2010] . Его главные отличия от предшественников – широкий угол обзора, при котором сохраняется стереоэффект, причем не только по горизонтали, но и по вертикали, а также высокие яркость и разрешение. Новинка получила название HR3D.

Заключение. По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- отсутствие сильных изменений в структурных схемах СС, по сравнению с реализуемыми в предшествующие годы. Основные нововведения связаны с изменением характеристик компонентов системы и замены материалов на более удобные;
- главными тенденциями развития СС являются создание технологии показа стереоскопического телевизионного изображения, не требующего ношения специальных очков или улучшение метода создания изображения с помощью поляризационных очков, что реализуется в современном мире;
- основной проблемой, которая возникает в ходе реализации СС, является не способность описать все процессы программным обеспечением. К примеру, в дальнейшем развитием данной области могло бы стать Scene Understanding (понимание сцены), когда компьютер не только «видит», но и «понимает» что за объекты находятся перед ним.

Литература

1. Мамчев Г.В. Стереотелевидение. – М.: Энергия, 1979. – 64 с.
2. Джакония В.Е., Гоголь А.А., Друзин Я.В. Телевидение. Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 616 с.
3. «3D-стереотелевидение» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hwp.ru/, своб.
4. «LG совершенствует стереотелевидение» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:// www.osp.ru, своб.

УДК 681.78

КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗРАБОТОК ОБРАЗЦОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ТИПА ЧЕРНОЕ ТЕЛО

Н.И. Фастова
Научный руководитель – д.т.н., профессор Г.Г. Ишанин

Черное тело (ЧТ) является эталонным источником потока излучения. Оно применяется для паспортизации различных приемников оптического излучения, для определения характеристик пропускания поглощения различных материалов, для определения спектральных характеристик монохроматоров, для контроля пирометров и радиометров и других измерительных приборов.

В рамках данной работы был проведен обзор разработок образцовых излучателей типа Черное тело. В природе ЧТ не существует, однако искусственно удается создать излучатели, свойства которых приближаются к свойствам ЧТ. При правильном выборе факторов (формы полости и размера отверстия; материала и коэффициента излучательной способности внутренних стенок полости; неравномерности температуры внутренних стенок полости) можно достигнуть высокой степени соответствия излучения образцового инфракрасного излучателя с излучением идеального ЧТ (спектральную плотность которого можно вычислить с любой степенью точности по формуле М. Планка). В работе проведен обзор технических черных тел для работы в определенных температурных диапазонах и тел для работ в постоянных температурных точках. Для каждого типа излучателя был подсчитан коэффициент теплового излучения.

Экспериментально была проведена проверка системы установки термостабилизированной температуры излучателя типа черное тело, разработанного на кафедре ОЭПиС НИУ ИТМО.

Была проведена проверка:

1. правильности установки температуры черного тела на встроенном его индикаторе, для чего был использован образцовый термометр DT-610B;
2. автоматической стабилизации установленной температуры (за время наблюдения);
3. времени выхода на режим (32 минуты).

Температура, полученная по образцовому термометру, оказалась меньше температуры стабилизации. Погрешность составила 12%. Это может быть связано со сбоем в работе встроенного индикатора.

Работа выполнена в рамках НИР 12361 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2008–2013 годы.

УДК 681.78

ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ КАМЕРА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОЗДУШНОЙ И НАДВОДНОЙ ОБСТАНОВКОЙ

И.А. Фомин
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – к.ф.-м.н. И.Ю. Фёдоров
(Филиал ОАО «Корпорация «Комета» – «Научно проектный центр оптико-электронных комплексов наблюдения»)

В настоящее время, на большинстве кораблей нового поколения всех ведущих мировых флотов осуществляется переход на интегрированную систему освещения надводной обстановки. Актуальной является задача избавления оператора от рутинных операций наблюдения за текущей ситуацией на телевизионном (ТВ) экране за счет непрерывной автоматической обработки изображений и формирования в режиме реального времени достоверной информации для выработки решений.

Разрабатываемая цифровая ТВ камера видимого диапазона представляется важнейшей составной частью перспективного корабельного комплекса нового поколения, определяющей его основные тактико-технические характеристики.

ТВ-камера обеспечивает непрерывный мониторинг ответственных зон корабля во всех условиях наблюдения на фоне интенсивных естественных и искусственных помех, передачу полученного изображения в формате цифрового телевидения для последующего принятия решения. Это достигается за счет применения современной высокоскоростной элементной базы: высокочувствительных матричных фотоприемников, быстродействующих видеопроцессоров и широкополосных каналов передачи.

Реальная освещенность на объекте в видимом диапазоне может изменяться в диапазоне от единиц и долей люкса (сумерки) до 100000 люкс (солнце, ясный день, блики). При этом, как правило, существует взаимосвязь между такими параметрами, как быстродействие, разрешение, чувствительность. Соответственно, реализация ТВ-камер для наблюдения за воздушной и надводной обстановкой представляется нетривиальной задачей.

В докладе рассмотрен ряд современных корабельных систем наблюдения. Данные системы представляют собой системы кругового обзора с использованием матричных приемников, работающих в одном или нескольких диапазонах длин волн. Сформулированы основные требования к цифровой телевизионной камере наблюдения за воздушной и надводной обстановкой. Предложена к рассмотрению структурная схема разрабатываемой телевизионной камеры. Рассматривается вариант ее исполнения.

УДК 66.974.434

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСТВОРОВ ПРИРОДНЫХ СОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫМ РЕФРАКТОМЕТРОМ

А.В. Хабарова, В.А. Зубов
Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор А.Д. Яськов

Представлены результаты испытаний в лабораторных условиях промышленного рефрактометра ПР-3 производства компании «Технокон» (Санкт-Петербург). Принцип действия промышленного рефрактометра основан на измерении показателя преломления и температуры раствора и расчете по этим данным его концентрации и плотности. Испытания проводились на растворах, аналогичных по составу растворяющему щелоку и оборотному

рассолу в производстве калийных удобрений. Для приготовления растворов использовали дистиллированную воду и химически чистые соли: хлорид калия, хлорид натрия, хлорид магния и сульфат кальция. Для измерения плотности анализируемых растворов использовался пикнометрический метод. Затем промышленным рефрактометром измеряли показатели преломления растворов с известной плотностью. Данные по плотности и показателю преломления растворов при разной температуре сведены в таблицы. Выведены линейные уравнения зависимости между плотностью и показателем преломления растворов при различных температурах. Приведены графики соответствия экспериментальных и предсказанных по регрессионной модели точек при различной температуре растворов. Продемонстрирована высокая степень корреляции результатов измерения плотности и показателя преломления. Показано, что рефрактометрический метод является более точным по сравнению с методами определения плотности, применяемыми в настоящее время, и может использоваться для непрерывного автоматического определения плотности рассолов на галургических предприятиях.

УДК 621.384.3

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСАХ КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

О.В. Хофман
Научный руководитель – к.т.н., доцент С.В. Михеев

В процессе перевозки грузов железнодорожным транспортом требуется обеспечить безопасность их передвижения и сохранность в пути следования. Данная задача решается за счет внедрения комплексов технических средств выявления коммерческих неисправностей. Таким современным комплексом является автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ).

Первые системы АСКО ПВ были разработаны в 1995 году в рамках Государственной Программы повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте Российской Федерации (Постановление правительства Российской Федерации № 833 от 29.10.1992 г.).

Комплексы АСКО ПВ представляют собой электронные ворота, оснащенные прожекторами, телекамерами, датчиками контроля негабаритности, тепловизорами. Через них на скорости 40–60 км/ч проходят поезда. Информация с приборов автоматически передается оператору комплекса АСКО ПВ, который осуществляет ее запись и обработку. В случае выявления оператором негабаритности или коммерческой неисправности, угрожающие безопасности движения и сохранности перевозимых грузов, вагон оцепляется от состава.

Тепловизоры на станциях АСКО ПВ осуществляют дистанционный контроль загрузки вагонов. Приборы позволяют определять уровень жидких грузов в цистернах, сыпучих – в вагонах и полувагонах.

Тепловизоры определяют разницу температуры между заполненными и пустующими частями вагона или цистерны. Термографическая система сканирует наружную поверхность цистерны и определяет температуру внутри нее. Определив разницу температур, система лишь с долей погрешности около 5 мм определяет уровень налива (это происходит благодаря тому, что температура нефтепродуктов отличается от температуры воздуха). Затем производится сканирование номера цистерны и передача данных оператору АСКО ПВ. Благодаря тепловизионному оборудованию стало возможным установление факта хищения нефтепродуктов в пути следования. Кроме того, тепловизоры способствуют обеспечению безопасности движения на железной дороге, так как недолив может привести к раскачке

жидкости в цистерне и ее опрокидыванию во время движения.

С помощью систем АСКО ПВ значительно увеличилось количество вагонов с выявленными коммерческими неисправностями. На железных дорогах России по состоянию на начало 2009 года действовало более 170 систем АСКО ПВ, из них 21 система установлена в 2008 году.

Использование тепловизионного оборудования на железных дорогах способствует обеспечению безопасности движения поездов, сохранности грузов, а также контролю заполнения цистерн и вагонов.

УДК 681.78

ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ КАМЕРА ДЛЯ АППАРАТУРЫ АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

Д.А. Шайдеров
(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)
Научный руководитель – к.ф.-м.н. И.Ю. Фёдоров
(Филиал ОАО «Корпорация «Комета» – «Научно проектный центр оптико-электронных комплексов наблюдения»)

В настоящее время актуальна проблема изучения и освоения Мирового океана. Это объясняется тем, что в условиях научно-технического прогресса не ослабевает роль продовольственных, сырьевых, энергетических и прочих ресурсов земного шара. Кроме того, необитаемые подводные аппараты в России не получили широкого развития.

Разрабатываемая цифровая телевизионная камера видимого диапазона является важнейшей составной частью перспективного комплекса автономного необитаемого подводного аппарата.

Телевизионная камера является ключевым узлом, отвечающим за считывание и обработку полученной информации, и обеспечивает формирование цифрового сигнала при наблюдении грунта через иллюминатор носителя аппаратуры и слой воды, в условиях искусственного освещения.

Разрешающая способность камеры должна обеспечивать наблюдение объектов минимальным размером 32 мм при отстоянии от грунта 4–10 м с контрастом не менее 20%. При этом минимальная освещенность на объекте может составлять до 0,1 лк.

В работе рассмотрены особенности применения и построения современных цифровых ТВ-камер для оптико-электронных систем подводного видения на примере подводных аппаратов производства США, Франции и России.

Считывание видеоинформации разрабатываемой ТВ-камеры построено по принципу построения растра в режиме одной строки.

По результатам светотехнического расчета сформулированы основные требования к параметрам камеры. Произведен выбор матричного фотоприемного устройства. Проанализированы методы повышения чувствительности в условиях низкой освещенности. Предложена к рассмотрению структурная схема разрабатываемой цифровой ТВ-камеры.

УДК 535

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.С. Шахова
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.Н. Чертов

Использование оптико-электронных методов анализа и контроля в области пищевой промышленности дает возможность решения следующих задач, как распознавание недоброкачественных и запрещенных компонентов в составе продукта, определение начальной стадии порчи продукта, анализ интенсивности окраски продукта и многое другое.

Целью работы является поиск более легкого способа определения порчи продукта на ранних стадиях, распознавание запрещенных компонентов в составе продукта.

На основе имеющихся источников проведен аналитический обзор оптико-электронных приборов, систем и комплексов, используемых в указанной области для экспресс-анализа. Рассмотрены важные характеристики анализаторов и сделан вывод о том, какими требованиями должен обладать прибор для экспресс-анализа продуктов питания.

Результатом настоящей работы является обзор различных методов анализа и контроля пищевых продуктов, приведены примеры исследования некоторых пищевых продуктов на основе люминесценции. В дальнейшем планируется подробнее изучить метод люминесцентного анализа пищевых продуктов.

УДК 66.974.434

РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ВИННОГО СУСЛА

К.А. Шишова, А.В. Маркидонова
Научный руководитель – д.т.н., профессор В.Т. Прокопенко

В настоящее время все более широко применяются рефрактометрические методы измерения показателя преломления растворов в совершенно разных областях промышленности, как например, химической, целлюлозно-бумажной, пищевой и прочих. Показатель преломления – это важная характеристика вещества, позволяющая определить его физические и химические параметры, провести анализ качества и структуры вещества, идентифицировать состав и примеси химических соединений. В сфере пищевой промышленности показатель преломления дает возможность контролировать состав продукта без отрыва от производства. В данном докладе представлен принцип работы промышленного рефрактометра производства компании «Технокон» для контроля процесса переработки концентрированного винного сусла. Описаны результаты лабораторных испытаний по определению количества сахара, содержащегося в соке винограда, т.е. плотности (концентрации) сусла как показателя качества продукта. Принцип действия данного промышленного рефрактометра основан на измерении показателя преломления и температуры раствора, и вычисления по полученным данным его концентрации и плотности. Лабораторные испытания проводились на растворах в условиях, близких к промышленным условиям. Для приготовления растворов использовались натуральные концентрированные соки ягод и фруктов. На основе полученных данных построены графики и определены уравнения зависимости между плотностью и показателем преломления растворов.

УДК 621.384.3

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СВЕТОТЕХНИКИ

Р.А. Юрьева
Научный руководитель – к.т.н., доцент Н.К. Мальцева

Краткое вступление, постановка проблемы. Температура кристалла зависит от температуры *p-n*-перехода, соответствующей температуре активной области. Важность этой характеристики объясняется следующими причинами. Во-первых, от температуры *p-n*-перехода зависит внутренний квантовый выход излучения светодиода. Во-вторых, работа в режиме высоких температур значительно сокращает время жизни устройства. В-третьих, высокая температура внутрисветодиода может явиться причиной разрушения его корпуса. Именно поэтому всегда желательно знать зависимость температуры перехода от протекающего тока. Местами выделения тепла внутри светодиода являются контакты, внешние слои и активная область. При низких значениях тока нагревом контактов и внешних слоев можно пренебречь из-за незначительного количества тепла. Поэтому при малых токах основным тепловым источником является активная область, нагрев которой происходит в результате безызлучательной рекомбинации.

Цель работы. Рассмотрение выбора величины теплового сопротивления *p-n*-переход–корпус в качестве показателя надежности. Ее измерение для контроля качества полупроводниковой светотехники на этапе входного контроля и повышение тем самым надежности работы аппаратуры в целом.

Базовые положения исследования. Процесс изготовления светодиодов состоит из процесса выращивания кристаллов, создание чипа, бинирование и непосредственно изготовления светодиода. Чаще всего светодиоды выходят из строя вследствие деградации кристалла, т.е. из-за повышенной температуры *p-n*-перехода. Поскольку эту температуру можно измерить только в лабораторных условиях с применением сложных и дорогостоящих методов, при проектировании используются математические методы, позволяющие связать ее с температурой в тех или иных точках корпуса светодиода.

Промежуточные результаты. Полупроводниковая светотехника обладает высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую, поэтому исследования ее энергетических характеристик являются важной задачей. К этим характеристикам относятся световая и тепловая мощности, коэффициент полезного действия и тепловое сопротивление. Другой важной характеристикой светодиодов является их долговечность. Эти характеристики также связаны с тепловой мощностью, выделяемой светодиодом, и тепловым сопротивлением перехода кристалл–подложка.

Теплообмен светодиода с окружающей средой характеризуется следующими процессами:

- – светодиод излучает свет с мощностью $P_{св}$;
- – кристалл отдает теплоту в окружающую среду (тепловое сопротивление R_1);
- – кристалл отдает теплоту подложке (тепловое R_2);
- подложка отдает теплоту окружающей среде (тепловое сопротивление R_3).

Максимальный постоянный рабочий ток светодиодов около 350 мА. Этому току соответствует падение напряжения на диоде примерно 2,9–3,3 В. В различных партиях диапазоны могут незначительно меняться – это вызвано технологическим разбросом при изготовлении кристалла и отклонением от нормы не является. Нужно учитывать, что использование светодиодов с максимальным рабочим током возможно только при наличии качественного теплоотвода избыточной площади.

Практические результаты. Высокий перегрев светодиодов будет способствовать быстрой деградации кристаллов и приведет к уменьшению яркости и изменению спектра излучения, а также внезапным отказам светодиодов в результате теплового пробоя. По степени разброса теплового сопротивления *p-n*-переход–корпус можно судить как о качестве изделий данного типа, так и о конкретной партии элементов

Исследование светодиода с помощью тепловизионной техники обеспечивает улучшение контроля термосопротивления *p-n*-переход–корпус, гораздо проще в осуществлении. Высокая чувствительность современных тепловизоров (≈0,08°C при +30°C, ThermoVision A40-M) позволяет снизить вероятность пропуска бракованных светодиодов.

УДК 681.78

АНАЛИЗ ПОМЕХИ ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ В ИМПУЛЬСНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ЛОКАЦИИ

А.А. Киселева
Научный руководитель – д.т.н., профессор Е.Г. Лебедько

Системы импульсной оптической локации являются одним из важнейших направлений оптико-электронного приборостроения. В данной работе исследуются импульсные характеристики помехи обратного рассеяния. Диффузные помехи аддитивны с рабочим сигналом и их параметры могут изменяться в широком диапазоне в зависимости от конкретного состояния среды. Влияние диффузных помех может проявляться в увеличении вероятности ложных тревог. Кроме того большой уровень диффузных помех может привести к потере чувствительности фотоприемника и препятствовать к обнаружению рабочего сигнала.

Цель работы заключается в исследовании диффузной помехи обратного рассеяния при совмещенных и разнесенных полях излучения и приема и формулирование требований, к выбору оптической схемы локатора.

В качестве основных положений будем считать, что зондирующий импульс представлен в виде дельта-функции. Коэффициенты ослабления молекулярного рассеяния и поглощения также как коэффициент аэрозольного поглощения можно пренебречь по сравнению с коэффициентом ослабления Ми-рассеяния. Показатель рассеяния атмосферы равен коэффициенту ослабления Ми-рассеяния. Среднее значение индикатрисы рассеяния в направлении назад принимается равным единице. Коэффициент, зависящий от характеристик полей излучения и приема равен единицы. В качестве состояний атмосферы использовались: заметный туман, слабый туман, очень сильная дымка, заметная дымка.

Для достижения этой цели поставлены задачи.

- Изучение обобщенной структурной схемы оптической локационной системы.
- Знакомство с различными видами помех.
- Исследование импульсной характеристики обратного рассеяния на основе методов имитационного моделирования.
- Моделирование импульсной характеристики в пакете прикладных программ Mathcad.
- Анализ помехи обратного рассеяния при разнесенных полей излучения и приема.
- Анализ помехи обратного рассеяния в коаксиально приемно-передающей системе с аналогичными данными.
- Выводы по выбору оптической схемы локатора.

В качестве промежуточных результатов были получены, что при повышении показателя ослабления максимума функции он сдвигается в сторону начала импульсной характеристики, т.е. крутизна фронта импульсной характеристики обратного рассеяния увеличивается и сокращается общая ее длительность (из-за уменьшения глубины

проникновения зондирующего излучения в среду). При выполнении имитационных моделей с фиксированными параметрами длины волны ($9 \cdot 10^{-7}$ м), базой прибора (100 мм), углом излучения и приема (1°) и метеорологической дальностью видимости (МДВ) (0,5 км) было экспериментально получено уменьшение длительности импульса и уменьшение максимума характеристики при увеличении метеорологической дальности видимости (0,5; 1; 5 км).

В результате проведенного исследования были смоделированы импульсные характеристики обратного рассеяния. Исходными данными для моделирования были разнесенные поля излучения и приема с базами d =100, 200, 300 мм и углах излучения и приема $2\beta_1 = 2\beta_2 = 1^\circ$, 5°, 10°, 20°, МДВ равна 0,5; 1; 2; 5; 10 км. По результатам моделирования получено, что при увеличении МДВ максимум характеристики значительно уменьшается. Это связано с уменьшением коэффициента Ми-рассеяния. Длительность помехи уменьшается при увеличении МДВ. Изменение β и d влияет на границу теневой зоны.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», 2008–2013 годы.