

Інформаційні технології в технічних системах

УДК 681.325.5.181.4:528.8

Л.Р. Бекирова, Т.А. Гасанов

Азербайджанская государственная нефтяная академия, Баку, Азербайджан

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ИК ДИАПАЗОНА

Исследуются пути улучшения характеристик и повышения достоверности подспутниковых инфракрасных (ИК) систем, используемых при исследовании наземных объектов, оценке природных ресурсов и контроле экологического состояния окружающей среды, определение и оценки аварий и взрывов производственных отраслей и т.д. Описываются аппаратное и программное обеспечение систем ИК диапазона и методы измерения, обеспечивающие повышение быстродействия измерений и достоверность полученных результатов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, ИК системы, быстродействие, модуляция, жидкокристаллический дефлектор, достоверность информации.

Введение

Статья посвящена улучшению характеристик систем дистанционного зондирования (ДЗ), предназначенных для исследования оптико-физических параметров наземных объектов в ИК диапазоне спектра. Предлагаемый метод измерения и структура системы, в совокупности с аппаратным и программным обеспечением позволяют позиционировать ее как измерительную систему с элементами интеллектуализации.

Системы ДЗ по сравнению с наземными измерительными системами имеют преимущества при решении целого ряда задач. В этих системах с целью повышения достоверности результатов измерения, быстродействия и уменьшения весогабаритных показателей, вибрации и энергопотребления особое значение имеет выбор метода измерения и эффективность аппаратного и программного обеспечения. При этом использование современных технологий, в том числе микропроцессоров (МП), микроконтроллеров (МК) и т.д. позволяет улучшить показательные характеристики систем и исключить механические узлы, что обуславливает актуальность разработки новых структур ИК систем для ДЗ. Кроме того, следует иметь в виду, что результаты измерений, полученные в ИК диапазоне спектра, играют важную роль при классификации исследуемых объектов.

В настоящей статье рассматриваются также вопросы улучшения структуры оптической части системы управляемые электронным блоком, который при дальнейшем преобразовании сигнала в измерительном тракте, предварительной обработке и получении достоверной информации об исследуемом объекте, играют существенный роль. При этом выбор диапазона измерений имеет важный роль. Известно, что ДЗ используются электромагнитные волны в диа-

пазоне длин волн от 0,4 мкм до десятков метров. Принимаемые волны в диапазоне 0,4 до 3,5 мкм, в основном, являются солнечным излучением и излучением от земных объектов. В ИК диапазоне источником излучения является сам объект. Следует отметить, что при исследовании земной поверхности из космоса каждый диапазон спектра имеет свои особенности которую нужно учесть при разработке систем.

Кроме того, при исследовании наземных объектов на результаты измерений также влияет тип почвы. Например, характеристики отраженного излучения в видимом диапазоне, кроме отражающей способности объекта, зависят от химического состава почвы, ее механического строения, влажности и шероховатости. А излучение в тепловой области спектра зависит от влажности, биометрических характеристик растительного покрова и т.д. Большое значение имеет также тепловые инерционные свойства почвы. Отраженное излучение в радиодиапазоне зависит от условий распространения теплового излучения в вертикальном направлении, от состава почвы, формы поверхности, влажности и свойств растительного покрова. Таким образом, электромагнитное излучение, регистрируемое системами ДЗ, должно оцениваться как результат влияния внутренних и внешних факторов.

Диапазону волн 8-13 мкм, то есть ИК тепловому излучению, соответствуют собственные тепловые излучения объектов земной поверхности и океана. Этот диапазон хорошо отражает панораму геотермальных процессов. По изменениям температуры земной поверхности при смене дня и ночи можно сделать вывод об их тепловой проводимости и геологическом строении. По тепловому отражению водной поверхности можно сделать заключение о биологической активности отдельных водных участков. В диапазоне ИК теплового излучения повышение тем-

пературы аномальных почвенных участков позволяет диагностировать характер аномалии.

Учитывая что, для повышения эффективности исследований наземных объектов с помощью систем ДЗ большое значение имеет рациональный выбор аппаратных и программных средств, в них применяем этот метод, следует особое внимание уделять реализации функций некоторых блоков систем ДЗ (в выбранном диапазоне измерений.), на базе жидкокристаллических (ЖК) блоков и анализу принципов действия разработанных на их основе дефлекторов. Так как в ЖК наблюдается оптический эффект, не имеющий аналога в других материалах который связано с их большой лабильностью. Небольшое электрическое поле приводит к изменению оптических свойств ЖК. Электродинамические и электрооптические эффекты в ЖК используются при создании ЖК дефлекторов.

Жидкие кристаллы используются также при обработке, модуляции, сканировании, фильтрации оптических сигналов, а также при формировании и распознавании оптических образов и т.д.

Основные материалы исследования

Анализ состояния проблемы. Аппаратура инфракрасных радиометров предназначена для измерения энергетической яркости наземных объектов. В общем случае в структуру ИК радиометра входят оптический (ОБ), оптико-электронный (ОЭБ) и электронный (ЭБ) блоки.

Принцип работы ИК радиометра основывается на сравнении теплового излучения исследуемого объекта с излучением, генерируемым блоком ИАЧТ. Температура ИАЧТ поддерживается на уровне +47 °С. При этом излучение от наземного объекта (НО) через объективы попадает на зеркальную поверхность модулятора. Диск модулятора выполняет следующие функции: совместно с призмой коммутирует излучение на вход ОЭБ и поочередно пропускает излучения от НО или от ИАЧТ, а также обеспечивает подачу излучения от излучателя к приемнику в генераторе опорных импульсов (ГОИ) с частотой модуляции сигнала от теплового излучения наземного объекта.

В ОБ к механическим модуляторам предъявляются следующие требования: качественное пропускание излучения в рабочем спектральном диапазоне, т.е. малые потери потока излучения; высокая стабильность характеристики; малая потребляемая мощность; малые габариты и вес; надежность в эксплуатации.

В оптико-механических модуляторах непрозрачные ячейки обычно имеют зеркальное покрытие. Такая конструкция модулятора обеспечивает коммутацию сигналов от ИАЧТ и от исследуемого объекта. Ячейки модулятора могут быть изготовлены из световых фильтров, обеспечивающих различные диапазоны пропускания света. Они работают на принципе уравнивания потоков канала. С помощью вращающегося оптико-механического модулятора обыч-

но можно получить сигналы частотой до 5 – 10 кГц. Недостатком такого модулятора является то, что он пропускает только волны с малыми амплитудами и носит импульсный характер модуляции.

Измерительная система, предназначенная для исследования наземных объектов в ИК диапазоне, позволяет получать более качественные результаты. Однако для получения более точных и достоверных результатов об исследуемом объекте, применение в ОЭБ механического модулятора создает ряд недостатков. Создаваемые вращающимся двигателем и электрической схемой привода механического модулятора электрические шумы и помехи невозможно полностью исключить. Кроме того, как отмечалось выше, механические узлы ограничивают выбор частот модуляции в радиометрических системах. Следовательно, с целью улучшения характеристик и повышения достоверности и быстродействия системы целесообразно замена механических модулятора в ОЭБ на электронные модуляторы на основе жидкокристаллических дефлекторов с электронным управлением. Это позволяет выполнить электрическую часть в виде единой интегральной схемы.

Постановка задачи. Дистанционное зондирование параметров земной поверхности с летательных аппаратов (ЛА) основано на отражении, поглощении и генерации электромагнитного излучения (ЭМИ) различными объектами. Тепловое излучение как указано в начале, позволяет решить ряд задач обнаружения растительных участков, пострадавших от болезней и вредителей; обнаружение в море и на суше загрязнений и утечек; контроль лесов с точки зрения пожарной безопасности; обнаружение полезных ископаемых и т.д. Кроме того для контроля экологического состояния окружающей среды в процессе добычи, обработки и транспортировки нефти и газа также целесообразно использование методов ДЗ в частности применяемые в ИК диапазоне спектра.

Один из вариантов структурных схем системы контроля, работающей в ИК диапазоне спектра показана на рис. 1. Как видно из рисунка, система контроля состоит из блока оптоэлектронных преобразователей (БОЭП), блока усиления (БУ), блока цифроаналогового преобразователя (БЦАП), блока генераторов стабильного тока (БГСТ), системы автоматического регулирования температуры (САРТ) внешнего запоминающего устройства (ВЗУ), базы данных (БД) и микроконтроллерного модуля (МКМ).

БОЭП состоит из двух идентичных измерительных каналов – ИК1 и ИК2 (рис. 2). Каждый ИК содержит оптический фильтр ОФ, оптический преобразователь ОП, первичный усилитель ПУ, полосовой активный фильтр РС типа, усилитель У, фазовращатель ФВ, синхронные детектор СД и фильтр низкой частоты ФНЧ. Каждый из оптических фильтров выбирается в соответствии с длиной волны каждого канала (8.5 – 10.5 мкм и 10.5 – 12.5 мкм).

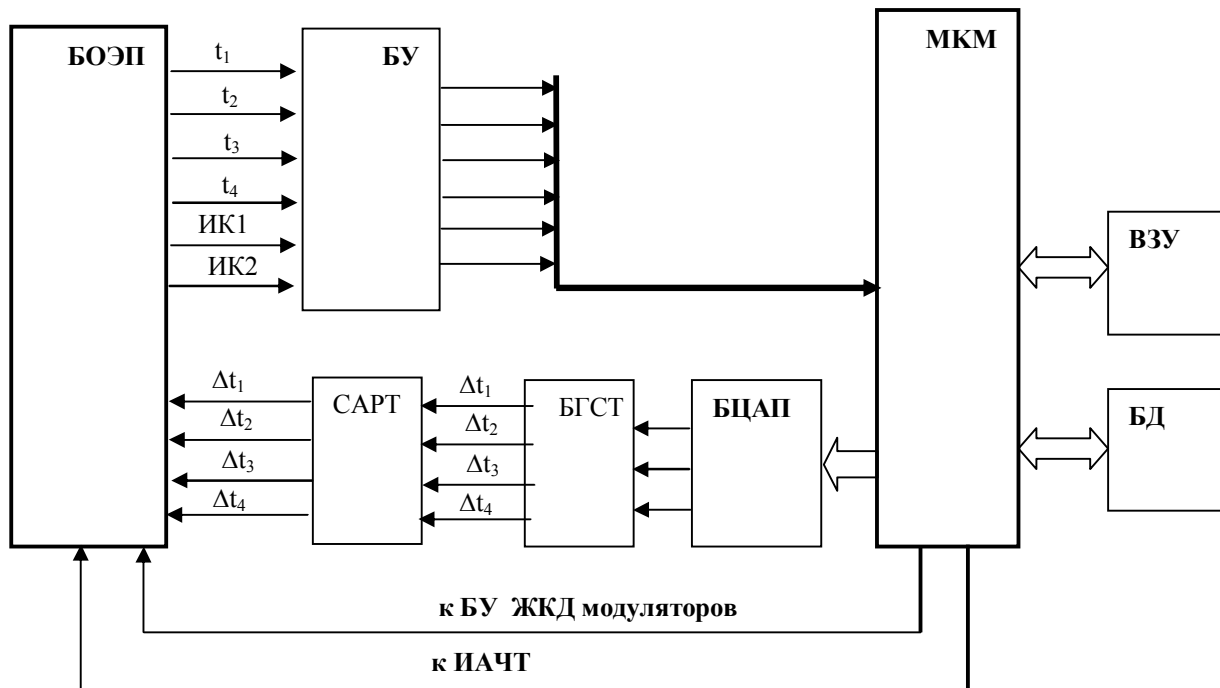


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

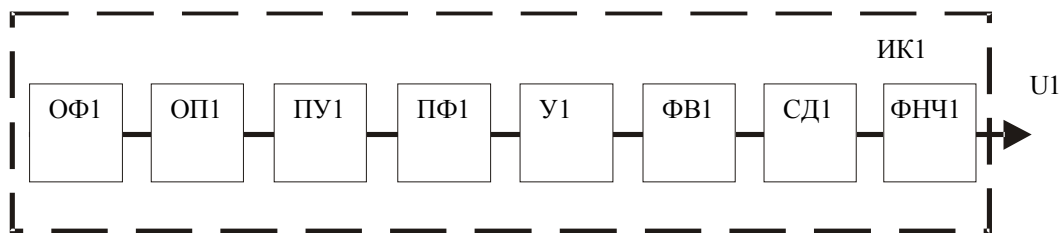


Рис. 2. Структурная схема измерительного канала

Излучение, проходя через оптические фильтры, поступает на ОП1 и ОП2. Переменные электрические сигналы, полученные на выходе фотопреобразователей пропорциональны разности интенсивности излучений наземного объекта и источника абсолютного черного тела ИАЧТ. Эти сигналы подаются на предварительные усилители ПУ1 и ПУ2, а затем – на полосовые фильтры RC типа ПФ1 и ПФ2.

Эти фильтры значительно сужают частотный спектр сигналов и снижают уровень шумов, а также повышают порог чувствительности устройства.

Далее сигналы усиливаются основными усилителями У1 и У2, а затем подаются на схему фазовращателей (ФВ1 и ФВ2). Схемы ФВ1 и ФВ2 предназначены для приведения к нулю фазового смещения между полезным и опорным напряжениями. С выходов фазовращателей сигналы подаются на синхронные детекторы (СД1 и СД2). В синхронных детекторах модулированные по амплитуде гармонические сигналы взаимодействуют с опорными напряжениями в виде меандра, когерентными с полезными сигналами. В результате на выходах СД1 и СД2 формируются однополярные пульсирующие напряжения, которые сглаживаются с помощью фи-

льтров низкой частоты (ФНЧ1 и ФНЧ2). Таким образом, на обоих выходах

ОЭБ получают сглаженные постоянные напряжения U_1 и U_2 , пропорциональные измеряемым длинам волн. После измерения температуры в соответствующих точках, ее значения вводятся в МКМ, где сравниваются с номинальными значениями температур этих узлов, хранящиеся в блоке базы данных (БД). При наличии разности между сравниваемыми значениями, эта разность преобразуется в аналоговую форму в блоке цифро-аналогового преобразователя БЦАП. Далее эти сигналы усиливаются в блоке генераторов стабильного тока (БГСТ) и передаются в систему автоматического регулирования температуры (САРТ), который состоит из четырех блоков стабилизации температуры (СТ1, СТ2, СТ3, СТ4).

Схема двухканальной системы, соответствующая выше представленной структуре более подробно представлена рис. 3. В БОЭП системы используются две объективы ОБ1 и ОБ2, источник абсолютного черного тела ИАЧТ, генератор опорных импульсов ГОИ, который состоит из излучателя И и приемника излучений ПИ, три жидкокристаллического дефлектора ЖКД, блок питания БП, два блока

управления БУ, четыре блока стабилизации температуры СТ, призма Пр, ГОИ, дополнительный блоки предварительного усилителя ПУЗ и основной усилитель УЗ. Как видно из рисунка, в этой системе исключены механические узлы, а для выполнения его функции в БОЭП используются 3 ЖКД. Для организации работы системы с помощью этих дефлекторов предусмотрена три режима: «объект», «ИАЧТ» и «ГОИ». В режиме «ГОИ» ЖКД 1 в ГОИ модулирует сигналы между излучателями и приемниками излучения и в результате получается сигналы в виде меандра, когерентными с полезными сиг-

налами. В режиме «объект» для получения полезного сигнала ЖКД2 модулирует излучение от наземного объекта, т.е обеспечивает регулирование подачи излучения от ОБ1 к Пр. В режиме «ИАЧТ» ЖКД3 модулирует излучение от ИАЧТ, который через ОБ2 поступает на Пр. В результате сигналы от объекта и ИАЧТ поочередно через ЖКД2 и ЖКД3 подаются на Пр, который направляет эти сигналы на СФ обеих каналов. Для обеспечения режима работы системы в резидентную память программ МКМ записывается программа для управления ЖКД1, ЖКД2 и ЖКД3.

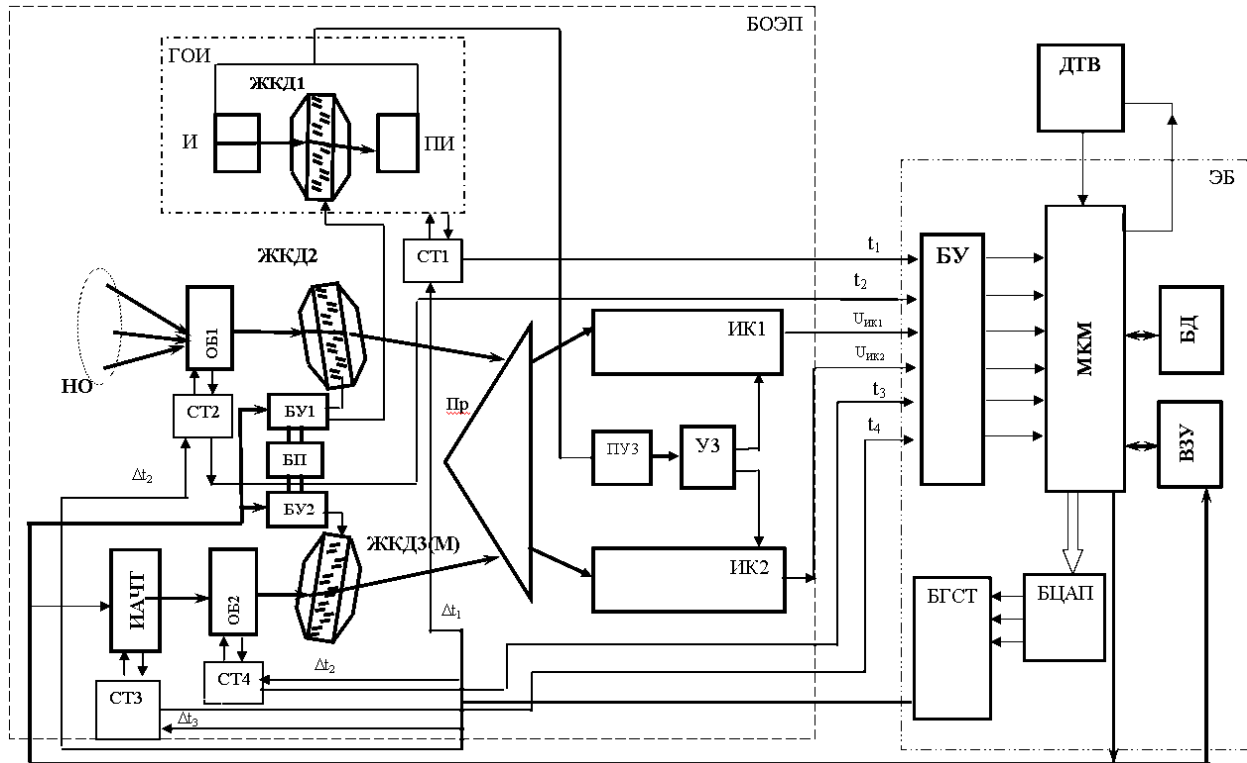


Рис. 3. Структурная схема система с интеллектуальными элементами работающие в ИК диапазоне

В соответствии с соответствующими программами, в начале процесса измерения, как было описано выше, производятся измерения температур в соответствующих узлах БОЭП (ГОИ, ОБ1, ОБ2, ИАЧТ). Значения этих температур через блок усиления БУ вводятся в МКМ, где сравниваются с номинальными значениями температуры этих узлов, хранящихся в БД. При появлении разницы между измеренными температурами соответствующих узлов и их номинальными значениями, разностные сигналы преобразуются из цифровой формы в аналоговую форму. Этот сигнал усиливается в БГСТ и передается в систему автоматического регулирования температуры САРТ соответствующего узла БОЭП.

В САРТ поступающий сигнал сравнивается с сигналом термопреобразователя соответствующего узла и полученный разностный сигнал усиливается и воздействует на цепь нагревателя. Это продолжа-

ется до того момента, пока температура соответствующего узла достигнет требуемого значения (для ИАЧТ – +47 °С, а для остальных узлов и внутри ОЭБ – +20 °С).

При достижении требуемой температуры в соответствующих узлах БОЭП из МКМ подается сигнал на ИАЧТ и он возвращается в исходное положение. Только после этого под управлением МКМ обеспечивается подача напряжения от источника питания (ИП) через блок управления БУ2 на управляющий блок ЖКД3. В результате происходит полное внутреннее отражение и из-за прозрачности жидкого кристалла дефлектора (ЖКД3) создается возможность попадания выходных сигналов ИАЧТ через ОБ2 и ЖКД3 на Пр. Эти сигналы соответствуют температуре ИАЧТ и проходя через измерительный канал (ИК) с помощью блока усиления передается на МКМ.

После этого по сигналу МКД блок управления (БУ1) подает напряжение блока питания (БП) на управляющий вход ЖКД2 и поступающие из наземного объекта (НО) сигналы с помощью ОБ1 и ЖКД2 попадают на Пр.

Затем производится опрос измерительных каналов ИК1 и ИК2. Выходные сигналы этих каналов вводятся в МКМ и записываются в резидентную память данных (РПД) МКМ. Во время термостатирования температур соответствующих узлов БОЭП в МКМ определяется среднее значение результатов десятикратных измерений. Данные периодически передаются из резидентной памяти данных МКМ в ВЗУ. Применением ЖКД также исключается погрешность, возникающая из-за рассеяния излучения в приемной части оптического блока.

Используемые ЖКД позволяют электронное управление режимом работы системы и исключают недостатки, присущие механическим модуляторам. Кроме того, периодически осуществляется самоконтроль системы по программе, хранящейся в резидентной памяти программ МКМ. С этой целью в системе предусматривается использование дополнительных датчиков температуры и влажности (ДТВ), контролирующих предельных значений температуры и влажности помещения, в котором располагается система. Эта предназначена для исключения этих параметров на полезный сигнал, что дополнительно увеличивает достоверность полученной информации.

Выходные сигналы ДТВ подаются на аналоговые входы МКМ, имеющий внутренний АЦП. Номинальные значения этих параметров хранятся в базе данных.

Выводы

Структурные изменения в системе, т.е. замена механического модулятора на модулятор с тремя ЖКД с электронным управлением, наряду с исключением отрицательных влияний шумов и помех механического модулятора на результаты измерений

также дает возможность уменьшения весогабаритных показателей и энергопотребление.

С помощью таких ЖКД можно получить модуляцию более высоких частот.

Из-за отсутствия вращающихся частей модулятора на ЖКД системы более долговечны.

Таким образом, предложенная структура дает возможность улучшения характеристик, повышения достоверности и быстродействия системы, а также контролировать действие внешних факторов на полезный сигнал, который дополнительно увеличивает достоверность полученной информации.

Список литературы

1. Мирсалимов Р.М. Измерительно-вычислительный комплекс для контроля физических параметров природных объектов с регистрацией информации на борту летательного аппарата / Р.М. Мирсалимов, Т.А. Гасанов // Ученые записки: сб. – Баку: АГНА, 1993. – № 1. – С. 85-89.
2. Гребенкин М.С. Жидкокристаллические материалы / М.С. Гребенкин, А.В. Иващенко. – М.: Химия, 1989. – 288 с.
3. Həsənov T.Ə. Yerüstü obyektlərin optik-fiziki parametrlərinin ölçülməsi və ölçmə diapazonunun seçilməsinin ölçmə nəticələrinə təsiri. Elm və təhsildə informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının tətbiqi. Beynəlxalq konfrans / T.Ə. Həsənov. – Bakı, 16-17 sentyabr 2004.
4. Сашин А.С. Введение в физико-жидких кристаллов / А.С. Сашин. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 320 с.
5. Лебедев Н.Е. Определение поверхностной температуры и перепада температуры в скин-слое с борта движущегося судна по данным ИК-измерений / Н.Е. Лебедев, В.М. Савоськин, С.В. Станичный // Морской гидрофизический журнал. – 1994. – 132 с.
6. Усманов Ф.А. Моделирование спектров яркости горных пород как объектов дистанционной съемки в видимой и ближней ИК области спектра / Ф.А. Усманов, Е.Э. Рахимова // Исследование земли из космоса. – 1993. – № 3. – С. 47.

Поступила в редколлегию 4.04.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.К. Мамедов, Азербайджанская нефтяная академия, Баку.

ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДСУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ІЧ ДІАПАЗОНУ

Л.Р. Бекірова, Т.А. Гасанов

Досліджуються шляхи поліпшення характеристик і підвищення достовірності підсупутникових інфрачервоних (ГЧ) систем, що використовуються при дослідженні наземних об'єктів, оцінці природних ресурсів і контролю екологічного стану навколишнього середовища, визначення і оцінки аварій і вибухів виробничих галузей і т.д. Описуються апаратне і програмне забезпечення систем ГЧ діапазону і методи вимірювання, що забезпечують підвищення швидкодії вимірювань і достовірність отриманих результатів.

Ключові слова: дистанційне зондування, ГЧ системи, швидкодія, модуляція, рідкокристалічний дефлектор, достовірність інформації.

IMPROVED PERFORMANCE SUBSATELLITE SYSTEM IR

L.R. Bekirova, T.A. Hasanov

We consider the increase in performance while improving performance and intellectualization of infrared (IR) systems used in the study of terrestrial objects, by applying the microcontroller module and liquid crystal deflectors.

Keywords: remote sensing, IR systems, fast-acting, modulation, liquid-crystal deflector, authenticity of information.