



КОМПЛЕКС ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Вологодской области в рамках государственного научного гранта Вологодской области, проект «Гиростабилизированный опорно-поворотный комплекс технического зрения»

В статье представлены результаты работы автора в области систем видеонаблюдения, предназначенных для применения в комплексах обеспечения безопасности граждан. Для иллюстрации выводов коллективом под руководством автора был разработан тепловизионный панорамный прибор наблюдения. Прибор предназначен как для стационарных объектов, так и для мобильных платформ. Приведены результаты оптимизации наблюдательных систем для северо-западного региона Российской Федерации.

Наблюдение, тепловизионный, техническое зрение, безопасные дороги, безопасный город, наведение линии визирования.

Рынок наблюдательных систем заполнен достаточно плотно. Здесь представлено практически любое решение с возможностью выбора характеристик. В такой ситуации основным ресурсом, который ограничивает выбор характеристик для построения системы безопасности, становятся денежные средства. Необходима методика формирования или оптимизации процесса выбора характеристик наблюдательных приборов с учетом их стоимости. Известно, что для построения систем с большим сектором обзора, применяется два основных способа:

- применение группы камер, расположенных по окружности на неподвижном основании [1] (разрешающая способность камер видимого диапазона, как правило, не менее FULHD);

- использование поворотных платформ с высоко-разрешающими наблюдательными каналами [2], [3].

Преимуществом первой схемы является работа в реальном времени с большими полями зрения. То есть одновременно с высокой детализацией видно окружающее пространство. Минусом является то, что для использования возможностей камер приходится передавать огромные массивы данных, что является технической проблемой, особенно при необходимости работы по радиоканалу. Однако при построении систем обзора, которые для наведения используют положение головы человека, другие способы неэффективны, так как мышцы человека позволяют при повороте головы развивать скорость до 500 градусов в секунду, создать привод с этими параметрами достаточно проблематично.

Вторая схема не требует линий связи с высокой пропускной способностью. И при работе в сканирующем режиме можно получить такое же изображение местности, как в первом случае. Зарубежным примером такого прибора является FLIR M324S (теплови-

зионный прибор стоимостью порядка 8 тыс. долларов и дальностью обнаружения человека до 450 м).

В качестве целевого применения прибора наблюдения мы определяем системы для обеспечения безопасности людей в городской черте и в пригородах. В городской черте, в том числе и в небольших населенных пунктах, здания и зеленые насаждения, как правило, не позволяют видеть далее чем 300-700 метров, следовательно, не требуется обнаружения целей на больших дистанциях. Кроме того, из-за производственной деятельности человека и высокого количества транспорта с двигателями внутреннего сгорания с низким классом экологичности, в городской черте практически круглогодично присутствуют облака смога. Поэтому использование тепловизионного прибора позволит не только уменьшить аварийность на улицах городов, но и за счет анализа коэффициентов пропускания атмосферы проводить мониторинг экологической ситуации, что также немаловажно для обеспечения безопасности граждан. Был проведен ряд экспериментов, как теоретических, так и эмпирических, в результате которых мы остановились на разработке наблюдательного прибора с дальностью обнаружения человека до 200 м при существенном снижении стоимости комплекса по сравнению с аналогами. В условиях недостаточной освещенности дальности 200 м достаточно для обнаружения различных препятствий на пути следования техники и своевременного принятия решения, или раннего предупреждения о приближении человека или автомобиля. Это актуально в связи с тем, что нередки случаи наезда на людей в зоне слабоосвещенных пешеходных переходов и установка дополнительной сигнализации об опасности существенно снизила бы риск ДТП.

Комплекс, разработанный ООО «Гарда», – это базовая модель как стационарных, так и мобильных ав-

томатизированных комплексов. Данная разработка может быть применена при реализации проектов «Безопасный город» и «Безопасные дороги», а также агрокомплексами, службами аэропортов, производителями наземной и воздушной техники, частными лицами и предприятиями, спецслужбами. Расчетные характеристики комплекса представлены в таблице.

Таблица

**Технические характеристики
гиростабилизированного опорно-поворотного
комплекса технического зрения**

Напряжение питания, В	от 14 до 36
Потребляемая мощность, Вт	не более 30
Выход видео	PAL, Ethernet
Степень защиты	IP56
Углы наведения линии визирования: - по азимуту; - по углу места (ограничивается перекрытием поля зрения конструктивными элементами платформы)	360° 260°
Максимальная угловая скорость наведения линии визирования	100°/с
Среднеквадратическая ошибка стабилизации линии визирования, мрад	не более 0,3
Температурная чувствительность канала (NETD), мК	не более 140
Спектральный диапазон, мкм	8–14
Размер тепловизионной матрицы, пикс	320×288
Размер пикселя тепловизионной матрицы, мкм	15
Диапазон рабочих температур	от -40°С до +50°С
Вес, кг	не более 1,5
Время готовности к работе, с	не более 30
Габаритные размеры, мм	не более 110×141,5



Рис. 1. Общий вид гиростабилизированного опорно-поворотного комплекса технического зрения

Гиростабилизированный опорно-поворотный комплекс технического зрения состоит из:

- тепловизионного канала;

- платформы, содержащей:
 - а) исполнительные механизмы поворота и подъема по азимуту и углу места;
 - б) датчики угла;
 - в) двухплоскостной блок гироскопов;
 - г) блок управления наведением и стабилизацией по азимуту и углу места;
 - д) вращающиеся контактные устройства.

Тепловизионный канал основан на микроболометрической матрице. Высокоапертурный объектив проецирует изображение местности в плоскость чувствительного элемента матрицы. Матрица, состоящая из чередующихся слоев металла и полупроводника, преобразует тепловое излучение объектов в электрический сигнал. Ценность тепловизионного канала диапазона 8–14 мкм состоит в его высокой чувствительности и высокой помехозащищенности. В отличие от диапазона 3–5 мкм, приборы, работающие в этом диапазоне, остаются эффективными и в области отрицательных температур. Каждый из диапазонов имеет свои преимущества, но сегодня не осталось производителей, которые оставили в производстве болометрические матрицы диапазона 3–5 мкм, поэтому выбор основан, в том числе и на экономической целесообразности. Изображения, полученные с тепловизионной матрицы комплекса, представлены на рисунках 2 и 3.

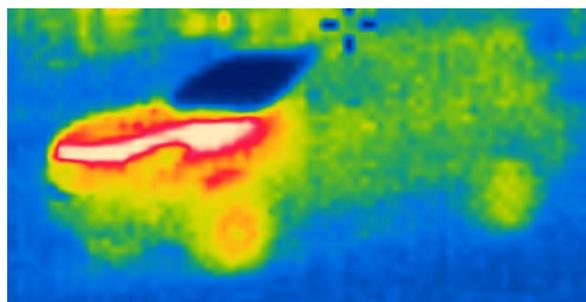


Рис. 2. Изображение с тепловизионной матрицы автомобиля с расстояния 40 метров

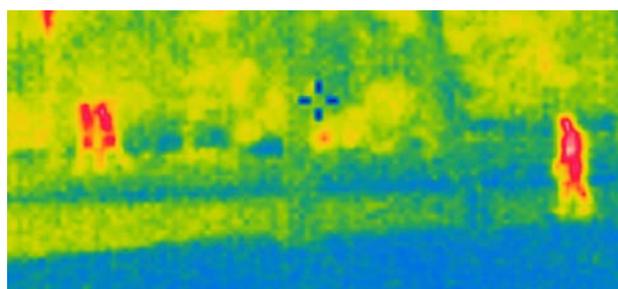


Рис. 3. Изображение с тепловизионной матрицы одного человека с расстояния 60 метров и двух людей с расстояния 90 метров

Тепловизионный канал закреплен на платформе комплекса технического зрения. Внутри платформы расположены исполнительные механизмы наведения линии визирования по азимуту и углу места, абсолютные магнитные датчики углового положения, блок гироскопов двухплоскостной.

В целях создания приборов массового применения мы постарались разработать прибор с ценовым диапазоном менее 150 тыс. руб.

При выборе исполнительных механизмов приводов по азимуту и углу места следует произвести оценочный расчет необходимого крутящего момента электродвигателей.

Исходные данные для расчета:

- момент инерции подвижной части канала по азимуту – $J=0.000876 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$;
- амплитуда входного воздействия – $5\pm 1^\circ$;
- частота воздействия – $0,9 \text{ Гц}$.

В режиме стабилизации необходимый момент определяется по формуле

$$M=J\cdot\epsilon + M_{\text{тр}}, \quad (1)$$

где ϵ – угловое ускорение подвижной части, J – момент инерции подвижной части, $M_{\text{тр}}$ – момент трения.

$$\epsilon = A\cdot\omega^2, \quad (2)$$

$$\omega = 2\cdot\pi\cdot f, \quad (3)$$

где A – амплитуда колебаний, рад; ω – угловая частота колебаний, рад/с;

f – частота колебаний, Гц.

Моментом трения пренебрежем.

Подставляя исходные данные в формулы и округляя, получим:

$$\epsilon=0,105\cdot(2\cdot 3,14\cdot 0,8)^2=2,65 \approx 2,7 \text{ рад/с}^2,$$

$$M=0,000876\cdot 2,7=0,0023652 \approx 0,0024 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Подходящим по габаритам и стоимости является двигатель BGM5208-200-12, момент которого составляет $0,148 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Для унификации, учитывая меньшие габариты и массу канала по углу места, применим такой же двигатель для привода вертикального наведения.

Для достижения необходимых технических характеристик и приемлемой стоимости комплекса произведен выбор следующих комплектующих.

С целью обеспечения работы комплекса при скоростях управления до $100^\circ/\text{с}$ в качестве чувствительных элементов блока гироскопов выбраны датчики ADXRS290 (AnalogDevices), которые имеют уровень шума – $0,004^\circ/\text{с}/\sqrt{\text{Гц}}$, высокое подавление вибраций в широком диапазоне частот, малую задержку $<0,5 \text{ мс}$ при частоте входного сигнала 30 Гц в конфигурации с максимальной шириной полосы и рабочий диапазон измерения угловых скоростей от $-100^\circ/\text{с}$ до $100^\circ/\text{с}$. Данные датчики специально предназначены для оптических систем стабилизации изображения, а также для систем стабилизации различных платформ, имеют сравнительно небольшую стоимость среди аналогичных устройств.

Для измерения углового положения приводов вертикали и горизонтали, управления коммутацией обмоток электродвигателей для поддержания равномерности момента [4], а так же для вычисления угловой скорости, с целью удешевления конструкции и достижения необходимых технических показателей выбраны датчики AS5048A (AMS), которые представляют собой 14-разрядные абсолютные магнитные угловые энкодеры, для установки на оси вращения. Выходной интерфейс датчиков – SPI, что позволяет подключать их напрямую к управляющему микропроцессору без дополнительных схемотехнических решений.

Система управления двигателями состоит из двух контуров в режиме работы по положению: контура регулятора скорости и контура регулятора положения. Причем в режимах управления по положению выход контура регулятора положения замкнут на вход контура регулятора скорости. Обратная связь по скорости осуществляется дифференцированием углового положения.

Регулятор положения реализован в виде дискретного П-регулятора, регулятор скорости в виде дискретного ПИ-регулятора [5]. Приняты меры по компенсации насыщения интегрального звена. В режиме работы по скорости и в режиме стабилизации контур по положению не используется, используется задание скорости либо с командного интерфейса, либо с блока гироскопов.

Для уменьшения шумовой составляющей с датчиков углового положения и блока гироскопов используется усреднение по 4 точкам. Контур регулирования скорости работает с частотой 1 кГц . Контур регулирования положения работает с частотой 250 Гц .

В итоге платформа обеспечивает наведение и стабилизацию линии визирования по азимуту и углу места без ограничения числа оборотов в любую сторону. Объединение всех узлов в защищенном от пыли и воды корпусе позволило получить шарообразный модуль с наружным диаметром, не превышающим 110 мм .

Вариант наблюдательного комплекса и полученные в ходе разработки результаты предполагается использовать как базу для создания приборов оснащенных аналитическими функциями. Учитывая климатические особенности северных регионов, предусмотрена система обогрева приводов и очистки защитных окон. Как говорилось вначале статьи, необходимостью передачи больших объемов данных, является одним из ограничений дальности действия наблюдательных комплексов. При подключении к централизованному серверу большого количества периферийных станций мы вынуждены увеличивать в геометрической прогрессии его вычислительные возможности. Следовательно, целесообразно применение распределенной сети. Часть аналитических функций первого уровня выполняется на борту прибора. На центральную консоль поступает лишь информация, необходимая для принятия решения. Что позволит разгрузить оператора и увеличить длительность его эффективной работы, а также уменьшить потоки данных, передаваемых по радиоканалам. Считаем целесообразным проведение экспериментальных работ с комплексом в части мониторинга состояния атмосферы при помощи тепловизионного канала. Сегодня тепловизоры применяются для поиска взрывчатых веществ и нами предлагается их использование для поиска источников загрязнения в тех случаях, когда комплекс установлен в составе мобильного комплекса.

В результате проведенной работы разработан комплект РКД, изготовлен опытный образец и экспериментально проверены результаты расчета для выбора комплектующих. Потенциал комплекса может быть раскрыт при проведении дополнительных экспериментов, в проектах «Безопасный город» для мониторинга атмосферы и «Безопасные дороги» для обес-

печения безопасности пешеходов в неосвещенных местах.

Комплекс технического зрения обладает следующими преимуществами:

- всепогодность (адаптация к климатическим условиям Российской Федерации) и круглосуточность;
- цена (не более 150 тыс. руб.), которая позволяет массово использовать комплекс;
- отечественные комплектующие и программный продукт;
- возможность использования комплекса как на стационарных объектах, так и в составе мобильных (в т.ч. роботизированных) комплексов;
- компактный размер и открытая архитектура, которая позволяет встраивать его в состав комплексов.

Литература

1. Исследования и разработка новой цифровой портативной фото/видео аппаратуры для панорамной

съемки. – ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный исследовательский университет. – URL: <https://4science.ru/conference2015/theses/14.581.21.0003> (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

2. Прибор панорамный, ПАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», патенты. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2708535_C1_20191209 (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

3. Панорамный прибор наблюдения командира, АО «Вологодский оптико-механический завод», патенты. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2682141_C1_20190314 (дата обращения: 11.07.2020). – Текст : электронный.

4. Овчинников, И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе / И. Е. Овчинников. – Санкт-Петербург : Корона-Век, 2010. – 332 с.

5. Astrom, K. J. Advanced PID control / Astrom K. J., Hagglund T. – ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006.

A. V. Grigoriev
Garda LLC

COMPLEX OF COMPUTER VISION FOR SECURITY SYSTEMS

The article presents the results of the author's work in the field of video surveillance systems intended for use in the complexes for ensuring the safety of citizens. To illustrate the conclusions the team led by the author developed a thermal imaging panoramic observation device. The device is designed both for stationary objects and mobile platforms. The results of optimization of observational systems for the northwestern region of the Russian Federation are presented.

Surveillance, thermal imaging, computer vision, safe roads, safe city, line of sight guidance.