

В. В. И в а н е н к о в, А. Н. К у т у з о в,
В. А. П а н к о в, И. В. Р у б ц о в

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И УЧАСТКОВ ГРАНИЦЫ

Описаны методы построения современных систем охраны и обороны с применением роботизированных технологий, позволяющих обеспечить работу системы как в режиме дистанционного управления, так и в автономном режиме.

E-mail: robot@sm.bmstu.ru

Ключевые слова: охрана и оборона, роботизированные технологии, дистанционное и автономное управление, информационные системы, приемы наведения, каналы связи.

Современные роботизированные технологии стали широко применяться в развитых странах для решения задач, стоящих перед вооруженными силами: обеспечение оперативных действий и обслуживания военной техники, наблюдение и разведка, разминирование местности или объектов и др.

Одной из задач является роботизированная охрана и оборона специальных объектов, участков государственной границы, приграничных районов, перекрестков дорог. Для ее решения требуется создание системы многофункциональных роботизированных огневых модулей, имеющих не только функцию стрельбы по определенным объектам, но и функции наблюдения, разведки и прицеливания, а также функции связи с другими модулями системы и удаленным пунктом управления. Очевидно, что сюда входит создание:

- информационных систем, обеспечивающих постоянное наблюдение за зоной ответственности и выделение посторонних объектов, их классификацию и точное определение положения;
- систем наведения приборов наблюдения и вооружения огневого модуля, работающих как в автономном режиме, так и под управлением оператора;
- эффективных каналов связи огневых модулей с удаленным пунктом управления.

Примером роботизированной системы охраны и обороны участков границы и приграничных районов может служить израильская система Sentry Tech (рис. 1), которая предназначена для наведения оружия на посторонние и опасные объекты в режиме дистанционного управления при телевизионном (ТВ) наблюдении за сектором ответственности.

Масштабные работы в этом направлении проводятся в США. В качестве примера приведем мобильную роботизированную систему MDARS, разработанную для охраны складов министерства обороны США. Она позволяет своевременно обнаружить факт несанкци-

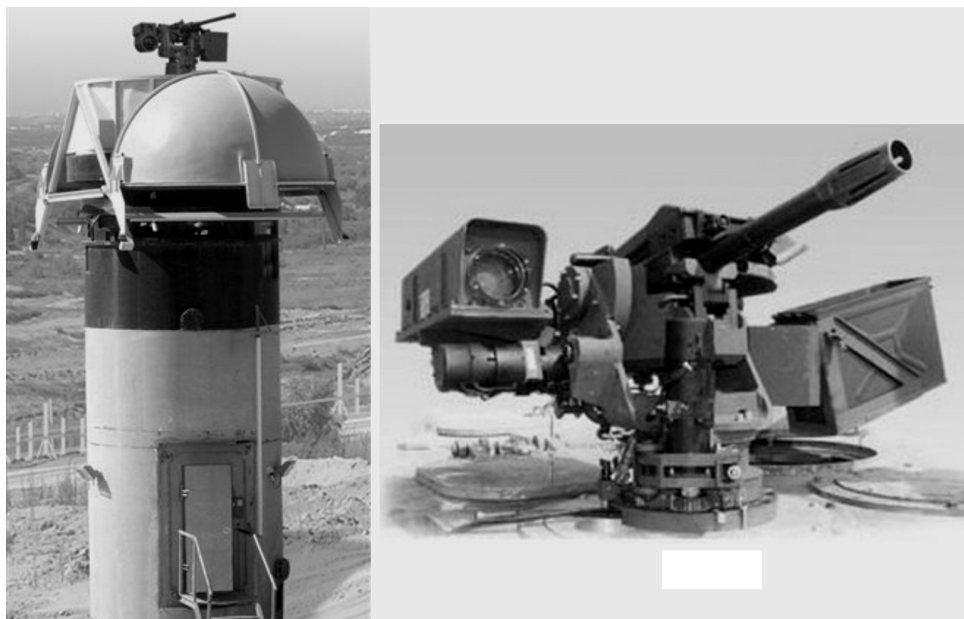


Рис. 1. Система наведения Sentry Tech (Израиль)

онированного проникновения на охраняемые объекты, определить состояние заграждений и выполнить учет материальных ценностей.

Система MDARS состоит из группы роботизированных машин внутреннего и наружного (рис. 2) применения, управляемых с единого пульта, который обеспечивает оператору возможность одновременно управлять несколькими машинами.

Мобильные роботы действуют автономно в “полуструктурированной” среде (качественные дороги, известное расположение запорных устройств и ограждений, наземные ориентиры), выполняя задачи патрулирования заданных территорий и помещений, оценки факта несанкционированного доступа, обнаружения посторонних лиц, проверки запоров и ограждений, реагирования на сигналы тревоги, а также учета содержимого хранилищ без необходимости их вскрытия.

Пульт управления размещается в командном пункте. Оператор работает с этим пультом лишь в случае, когда патрулирующий робот системы MDARS зафиксирует нештатную ситуацию, например обнаружит вторгшегося на территорию лица или блокаду пути. В этом случае оператор переходит к режиму дистанционного управления.

На мобильном роботе установлены системы навигации, обхода препятствий, обнаружения проникновения лиц к объекту, считывания состояния ограждений и запорных устройств. С помощью многоуровневой архитектуры системы управления шесть таких машин одновременно управляются с одного пульта.

Навигация осуществляется на основе метода точного определения местонахождения, использующего технологии глобальной системы дифференциального определения местонахождения и навигаци-



Рис. 2. Роботизированная система MDARS (США)

онного счисления пути (DGPS). Эти данные вместе с параметрами заданного маршрута используются для автономного движения по территории. На участках, где охват системой DGPS плохой или требуется повышенная точность, дополнительно используется навигация по наземным ориентирам, что обеспечивает периодическое уточнение действительного местонахождения и курса и позволяет уменьшить совокупную погрешность, которая накапливается во время навигационного счисления пути.

Обнаружение и обход препятствий осуществляется при обобщении данных от трех разных датчиков: сканирующего лазерного устройства среднего радиуса действия; оптической системы стереоскопического определения дальности; сканирующего лазерного устройства ближнего действия.

Система обнаружения факта несанкционированного проникновения на охраняемую территорию состоит из двух установленных на вращающейся башенке датчиков с программным обеспечением: сканирующего радиолокатора и инфракрасной системы переднего обзора.

Мобильный роботизированный наблюдательно-огневой комплекс “Адунок” с пулеметным и гранатометным вооружением разработан КБ “Дисплей” в Республике Беларусь (рис. 3). Для обзора и прицеливания используются две видеокамеры, тепловизор и лазерный дальномер. Оружие и приборы наблюдения установлены на поворотной платформе мобильного робота, комплексом управляет оператор с расстояния до 300 м.

В работах, направленных на создание роботизированных систем охраны и обороны, особое внимание уделяется развитию информационных систем, обеспечивающих наблюдение за ситуацией и обнаружение посторонних объектов с определением их пространственного

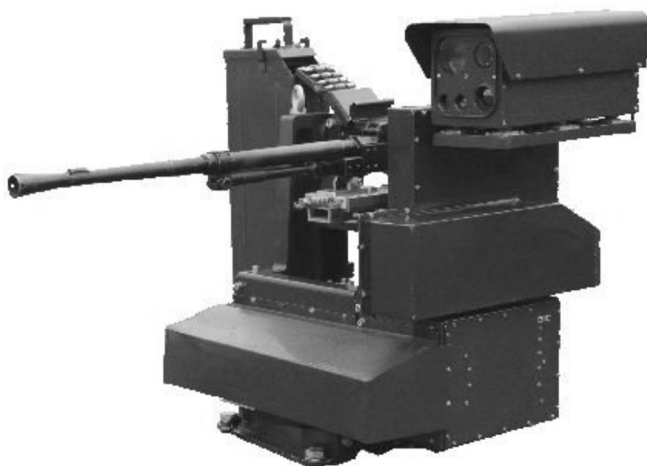


Рис. 3. Мобильный РТК “Адунок” (Республика Беларусь)

положения. В России также проводятся работы по созданию систем наблюдения и определению параметров положения и движения объектов, по созданию навигационных систем, в том числе для мобильных роботов и роботизированных комплексов.

Отдел специальной робототехники НИИ СМ МГТУ им. Н.Э. Баумана участвует в создании роботизированной системы охраны и обороны участков государственной границы, перекрестков дорог, спецобъектов. Работа выполняется по заказу МО РФ под руководством Тульского филиала КБ Машиностроения. Структура системы приведена на рис. 4.

Основными элементами системы являются роботизированные огневые модули (РОМ), устанавливаемые по месту, число модулей определяется условиями наблюдения и вычислительными ресурсами системы. Конструкция РОМ предусматривает его перевозку и защиту от поражения пулями и осколками. В каждый РОМ входят приводы

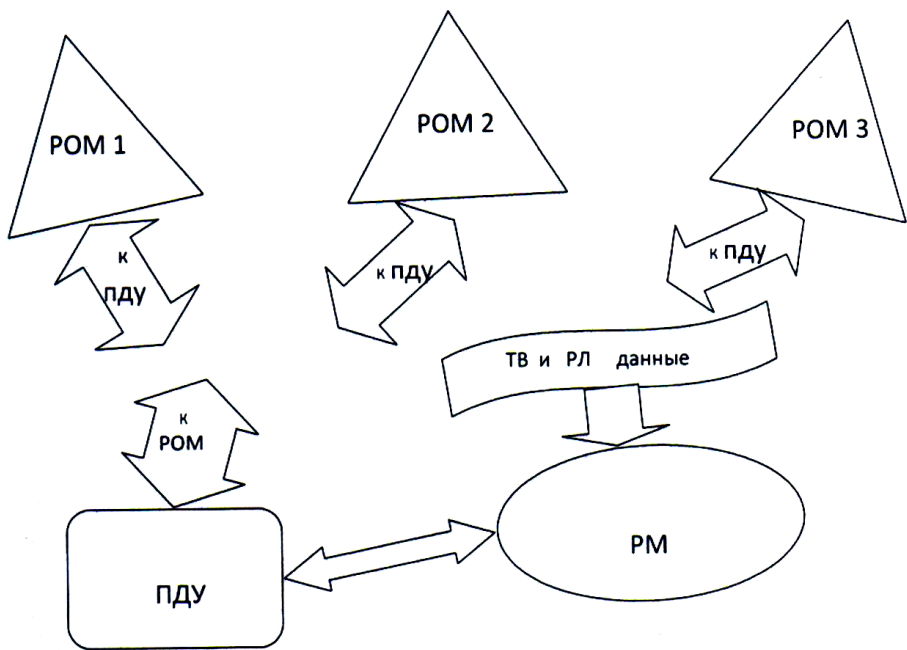


Рис. 4. Структурная схема роботизированной системы охраны и обороны спецобъектов

горизонтального (ГН) и вертикального (ВН) наведения оружия и приборной платформы с ТВ-камерой, источник питания (аккумулятор), микропроцессорная система управления приводами, ТВ-камерой, оружием и обменом информацией и командами с пультом дистанционного управления (ПДУ). В автономном режиме система управления формирует команды управления приводами, ТВ-камерой и оружием без участия оператора, которому передается только информация о внешней обстановке, состоянии и режиме работы РОМ. При работе ТВ-система РОМ с режима наблюдения (сканирование сектора ответственности при угле зрения до 20°) переходит на режим прицеливания (уменьшение угла зрения до 3° , детальное рассмотрение и классификация объекта). На режим прицеливания РОМ переходит автоматически или по команде оператора. На этом режиме проводится точное наведение ТВ-камеры и оружия на объект. Телевизионная камера юстирована с оружием, их наведение осуществляется совместно. Структурная схема системы управления РОМ показана на рис. 5.

В блоке управления РОМ размещены основные платы системы — интерфейсов и согласования, микропроцессорной системы управления, питания и усилителей мощности сигналов. Усиленные сигналы управления приводами ВН и ГН в форме широтно-импульсной модуляции (ШИМ) подаются на исполнительные двигатели постоянного тока, при этом платформа ТВ-камеры и оружие проводят сканирование в режиме поиска или наведение в режимах обнаружения и прицеливания. Сигналы обратной связи (ОС) по положению и скорости передаются в процессор управления, в качестве которого использу-

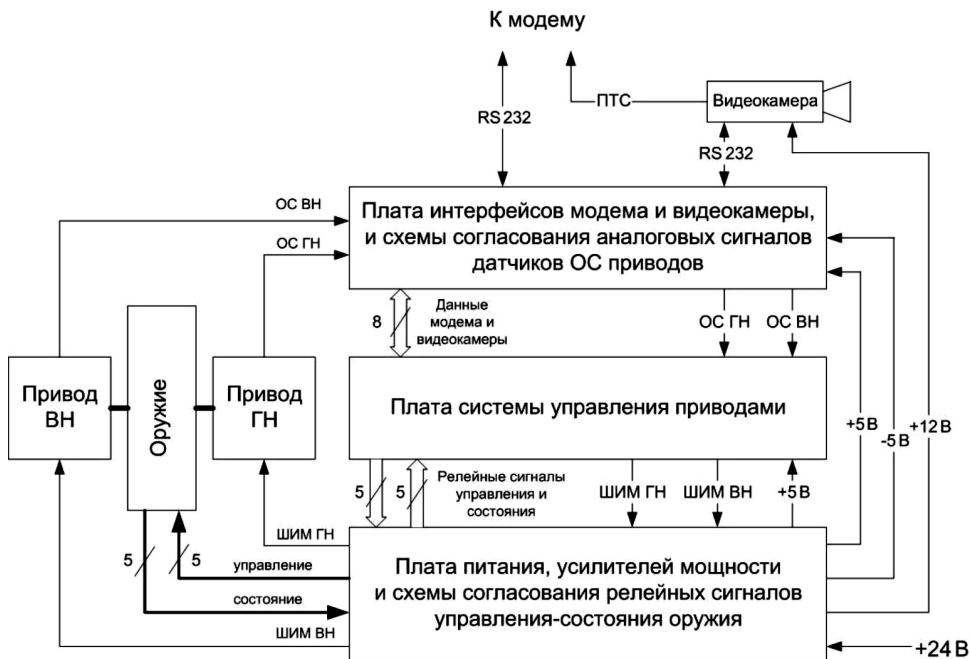


Рис. 5. Структурная схема системы управления РОМ

ется контроллер ЕСМ-167. На автомат стрельбы через усилители передаются релейные сигналы управления, а на контроллер поступают сигналы состояния оружия. Одновременно контроллер в автономном режиме работы РОМ может обрабатывать сигналы ТВ-камеры или в дистанционном режиме управлять передачей полного ТВ-сигнала на пульт оператора. В качестве канала связи на данном этапе разработки используется кабельная связь, прорабатываются варианты использования радиоканала и волоконно-оптической линии.

На ПДУ установлены монитор и задающее устройство, посредством которых оператор наблюдает за состоянием РОМ и вырабатывает управляющие сигналы. При этом оператору представлены изображения, формируемые ТВ-камерами всех РОМ системы, и при необходимости он может переключаться на определенный РОМ и задавать его режим работы, передавать сигналы управления.

В состав системы охраны и обороны входит также разведывательный модуль (РМ), предназначенный для наблюдения и обзора полной зоны ответственности. Модуль размещается в зоне действия всех РОМ и также удален от оператора. В состав РМ не входит оружие, но он имеет более полный состав приборов наблюдения и определения положения объектов: ТВ-камеры дневного и ночного видения, лазерный дальномер, радиолокационный прицел. Контроллер управления РМ выполняет функции наведения приборной платформы, управления работой приборов, предварительной обработки получаемой информации и передачи данных оператору. Предварительная обработка информации заключается в классификации объектов, определении их поло-

жения в зоне ответственности системы и в преобразовании координат объектов в систему координат РОМ. Таким образом, соответствующий РОМ получает более полную информацию для автономной работы: к собственному ТВ изображению цели добавляется уточнение ее координат, включая дальность.

В рамках работ по созданию такой системы в МГТУ им. Н.Э. Баумана были разработаны системы управления роботизированных огневых модулей для пулеметного и гранатометного вариантов вооружения, а также система управления РМ.

Были созданы системы управления РОМ, общая структура которых показана на рис. 5, и блок управления РМ, проведены их лабораторные испытания. Эти испытания показали, что разработанные системы управления соответствуют всем предъявленным требованиям и выполняют функции управления роботизированными модулями как в режиме дистанционного управления от оператора, так и в автономном режиме. Точность позиционирования приводов оружия и приборной платформы при лабораторных испытаниях в диапазоне $\pm 120^\circ$ соответствовала точности 14-го разряда датчика угла (1,3'). Важным показателем работы системы управления является точность попаданий при стрельбовых полигонных испытаниях пулеметного и гранатометного РОМ. В режимах наведения приводов оружия при стрельбе одиночными выстрелами или очередями система управления должна компенсировать действие внешних моментных возмущений, обусловленных отдачей при выстрелах. Для высокоточной стабилизации измерительных устройств и оружия при синтезе системы управления приводами был применен частотный метод компенсации моментной составляющей ошибки.

В настоящее время работы по созданию специальных РТК направлены на создание образцов с автономным или дистанционным управлением, которые могут действовать в экстремальных условиях, когда работа человека невозможна или нецелесообразна в силу различных ограничений. Важнейшим элементом таких РТК является система технического зрения (СТЗ). В большинстве случаев СТЗ поставляет на монитор оператора или в контроллер управления аналоговые или цифровые ТВ изображения среды функционирования, которые могут быть предварительно обработаны для повышения качества изображения, а в лучшем случае являются стереоизображениями.

Однако телевизионной и даже стереотелевизионной информации во многих случаях оказывается не достаточно для эффективного дистанционного управления РТК и его навесным оборудованием (приборами наблюдения, оружием, манипуляторами, минными тралями и др.). Например, когда необходим осмотр рабочей зоны с разных позиций наблюдения (в том числе и с позиций, в которых сенсоры не находились или находиться не могли) или когда необходимо знать геометрию рабочей зоны вплоть до ее различных сечений (такая потребность возникает при управлении манипуляторами и навесным обо-

дованием РТК). Очевидно, что в системах с элементами автономного и полностью автономного управления данная проблема стоит еще более остро.

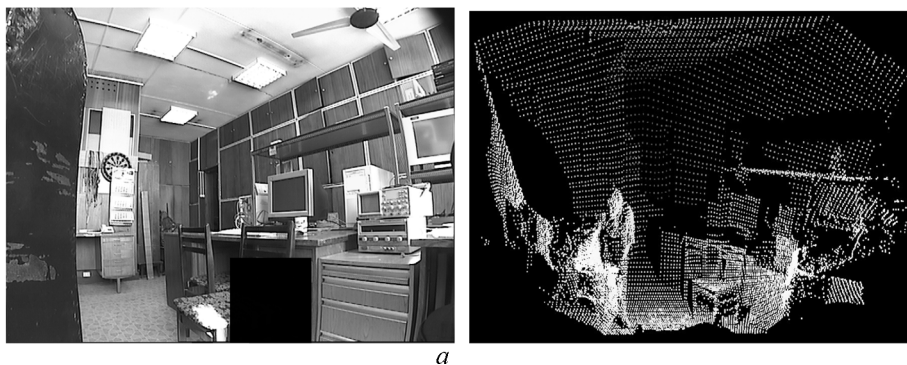
В МГТУ им. Н.Э. Баумана проводятся работы по формированию в реальном масштабе времени трехмерных (3D) визуально подобных моделей внешней среды, которые могут обеспечить дистанционное и автономное управление движением и выполнением производственных операций. Такие модели создаются в определенной временной последовательности и включают в себя основные параметры внешней среды и объектов, с которыми работает РТК, что обеспечивает работу информационно-управляющей системы в целом. Появление быстродействующих светолокационных дальномеров, работающих синхронно с ТВ-камерами и высокопроизводительной вычислительной техникой, позволяет строить визуально подобные 3D цифровые модели внешней среды в реальном времени. Причем подробность и точность этих моделей, как показывает предварительная оценка, вполне достаточны для решения задач навигации, планирования и моделирования движений мобильных РТК. Формирование 3D визуально подобных моделей в реальном масштабе времени возможно на основе комплексирования последовательностей свето- или радиолокационных (дальномерических) и ТВ изображений внешней среды (помещений, индустриальных и дорожных сцен, городских и естественных сред). На рис. 6 представлены ТВ и цифровые 3D изображения, полученные при работе комплексированной СТЗ при автономном управлении движением.

Формирование визуально подобных моделей рабочих зон требует решения бортовыми средствами ряда научно-технических задач:

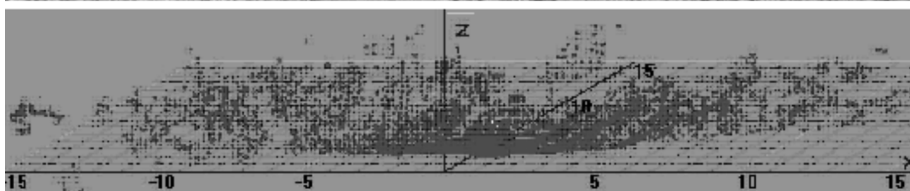
- дистанционного определения геометрии рабочей зоны;
- точной установки дальномерического и ТВ сенсоров на РТК и их взаимной юстировки;
- решения прямой и обратной кинематических задач для системы “дальномерический сенсор–ТВ-камера–корпус РТК”;
- определения текущих координат и ориентации РТК и сенсоров в процессе движения;
- комплексирования дальномерических и ТВ изображений и объединения их последовательности в процессе движения РТК.

Новизна работ заключается в разработке, создании и экспериментальной отработке комплексной бортовой системы формирования 3D визуально подобных моделей рабочих зон, позволяющих существенно расширить область применения и повысить эффективность использования дистанционно и автономно управляемых РТК при выполнении боевых и обеспечивающих задач в условиях индустриально-городских и естественных сред в различное время суток.

Участие в работах по созданию специальных РТК дает возможность применить принципы проектирования систем управления к новым задачам, разработать новые методы проектирования информационных и управляющих систем робототехники, отслеживать развитие



a



b

Рис. 6. Изображения объектов, полученные СТЗ:

a – внутри помещения; *b* – на лесной дороге

элементной базы и применять ее на практике и тем самым поддерживать высокий научно-технический уровень и творческий потенциал коллектива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Следящие приводы / Под ред. Б.К. Чемоданова. В 3 т. Т. 1. Теория и проектирование следящих приводов // Е.С. Блейз, А.В. Зимин, Е.С. Иванов и др. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 904 с.
2. Евсеев А. А., Носков В. П., Платонов А. К. Электронная карта в системе управления автономным движением мобильного робота // Изв. ТулГУ. Сер. Вычислительная техника, информационные технологии, системы управления. – 2006. – Т. 1. Вып. 3. – С. 166-169.
3. Мобильный робототехнический комплекс с системой технического зрения на базе БПЛА / В.П. Носков, И.В. Рубцов // Вопросы оборонной техники. Сер. 9. Специальные системы управления, следящие приводы и их элементы. – М.: ФГУП “НТЦ“Информтехника”. – 2010. – Вып. 1(242)–2(243). – С. 40–46.

Статья поступила в редакцию 23.03.2012