



А. И. Бакланов

# СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**БИНОМ**

А. И. Бакланов

# СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И МОНИТОРИНГА

Учебное пособие



Москва  
БИНОМ. Лаборатория знаний  
2009

УДК 681.7.069.32+629.78

ББК 32.854.2+39.66

Б19

**Бакланов А. И.**

**Б19** Системы наблюдения и мониторинга : учебное пособие / А. И. Бакланов. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 234 с. : ил.

ISBN 978-5-94774-905-2

Рассматриваются общие принципы организации систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса, классификация таких систем, их назначение и решаемые задачи. Большое внимание уделено приборам с зарядовой связью, являющимся основными элементами бортовой аппаратуры. Приводятся характеристики отечественных и зарубежных космических аппаратов, выполняющих функции ДЗЗ.

Студентам, изучающим дисциплины, связанные с проектированием телекоммуникационных систем, а также специалистам, разрабатывающим и эксплуатирующим системы ДЗЗ.

УДК 681.7.069.32+629.78

ББК 32.854.2+39.66

По вопросам приобретения обращаться:

(499) 157-5272, e-mail: binom@Lbz.ru  
<http://www.Lbz.ru>

ISBN 978-5-94774-905-2

© МИЭТ, 2009

© БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009

---

# Оглавление

---

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 1. Системы наблюдения и мониторинга. Обзор и классификация систем мониторинга .....</b>	<b>6</b>
§ 1. Назначение и общие черты систем мониторинга и наблюдения .....	6
§ 2. Системы мониторинга и видеонаблюдения для обеспечения безопасности помещений и на транспорте... .	9
<b>Глава 2. Космические системы наблюдения и мониторинга</b>	
<b>Земли .....</b>	<b>16</b>
§ 3. Классификация космических систем наблюдения, их назначение и решаемые задачи .....	16
§ 4. Принципы организации сканирования и основные характеристики систем наблюдения из космоса .....	42
§ 5. Способы сканирования поверхности системами наблюдения из космоса. Различные типы систем наблюдения .....	50
§ 6. Обеспечение мультиспектральной съемки в узких спектральных диапазонах .....	57
<b>Глава 3. Многоэлементные фотоприемники на основе приборов с зарядовой связью для телевизионной съемочной аппаратуры и систем космического наблюдения .....</b>	<b>63</b>
§ 7. Основы физики работы ПЗС .....	63
§ 8. Зарядовая связь и сдвиговый ПЗС-регистр .....	70
§ 9. Одно- и двухкоординатные ПЗС .....	76
§ 10. Основные характеристики ФПЗС .....	83
§ 11. Типы фоточувствительных приборов с зарядовой связью и область их применения. Линейные ФПЗС .. .	92

<b>Глава 4. Принципы построения оптико-электронных систем высокого разрешения для наблюдения Земли из космоса . . . . .</b>	<b>114</b>
§ 12. Состав аппаратуры и взаимодействие отдельных частей систем наблюдения Земли. . . . .	114
§ 13. Основные принципы организации панхроматических и мультиспектральных систем наблюдения высокого, среднего и низкого разрешения . . . . .	134
§ 14. Определение проектных параметров и оценка основных характеристик систем космического наблюдения . . . . .	151
<b>Глава 5. Современное состояние и тенденции развития оптико-электронных систем наблюдения высокого и детального разрешения . . . . .</b>	<b>169</b>
§ 15. Обзор современных космических систем наблюдения высокого разрешения . . . . .	169
§ 16. Тенденции развития систем ДЗЗ . . . . .	224
<b>Литература . . . . .</b>	<b>233</b>

---

# Введение

---

Курс «Системы наблюдения и мониторинга» и одноименное учебное пособие посвящены общим вопросам создания современных систем наблюдения.

Предметом курса является изучение общих принципов организации систем наблюдения и мониторинга, структурного и информационного взаимодействия в таких системах, а также подробное рассмотрение основных элементов, используемых при создании систем наблюдения.

Основное внимание в рамках курса уделяется системам наблюдения Земли из космоса (системам дистанционного зондирования Земли — ДЗЗ).

Космические системы мониторинга содержат все элементы, характерные для систем наблюдения вообще, а также воплощают в себе самые передовые электронные и информационные технологии.

Рассмотрены теоретические и практические вопросы построения систем наблюдения из космоса, классификация таких систем, их назначение и решаемые задачи. Основные ключевые элементы, определяющие облик, принципы построения и характеристики систем наблюдения, рассмотрены более подробно. Большое внимание уделено приборам с зарядовой связью, которые являются базисом современных систем наблюдения различного назначения.

Большой обзор современных систем высокого разрешения для наблюдения Земли из космоса дополняет курс и позволяет составить полное представление об уже работающих и перспективных проектируемых комплексах и космических аппаратах ДЗЗ. Материалы, приведенные в книге, наглядно иллюстрируют принципы организации различных современных систем.

# **Глава 1**

## **Системы наблюдения и мониторинга. Обзор и классификация систем мониторинга**

### **§ 1. Назначение и общие черты систем мониторинга и наблюдения**

В настоящее время получили огромное развитие и распространение системы дистанционного наблюдения, мониторинга и контроля. Эти словосочетания постоянно мелькают в периодической научно-технической литературе, по этой тематике проводятся научные конференции, практически в каждом техническом университете читаются курсы лекций, так или иначе связанные с системами мониторинга и наблюдения. В рекламных материалах многих коммерческих фирм можно встретить предложения по продаже и вводу в эксплуатацию таких систем дистанционного наблюдения и мониторинга. Если с системами наблюдения все более-менее ясно просто из их названия, которое говорит само за себя, то с системами мониторинга дело обстоит сложнее в силу многочисленных значений самого этого слова. «Мониторинг» в переводе с английского означает контролирование, дозиметрический контроль, слежение, перехват, радиоперехват, диспетчерское управление, управление и опять же наблюдение. Такое многообразие переводов полностью соответствует и многообразию систем мониторинга и решаемых ими задач. При этом следует выделить три основные функции таких систем:

1. Дистанционное наблюдение.
2. Измерение каких-либо параметров с помощью датчиков и передача этих данных на расстояние, либо получение информации об объекте с помощью удаленных датчиков.
3. Дистанционное управление.

Системы наблюдения и дистанционного мониторинга можно встретить в самых различных отраслях деятельности: в науке, промышленности, сельском хозяйстве, компьютерной технике, в транспортных системах, медицине, охране объектов, в банках, на военных объектах и даже в образовании. Не претендуя на всеобщность, можно

перечислить основные типы систем наблюдения и решаемые ими задачи:

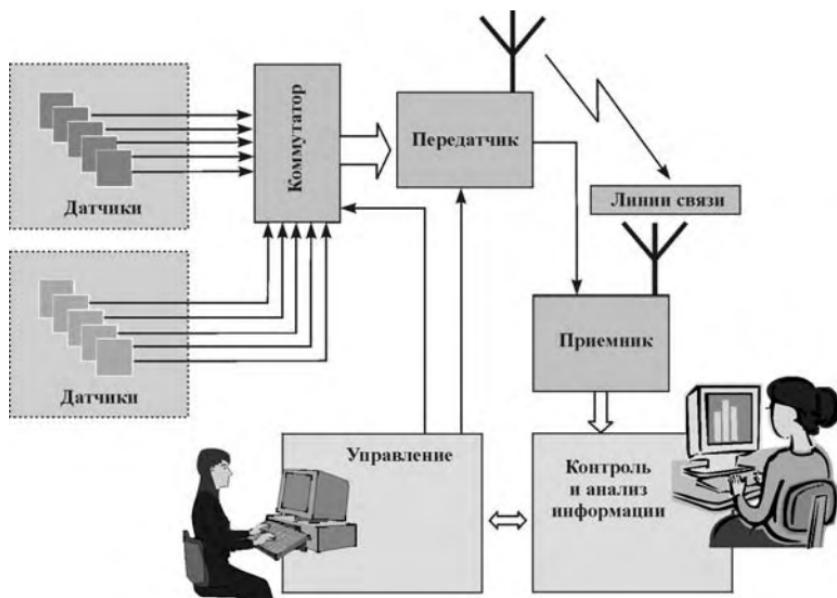
- видеонаблюдение охраняемых и контролируемых зон в видимом и тепловом диапазонах спектра электромагнитного излучения;
- видеоконтроль для осуществления персонального права доступа (системы персонификации по отпечаткам пальцев, изображению лица и т. п.);
- видеонаблюдение и контроль обстановки на транспорте и в местах скопления народа (метро, вокзалы, стадионы и т. п.);
- видеонаблюдение в природе и при длительных научных экспериментах;
- охранные системы;
- противопожарные системы;
- видеонаблюдение удаленных объектов с самолетов и космических аппаратов;
- дистанционное зондирование с авианосителей и космических аппаратов (измерение концентраций газов и веществ, загрязнения и т. п.);
- радиолокация поверхности Земли с самолетов и космических аппаратов;
- радиолокация воздушной обстановки;
- радиолокация метеоусловий;
- дистанционный контроль состояния газопроводов и нефтепроводов;
- дистанционное управление газопроводами и нефтепроводами;
- дистанционный контроль и управление оборудованием в промышленности (особенно в атомной и химической);
- контроль аварий и бедствий через системы аварийных постов (буев) и спутниковые средства доставки информации;
- контроль за состоянием водных поверхностей (рек, озер, морей и океанов);
- контроль состояния лесов;
- контроль состояния почв и сельхозугодий;
- контроль транспортных перевозок;
- контроль и дистанционное управление работой вычислительных сетей;
- дистанционное обучение и контроль (мониторинг) его результатов.

Это далеко не полный перечень решаемых задач, который позволяет составить некоторое представление о мониторинге вообще и его разнообразии.

Каковы же общие черты систем дистанционного мониторинга? При всем их многообразии в этих системах имеются общие элементы и связи, к которым относятся:

1. Удаленность объектов контроля (наблюдения) от центров анализа информации и управления.
2. Наличие разветвленной сети датчиков или устройств наблюдения.
3. Наличие системы передачи информации от датчиков.
4. Наличие системы приема информации.
5. Наличие системы анализа информации.
6. Наличие элементов управления.

На рис. 1.1 приведена типовая схема системы мониторинга, которая включает в себя все перечисленные элементы.



**Рис. 1.1.** Типовая структура системы мониторинга

В общем случае датчиками системы мониторинга могут являться: телевизионные камеры, термодатчики, микрофоны, фотодатчики, герконы и контактные датчики, измерители различных величин (концентрации газов, давления, напряжения, тока, скорости и т. п.), радиолокационные приборы и т. п.

Передача данных в системах мониторинга может осуществляться: по проводным линиям связи, по радиоканалам, включая космические системы связи, по волоконным линиям связи, по телефонным линиям и сотовым сетям, через компьютерные сети и т. п.

Управление системой мониторинга и функции контроля, анализа информации могут быть объединены в одном месте, а могут быть и территориально разнесены. Управление, контроль и анализ информации в системах мониторинга могут осуществляться как в автоматическом режиме без участия человека, так и с участием человека, а также с разделением функций между человеком и автоматикой.

По масштабам (масштабам охвата) системы мониторинга могут быть подразделены на местные (*локальные*) и *глобальные*. Обычно под глобальными системами мониторинга подразумеваются такие системы, где расстояния при передаче данных носят масштабы, сравнимые с размерами Земли, или сама система мониторинга позволяет получать информацию (например, изображения) обо всей или почти всей поверхности Земли. Как правило, такие системы используют космические системы связи, определения координат (GPS), или другие элементы, размещенные в космосе (спутники наблюдения). Типичным примером локальных систем мониторинга являются охранные и противопожарные системы.

Задачам глобального мониторинга поверхности Земли из космоса будет посвящена основная часть этого портфолио. Поэтому кратко остановимся на некоторых других применениях.

Рассмотрим в качестве примера две задачи (системы) мониторинга различными техническими средствами, в том числе системами наблюдения:

- система видеомониторинга подъездов жилых домов для обеспечения безопасности их жильцов;
- система глобального мониторинга транспортных средств.

Эти два примера позволяют получить достаточное представление как о самих системах мониторинга, так и о многообразии и сложности решаемых ими задач.

## § 2. Системы мониторинга и видеонаблюдения для обеспечения безопасности помещений и на транспорте

### Система видеомониторинга подъездов жилых домов

Обеспечение безопасности граждан и их жилища, соблюдение общественного порядка являются постоянными приоритетными задачами различных ведомств. Одним из самых действенных методов является широкое применение систем видеонаблюдения в общественных местах, в том числе и подъездах жилых домов. Использование видеомониторинга

систем не доставляет неудобства гражданам, зато уменьшает опасность хулиганских проявлений, преступлений и способствует их раскрытию.

В последнее время во многих жилых домах наряду с уже ставшими традиционными средствами безопасности (шифрозамками и домофонами) устанавливаются системы видео- и аудионаблюдения, выведенные на диспетчерский пункт. Наличие в такой системе видео- и аудиодатчиков, устройств отображения и регистрации позволяет как осуществлять контроль в текущем реальном времени, так и анализировать ранее записанный материал в случае возникновения каких-либо чрезвычайных происшествий.

Сами датчики — видеокамеры и микрофоны — размещаются на контролируемом объекте, а управление и регистрация информации осуществляются дистанционно.

Типовая структура системы видеонаблюдения показана на рис. 2.1. Такая система может применяться для различных целей, в том числе и для контроля подъездов жилых домов.

Система позволяет получать и, по необходимости, документировать видео- и аудиоданные от источников информации (до 32-х видеокамер и 32-х микрофонов и т. п.), расположенных на удалении от наблюдательного пункта. Источники сосредоточены на нескольких объектах, удаленных от наблюдательного пункта. Каждый объект содержит до восьми источников аудио/видеоинформации

Система видео/аудиомониторинга использует минимальное количество информационных потоков при большом количестве видеокамер/микрофонов. Это жизненно важно для радиоканальных систем, да и для кабельных систем тоже, иначе приходится тянуть многие километры проводов.

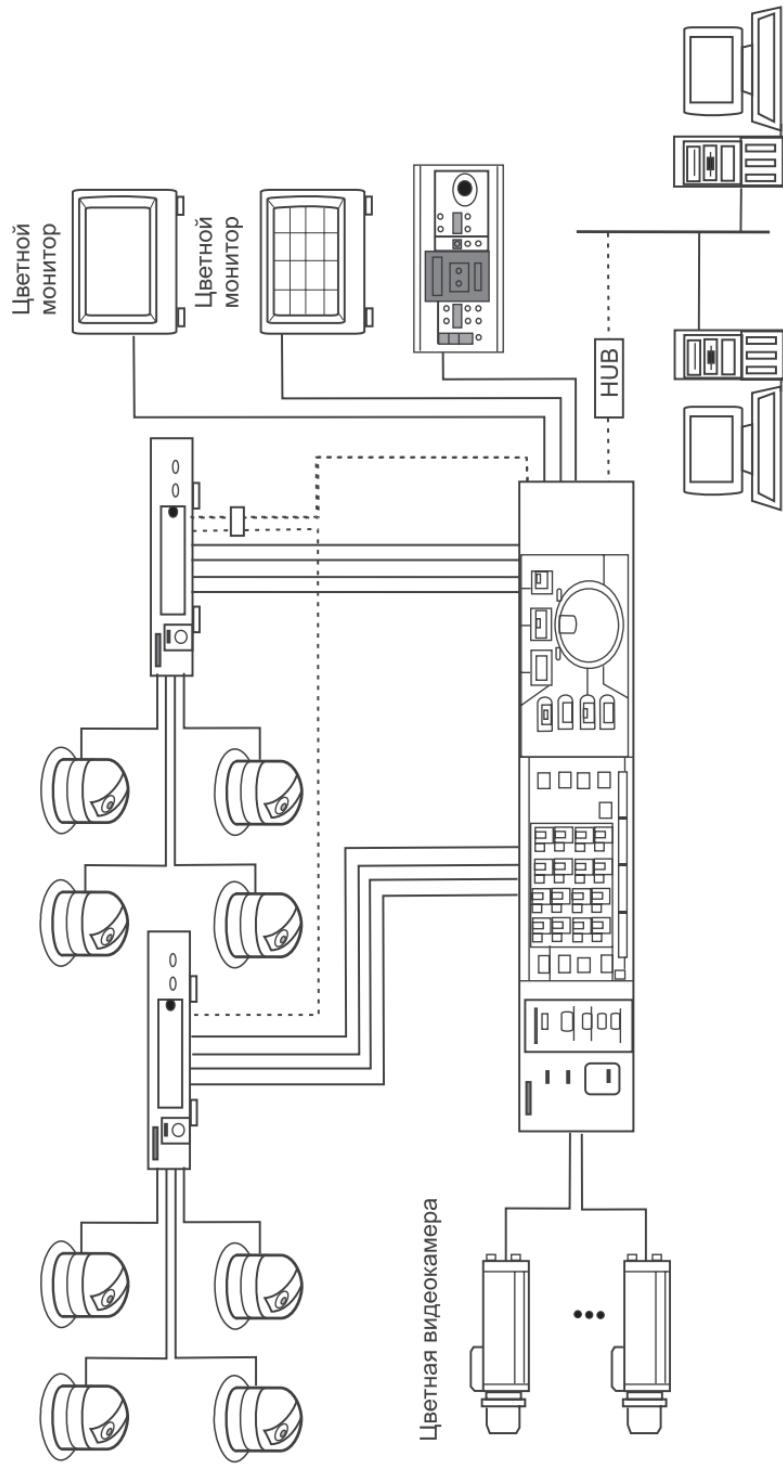
На контролируемых объектах устанавливаются управляемые мультиплексоры аудио/видеосигналов, позволяющие по команде оператора подать питание на выбранный источник информации, подключить его к радиопередатчику или проводной линии связи.

На наблюдательном пункте устанавливаются пульт оператора и блок обработки информации. Пульт оператора обеспечивает доступ и управление мультиплексорами и блоком обработки информации, прослушивание выбранного аудиоисточника.

Блок обработки информации обеспечивает передачу команд управления мультиплексорами, сигналов подтверждения санкционированного доступа к информации, прием информации и распределение ее на два видеомагнитофона.

Средства связи, обеспечивающие доставку команд управления и аудио/видеоинформации, выбираются для решения каждой конкрет-

## **Система замкнутого видеонаблюдения с записью на жесткий диск**



**Рис. 2.1. Система замкнутого видеонаблюдения с регистрацией информации**

ной задачи, частично размещаются в мультиплексорах и в блоке обработки информации.

При необходимости могут использоваться средства закрытия информации: скремблерование для аудиоканалов и кодеки для видео. Степень закрытия зависит от финансовых возможностей, поскольку рынок подобной продукции весьма широк и развивается. Имея аудиоконтроль, всегда можно включить трансляцию видеинформации

Оператору практически невозможно анализировать информацию более чем с одного монитора и с более чем одного микрофона, разумнее предоставить возможность выбрать наиболее важный на данный момент источник информации для анализа и, независимо от просмотра/прослушивания, для документирования. Для этого в составе системы имеются технические средства: коммутаторы, квадраторы и т. п. Регистрация информации в простейшем случае может осуществляться на видеомагнитофоны, или в цифровом формате на твердотельные жесткие диски компьютеров.

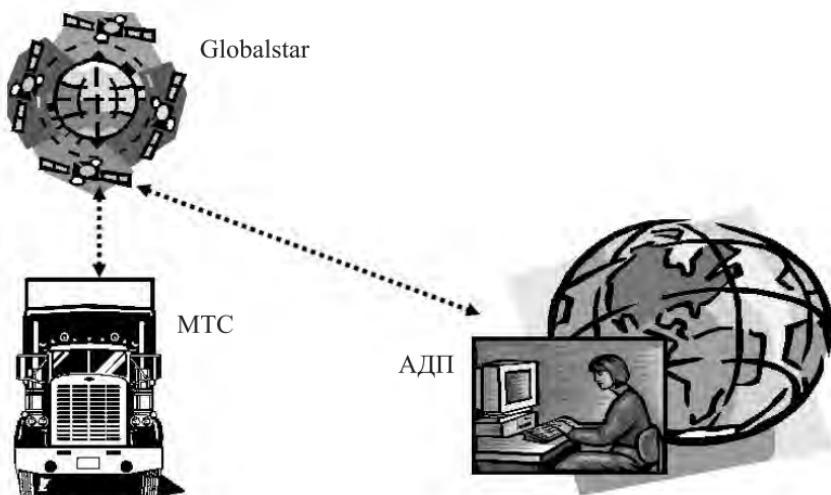
## **Система глобального мониторинга транспортных средств**

Система мониторинга мобильных транспортных средств (МТС), разработанная на базе системы мобильной спутниковой связи Globalstar, предназначена помочь клиенту легко и быстро определить местоположение, состояние МТС и груза и при необходимости принять меры, соответствующие сложившейся ситуации.

Система разработана с учетом требований специалистов по безопасности и представляет собой достаточно гибкое и надежное решение ежедневно возникающих проблем в организациях, для которых вопросы обеспечения безопасности перевозок имеют весьма важное назначение — контроль за передвижением транспортных средств.

Система мониторинга МТС представляет собой автоматизированный компьютерный комплекс для слежения за его передвижением на основе определения его местоположения и отображения его на карте контролируемой территории. Система обеспечивает повышение сопротивления возможным угрозам в отношении экипажа или пассажиров и перевозимого ими ценного груза. Местоположение каждого транспортного средства отражается на карте, выведенной на дисплей диспетчерского компьютера. Это позволяет диспетчеру отслеживать все передвижения контролируемого транспортного средства и контролировать состояние его отдельных устройств, например дверей, двигателя, груза, наличия топлива и т. д.

Использование в системе развитой сети спутниковой связи Globalstar позволяет обмениваться речевой, текстовой и телеметри-



**Рис. 2.2.** Взаимодействие элементов системы глобального мониторинга подвижных транспортных средств

ческой информацией между транспортным средством и диспетчерским пунктом, как в ручном, так и в автоматическом режимах.

Пользователями системы могут быть:

- компании и банки, которые осуществляют перевозку ценных грузов и денежной наличности, контролируют выполнение заданных маршрутов и графиков движения, и которые направляют государственные, муниципальные или собственные службы безопасности на помощь в случаях попыток угонов или ограблений инкассаторских автомобилей, либо для оказания технической или медицинской помощи;
- автотранспортные предприятия, речные и морские компании, которые хотят более качественно контролировать наличие своих ресурсов и немедленно принимать меры в случае поломок ТС, перевозящих пассажиров, ценные или скоропортящиеся грузы;
- владельцы дорогих автомобилей, которые желают обезопасить свои автомобили и, в случае угонов, определить их местоположение с целью скорейшего возврата или поимки угонщиков.

В системе функционируют:

- мобильные терминалы (МТ), устанавливаемые на транспортном средстве;
- абонентские диспетчерские пункты (АДП), устанавливаемые в стационарных помещениях;

- спутниковая сеть Globalstar, обеспечивающая передачу цифровых данных и речевых сообщений между мобильными терминалами и абонентскими диспетчерскими пунктами.

Базовый комплект мобильного терминала может состоять из мобильного контроллера и портативного абонентского терминала Globalstar с автомобильным комплектом. Мобильный контроллер подключается к абонентскому терминалу Globalstar и осуществляет прием и передачу данных на абонентский диспетчерский пункт. Кроме того, к мобильному терминалу могут подключаться: навигационный приемник GPS; интерфейсный модуль для подключения дополнительных датчиков, исполнительных механизмов, одометра и скрытого микрофона и др.; «тревожная кнопка» для экстренной передачи сигнала на диспетчерский пункт.

Базовый комплект диспетчерского пункта состоит из стационарных абонентских терминалов Globalstar, персонального компьютера и модема. Если диспетчерский пункт планируется сделать мобильным, то он может быть оборудован абонентским терминалом с автомобильным комплектом.

На стационарном диспетчерском пункте монитор компьютера может быть подключен к крупноформатному видеопроектору, и весь персонал может наблюдать за оперативной обстановкой одновременно.

Система мониторинга мобильных транспортных средств обеспечивает следующие функции:

- Обеспечение двусторонней цифровой и голосовой связи между транспортными средствами, диспетчерским пунктом и службой оперативного реагирования.
- Определение состояния безопасности и текущего местоположения контролируемых транспортных средств.
- Отображение на экране монитора диспетческого пункта географической карты района с оперативной обстановкой и отметками текущего местоположения транспортных средств.
- Немедленное оповещение диспетчера о «внештатной ситуации» с контролируемым транспортным средством (сигнал кнопки экстренного вызова, срабатывание различных бортовых датчиков и т. д.), с указанием его координат и адреса на цифровой карте.
- Управление исполнительными устройствами на транспортном средстве (блокировка дверей, двигателя, сейфа и т. п.) по командам диспетчера.
- Обеспечение двустороннего обмена служебными и информационными текстовыми сообщениями диспетчера с экипажами транспортных средств (SMS).

- Формирование и передача на диспетчерские пункты сигналов от датчиков, устанавливаемых на транспортном средстве, в том числе от датчиков охранной сигнализации.
- Скрытое прослушивание диспетчером салона транспортного средства.
- Определение ближайшего или ближайших транспортных средств к точке, указанной оператором, или группы транспортных средств, находящихся в районе, заданном оператором.
- Обеспечение контроля за прохождением заданного маршрута и соблюдением графика движения. Отображение на экране монитора диспетчерского пункта диаграмм реального выполнения маршрутов ТС с указанием времени отставания/опережения заданного графика движения для каждого ТС, а также передача информации об опережении/отставании от графика движения.
- Документирование, хранение всех данных, поступающих от контролируемых транспортных средств, для их последующего анализа (анализ «внештатных» ситуаций, выполнение графика прохождения заданных маршрутов, подготовка отчетов о работе транспортного средства и т. д.).
- Высокая степень защиты информации от прослушивания при передаче по каналам Globalstar.
- Возможность редактирования цифровой карты региона, создания новых информационных слоев цифровой карты (создание слоя маршрутов движения, нанесение на карту местности положения различных объектов — станций технического обслуживания, бензозаправок, пунктов оказания первой медицинской помощи, служб спасения, подразделений МВД и ГИБДД, таможенных терминалов, охраняемых стоянок и т. д.).

Возможности системы довольно разнообразны и отвечают различным требованиям клиентов, одновременно позволяя контролировать от десятков до нескольких сотен ТС. При большом количестве ТС их управление может осуществляться с нескольких (в том числе территориально разнесенных) диспетчерских пунктов, объединенных в единую компьютерную сеть. Параллельно со стационарными диспетчерскими пунктами в системе могут функционировать и подвижные мобильные пункты наблюдения, осуществляющие дополнительный контроль и оперативную поддержку транспортных средств. Одним из основных достоинств системы является ее гибкость, чему уделено особое внимание при ее разработке.

$$\begin{bmatrix} & & \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ & & \end{bmatrix}$$