



МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

Н.Ю. ЛАХТИНА, К.Г. МАНУШАКЯН

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Системы определения
местоположения и идентификации
транспортных средств**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)

Кафедра «Транспортная телематика»

Утверждаю
Зав. кафедрой профессор
_____ В.М. Власов
« ____ » _____ 2017 г.

Н.Ю. ЛАХТИНА, К.Г. МАНУШАКЯН

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Системы определения
местоположения и идентификации
транспортных средств

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

МОСКВА
МАДИ
2017

УДК 621.398:004
ББК 32.968:39
Л298

Лахтина, Н.Ю.

Л298 Техническое обеспечение телематических систем. Системы определения местоположения и идентификации транспортных средств: методическое пособие / Н.Ю. Лахтина, К.Г. Манушакян. – М.: МАДИ, 2017. – 68 с.

В методическом пособии «Техническое обеспечение телематических систем. Системы определения местоположения и идентификации транспортных средств» рассмотрены различные методы определения координат транспортных средств в системах транспортной телематики, цифровые тахографы и системы радиочастотной идентификации на транспорте.

Методическое пособие предназначено для бакалавров, специалистов и магистров специализаций «Телематика на автомобильном транспорте», «Телематика в автосервисе» и специальностей «Организация и безопасность движения» (190702), «Организация перевозок и управление на транспорте» (190701).

УДК 621.398:004
ББК 32.968:39

Учебное издание

ЛАХТИНА Наталья Юрьевна
МАНУШАКЯН Каринэ Газаросовна

**ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Системы определения
местоположения и идентификации
транспортных средств
МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор Н.В. Шашина

Подписано в печать 16.03.2017 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 4,25. Тираж 110 экз. Заказ . Цена 145 руб.
МАДИ, Москва, 125319, Ленинградский пр-т, 64.

© МАДИ 2017

ВВЕДЕНИЕ

Устройства определения местоположения транспортного средства (ТС) являются неотъемлемой частью многих телематических систем. Системы мониторинга транспорта, внедренные на предприятия любой специализации, способствуют повышению его экономической эффективности, обеспечивают дополнительную безопасность водителя и транспорта при транспортировке грузов на дальние расстояния. Знание траектории и параметров движения автомобиля при ДТП способствует быстрому и объективному выявлению виновников происшествия, что важно для страховых компаний и т.п. Настоящее методическое пособие посвящено различным методам и системам определения местоположения и идентификации ТС.

В первой главе методического пособия рассмотрены системы спутниковой навигации, инерциальные и интегрированные навигационные системы. Описаны принцип действия и устройство датчиков инерциальной навигации – акселерометра, гироскопа и магнитного компаса. Приведены примеры датчиков, выполненных по современной МЭМС-технологии. Во второй главе пособия рассмотрены современные цифровые тахографы, их устройство и методы получения данных из памяти.

Третья глава методического пособия посвящена радиочастотной идентификации на транспорте. Рассмотрены принцип действия *RFID*-систем, их классификация и применение.

Значительное внимание в методическом пособии уделено вопросам для самоконтроля знаний. Ответы на заданные вопросы способствуют повторению материала студентами и самооценке степени его освоения.

Глава 1. СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Задача определения местоположения транспортного средства заключается в **определении его координат на поверхности Земли**. Эта задача решается навигационными системами, которые являются неотъемлемой частью практически всех телематических систем. Знание местоположения и траектории движения ТС необходимо для таких систем, как:

- системы мониторинга работы пассажирского транспорта;
- системы слежения за грузом;
- система экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС»;
- поисково-охранные системы автомобиля;
- системы записи параметров автомобиля при ДТП («черные ящики») и др.

В настоящее время находят применение следующие системы определения местоположения транспортного средства:

- спутниковые навигационные системы (ГЛОНАСС, *GPS*);
- инерциальные системы (системы счисления пути);
- интегрированные навигационные системы;
- системы определения координат по базовым станциям *GSM*.

Существуют системы абсолютного и относительного позиционирования. В абсолютных системах получение новых координат не зависит от предыдущего местоположения объекта. Примером таких систем являются системы спутниковой навигации. В системах относительного позиционирования для вычисления последующих координат в процессе движения транспортного средства необходима привязка к его начальным координатам. По такому принципу работают инерциальные системы.

1.1. Спутниковые навигационные системы (СНС)

Спутниковые навигационные системы решают навигационные задачи на основании данных, получаемых от специальных навига-

онных спутников. Использование навигационных систем на транспорте в РФ основывается на Постановлении Правительства Российской Федерации № 641 от 25.08.08 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».

В настоящее время находят применение две навигационные системы: российская глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС и американская позиционная система *GPS*, принцип действия которых и состав практически одинаковый. В скором времени к двум упомянутым должна добавиться европейская система навигации *GALILEO* [1].

1.1.1. Состав СНС

Спутниковые навигационные системы состоят из **космического, наземного и пользовательского сегментов**. Космический сегмент представляет собой орбитальную группировку спутников, излучающих навигационные сигналы. Спутники расположены на разных орбитах на высоте около 20000 км. Спутники распределены так, что в любой точке земли в любой момент времени выше 15 градусов над горизонтом находится от 4 до 8 спутников. Период обращения спутников составляет около 12 часов, следовательно, за сутки каждый спутник совершает два полных оборота вокруг Земли. Для обеспечения глобального покрытия Земли необходимо 24 спутника, в то время как для покрытия территории России необходимо 18 спутников.

Система ГЛОНАСС работает на двух несущих частотах: первый стандарт 1,6 ГГц предназначен для общего пользования, а второй 1,2 ГГц – для военных целей.

GPS-спутники передают три навигационных сигнала на двух частотах: L_1 (1575.42 МГц) и L_2 (1227.60 МГц). На частоте L_1 передается «гражданский» сигнал, а на частотах L_1 и L_2 – высокоточный «военный» код. Точность определения координат с помощью «военного кода» на порядок выше, чем при использовании «гражданского» сигнала.

На борту каждого спутника установлены атомные часы, обеспечивающие точность наносекунды, и вычислительно-кодирующее устройство. Точность определения координат СНС составляет ($\pm 5\text{--}15$) м в плане и зависит от многих причин: вида навигационного приемника, атмосферных условий и т.д.

Наземный сегмент СНС состоит из контрольно-измерительных станций для мониторинга спутников и главной станции управления. Спутник может немного отклоняться от орбиты, поэтому контрольно-измерительные станции постоянно отслеживают расположение, орбиту, высоту и скорость спутников. Далее, данные, полученные от всех станций, пересылаются на главную станцию управления, которая их обрабатывает и вычисляет отклонение траекторий спутников от заданных орбит, временные сдвиги бортовых часов и ошибки в навигационных сообщениях. Затем откорректированные навигационные данные передаются на спутники в момент, когда они находятся в зоне доступа станции управления.

К **пользовательской** части спутниковой навигационной системы относится аппаратура пользователя, т.е. навигационные приемники, которые используют сигнал со спутников для вычисления текущих координат ТС и его скорости.

1.1.2. Системы координат СНС

Принцип действия спутниковых навигационных систем заключается в **определении местоположения** какого-либо объекта на Земле **по известным координатам** группы навигационных спутников. Рассмотрим, каким образом и в каких системах координат определяются координаты спутников и объектов на Земле.

Местоположение объектов на Земле определяется в **географической** системе координат. Координатами объекта на земной поверхности являются углы, называемые **широтой и долготой** (рис. 1.1). Опорными плоскостями географической системы координат являются плоскости экватора и начального (Гринвичского) меридиана, от которых отсчитываются соответственно широта и долгота [1].

Широта точки на поверхности Земли определяется как угол φ между радиус-вектором, проведенным из центра масс Земли в указанную точку, и плоскостью экватора. Долготой называется угол λ между плоскостью меридиана, проходящего через эту точку, и плоскостью начального меридиана. Широта и долгота измеряются в градусах, минутах и секундах. Третьей координатой, определяющей положение точки в географической системе координат, является ее высота над уровнем моря.

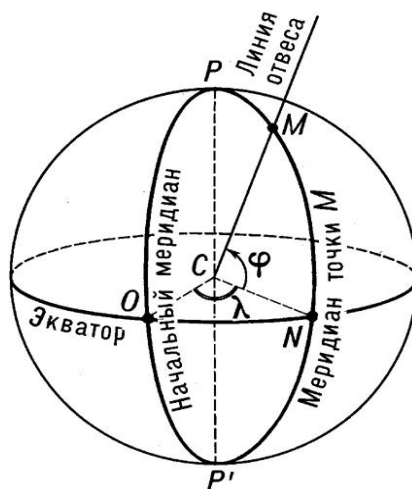


Рис. 1.1. Географическая система координат

Координаты навигационных спутников определяются в **геоцентрической инерциальной** (неподвижной) системе координат OX_0, OY_0, OZ_0 [1]. Начало координат этой системы расположено в центре массы Земли; ось OX_0 лежит в плоскости экватора и направлена в точку небесной сферы, называемую точкой весеннего равноденствия. Ось OZ_0 направлена вдоль оси вращения Земли в сторону Северного Полюса, а ось OY_0 дополняет прямоугольную систему координат (рис. 1.2). На первом этапе решения навигационной задачи **по известным координатам спутников** (X_0, Y_0, Z_0) **определяются координаты объекта** на Земле (x_0, y_0, z_0) в **инерциальной** системе.

Для привязки местоположения объекта к поверхности Земли необходимо определить координаты приемника в **геоцентрической неинерциальной** (подвижной) системе координат XYZ (рис. 1.2). Центр этой системы координат совпадает с центром Земли, ось OZ совпадает

с осью OZ_0 инерциальной системы, ось OX проходит через Гринвичский меридиан и лежит в плоскости экватора, а ось OY дополняет систему координат. Оси OX и OY вращаются со скоростью вращения Земли.

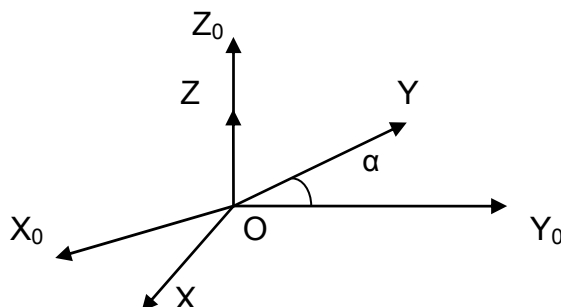


Рис. 1.2. Геоцентрические системы координат

Зная координаты приемника транспортного средства (x_0, y_0) в **инерциальной** системе координат, можно найти его координаты (x, y) в **неинерциальной** системе по формулам:

$$x = x_0 \cos \alpha + y_0 \sin \alpha, \quad y = -x_0 \sin \alpha + y_0 \cos \alpha, \quad (1.1)$$

где α – угол, на который повернется ось OX относительно оси OX_0 в процессе суточного вращения Земли.

Таким образом, из сказанного следует, что координаты навигационных спутников определяются в геоцентрической системе координат, а местоположением объектов на Земле, как мы знаем, являются широта, долгота и высота над уровнем моря. Следовательно, чтобы определить местоположение объекта на Земле по известным координатам навигационных спутников, необходимо сначала перевести эти координаты в подвижную систему координат (по формулам 1.1), а затем уже пересчитать эти координаты в «земные», то есть в широту и долготу.

Определение широты, долготы и высоты над уровнем моря объекта зависит от выбранной модели Земли. В *GPS*-системах используется модель *WGS84*, а в системе ГЛОНАСС используется модель Земли ПЗ-90. В этих моделях Земля моделируется эллипсоидом вращения. Однако для простоты при переводе координат спутников в географические координаты можно представить Землю в виде сферы. В этом случае для нахождения широты φ и долготы λ надо перейти из декартовых координат (x, y, z) в сферические φ, λ (рис. 1.3).

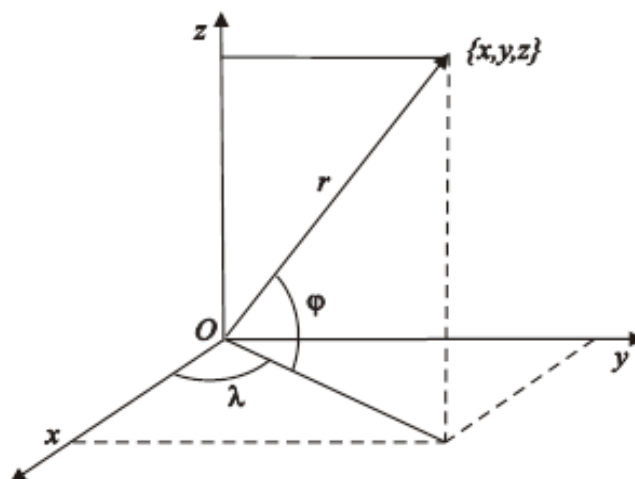


Рис. 1.3. Декартовы и сферические системы координат

Связь между координатами спутника и «земными» координатами тогда можно определить по формулам:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \varphi = \arcsin \frac{z}{r}, \lambda = \arctg \frac{y}{x}. \quad (1.2)$$

Для нахождения высоты над уровнем моря h надо вычесть радиус Земли R_0 из радиус-вектора r :

$$h = r - R_0.$$

1.1.3. Принцип действия СНС

Принцип действия спутниковой навигации основан на **определении расстояния от транспортного средства до спутников, координаты которых известны**. Точные координаты **спутников** (X_0, Y_0, Z_0) в инерциальной системе координат определяются из данных эфемерид и альманаха, передаваемых в навигационных сообщениях.

Эфемерида – это **небесные координаты спутника**, которые передаются спутником каждые 30 секунд. За это время приемники успевают принять и обработать информацию. Эфемеридные данные обновляются каждые 4 часа.

Альманах – это **данные об орбитах всех** спутников. Каждый спутник передает собственную эфемериду и альманах о положении всех спутников. Альманах содержит информацию о расположении спутников «на небе», что позволяет при очередном включении приемника навигатора значительно сузить секторы поиска навигационного

сигнала и уменьшить время его «захвата». Эти данные обновляются примерно каждые 6 месяцев. Навигационное сообщение состоит из 1500 бит и содержит:

- дату и время;
- состояние спутника (рабочее или нет);
- эфемеридные данные (координаты спутника);
- альманах.

В спутниковых системах навигации используется **дальномерный метод** определения местоположения объекта. Суть этого метода заключается в следующем. Предположим, что объект (транспортное средство) с неизвестными координатами (x_0, y_0, z_0) находится на поверхности Земли, и над ним располагается навигационный спутник с известными координатами (X_{01}, Y_{01}, Z_{01}) . В момент времени t_0 спутник излучает радиосигнал. Предполагается, что фронт радиоволны имеет сферическую форму. Через время t_1 фронт радиоволны достигнет объекта на Земле, причем его координаты будут находиться на поверхности сферы с радиусом R_1 , равным расстоянию от спутника до потребителя, и центром в точке с координатами (X_{01}, Y_{01}, Z_{01}) , измеренными в инерциальной системе координат (рис. 1.4).

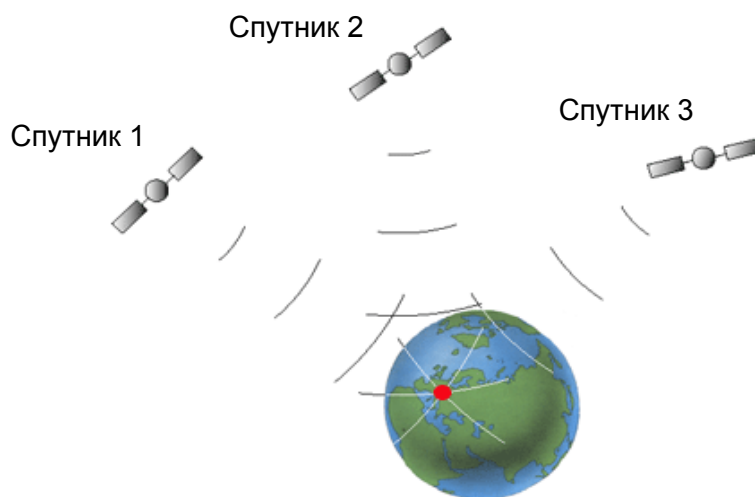


Рис. 1.4. Принцип действия спутниковой системы навигации

Математически это можно описать с помощью уравнения сферы:

$$R_1^2 = (X_{01} - x_0)^2 + (Y_{01} - y_0)^2 + (Z_{01} - z_0)^2 = c^2 t_1^2,$$

где c – скорость света.

Для определения неизвестных координат объекта одного уравнения мало (так как в уравнении три неизвестных), поэтому необходимо получить информацию, по меньшей мере, еще от двух спутников. Тогда получим систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\begin{aligned} R_1^2 &= (X_{01} - x_0)^2 + (Y_{01} - y_0)^2 + (Z_{01} - z_0)^2 = c^2 t_1^2; \\ R_2^2 &= (X_{02} - x_0)^2 + (Y_{02} - y_0)^2 + (Z_{02} - z_0)^2 = c^2 t_2^2; \\ R_3^2 &= (X_{03} - x_0)^2 + (Y_{03} - y_0)^2 + (Z_{03} - z_0)^2 = c^2 t_3^2, \end{aligned} \quad (1.3)$$

где x_0, y_0, z_0 – координаты объекта (транспортного средства); X_0, Y_0, Z_0 – координаты соответствующих спутников; t_1, t_2, t_3 – время прохождения радиосигнала от спутников до ТС; c – скорость света.

Решив систему уравнений (1.3), можно найти координаты x_0, y_0, z_0 объекта в инерциальной системе координат, которые будут находиться в точке пересечения трех сфер (рис. 1.4).

Таким образом, задача навигационного приемника сводится к **определению расстояния R** до каждого спутника на основании данных об их координатах и решению системы уравнений (1.3) для определения координат x_0, y_0, z_0 транспортного средства.

Каким же образом в приемнике навигатора определяется расстояние до спутников? Для этого необходимо **измерить время t** прохождения радиосигнала от спутника до приемника и вычислить расстояние по формуле:

$$R = t \cdot c. \quad (1.4)$$

Другими словами, зная время, за которое сигнал дошел от спутника до ГЛОНАСС/GPS-приемника, и умножив его на скорость света, можно определить расстояние до спутника.

Время t определяется следующим образом. **На спутнике** и в **приемнике** навигатора на земле **одновременно** генерируется сложная кодовая посылка (дальномерный код), повторяющаяся с частотой 1 кГц. Эта кодовая комбинация называется псевдослучайным кодом *PRN* (*Pseudo Random Number code*). Каждому спутнику соответствует своя уникальная последовательность кода *PRN*, по которой в приемнике пользователя определяется, от какого спутника пришел сигнал, то есть в системе спутниковой навигации используется метод множественного доступа с кодовым разделением абонентов (CDMA) [2]. Не-

сущие частоты, на которых работают спутники, модулируются *PRN*-кодом и навигационным сообщением. В СНС используется фазовая манипуляция несущей частоты [2].

Для определения времен t прохождения радиосигнала от спутника до приемника на спутнике и в приемнике навигатора **одновременно** формируются **одинаковые** *PRN*-коды. Принятый со спутника код сравнивается со сформированным кодом приемника, и определяется временная задержка одного кода по отношению к другому (рис. 1.5).

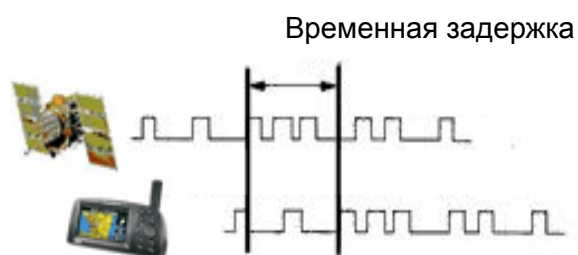


Рис. 1.5. Определение временной задержки

Этот временной сдвиг будет соответствовать времени t прохождения сигнала от спутника до приемника. Однако следует заметить, что все сказанное справедливо, если часы на спутнике и в приемнике строго синхронизированы. Так, если расхождение во времени составит всего 0,01 секунды, ошибка в определении расстояния составит 3000 км, что приведет к ошибке позиционирования.

На спутниках установлены атомные часы, имеющие очень высокую точность, а в обычных навигационных приемниках используются недорогие кварцевые часы существенно меньшей точности. Для **исключения рассогласования показаний часов** спутника и приемника при решении навигационной задачи используются **данные еще одного спутника**.

Сказанное поясняется рис. 1.6, на котором показано определение местоположения объекта на плоскости (определение двух координат) с помощью трех спутников в двух случаях: при показаниях точных часов (пунктирная линия) и показаниях часов приемника, которые спешат на 0,5 секунды (сплошная линия).

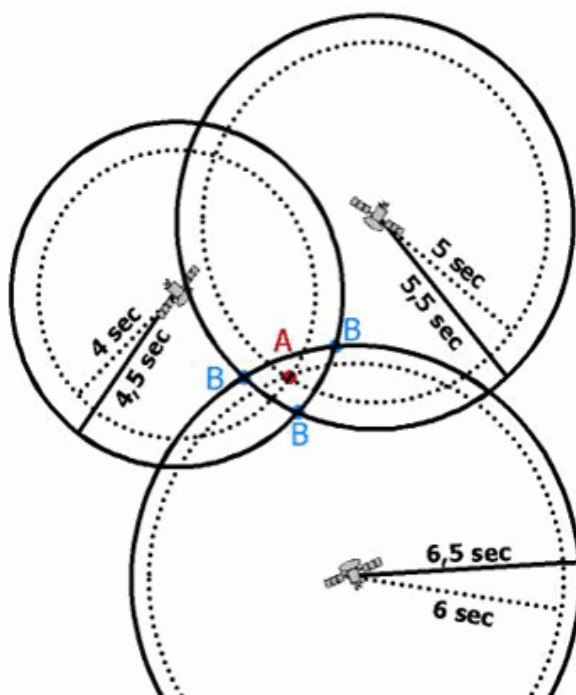


Рис. 1.6. Определение местоположения объекта с помощью 3-х спутников

В первом случае все окружности пересекаются (точка А), следовательно, есть решение системы уравнений (1.3) и координаты объекта могут быть вычислены.

Во втором случае нет общей точки пересечения окружностей, а следовательно, местоположение объекта не определено. Тогда контроллер навигационного приемника определяет, что часы идут неточно и начинает прибавлять или уменьшать время во всех измерениях до тех пор, пока не найдется единое решение системы уравнений. Таким образом, для получения информации о двух координатах транспортного средства необходимо как минимум три спутника, а для определения трех координат – четыре.

Исходя из вышесказанного, следует:

- в СНС координаты местоположения вычисляются по **расстоянию** от приемника ТС до нескольких спутников;
- **расстояние** до спутника определяется путем измерения **промежутка времени**, который требуется радиосигналу, чтобы дойти от спутника до приемника;
- для этого передатчик спутника и приемник ТС **одновременно** генерируют один и тот же код;

- **время** распространения сигнала от спутника до приемника определяется измерением **запаздывания** псевдослучайного кода передатчика спутника по отношению к такому же коду приемника;

- для определения местоположения ТС необходимо провести как минимум **четыре** измерения;

Таким образом, навигационный приемник выполняет следующие функции:

- принимает и запоминает эфемеридные данные спутников;
- определяет временную задержку t дальномерного кода;
- рассчитывает расстояния R до спутников по формуле (1.4);
- решает систему уравнений (1.3) и определяет координаты объекта (x_0, y_0, z_0) в инерциальной системе координат;
- переводит координаты объекта из инерциальной системы в неинерциальную систему координат в соответствии с формулами (1.1);
- пересчитывает эти координаты в географические по формулам (1.2) и находит долготу, широту и высоту над уровнем моря.

По этим координатам определяется местоположение транспортного средства на карте.

Для увеличения точности позиционирования в навигационном приемнике обрабатываются сигналы от дополнительных спутников.

Конструктивно приемники делятся на одноканальные и многоканальные. Одноканальные – самые простые и дешевые. В них информация от всех спутников обрабатывается последовательно, что требует значительного времени. Недостатками таких навигаторов являются низкая точность, невозможность измерения скорости, отсутствие информации на время расчетов.

В многоканальных приемниках (4, 8, 12, 16 каналов) одновременно ведется обработка сигналов всех спутников, находящихся в пределах видимости, что увеличивает точность позиционирования. Многие приемники могут быть настроены на работу как с ГЛОНАСС, так и с *GPS*.

Описание и технические характеристики отечественного навигационного приемника МНП-М7 приведены в [1].

Для мониторинга местоположения ТС используются электронные карты. **Электронная карта** – это карта, существующая в виде компьютерного файла. Специальное программное обеспечение может отображать информацию из этого файла на экране дисплея, прокладывать маршруты движения и др. Существует два вида электронных карт: растровые и векторные.

Растровые карты представляют собой цифровое изображение, получаемое путем сканирования обычной бумажной карты. Так же как и цифровая фотография, она является копией оригинала с точностью до элемента сканирования (пикселя). Растровые карты — это изображение местности, к которому привязываются географические координаты. Масштаб растровой карты напрямую зависит от исходного варианта: или это фотография со спутника, или отсканированная бумажная карта. Недостатком растровых карт является то, что они занимают очень большой объем памяти. Действительно, если отсканировать в полноцветном режиме карту размером 50х50 см с разрешением 508dpi, то получившийся файл будет иметь размер 75 Мб [3]. Недостатком растровых карт является также то, что по ним нельзя определить оптимальный маршрут движения, рассчитать профиль земной поверхности и т.п. Перечисленные недостатки существенно ограничивают применение растровых карт, однако в некоторых случаях их использование бывает оправдано из-за низких затрат на их производство.

Векторные карты представляют собой **базу данных**, в которой хранится информация об объектах, их координатах, взаимном месторасположении, характеристиках местности (горы, озера, дороги и т.п.) [1]. Основное отличие векторной карты от растровой состоит в том, что в программе хранится не само изображение, а данные, по которым карта местности воспроизводится на экране компьютера или навигатора по математическим формулам и алгоритмам, определяющим геометрическую форму, размер, цвет, местоположение объектов.

После определения навигационным приемником координат транспортного средства его изображение появляется на векторной карте местности, которая находится рядом с ТС. Количество отображаемых объектов определяется выбранным масштабом. При пере-

мещении ТС соответственно изображение меняется: навигационная программа, анализируя новые координаты приемника, генерирует новое изображение на экране в соответствии с выбранным масштабом и настройками приемника.

Каждое перемещение по векторной карте означает перерисовку всех видимых объектов. Поэтому для ускорения работы с векторной картой объект в зависимости от выбранного масштаба может быть отображен подробно, схематически или скрыт.

Поскольку векторные карты не содержат графических изображений, они занимают гораздо меньший объем памяти, чем растровые, а следовательно, быстрее работают. Безусловным преимуществом векторных карт является возможность отобразить на карте конкретные дома и другие объекты. Кроме того, векторные карты позволяют показывать разную детализацию объектов при отображении карты в разных масштабах.

1.1.4. Дифференциальная система позиционирования

Точность определения местоположения объекта спутниковыми навигационными системами зависит от многих причин. Ошибки в определении координат обусловлены:

- уменьшением скорости распространения сигнала при прохождении ионосферы и тропосферы;
- изменением орбиты спутника;
- ошибкой часов спутника;
- влиянием отраженных сигналов;
- погрешностью вычисления.

Минимальная ошибка достигается на открытых участках местности. Более значительная ошибка может временно наблюдаться при работе в городских условиях плотной застройки, под мостами и эстакадами.

Другой источник неточности – это уменьшение скорости распространения сигнала в тропосфере и ионосфере. Скорость распространения сигналов в открытом космосе равна скорости света, а в ионосфере и тропосфере она меньше.

Точность определения координат потребителя, которую обеспечивают системы *GPS* и ГЛОНАСС, составляет 5–10 м. Однако часто этого бывает недостаточно. В этом случае используется метод дифференциальной навигации, позволяющий значительно увеличить точность [4].

Принцип действия **дифференциальной** системы позиционирования заключается в следующем. В состав системы входит базовая станция, которая находится в точке с известными географическими координатами. Сигналы со спутников одновременно принимаются приемниками потребителя и базовой станции. На базовой станции сравниваются координаты, вычисленные по данным со спутника, с истинными координатами станции. В случае их расхождения базовый навигационный приёмник формирует поправки, которые передаются потребителям по каналам связи (рис. 1.7).

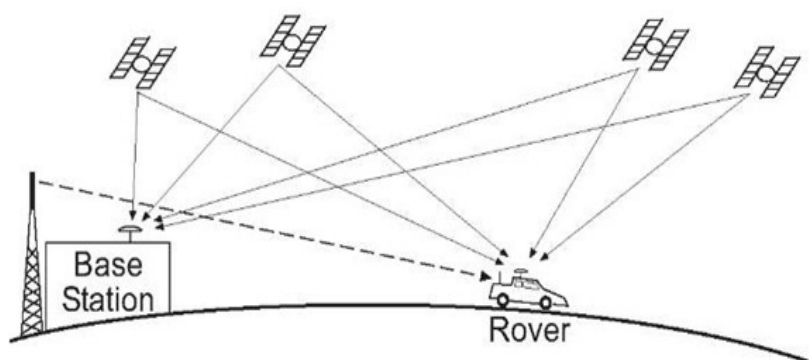


Рис. 1.7. Принцип действия дифференциальной системы позиционирования

Различают два метода вычисления поправок:

- метод **коррекции координат**, когда базовые станции (*BaseStation*) передают на транспортное средство поправки, которые добавляются (или вычитаются) к **координатам**, вычисленным навигационным приемником. Недостатком этого метода является то, что приёмники базовой станции и пользователя должны работать по данным одних и тех же спутников.
- метод **коррекции навигационных параметров**. При использовании этого метода на базовой станции определяются поправки к **измеряемым параметрам** всех спутников, которые находятся в зоне

видимости потребителя. Эти поправки передаются пользователям, навигационные приемники которых вновь рассчитывают координаты своего местонахождения по уточненным данным. Недостатком этого метода является повышение сложности аппаратуры потребителей.

Точность определения координат при дифференциальном методе в значительной степени зависит от расстояния между потребителем и базовой станцией и уменьшается с ростом дальности. Поэтому зона обслуживания базовой станции составляет не более 500 км. Передача дифференциальных поправок от базовой станции к потребителю осуществляется с помощью радиосвязи или по каналам GSM.

В настоящее время широкое применение находят **глобальные системы** дифференциальных поправок. Подобные системы часто называют также широкозонными системами спутниковой дифференциальной навигации **SBAS (Satellite-based Augmentation System)**.

В состав системы входит сеть наземных станций слежения, которые осуществляют непрерывный сбор данных от всех навигационных спутников (рис. 1.8). Эти данные поступают на мастер-станцию, где обрабатываются в реальном режиме времени для формирования **корректирующих поправок**.

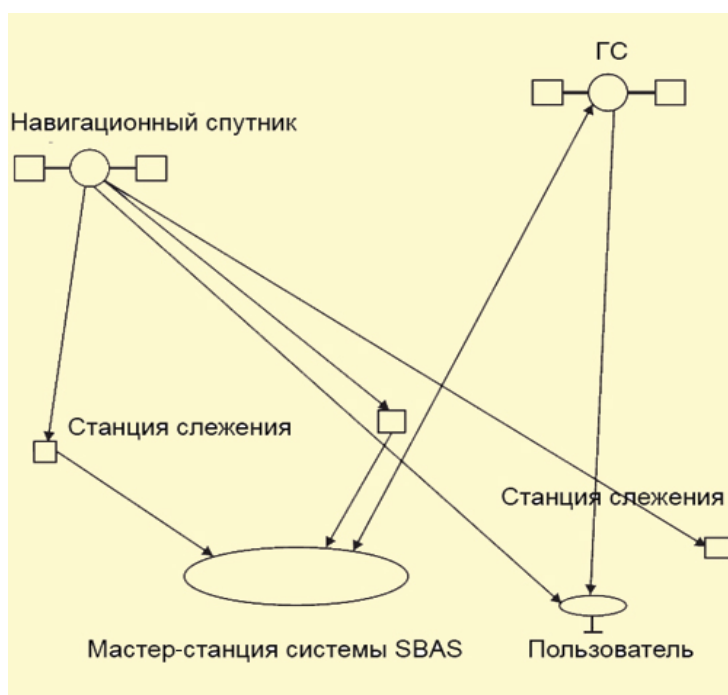


Рис. 1.8. Принцип действия системы SBAS

Далее, эти поправки передаются на геостационарные спутники (ГС), которые в свою очередь ретранслируют их на большую территорию всем пользователям. Причем один геостационарный спутник может обеспечить поправками территорию, равную по площади $1/3$ поверхности земного шара [5]. Сигналы с геостационарных спутников обрабатываются в одном из каналов приемника навигатора, так как сигналы системы *WAAS* и *GPS/ГЛОНАСС* передаются на одной и той же частоте и имеют схожую структуру кодирования. Корректирующие сигналы могут быть платными или бесплатными и принимаются практически всеми *GPS/ГЛОНАСС*-приемниками.

В настоящее время существует несколько подсистем *SBAS*:

- *WAAS (Wide Area Augmentation System)* – для территории США;
- *EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)* – для территории Европы;
- *MSAS (Multi functional Satellite based Augmentation System)* – для территории Японии и некоторых стран Юго-Восточной Азии.

Использование системы *SBAS* увеличивает точность спутниковой навигации от 1 до 5 метров в плане, что вполне достаточно для систем транспортной телематики.

Технология дифференциальной спутниковой навигации широко используется также в геодезии и в автоматизированных системах управления рабочими органами дорожно-строительных машин [6]. Однако в этих системах точность позиционирования не должна превышать 1...3 см. Такую высокую точность получают благодаря применению технологии **виртуальной базовой станции VRS (Virtual Reference Station)** [7].

В системах *VRS* имеется сеть базовых станций, собирающих данные обо всех навигационных спутниках. Эти данные в режиме реального времени непрерывно поступают в центр управления, где с помощью специального программного обеспечения моделируются атмосферные и эфемеридные искажения для всей сети и формируется постоянно обновляющаяся **база данных коррекций** для локальных площадей.

Для получения корректирующей информации пользователь связывается с центром управления и передает координаты своего местоположения. Получив эти данные, центр управления создает виртуальную базовую станцию в непосредственной близости от пользователя и определяет корректирующие данные этой станции, которые передаются пользователю для уточнения координат местонахождения. Точность измерений VRS-системы составляет (1...2) см при удалении от реальной базовой станции на 50 км.

1.2. Инерциальные навигационные системы (ИНС)

1.2.1. Принцип действия ИНС

Другим методом определения местоположения подвижных объектов является **метод навигационного счисления пути**, называемый также методом **инерциальной навигации**. Этот метод предполагает оснащение транспортного средства датчиками направления (курса) α и пройденного пути s , по показаниям которых определяется местоположение объекта относительно опорной точки с **известными** координатами x_0, y_0 (рис. 1.9). Измерения производятся в системе координат, в которой ось «у» направлена на Северный полюс, а ось «х» обозначает направление «восток-запад». **Курсом** (направлением) называют угол, заключённый между направлением на Северный полюс (курсом 0°) и направлением движения [8, 9].

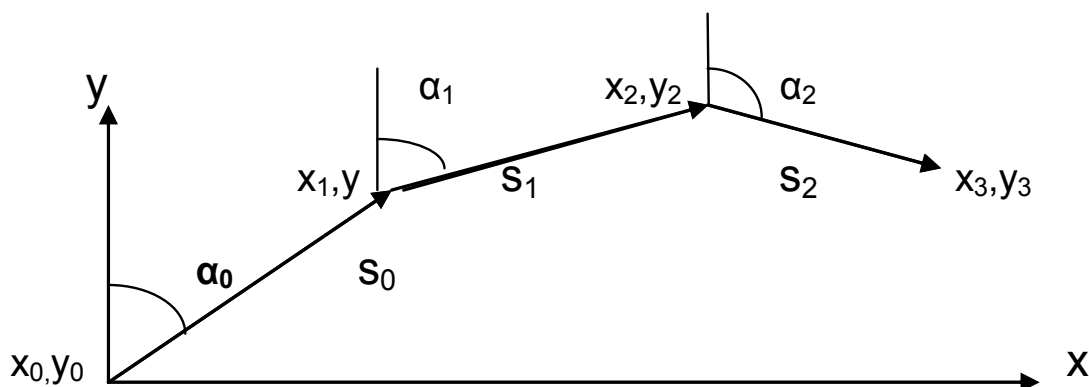


Рис. 1.9. Метод навигационного счисления пути

Из рис. 1.9 следует, что координаты транспортного средства (x_n , y_n) в момент времени t_n можно определить по формулам:

$$x_n = x_0 + \sum_{i=1}^n s \sin \alpha, \quad y_n = y_0 + \sum_{i=1}^n s \cos \alpha. \quad (1.5)$$

Вычисление координат производится непосредственно на самом транспортном средстве с помощью бортового навигационного компьютера.

Существуют различные методы определения пройденного пути и направления движения. Простейшим датчиком **пройденного пути** S является **одометр**, на который поступает информация с датчиков скорости вращения колес.

Одометрам присущ ряд систематических погрешностей, которые влияют на точность измерений [9]. Ошибки возникают по следующим причинам:

- из-за разницы в диаметрах новой и изношенной покрышки, которая дает погрешность в определении пройденной дистанции до 3%;
- из-за увеличения диаметра покрышки под действием центробежной силы. Так, при возрастании скорости автомобиля на каждые 40 км/ч погрешность в определении пройденной дистанции увеличивается на 0,1...0,7%;
- изменение давления в шинах на 689 кПа увеличивает погрешность на 0,25...1,1%.

Другой метод определения пройденного пути – использование акселерометра в качестве датчика пройденного пути [10].

Акселерометр – прибор, измеряющий ускорение. Ускорение – это вектор, который имеет величину и направление. Единица измерения ускорения – ***g*** (ускорение свободного падения, равное 9.81 м/с²). Измеряя ускорение движения транспортного средства, можно путем его интегрирования вычислить скорость, а интегрированием скорости – определить пройденный путь (рис. 1.10). Акселерометр устанавливается таким образом, чтобы его ось измерения совпадала с продольной осью автомобиля, при этом после двойного интегрирования сигнала акселерометра будет регистрироваться пройденный путь транспортного средства.

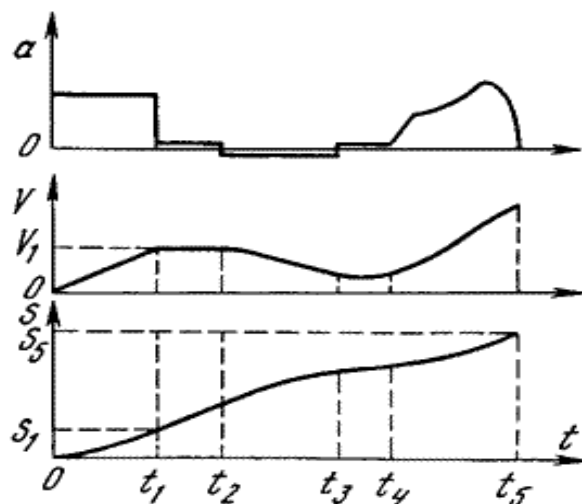


Рис. 1.10. Графики изменения ускорения, скорости и пройденного пути

Однако следует заметить, что при подъеме или спуске автомобиля акселерометр будет измерять не только ускорение движения автомобиля « a » (рис. 1.11), но и проекцию ускорения свободного падения g на направление движения « a_g », что будет вносить ошибки в измерения. Скорректировать показания акселерометра при движении автомобиля по негоризонтальной поверхности можно с помощью гироскопа.

Гироскоп – устройство, измеряющее угловую скорость вращения вокруг оси, относительно которой он ориентирован.

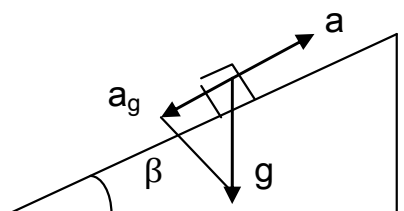


Рис. 1.11. Движение автомобиля по дороге с уклоном

Установив гироскоп на транспортном средстве таким образом, чтобы он измерял скорость изменения угла наклона автомобиля, а затем, проинтегрировав сигнал с выхода гироскопического датчика, получим сигнал, соответствующий углу β отклонения автомобиля от горизонтальной плоскости. Зная угол уклона движения, можно легко рассчитать составляющую ускорения свободного падения « a_g » и внести коррекцию в показания акселерометра. Такие системы называются бесплатформенными инерциальными навигационными системами

(БИНС). Акселерометры и гироскопы в них жестко связаны с корпусом автомобиля.

Направление движения транспортного средства в ИНС определяется двумя основными способами:

- магнитным компасом;
- гироскопом.

В современных электронных **магнитных компасах** в качестве чувствительного элемента используются датчики, называемые **магнитометрами**, которые измеряют интенсивность одной или нескольких составляющих магнитного поля Земли в той точке, где они находятся. Магнитное поле характеризуется величиной вектора магнитной индукции « B ». Как известно, вектор магнитной индукции Земли параллелен поверхности Земли и направлен на Северный магнитный полюс (СМП), который расположен в северной части Канады в 1300 милях от Северного географического полюса (СГП). Угол между СМП и СГП называется **магнитным склонением**, причем его величина неодинакова в разных точках земли [11].

В инерциальных системах обычно используется электронный компас, который имеет два магнитометра, установленных в горизонтальной плоскости под прямым углом друг к другу и ориентированных по координатным осям автомобиля (рис. 1.12).

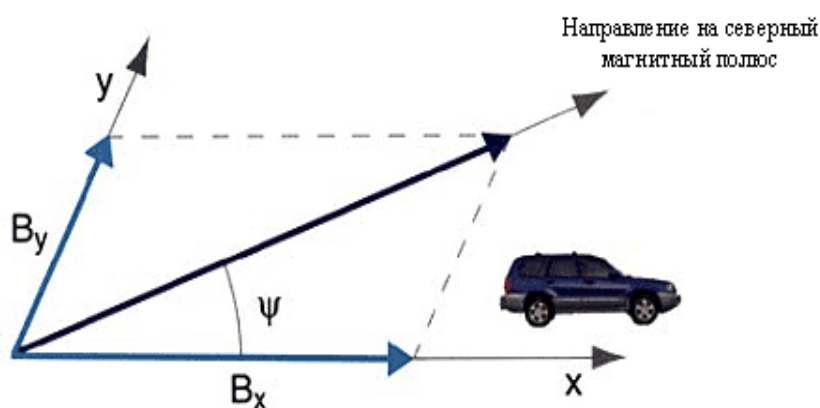


Рис. 1.12. Определение направления движения автомобиля с помощью магнитного компаса

Первый магнитометр определяет составляющую магнитного поля B_x , направленную по продольной оси автомобиля, а второй изме-

ряет составляющую B_y , направленную по его поперечной оси. Векторная сумма этих составляющих определяет величину вектора магнитного поля в точке нахождения автомобиля, а направление суммарного вектора указывает на Северный магнитный полюс. При этом угол ψ можно найти как:

$$\psi = \arctg (B_y/B_x). \quad (1.6)$$

Курс транспортного средства определяется относительно Северного географического полюса, следовательно, в вычисленное значение угла ψ необходимо внести поправку на магнитное склонение. С этой целью магнитное склонение записывается в *Flash*-память контроллера компаса и считывается в процессе его работы, исходя из координат местности. Таким образом, происходит коррекция показаний магнитного компаса и определение направления движения.

Величина B выражается единицей измерения тесла (Тл). Тесла является довольно крупной величиной магнитной индукции, поэтому слабые магнитные поля измеряются в мкТл. Стоит заметить, что полный вектор магнитного поля Земли составляет всего около 50 мкТл. В документации на магнитометры обычно приводится другая единица измерения, характеризующая магнитное поле – гаусс (Гс). Гаусс представляет собой единицу измерения магнитной индукции в системе СГС. При этом справедливо следующее равенство: 1 Гс = 100 мкТл.

К основным недостаткам магнитного компаса относятся невысокая точность, необходимость введения поправки на магнитное склонение и, главное, необходимость учета магнитных полей самого транспортного средства и других факторов искажения магнитного поля Земли. Устранения погрешностей, связанных с искажениями магнитного поля Земли, можно добиться путем предварительной калибровки прибора.

Для определения курсового угла широко используются также **гироскопы**, которые измеряют **скорость вращения** относительно одной или нескольких осей. При этом привязка к системе координат, в которой происходит измерение, соответствует определенному положению корпуса гироскопа в пространстве. Установив гироскоп на транспортном средстве таким образом, чтобы он измерял скорость

вращения относительно вертикальной оси, направленной на Север, и проинтегрировав сигнал с выхода гироскопического датчика, получим сигнал, соответствующий курсовому углу автомобиля.

Для правильного функционирования инерциальных систем перед началом работы требуется ввести начальные координаты транспортного средства и произвести ориентирование инерциальных измерителей (акселерометра, магнитного компаса и гироскопа) по осям, связанным с корпусом автомобиля.

Основным достоинством ИНС является их автономность. Работа таких систем не подвержена влиянию погодных условий и электромагнитного излучения, не требует сигналов от других внешних устройств и канала связи. ИНС имеют высокую скорость определения и выдачи данных (100 Гц и более). При использовании трехосевых акселерометров и гироскопов можно получить полный набор параметров, характеризующих движение транспортного средства: ускорение, скорость, координаты, угловые скорости и углы положения автомобиля по всем координатным осям.

Недостатками ИНС являются необходимость ввода начальных значений координат и нарастание ошибок измерения со временем. Это обусловлено интегрирующим действием самой системы. Скорость вычисляется интегрированием ускорения, а пройденное расстояние – интегрированием скорости, поэтому ошибки измерения скорости и расстояния постоянно нарастают. Корректировка ошибок производится по цифровой векторной карте либо с использованием спутниковой системы навигации.

1.2.2. Датчики в системах инерциальной навигации

В ИНС используются миниатюрные акселерометры и гироскопы, построенные по **микроэлектромеханической** (МЭМС, или *MEMS*) технологии. Концепция МЭМС заключается в интеграции микромеханических структур датчиков – чувствительных элементов датчика (ЧЭ) с электронными схемами, которые обрабатывают сигнал с ЧЭ. Вся конструкция помещается на общей подложке и изготавливается по тем же технологиям, что и интегральные микросхемы (рис. 1.13).

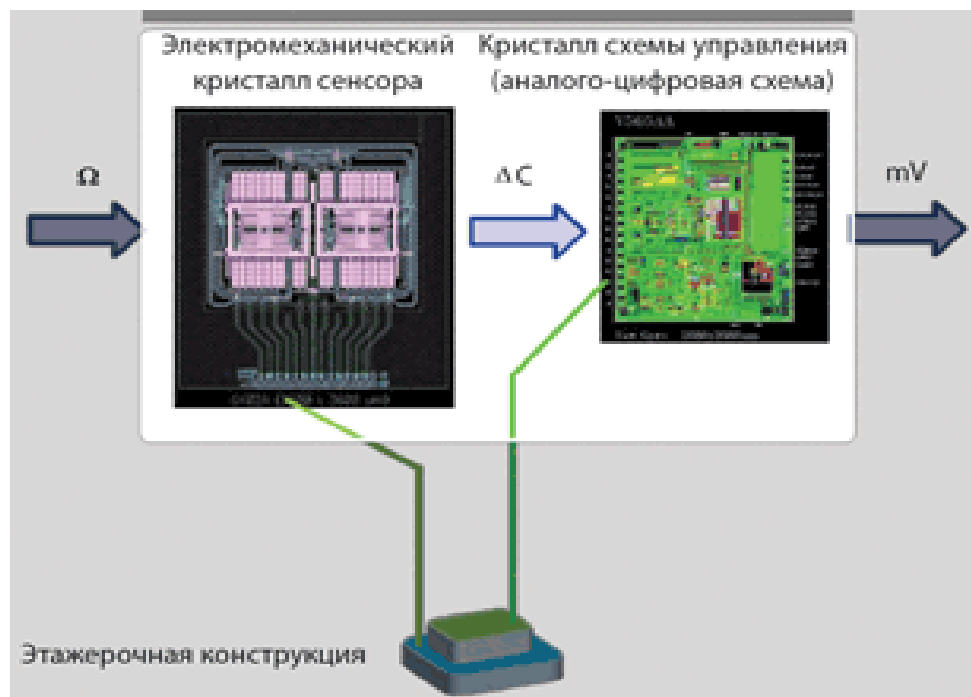


Рис. 1.13. Конструкция МЭМС-датчика

Интегральные МЭМС-устройства имеют размеры от микрометров до миллиметров и обеспечивают высокий уровень надёжности.

Конструкция инерционных датчиков, построенных по технологии МЭМС, состоит из двух основных частей: микромеханического сенсора, чувствительного к ускорению или повороту (чувствительный элемент), и электронной схемы, преобразующей выходные сигналы этого сенсора в аналоговые или цифровые сигналы. При этом оба кристалла помещаются в один корпус (рис. 1.13).

Рассмотрим виды датчиков ИНС и принцип их действия.

Акселерометры

Принцип действия **акселерометров** основан на **измерении смещения** под воздействием ускорения инерционной массы датчика относительно корпуса и преобразовании его в пропорциональный электрический сигнал.

По количеству измеряемых одним акселерометром составляющих вектора ускорения акселерометры делятся на:

- однокомпонентные (одноосевые);
- двухкомпонентные (двухосевые);

- трехкомпонентные (трехосевые).

Можно выделить три вида автомобильных акселерометров [12]:

- пьезоэлектрические;
- пьезорезистивные;
- емкостные.

Рассмотрим, каким образом смещение инерционной массы акселерометров преобразуется в электрический сигнал.

Работа чувствительного элемента **пьезоэлектрического акселерометра** основана на пьезоэлектрическом эффекте материалов. Суть этого эффекта заключается в том, что при воздействии внешней силы на пьезоэлектрическую пленку она деформируется и между ее поверхностями возникает разность потенциалов, которая пропорциональна ускорению воздействующих на нее механических колебаний. Акселерометры такого типа используются обычно для измерения вибраций различных машин и механизмов.

Чувствительным элементом **пьезорезистивного акселерометра** является пьезорезистор, сопротивление которого меняется при изменении внешнего давления, вызванного смещением инерционной массы прибора под действием ускорения. Пьезорезистор включается в измерительный мост (мост Уитстона), выходное напряжение которого пропорционально ускорению.

Наиболее точным и надежным методом преобразования перемещения инерционной массы акселерометра в электрический сигнал является емкостной метод [13, 14].

Принцип действия **емкостного акселерометра** заключается в следующем. Чувствительный элемент датчика представляет собой три пластины, которые образуют последовательное соединение двух конденсаторов (рис. 1.14а). При этом две крайние пластины жестко закреплены, а центральная пластина может смещаться под действием инерциальных сил.

Изменение **расстояния** между пластинами приводит к изменению **емкости** обоих конденсаторов и соответствующему изменению **напряжения** на выходе датчика.

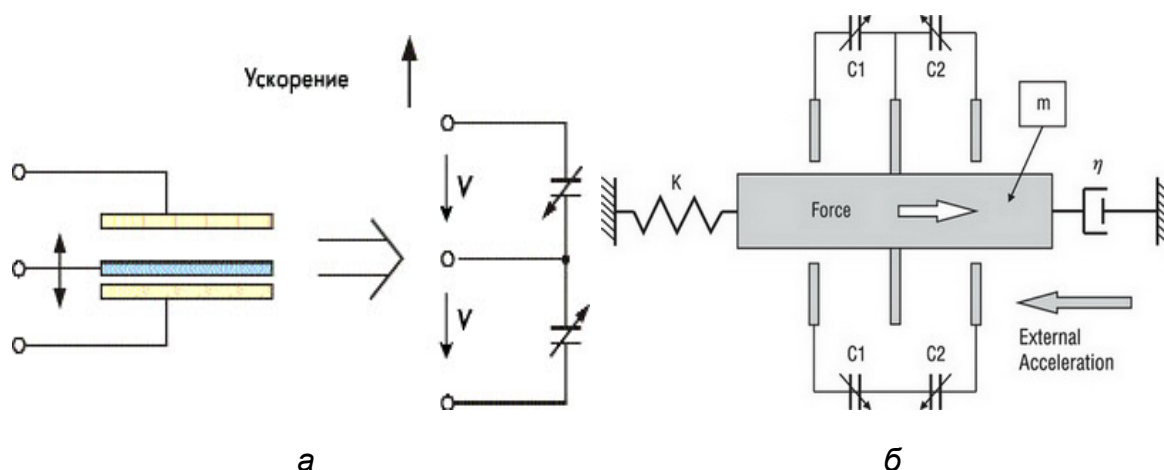
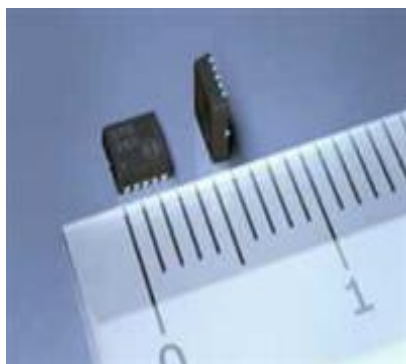


Рис. 1.14. Емкостной акселерометр: а – принцип действия; б – конструкция

На рис. 1.14б показана упрощенная конструкция датчика. Инерционная масса акселерометра m под воздействием ускорения, действующего на датчик, смещается относительно его неподвижной части. Выступ на инерционной массе образует подвижную обкладку конденсатора переменной емкости. На концах инерционной массы находится пружина K , ограничивающая ее перемещение и обеспечивающая ее возврат в исходное положение, а также демпфер η . Когда на систему действует внешнее ускорение, инерционная масса движется в сторону, противоположную направлению ускорения, и величина емкостей C_1 , C_2 меняется.



а



б

Рис. 1.15. МЭМС-датчики: а – акселерометр SMB380; б – гироскоп SAR150

В ИНС используются акселерометры емкостного типа. Примером такого датчика может служить трехосевой акселерометр SMB380, который имеет размеры $3 \times 3 \times 0,9$ мм, напряжение питания (2,6...3,6)В

и интерфейс *SPI* или *I²C* для связи с внешними устройствами. Акселерометр имеет три диапазона измерения ускорений $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, которые устанавливаются программным путем. Внешний вид акселерометра показан на рис. 1.15а.

Гироскопы

Гироскопы представляют собой **датчики угловой скорости**, которые регистрируют вращение объекта в инерциальной системе координат. По количеству осей вращения гироскопы делятся на одно-, двух- и трехосевые. По принципу действия наиболее распространенными на сегодняшний день МЭМС-гироскопами являются **вибрационные и оптические** гироскопы.

Принцип действия всех гироскопов **вибрационного** типа основан на явлении ускорения Кориолиса [14]. Чувствительным элементом микромеханического гироскопа является инерционная масса, закрепленная внутри корпуса на пружинах (упругих консолях полупроводника и пр.). Эта чувствительная масса приводится в колебательное движение по одной из осей датчика. Эта ось называется **осью возбуждения** (входной осью).

Принцип действия вибрационного гироскопа показан на рис. 1.6. Здесь инерционной массой является пластина кремния 1, соединенная тонкими упругими перемычками (подвесками) 2 с основным кристаллом кремния 3. Инерционная масса 1 колеблется со скоростью « v » на подвесках 2 в направлении оси OX , которая является осью возбуждения. Ось OY , которая проходит через подвески, называют **главной осью** датчика (**ось чувствительности**). Если объект, на котором установлен гироскоп, начнет вращаться вокруг главной оси с угловой скоростью Ω , то в системе возникнут силы Кориолиса, которые придадут инертной массе 1 ускорение Кориолиса « a », направленное вдоль оси OZ .

Поскольку скорость движения инертной массы 1 в процессе колебаний меняется по синусоидальному закону, то и ускорение вдоль оси OZ тоже будет меняться по синусоидальному закону с той же частотой. При этом инертная масса 1 начнет колебаться в направлении

также и этой оси (OZ), описывая в пространстве окружность. **Амплитуда** этих колебаний пропорциональна амплитуде угловой скорости вращения платформы Ω , на которой установлен гироскоп. Поэтому, измеряя ее, можно вычислить скорость вращения объекта.

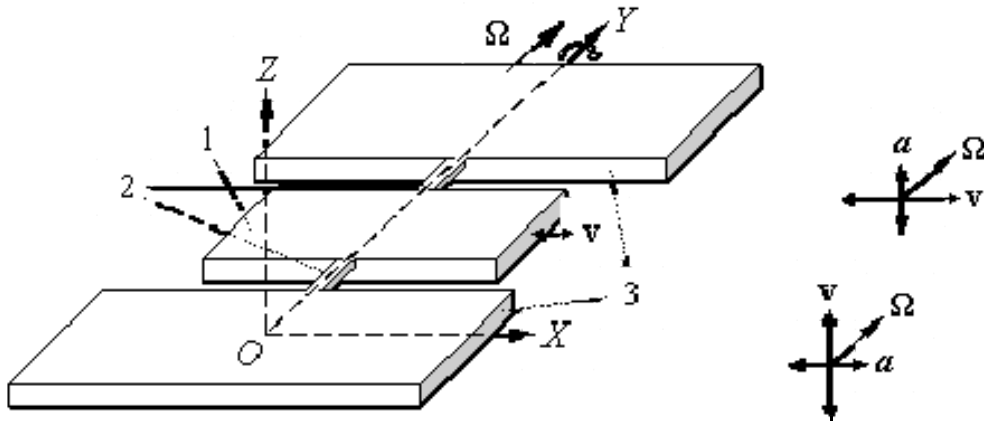


Рис. 1.16. Принцип действия вибрационного гироскопа

Микромеханические гироскопы, работающие по такому принципу, выпускаются промышленностью в виде небольших интегральных схем. На рис. 1.15б показан гироскоп SAR150, измеряющий угловую скорость в диапазоне ± 250 град/с при напряжении питания 4,5–5 В. Обмен информацией с другими устройствами осуществляется по интерфейсу SPI.

В настоящее время большое распространение получили также **оптические гироскопы** [15]. Принцип действия таких гироскопов основан на эффекте Саньяка, суть которого поясняется на рис. 1.17. Луч света с помощью расщепителя распространяется по круговому оптическому пути в двух противоположных направлениях (навстречу друг другу). Если при этом система находится в покое относительно инерциального пространства, то оба световых луча распространяются по оптическому пути одинаковой длины и фазовый сдвиг между ними равен нулю.

Если же оптическая система **вращается** в инерциальном пространстве с угловой скоростью Ω , то между световыми волнами возникает **разность фаз**, пропорциональная скорости вращения:

$$\Delta\psi = \frac{4kS}{c}\Omega,$$

где k – волновое число; S – площадь, окаймленная оптическим путем; c – скорость света.

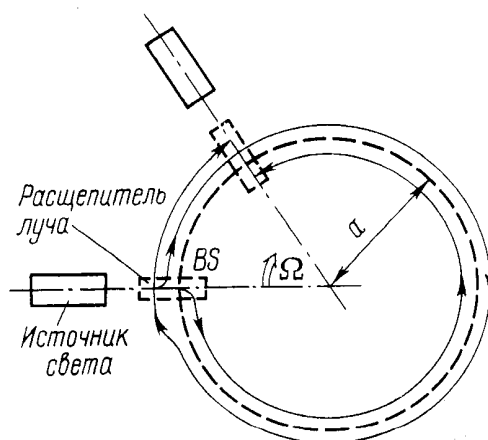


Рис. 1.17. Эффект Саньяка

Это явление и называется эффектом Саньяка. Таким образом, измеряя разность фаз, можно получить угловую скорость вращения объекта, на котором установлен гироскоп, а ее интегрированием – информацию об угле поворота.

В зависимости от конструкции замкнутого оптического контура различают два вида оптических гироскопов:

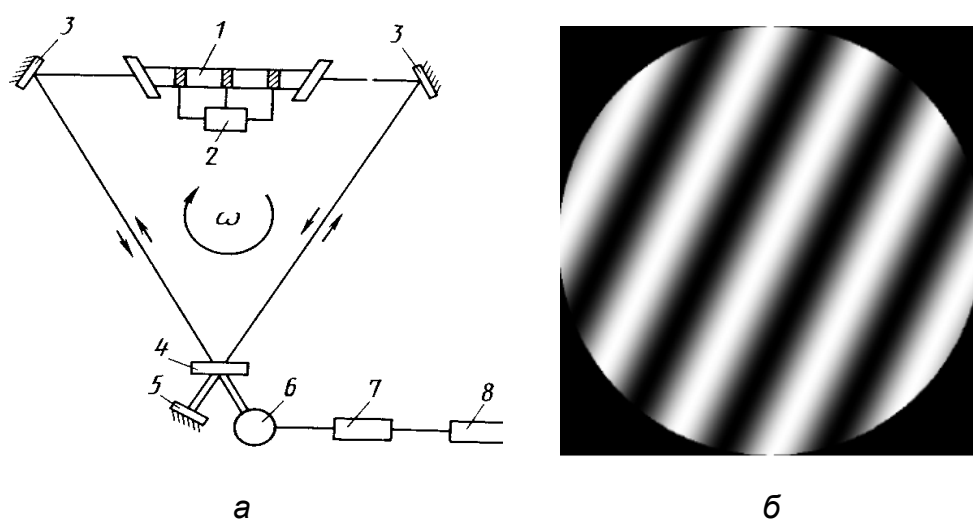
- лазерный гироскоп;
- волоконно-оптический гироскоп.

Принцип действия **лазерного** гироскопа поясняется на рис. 1.18а [16].

В состав гироскопа входит оптический квантовый генератор (лазер), содержащий трубку 1 с активным газовым веществом и генератор накачки 2. Световые лучи, выходящие из трубки, распространяются по оптическому резонатору в противоположных направлениях и, отражаясь от зеркал 3, через полупрозрачное зеркало 4 выводятся за пределы контура. С помощью дополнительного зеркала 5 эти лучи совмещаются и попадают на фотозадачу 6, где интерферируют друг с другом, создавая интерференционные полосы (рис. 1.18б).

Если резонатор не вращается, интерференционная картина стационарна. Вращение гироскопа с угловой скоростью ω вокруг оси, перпендикулярной плоскости резонатора, изменяет разность фаз встреч-

ных волн и приводит к **перемещению интерференционных полос**, которые начинают «бежать» тем быстрее, чем больше скорость вращения. Количество интерференционных полос, переместившихся мимо приемного отверстия фотозлемента за фиксированный промежуток времени, определяет угловую скоростью вращения гироскопа. Сигнал с фотоприемника через устройство формирования сигнала 7 поступает в микропроцессор 8, который рассчитывает угловую скорость вращения объекта и соответственно угол его поворота относительно оси, перпендикулярной плоскости оптического резонатора.



*Рис. 1.18. Лазерный гироскоп:
а – принцип действия; б – интерференционная картина*

Волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) (рис. 1.19) представляет собой интерферометр Саньяка (рис. 1.17), в котором круговой оптический контур заменен на катушку из длинного одномодового оптического волокна, что значительно увеличивает оптический контур. Благодаря этому, эффект Саньяка в ВОГ выражен сильнее, чем в лазерном гироскопе, и его чувствительность также выше. Длина оптического волокна равна нескольким сотням метров, а диаметр катушки составляет 10...12 см.

Принцип действия ВОГ аналогичен работе лазерного гироскопа. Источник излучения испускает световой поток, который, проходя через специальную линзу, делится на два луча, направленных по оптическому контуру навстречу друг другу. Пройдя контур, лучи суммиру-

ются на фотодетекторе, образуя интерференционную картину, по которой устройство обработки сигнала определяет угловую скорость вращения Ω и угол поворота θ .

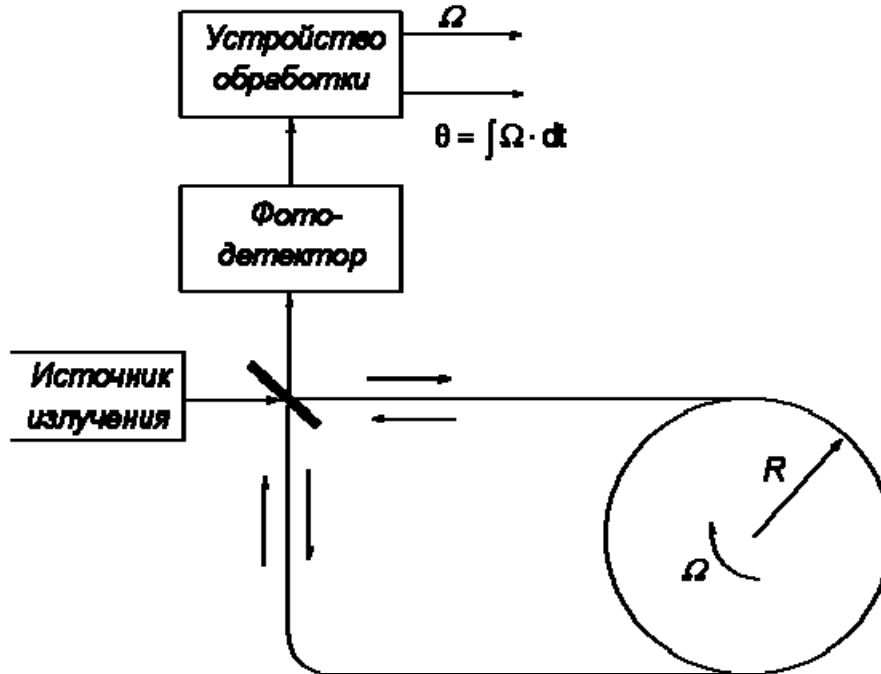


Рис. 1.19. Принцип действия волоконно-оптического гироскопа

Магнитные компасы

Направление движения транспортного средства можно определить также с помощью магнитных компасов. Как было показано в разделе 1.2.1, принцип действия датчиков курса заключается в измерении **составляющих магнитного поля** Земли и определении курса по формуле (1.6).

Чувствительным элементом электронных **магнитных компасов** является **магнитометр**. Магнитометры – датчики, способные измерять составляющие магнитного поля Земли. В современных магнитных компасах используются анизотропные магниторезистивные (АМР) датчики, представляющие собой специальные **резисторы**, сделанные из тонкой пермаллоевой пленки, помещенной на кремниевую пластину. При производстве датчиков пленка помещается в сильное магнитное поле для ориентации магнитных областей в одинаковом направлении, которое называется **вектором намагничивания M** .

Принцип действия АМР-датчиков основан на способности магниторезистивного материала (пермаллоевой пленки) **изменять сопротивление** в зависимости от взаимной **ориентации тока**, протекающего через резистор, и **вектора намагниченности** (рис. 1.20) [17].

Если магниторезистор поместить во внешнее магнитное поле напряженности H , перпендикулярное направлению протекания тока, то это поле повернет вектор намагниченности пленки M на угол α , значение которого зависит от величины и направления внешнего поля. При этом изменится сопротивление магниторезистора. В отсутствие внешнего магнитного поля направление тока и направление вектора намагниченности пермаллоя параллельны друг другу, угол $\alpha = 0^\circ$, и сопротивление резистора максимально. При увеличении напряженности поля H угол α увеличивается, а сопротивление R уменьшается.

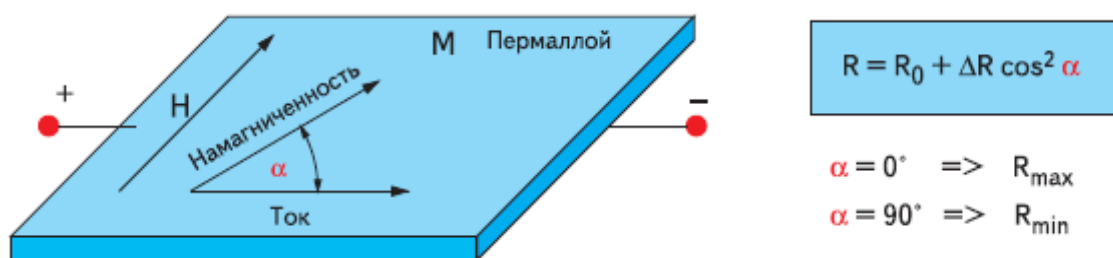


Рис. 1.20. Принцип действия магниторезистивного датчика

Функциональная схема магнитометра показана на рис. 1.21. Магниторезисторы, имеющие в состоянии покоя одинаковое сопротивление R , включаются в плечи измерительного моста. При этом мост сбалансирован, и напряжение на выходе датчика равно нулю. При воздействии на измерительный мост внешнего магнитного поля H вектор намагниченности в двух противоположно расположенных резисторах моста смещается по направлению тока, что вызывает увеличение их сопротивления. В оставшихся двух противоположно расположенных резисторах моста вектор намагниченности смещается против направления тока, в результате сопротивление их уменьшается. При этом происходит разбалансировка измерительного моста, и на выходе датчика появляется сигнал, пропорциональный величине внешнего магнитного поля.

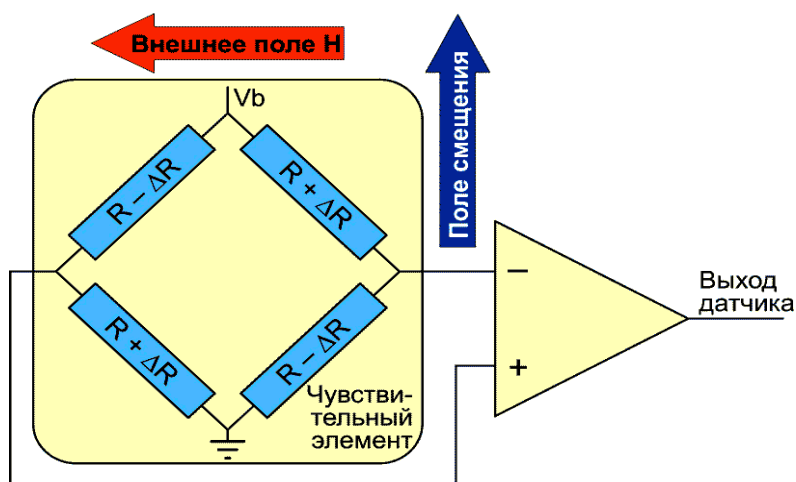


Рис. 1.21. Функциональная схема магнитометра

В настоящее время для автомобильной навигации выпускаются готовые интегральные компасы, содержащие магнитометры, измеряющие магнитное поле по двум осям. Так, компания *Honeywell* выпускает магнитные компасы в сверхминиатюрном исполнении. Примером такого датчика может служить двухосевой электронный компас *HMC6352*, выполненный в интегральном исполнении (рис. 1.22а).

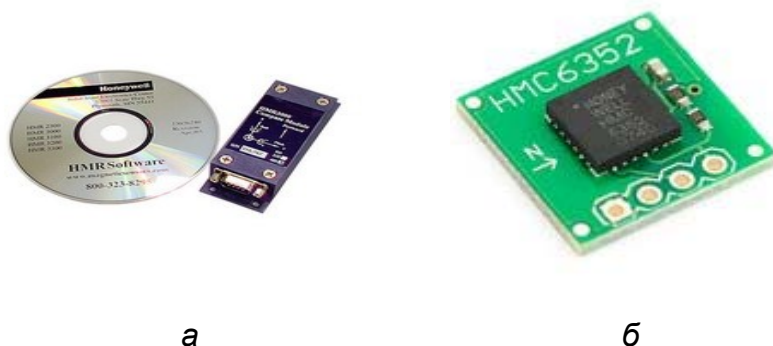


Рис. 1.22. Магнитные компасы: а – *HMC6352*; б – *HMR3000*

Корпус микросхемы имеет размеры 6,5×6,5×1,4 мм, напряжение питания – (2,7...5) В. Подключение к микроконтроллеру осуществляется через *I2C*-интерфейс, причем частоту передачи данных можно выбрать в диапазоне от 1 до 20 раз в секунду. На рис. 1.22б показана микросхема *HMR3000*, представляющая собой законченный электронный компасный модуль с компенсацией бокового и поперечного крена. Компас обеспечивает точность измерения курса 0,5° и диапазон измерения бокового и поперечного крена ±40°. Датчик имеет

встроенную схему калибровки для компенсации ошибок измерения, вызванных окружающими ферромагнитными предметами (например, кузовом автомобиля). Связь компаса с внешними устройствами осуществляется по интерфейсам *RS-232/485*.

1.3. Интегрированные навигационные системы

Интегрированной навигационной системой называется такая система, в состав которой входят две различные навигационные системы – спутниковая (СНС) и инерциальная (ИНС). Выходные навигационные данные рассчитываются на основе показаний обеих систем.

Необходимость интеграции двух систем навигации обусловлена принципиально различным характером ошибок, присущих каждой из них.

Ошибки спутниковых навигационных систем обусловлены наличием помех в канале передачи информации, изменением геометрии созвездия спутников, отсутствием сигнала при движении под мостами, эстакадами, дискретностью работы системы.

Недостатком инерциальных систем является то, что со временем ошибка в определении координат накапливается вследствие интегрирования сигналов акселерометра и гироскопа. Использование одновременно двух систем повышает точность и надежность работы навигационного комплекса.

На рис. 1.23 показана функциональная схема интегрированной системы навигации.

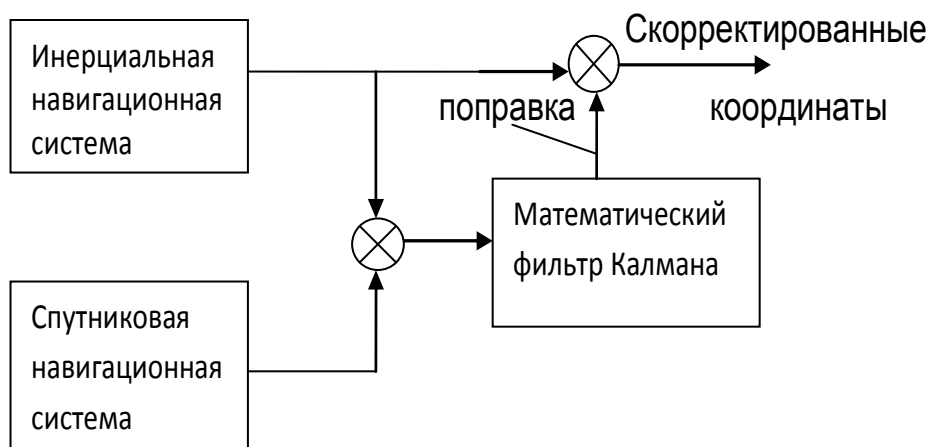


Рис. 1.23. Функциональная схема интегрированной навигационной системы

Интегрированная навигационная система состоит из инерциальной и спутниковой систем, данные с которых поступают на математический фильтр Калмана, выходной сигнал которого вносит поправки в измеренные навигационные данные.

Фильтр Калмана – это специальный алгоритм обработки данных, который позволяет **по результатам двух неточных измерений** координат получить их **точное** значение. Поэтому интегрированная навигационная система позволяет получать точные координаты транспортного средства в режиме реального времени, основываясь на измерениях, содержащих погрешности.

Инерциальные и интегрированные навигационные системы в настоящее время находят широкое применение для построения аварийных тахографов (черных ящиков). Примером такого устройства может служить устройство регистрации параметров движения (УРПД) компании Текнол, представляющее собой интегрированную навигационную систему. УРПД решает следующие задачи:

- определение навигационных параметров транспортного средства;
- определение углов ориентации – курса, крена, тангажа;
- определение параметров движения – ускорений и угловых скоростей по трем осям;
- регистрация и хранение измеренных параметров в цифровом накопителе данных;
- анализ движения с помощью специализированного программного обеспечения.

Благодаря измеренным параметрам можно точно восстановить картину движения автомобиля при ДТП:

- установить траекторию движения, наличие или отсутствие торможения или маневрирования в момент, предшествующий ДТП;
- наличие и момент заноса автомобиля;
- наличие и момент опрокидывания.

При этом страховые компании и ГИБДД получают реальный и объективный инструмент для разбора ДТП. Заметим, что «черными

ящиками» уже оборудованы более 90% новых автомобилей на рынке США. В России «черные ящики» входят в систему экстренного реагирования при аварии «ЭРА-ГЛОНАСС».

1.4. Определение местоположения транспортного средства по базовым станциям GSM

Метод определения местоположения транспортного средства по базовым станциям *GSM* широко используется в различных телематических системах, таких как, например, охранно-поисковых системах. Задача позиционирования предполагает автоматическое определение местоположения транспортного средства на местности (электронной карте) или нахождение его географических координат (широты и долготы).

Принцип действия *GSM*-позиционирования очень похож на работу СНС, только здесь роль спутников играют наземные базовые станции сотовой сети. Так же как в спутниковых навигационных системах, для определения координат необходимо определить расстояния R между базовыми станциями (БС) и транспортным средством, а затем решить систему уравнений.

Существуют два метода определения расстояния R – дальномерный и угломерный. При реализации **дальномерного** метода на базовых станциях измеряется **время** распространения сигнала от передатчика *GSM*, установленного на подвижном объекте (мобильной станции), до БС. Здесь можно выделить два способа определения координат *UL-TOA* (*Up Link Time Of Arrival* – от англ. время прибытия) и *E-OTD* (*Enhanced Observed Time Difference* – от англ. соблюдаемая разница во времени) [18].

Метод *UL-TOA* основан на измерении интервалов времени прохождения сигнала от мобильной станции (МС) до нескольких базовых станций. Принцип действия системы поясняется рис. 1.24. В системе работают мобильная и три базовые станции, координаты которых известны. При этом часы на всех БС должны быть строго **синхронизированы**.

Передатчик GSM, установленный на МС, посылает сигнал, который принимают все базовые станции. БС определяют время получения сигнала и передают эти данные далее в вычислительный центр, где и рассчитываются координаты ТС. Поясним, каким образом это делается.

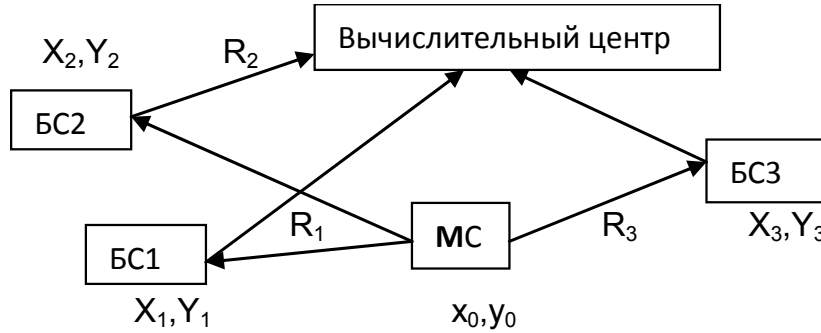


Рис. 1.24. Дальномерный UL-TOA-метод GSM-позиционирования

Пусть первая базовая станция БС₁ получила сигнал в момент t , а остальные – с задержкой, равной соответственно Δt_1 и Δt_2 . Тогда время прихода сигнала мобильной станции на БС₂ и БС₃ будет равно соответственно $(t + \Delta t_1)$ и $(t + \Delta t_2)$. Значения Δt_1 и Δt_2 определяются в вычислительном центре. Расстояния между мобильной и базовыми станциями могут быть определены как:

$$\begin{aligned} R_1^2 &= (X_1 - x_0)^2 + (Y_1 - y_0)^2 = c^2 t^2, \\ R_2^2 &= (X_2 - x_0)^2 + (Y_2 - y_0)^2 = c^2 (t + \Delta t_1)^2, \\ R_3^2 &= (X_3 - x_0)^2 + (Y_3 - y_0)^2 = c^2 (t + \Delta t_2)^2, \end{aligned} \quad (1.7)$$

где R_1, R_2, R_3 – расстояния от базовых станций до мобильной станции; t – время прохождения сигнала до первой БС; Δt_1 и Δt_2 – разница во времени поступления сигнала на первую БС и на остальные БС; c – скорость распространения радиоволн; $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$ – координаты базовых станций, которые известны; x_0, y_0 – неизвестные координаты мобильной станции.

В вычислительном центре решается система уравнений (1.7) с тремя неизвестными t, x_0, y_0 , в результате чего определяются координаты мобильной станции (транспортного средства) x_0, y_0 . Недостатком этой системы является необходимость синхронизации часов всех БС.

При определении координат методом E-OTD синхронизации часов базовых станций не требуется. Система состоит из мобильной

станции, трех базовых станций и станции измерения (вычислительного центра). Координаты станции измерения и БС известны. Часы мобильной станции и станции измерения не синхронизированы – на каждом часах свое время. Первая БС₁ посылает сигнал на мобильную станцию и на станцию измерения (ВЦ). На мобильной станции определяется время прибытия сигнала, а затем его значение отправляется на станцию измерения (рис. 1.25).

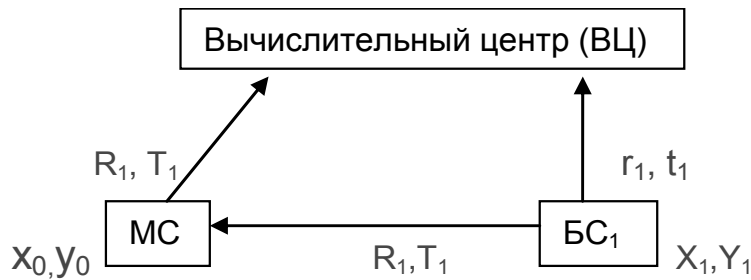


Рис. 1.25. Дальномерный E-OTD-метод GSM – позиционирования

Пусть время прихода сигнала от базовой станции на МС равно T_1 , а на вычислительный центр – t_1 . Тогда расстояние R_1 от БС до МС и расстояние r_1 от БС₁ до вычислительного центра (станции измерения) определяются как:

$$R_1 = cT_1, r_1 = ct_1, \text{ или } R_1 - r_1 = c(T_1 - t_1 + dt). \quad (1.8)$$

Это же расстояние может быть определено, как:

$$R_1^2 = (X_1 - x_0)^2 + (Y_1 - y_0)^2, \quad (1.9)$$

где R_1 – расстояние от БС до МС; r_1 – известное расстояние от БС до ВЦ; c – скорость распространения радиоволн; dt – приращение времени, вызванное отсутствием временной синхронизации в системе; X_1, Y_1 – координаты БС₁; x_0, y_0 – неизвестные координаты мобильной станции (транспортного средства).

Одновременно такие же измерения проводятся на остальных БС. В результате получаем уравнения:

$$\begin{aligned} R_2 - r_2 &= c(T_2 - t_2 + dt), R_2^2 = (X_2 - x_0)^2 + (Y_2 - y_0)^2, \\ R_3 - r_3 &= c(T_3 - t_3 + dt), R_3^2 = (X_3 - x_0)^2 + (Y_3 - y_0)^2, \end{aligned} \quad (1.10)$$

где R_2, R_3 – расстояния от МС до базовых станций БС₂ и БС₃; r_2, r_3 – расстояния от соответствующей БС до ВЦ; X_2, Y_2, X_3, Y_3 – координаты БС₂ и БС₃.

Решив систему уравнений (1.8), (1.9), (1.10), можно найти координаты x_0, y_0 транспортного средства.

При реализации **угломерного** метода измерения базовые станции определяют **углы** α, β направления прихода сигнала от GSM-передатчика, установленного на ТС, относительно линии, соединяющей две сотовые станции сети (рис. 1.26). Пересечение пеленгов двух (или большего числа) базовых станций определяют положение ТС.

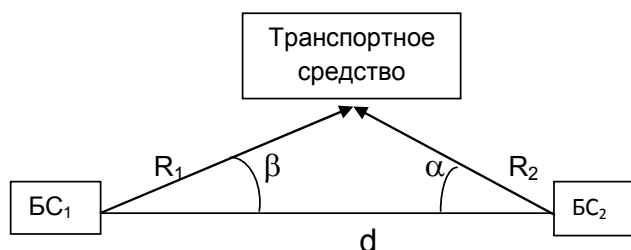


Рис. 1.26. Угломерный метод определения расстояния

Расстояния R_1, R_2 между БС и ТС определяются по формулам:

$$R_1 = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha + \beta} d, R_2 = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha + \beta} d,$$

где d – расстояние между базовыми станциями. Зная R_1 и R_2 , легко можно найти координаты ТС, решив систему уравнений (1.7).

В табл. 1.1 представлены некоторые системы GSM-позиционирования и их характеристики [19].

Таблица 1.1

Система позиционирования	Фирма – производитель	Точность, м	Быстродействие, с
<i>Mobile Positioning System</i>	<i>Ericsson</i>	100	5
<i>CURSОР</i>	<i>Cambridge Positioning Systems</i>	50	5
<i>TeleSentinel</i>	<i>KSI Inc. & true Position</i>	125	< 10
<i>Sigma – 5000</i>	<i>SigmaOne Communication Corp.</i>	90–150	< 2
<i>Geometrix</i>	<i>Allen Telecom</i>	< 150	< 1
<i>RadioCamera</i>	<i>U.S. Wireless Corp.</i>	50	2
<i>Finder</i>	<i>CellPoint</i>	75	5

Контрольные вопросы

1. Поясните принцип действия спутниковой системы навигации.
2. В каких системах координат определяется местоположение транспортного средства в СНС?
3. Что такое эфемерида и альманах?
4. Как определяются координаты ТС при дальномерном методе измерения?
5. Каковы функции навигационного приемника?
6. Какие виды электронных карт Вы знаете?
7. Поясните принцип действия дифференциальной системы позиционирования.
8. Поясните принцип действия системы позиционирования SBAS.
9. Поясните принцип действия инерциальной навигационной системы.
10. Какие датчики используются в ИНС?
11. Что такое МЭМС-технология изготовления датчиков?
12. Что такое магнитное склонение?
13. Какие виды акселерометров Вы знаете?
14. Поясните принцип действия емкостного акселерометра.
15. Поясните принцип действия вибрационного гироскопа.
16. Поясните принцип действия лазерного гироскопа.
17. Поясните принцип действия волоконно-оптического гироскопа.
18. Поясните принцип действия магниторезистивного датчика.
19. Поясните принцип действия магнитного компаса.
20. Что такое интегрированная навигационная система?
21. Назовите недостатки, достоинства и применение ИНС.
22. Как определяется местоположение ТС по базовым станциям GSM при дальномерном методе измерения.

Глава 2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТАХОГРАФЫ

Эффективное управление автомобильными перевозками на дальние расстояния невозможно без постоянного контроля перевозочного процесса. Для этих целей транспортное средство оснащается специальными устройствами, которые называются **тахографами**.

Тахографы – это устройства, устанавливаемые на транспортные средства и обеспечивающие непрерывную регистрацию в режиме реального времени ряда параметров, среди которых:

- скорость движения;
- пройденный путь;
- время работы и отдыха водителя;
- время нахождения ТС в пути и время простоя;
- превышение максимально допустимой скорости.

С помощью тахографа должностное лицо, осуществляющее контроль перевозочного процесса, может проверить скорость автомобиля на любом участке пройденного пути, определить наличие нарушений режима труда и отдыха водителя, нарушения скоростного режима и т.д. Тахограф – это, прежде всего, **прибор обеспечения безопасности дорожного движения**, поскольку основными причинами аварий являются усталость водителя или превышение максимальной скорости движения, допустимой для данного типа транспортного средства. Любое нарушение (времени труда и отдыха, скорости и т.п.) длительностью свыше 1 минуты фиксируется в электронной памяти тахографа. Показания тахографа юридически признаваемы при разбирательстве в суде, являются основанием для наложения взысканий правоохранительными органами.

Установка тахографов на транспортном средстве позволяет решать следующие задачи:

- повысить безопасность дорожного движения;
- увеличить ресурсы двигателя, шин, тормозных механизмов и автомобиля в целом;
- исключить несанкционированные поездки;

- производить объективную оценку профессиональных качеств водителя;
- осуществлять беспрепятственные перевозки по территории зарубежных государств;
- обеспечить социальную и правовую защиту водителей;
- обеспечить внедрение на автопредприятии объективной системы оплаты труда по фактическому объему выполненных работ.

Использование тахографов в странах Евросоюза за 10 лет дало следующие результаты [20]:

- количество ДТП с участием транспорта, оснащенных тахографами, снизилось на 22%;
- количество ДТП со смертельным исходом снизилось на 55%;
- межаварийный пробег ТС вырос в 2,5 раза;
- затраты на горюче-смазочные материалы снизились на 15%.

Существуют два вида тахографов – **аналоговый и цифровой**.

Аналоговый (электронно-механический) тахограф регистрирует данные на персональном диаграммном диске водителя, вставляемом под переднюю крышку тахографа (рис. 2.1). Один диск рассчитан на сутки работы. Недостатками таких тахографов являются сложность считывания и обработки полученных данных, а также то, что данные, записанные на диск, легко подделать. По этим причинам аналоговые тахографы в настоящее время практически не используются. Согласно приказу Минтранса № 273, с 1 июля 2016 года на ТС разрешено применение только **цифровых тахографов**.



Рис. 2.1. Аналоговый тахограф

По сравнению с аналоговыми тахографами цифровые имеют:

- защищенную систему хранения информации;
- удобны для контроля и обработки данных;
- позволяют осуществлять дистанционный контроль над регистрируемыми параметрами.

Цифровые тахографы унифицированы, имеют единые конструктивные и функциональные стандарты. Недостатком цифровых тахографов является тот факт, что их невозможно ремонтировать. При поломке цифрового тахографа требуется его замена.

Цифровые тахографы в обязательном порядке должны устанавливаться на всем колесном транспорте, принадлежащем юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям. Тахографы не устанавливаются на грузовые автомобили грузоподъемностью менее 3,5 тонн, а также на транспортные средства, оснащенные спецоборудованием (автокраны, эвакуаторы и пр.).

Существует два вида цифровых тахографов: с **блоком СКЗИ** (отечественного производства) и тахографы, соответствующие требованиям **ЕСТР** (европейский стандарт тахографии) [21].

Тахограф с СКЗИ – это тахограф, в котором установлен блок СКЗИ (Средство Криптографической Защиты Информации). Второе название этого блока – НКМ (навигационный криптозащитный модуль). Блок СКЗИ содержит **энергонезависимое постоянное запоминающее устройство (ПЗУ)**, которое хранит данные, зашифрованные с помощью уникального программного обеспечения. Эта программа выполняет кодирование и дешифровку данных с помощью цифровой подписи, выдаваемой только в удостоверяющем центре, что обеспечивает надежную защиту информации от несанкционированного доступа. Данные в ПЗУ могут храниться в течение 1 года, однако владелец транспортного средства обязан обеспечивать выгрузку данных из памяти тахографа не реже одного раза в три месяца (вне зависимости от того, двигалось ТС или нет).

Блок СКЗИ содержит управляющий контроллер, криптографический процессор, встроенные часы реального времени, акселерометр, ГЛОНАСС-приёмник, резервный источник электропитания, микросхему энергонезависимой памяти (ПЗУ).

Блок СКЗИ обеспечивает:

- шифровку и дешифровку данных;
- создание и подтверждение цифровой подписи для расшифровки данных;
- синхронизацию данных относительно времени и координат.

Согласно действующему законодательству блок СКЗИ подлежит обязательной замене каждые 3 года.

Тахограф ЕСТР, или европейский тахограф – это тахограф, который имеет международный сертификат соответствия и удовлетворяет требованиям Международного соглашения ЕСТР. ЕСТР – это Европейское соглашение о режиме труда и отдыха водителей транспортных средств, осуществляющих международные автомобильные перевозки. Практически вся европейская техника уже оборудована такими тахографами. Транспортное средство, совершающее международные рейсы, в том числе в Беларусь и Казахстан, должно быть оснащено тахографом, соответствующим требованиям регламента ЕСТР.

Для эксплуатации на территории России Минтранс РФ определил следующий перечень тахографов с СКЗИ: Штрих-ТахоRUS, КАС-БИ DT-20M, Меркурий TA-001, DTСO3283, ТЦА-02НК, Drive 5, EFASV2 RUS. На транспортные средства, осуществляющие международные автомобильные перевозки, разрешена установка тахографов: SE5000, EFAS-4, Continental VDODTCO 1381 [22, 23].

Внешний вид цифрового тахографа показан на рис. 2.2. На передней панели тахографа расположены: два слота для установки смарт-карт, дисплей и устройство распечатки данных, записанных в память.



Рис. 2.2. Цифровые тахографы

Доступ к памяти тахографа осуществляется при помощи 4-х смарт-карт:

- карты водителя;

- карты предприятия;
- карты мастерской;
- карты контролера.

Смарт-карта – это усовершенствованная пластиковая карта, содержащая микроконтроллер с встроенной операционной системой, которая обеспечивает выполнение определенных сервисных операций.

Рассмотрим назначение карт тахографа.

Карта водителя идентифицирует водителя и предусмотрена для сохранения данных о периодах его работы и отдыха в течение последних 28 суток. Карта является именной и выдается сроком на три года. Карта водителя хранит следующую информацию:

- номер карты водителя;
- пробег транспортного средства (с точностью до 1 км);
- время труда и отдыха владельца карты;
- номер транспортного средства;
- время и дату установки и извлечения карты из тахографа;
- координаты места начала и окончания рабочего дня.

В случае проверки работы водителя контролирующими органами в карту водителя вводятся также дополнительные данные о номере карты контролера, времени контроля, выявленных нарушениях и предупреждениях.

При включении зажигания автомобиля тахограф активируется и **только после установки карты водителя** начинает регистрировать данные о режимах труда и отдыха водителя, а при движении транспортного средства – скоростные режимы и пробег.

По первому требованию контролирующих органов водитель должен предъявить личную смарт-карту водителя, а также регистрационные листы (распечатку данных с карты) за последние 28 суток.

Картой предприятия пользуются руководящие сотрудники различных организаций, в собственности которых находится грузовой или пассажирский транспорт. Эта карта позволяет администрации иметь доступ к данным тахографа любого ТС и осуществлять контроль за подчиненными водителями. На карте предприятия не содержится ни-

какой информации. Карта нужна исключительно для получения доступа к данным тахографа и карты водителя. При необходимости с помощью этой карты можно заблокировать тахограф и закрыть доступ к данным другим пользователям. Карта предприятия выдается на 5 лет.

Карта мастерской выдается сроком на 1 год специалистам мастерских, которые проводят весь комплекс работ по установке, проверке, калибровке, техническому обслуживанию и ремонту тахографов. С помощью этой карты можно получить всю техническую информацию о приборе, просмотреть и распечатать данные о совершенных рейсах. Ввод устройства в эксплуатацию осуществляется через ввод PIN-кода, заложенного в карте. Карта мастерской является именной, на ней указываются личные данные специалиста, наименование обслуживающей организации и срок действия карты.

Карта контролера предназначена для представителей контролирующих органов (инспекторов ГИБДД и Ространснадзора), уполномоченных проводить контроль соблюдения водителем режимов труда и отдыха. Сама карта не содержит никаких данных и используется исключительно для считывания информации. Карта контролера позволяет считать из памяти тахографа нарушения, допущенные водителем (например, скоростного режима или режима труда и отдыха), а также сбои, произошедшие в работе оборудования (например, отключение питания или датчика скорости). Карта контролера является именной и выдается сроком на 2 года.

Таким образом, цифровой тахограф фиксирует и сохраняет следующие данные:

- пробег (с точностью до 1 км);
- скорость движения;
- превышение максимально допустимой скорости;
- время труда и отдыха водителя;
- отключение питания, дефекты в работе тахографа и карт водителей;
- номера карт водителей, а также время их установки и извлечения из тахографа;
- дату и время управления транспортным средством без карточки или с неисправной карточкой;

- данные о месте начала и окончания рабочего дня;
- время и дату последней периодической проверки тахографа;
- номер карты мастерской, где проводилась проверка;
- номер карты контролера, который осуществлял контроль;
- время и вид контроля.

Согласно действующему законодательству **выгрузку и анализ** данных с карты водителя необходимо производить каждые 28 дней, а из памяти тахографа – каждые 3 месяца. Данные должны храниться в течение 1 года и быть доступными для проверки инспекцией. Выгружать данные может либо сам водитель, либо представители его транспортной компании.

Рассмотрим, каким образом производится выгрузка данных из памяти тахографа и карт водителя.

Считывание данных из **памяти тахографа** производится с помощью специального устройства – загрузчика, который вставляется в разъем, расположенный на передней панели тахографа (рис. 2.3). В отечественных цифровых тахографах загрузчиком может быть обычная *USB* флэш-память. При работе с Европейскими цифровыми тахографами необходимы специальные устройства считывания, например, *TachoDrive Plus*.



Рис. 2.3. Считывание данных из памяти тахографа

Следует заметить, что считывание данных из тахографа возможно только **при наличии карты предприятия**, помещенной в тахограф. Далее информацию из памяти загрузчика можно перенести в компьютер для дальнейшего анализа данных при помощи специализированного программного обеспечения.

Данные с **карт** водителя считываются с помощью специальных устройств и хранятся в виде файлов. Для расшифровки файлов используется программное обеспечение, которое позволяет просматривать и анализировать данные с карт.

Считать данные с карты можно двумя способами: с помощью **ридеров** (считывателей) и **загрузчиков**.



Рис.2.4. Считывание данных с карты с помощью ридера.

В первом случае карта вставляется в ридер, подключенный к компьютеру, и с помощью программного обеспечения осуществляется считывание данных с карты (рис. 2.4).

Во втором случае данные считываются с помощью специального устройства – загрузчика, при этом вся полученная информация с карты сохраняется в памяти загрузчика (рис. 2.5). Загрузчик является флэш-накопителем для хранения данных и переноса их в память компьютера [24, 25].

В настоящее время также выпускаются тахографы со встроенным *GPRS* – модемом (тахографы ШТРИХ-Тахо *RUS*, Меркурий ТА-001 и ТА-002). [26]. В таких тахографах данные, считываемые из памяти, передаются по каналам сотовой связи на сервер мониторинговой компании или сервер мониторинга предприятия, позволяя в режиме on-line контролировать перевозочный процесс.



Рис. 2.5. Считывание данных с карты с помощью загрузчика

24h	Ежедневная распечатка за 25.11.10г.			
	Номер карты	77000454		
	Водитель	Петров В.А.		
	Рег.номер тр. ср-ва	т 305 ру/99		
	Владелец тр. ср-ва	АТП-2		
	Телефон	(095) 000-00-00		
	Ограничение скорости	90 km/h		
	Пробег на начало поездки	42000 km		
	Готовность	07:45	08:09	00h24
	Вождение	08:10	16:10	08h00
	Отдых	16:11	16:30	00h19
	Вождение	16:31	16:32	00h01
	Отсутствовало электропитание	16:33	17:30	
	Вождение	17:31	18:00	00:29
	Отсутствовал сигнал датчика	18:01	18:50	
	Отдых	18:51	19:11	00h20
	Вождение	19:12	20:00	00h48
	Работа	20:01	20:15	00:14
	Превышений скорости	3		
		09:57	121 km/h	
		10:31	105 km/h	
		12:10	107 km/h	
	Вождение без карты	12:15	13:15	
	Превышений времени вождения	2		
	Время вождения	09h18		
	Время отдыха	00h39		
	Пробег на окончание поездки	42630 km/h		
	Пробег за текущие сутки	630 km/h		
	Расход топлива	ml/transporta.ru		

Рис. 2.6. Распечатка данных цифрового тахографа

Данные, записанные в тахограф и на карты, выводятся на дисплей или распечатываются в виде **пиктограмм** [27].

Пиктограммы тахографов – специальные значки и символы, при помощи которых можно понять любые распечатки тахографов. На рис. 2.6 приведен образец распечатки цифрового тахографа. В крайнем левом столбце показаны пиктограммы, обозначающие идентификационные данные водителя и транспортного средства, вид деятельности водителя, события, нарушения и т.д.

Для считывания и анализа данных из памяти тахографа и карт используется специальное программное обеспечение (например, *RS DigTac*, *TachoAnaliz*, *GR.CARDS* и др.), которое позволяет анализировать деятельность водителей и транспортных средств на предприятии, создавать отчеты о работе водителей и ТС, представлять данные в виде различных таблиц и диаграмм (рис. 2.7).

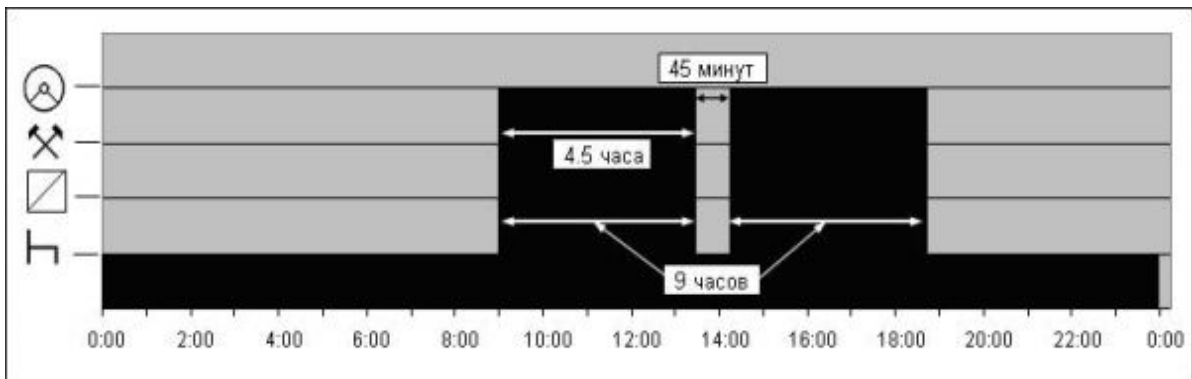


Рис. 2.7. Данные тахографа, представленные в виде гистограммы

На гистограмме видно, что водитель был за рулем в течение 9 часов с перерывом на отдых в 45 минут, что соответствует регламенту ЕСТР по соблюдению режимов труда и отдыха водителей.

Контрольные вопросы

1. С какой целью на ТС ставят тахографы?
2. Какие виды тахографов Вы знаете?
3. Какие недостатки имеет аналоговый тахограф?
4. Какие цифровые тахографы Вы знаете?
5. Что такое тахограф с СКЗИ?
6. Что такое тахограф ЕСТР?
7. Какие данные записываются в память тахографа?
8. Какие данные хранятся на карте водителя?
9. Какие данные хранятся на карте мастерской?
10. Зачем нужна карта предприятия?
11. Каким образом считываются данные с карты водителя?
12. Каким образом считываются данные из памяти тахографа?
13. Что такое пиктограммы тахографа?

Глава 3. СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ

3.1. Радиочастотная идентификация

В настоящее время на транспорте широко применяется технология автоматической радиочастотной идентификации (*RFID – Radio Frequency Identification*). Эта технология используется при идентификации автомобилей, в системах оплаты транспортных услуг, логистике, автоматизации работ на станциях технического обслуживания и складах. Сфера применения *RFID*-технологии на транспорте постоянно расширяется, и *RFID*-устройства являются неотъемлемой частью многих систем транспортной телематики.

Рассмотрим принцип действия *RFID*-устройств (рис. 3.1).

Любая *RFID*-система состоит из **считывающего** устройства (считывателя или ридера) и **транспондера** (*RFID*-метки), в который **записываются идентификационные данные**.

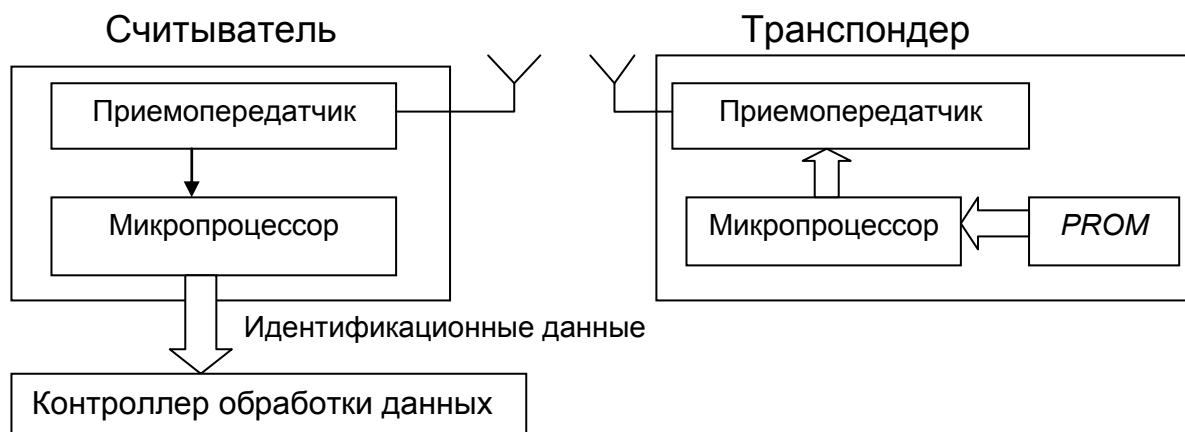


Рис. 3.1. Принцип действия *RFID*-системы

Объект, оснащенный *RFID*-меткой, идентифицируется по уникальному цифровому коду, хранящемуся в энергонезависимой памяти (ПЗУ) транспондера. Считыватель излучает в окружающее пространство электромагнитную энергию. Транспондер принимает сигнал от считывателя и формирует ответный сигнал, который содержит идентификационные данные. Этот сигнал принимается антенной считывателя, обрабатывается в приемопередатчике и поступает в микропроцессор, который декодирует и проверяет данные. Таким образом, на

выходе считывателя формируется идентификационный код данных, хранящихся в транспондерах. Далее, данные, записанные в метке, могут быть переданы в специализированный контроллер, на сервер или обычный компьютер, где обрабатываются в соответствии с заданным алгоритмом.

Рассмотрим подробнее виды и характеристики транспондеров и считывателей.

Транспондеры

Транспондеры (*RFID*-метки, тэги, инлеи) – устройства, предназначенные для маркировки и идентификации объекта. В электронную память метки записывается вся необходимая информация об объекте.

Конструктивно большинство *RFID*-меток состоят из двух основных частей – интегральной микросхемы (чипа) и антенны (рис. 3.2).

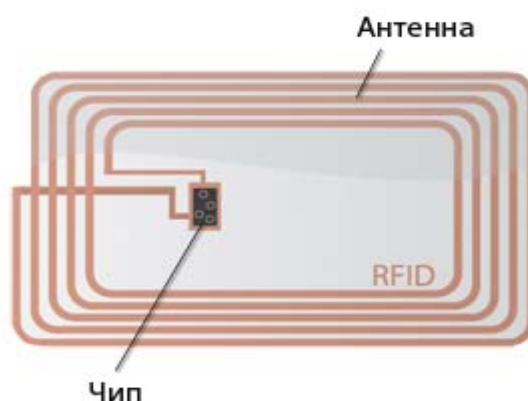


Рис. 3.2. Конструктивное исполнение *RFID*-метки

Микросхема содержит приёмопередающее устройство, микропроцессор, который кодирует данные, а также энергонезависимую память (ПЗУ). Антенна необходима для приёма и передачи высокочастотной электромагнитной энергии от метки к считывающему устройству.

RFID-метки классифицируются по следующим признакам (рис. 3.3):

- по способу питания;
- по типу памяти;
- по рабочей частоте;
- по исполнению.

По способу получения питания *RFID*-метки делятся на:

- пассивные;
- активные.

Пассивная метка функционирует без собственного источника питания, получая энергию, необходимую для работы, от электромагнитного поля, индуцированного считывающими устройствами. Пассивные метки меньше и легче активных, менее дороги, имеют фактически неограниченный срок службы. Расстояние между меткой и считывателем может достигать 10 м.



Рис. 3.3. Классификация *RFID*-меток

Активные метки имеют собственный источник питания в виде внешней или встроенной батареи, что увеличивает их размеры и стоимость. *RFID*-системы с активными метками не зависят от мощности передатчика считывателя и могут работать на расстояниях до 300 м. Срок службы таких меток ограничен работоспособностью батареи. Активные метки имеют больший объем памяти, чем пассивные метки, и способны хранить больше данных. Некоторые *RFID*-метки имеют встроенные датчики и могут использоваться для мониторинга температуры, измерения влажности, регистрации вибрации, света, радиации, температуры и газов в атмосфере.

По типу **запоминающего устройства** *RFID*-метки классифицируются на следующие типы:

- **RO** (*Read Only*) – метки, которые работают только на считывание информации. В качестве элемента памяти в этих метках используются однократно программируемые ПЗУ. Необходимые данные заносятся в память только один раз при изготовлении и не могут быть изменены в процессе эксплуатации. Такие метки пригодны только для идентификации, так как никакую новую информацию в процессе работы в них записать нельзя. Такие метки практически невозможно подделать.

- **WORM** (*Write Once Read Many*) – метки для однократной записи и многократного считывания информации. Они поступают от изготовителя без каких-либо данных пользователя в устройстве памяти. Необходимая информация записывается в память самим пользователем, но только один раз.

- **RW** (*Read and Write*) – метки многократной записи и считывания информации. Данные в памяти таких меток могут быть перезаписаны многократно.

Различные типы меток имеют свои недостатки и преимущества. Так *RO*-метки являются самыми простыми, но при этом и самыми безопасными, так как занести в память метки новые данные с целью подделки практически невозможно. Напротив, *RFID*-метки типа *RW* могут быть использованы для решения более сложных производственных задач, но при этом могут быть умышленно перепрограммированы.

По **рабочей частоте** *RFID*-метки классифицируются следующим образом:

- метки, работающие на низких частотах **LF** (125–134) кГц;
- метки, работающие на высоких частотах **HF** (13,56 МГц);
- метки ультравысоких частот **UHF** (860–960 МГц); 2,45 МГц.

RFID-метки *LF*-диапазона работают на небольших расстояниях (3–70 см). С одной стороны, это является недостатком, так как требует близкого расположения считывателя, но с другой стороны, это обеспечивает необходимую безопасность, так как злоумышленники не смогут считать данные метки, если не находятся в непосредственной близости от неё. Метки низкочастотного диапазона используются, как

правило, в системах доступа, а также для идентификации животных и металлических предметов.

Метки *HF*-диапазона производятся в виде тонких наклеек, карточек, брелков, браслетов и могут работать на расстояниях до 1 м. Такие метки находят следующее применение:

- системы контроля доступа персонала, посетителей;
- транспортные и оплатные смарт-карты;
- библиотечные и архивные системы автоматизации;
- багажные метки;
- *NFC*-системы.



а



б

Рис. 3.4. Примеры крепления *RFID* меток для идентификации ТС:
а – на государственном номере; б – на лобовом стекле

Метки высокочастотного *UHF*-диапазона используются там, где требуются большие расстояния и высокая скорость чтения, например, в системах мониторинга и контроля доступа транспортных средств. С этой целью считыватель устанавливается на воротах, шлагбаумах, специальных стойках, а *RFID*-метка закрепляется на государственном номере, бампере, на боковом или лобовом стекле автомобиля (рис. 3.4).

В зависимости от целей и условий использования, *RFID*-метки могут представлять собой:

- самоклеющиеся бумажные или лавсановые этикетки;
- стандартные пластиковые карты;
- дисковые метки;
- различные виды брелков;
- метки в специальном исполнении для жестких условий эксплуатации.

По принципу действия системы *RFID* делятся на **пассивные** и **интерактивные**. В пассивных системах считыватель излучает высокочастотный сигнал, который служит только источником питания для идентификатора. Получив требуемый уровень энергии, *RFID*-метка посылает ответный сигнал, который модулирует своим идентификационным кодом. По такому принципу работает большинство систем управления доступом, где требуется только получить код идентификатора. В общем случае дальность идентификации для пассивных систем зависит от частотного диапазона, мощности излучения считывателя и размеров антенн считывателя и метки.

В **интерактивных** системах один считыватель может работать с несколькими транспондерами. Такие системы применяются, например, на складах, когда необходимо прочитать все метки в упаковке с товаром. Интерактивные системы имеют механизм **антиколлизий**, который обеспечивает выборочную поочередную работу с несколькими транспондерами, одновременно находящимися в поле считывателя. Без такого механизма сигналы от разных меток наложился бы друг на друга, т.е. возникла бы коллизия. Считыватель в интерактивных системах, модулируя несущую частоту, передает метке различные команды. В список команд, как правило, входят команды типа «передать заводской номер», «передать байт из памяти с адресом *X*», «записать байт в память по адресу *Y*», «перейти в режим молчания». Именно последняя команда используется для разрешения конфликтов при наличии в поле считывателя нескольких меток одновременно. Считыватель определяет все *RFID*-метки по их уникальным серийным номерам, а затем поочередно считывает и обрабатывает информацию, записанную в них.

В настоящее время наибольшее распространение получили *RFID*-системы диапазона *UHF* 860~960 МГц стандарта *EPC Class 1 Generation 2 (ISO/IEC 18000-63)*, кратко **Gen2**. Такие *RFID*-системы обладают следующими характеристиками [28]:

- дальность считывания может достигать нескольких десятков метров (в зависимости от считывателя, антенны и конструкции самой метки);

- скорость считывания – несколько десятков меток в секунду;
- возможность считывания нескольких сотен меток одновременно;
- возможность считывания одиночных меток при их перемещении через зону регистрации со скоростью до 250 км/ч.

Обычная *RFID*-метка *Gen2* представляет собой тонкий лист-этикетку. Метки производятся в виде рулонов, от которых отрезаются или отклеиваются отдельные метки для использования (рис. 3.5). Метка может иметь самоклеющийся слой для закрепления на предметах («*wet inlay*») или быть без клейкого слоя («*dry inlay*»). Метки встраиваются внутрь пластиковых карточек стандартного размера, брелков, специальных защищенных меток, которые могут работать в агрессивных средах. Метки могут быть жесткие и гибкие.

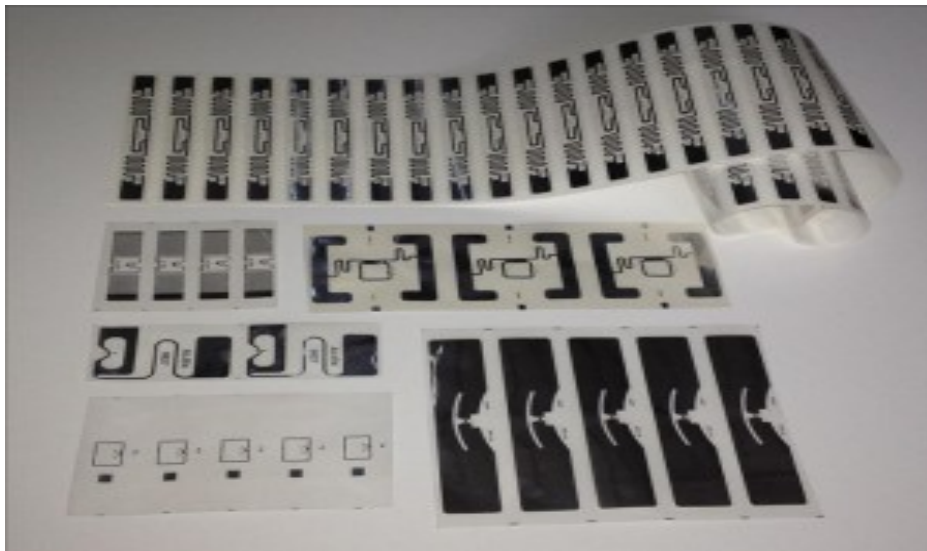


Рис. 3.5. *Gen2*-метки

Отдельный вид меток – для закрепления на металле. Метки «на металл» специально рассчитываются и конструируются таким образом, что их расположение на металле не влияет на дистанцию считывания.

RFID-системы стандарта *Gen2* находят широкое применение в складской и транспортной логистике, инвентаризации, контроле автотранспорта и перемещения персонала, в библиотеках и архивах. Также такие системы используются при контроле компонентов и запасных частей в авиа- и автомобильной промышленности, при контроле багажа, почтовых отправок и пр.

Считыватели

RFID-считыватели (ридеры) предназначены для считывания и записи данных в память *RFID*-меток. Благодаря наличию алгоритма антиколлизии считыватель способен одновременно получать и обрабатывать информацию с большого числа меток, находящихся в поле действия его антенны [29].

Основными параметрами считывателей являются:

- максимальная мощность передатчика;
- чувствительность приемника.

Максимальные уровни излучаемой передатчиком мощности не должны превышать санитарных норм по предельным уровням электромагнитного излучения, а также не создавать помех работе расположенных поблизости радиоустройств.

Различают следующие виды считывателей:

- стационарные считыватели;
- порталные считыватели (туннели, ворота);
- мобильные считыватели.

Стационарные считыватели предназначены для быстрого и точного отслеживания перемещения большого количества маркированных *RFID*-метками объектов в режиме реального времени. Они обладают большой мощностью радиосигнала и наибольшей дальностью считывания. Связь стационарных считывателей с контроллером обработки данных осуществляется с помощью различных интерфейсов – *RS232*, *RS485*, *USB*, *Wiegand*, *Ethernet*. Обычно считыватели имеют встроенный коммутатор для подключения нескольких внешних приемопередающих антенн, которые автоматически подсоединяются к считывателю поочередно. Стационарные считыватели имеют специальные разъемы с цифровыми входами и выходами для получения сигналов от внешних датчиков, а также управления внешними устройствами: включением сигнальных ламп, открыванием дверей, шлагбаумов и т.п.

Применяются такие ридеры в основном в системах мониторинга транспортных средств, а также в системах контроля и управления доступом (СКУД).

Портальные *RFID*-считыватели – это вариант стационарных считывателей, которые располагаются в зонах контроля проездов или ворот («порталов») и обеспечивают высокую надежность регистрации меток, установленных на объект. Конструктивно они представляют собой один *RFID*-считыватель с антенным коммутатором, позволяющим подключать от 2 до 32 антенн, формирующих сплошное радиочастотное поле заданной конфигурации (рис. 3.6). Установка нескольких антенн позволяет не только надежно фиксировать факт присутствия *RFID*-меток в зоне действия считывателя, но и отслеживать направление их перемещения. Типичные размеры перекрываемой зоны – до 3 метров в ширину и высоту. Такие считыватели находят широкое применение при идентификации товаров, провозимых на паллете, персонала, проходящего через зону контроля, товаров,двигающихся по транспортной ленте, книг, проносимых пользователями на выходе из библиотеки, и т.п.

Для регистрации меток, расположенных на лобовом стекле автотранспорта, используются антенны, которые располагаются над центром полосы проезда (рис. 3.7), причем максимум диаграммы направленности антенн направлен либо вертикально, либо под углом в сторону приближения автомобилей, что улучшает качество регистрации.



Рис. 3.6. *RFID*-портал



Рис. 3.7. Считыватель меток автотранспорта

Мобильные считыватели устанавливаются на автотранспорте, автопогрузчиках, тележках. Такие считыватели работают от автономного источника питания либо от электросети транспортного средства. Мобильные считыватели обычно обладают хорошей климатической, вибрационной и антивандальной защитой, что позволяет их использовать в производственных и уличных условиях.

Таким образом, идентификация транспортных средств с помощью *RFID*-технологии позволяет решать следующие телематические задачи:

- контроль и управление проездом транспортных средств (управление шлагбаумами, воротами);
- автоматизированная оплата проезда на дорогах;
- мониторинг грузовых контейнеров;
- автоматическое взвешивание грузов;
- автоматический учет перемещения грузов (складская логистика);
- управление автопарком: инвентаризация и учет.

3.2. *NFC*-технология

Разновидностью *RFID*-технологии является технология *NFC* (*Near field communication* – коммуникации ближнего поля). *NFC*-технология обеспечивает идентификацию на небольших расстояниях (от 1 миллиметра до нескольких десятков сантиметров) и работает на частоте

13,56 МГц со скоростями до 424 кбит/с. При этом время установления соединения не превышает 0,1 с.

NFC-технология имеет дополнительные возможности, по сравнению с *RFID*, и ориентирована на широкое применение в цифровых мобильных системах (смартфонах, планшетах, компьютерах и т.д.). На устройствах, поддерживающих технологию *NFC*, устанавливается соответствующий знак (рис. 3.8).

Технология основана на использовании специального ***NFC*-чипа** (модуля), который содержит **одновременно метку и считыватель**, т.е. *NFC*-устройства могут как получать, так и передавать данные. В качестве «носителя» *NFC*-чипа в настоящее время широко используется мобильный телефон. *NFC*-чип встраивается в *SIM*-карту, или карту памяти, и связан с электронными системами телефона. Это позволяет объединить возможности *NFC*-технологии со всеми функциями телефона, например, осуществлять мобильные платежи с банковских карт или с баланса абонента, просто приближая телефон к устройству считывания. Самая массовая технология – это технология на основе *NFC-Android Beam*, которая позволяет мгновенно обмениваться данными между устройствами, работающими под управлением операционной системы *Android*.

Кроме **активных *NFC*-чипов** существуют также **пассивные *NFC*-метки**. Метка представляет собой запоминающее устройство, в которое заранее записываются необходимые данные. Поднося смартфон к метке, можно прочесть эту информацию, а также записать в память метки новые данные (рис. 3.9).



Рис. 3.8. Обозначение *NFC*-устройств



Рис. 3.9. Считывание *NFC*-метки

NFC-метки встраиваются в информационные и рекламные щиты, наклеиваются на различную продукцию на складах и в магазинах.

С помощью смартфона с функцией NFC можно считать с метки раз-личную дополнительную информацию: адреса и телефоны, карту проезда, технические характеристики товара и т.д.

Примером пассивных *NFC*-меток являются также банковские карты, которые позволяют расплачиваться путем поднесения карты к платежному терминалу. В такой карте установлена плата памяти, в которой зашифрована информация о банковском счете. Этот же принцип действует в бесконтактных картах для оплаты проезда на городском транспорте. Так, оплатить проезд в московском метрополи-тене можно, приложив к турникету мобильный телефон с поддержкой *NFC* (рис. 3.10). Это возможно благодаря тому, что *NFC*-технология совместима со стандартом ISO 14443, объединяющим большинство современных бесконтактных смарт-карт: банковские карты MasterCard PayPass и VISA PayWave, транспортные карты «Тройка» и «Подорож-ник», пропуска в офис, на парковку и многие другие. При использова-нии специального программного транспортного приложения мобиль-ный телефон полностью заменяет транспортные карты, используемые для оплаты проезда на общественном транспорте Москвы. Также с помощью специальных приложений можно быстро считывать и запи-сывать информацию в программируемые *NFC*-метки или *NFC*-смарт-карты. Так, владельцы смартфонов на платформе *Android* имеют при-ложение для просмотра количества оставшихся поездок на транс-портной карте.

Таким образом, *NFC*-системы могут работать в следующих ре-жимах:

- считывание (запись) информации с пассивных *NFC*-меток;
- эмуляция смарт-карт;
- двусторонний обмен данными между двумя устройствами.

В режиме двустороннего обмена данных (режим *point-to-point*) возможен обмен файлами между двумя цифровыми устройствами. Например, можно отправить фотографию с одного смартфона на дру-гой или обменяться визитными карточками, просто поднеся один смартфон к другому (рис. 3.11).

Следует отметить, что в настоящее время в мобильные телефоны интегрирована технология *Bluetooth*, которая также работает на малых расстояниях. Однако существенным преимуществом *NFC* над *Bluetooth* является более короткое время установки соединения – менее 0,1 с.



Рис. 3.10. Оплата проезда смартфоном



Рис. 3.11. Обмен данными в NFC

Сравнительная характеристика этих двух технологий приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1

	<i>NFC</i>	<i>Bluetooth</i>
Тип сети	<i>Point-to-point</i>	<i>Point-to-point</i>
Радиус действия	< 0,2 м	10 м
Скорость	424 кБод	24 МБод
Время установления соединения	< 0,1 с	6 с
Совместимость с <i>RFID</i>	Да	Нет

Контрольные вопросы

1. Поясните принцип действия *RFID*-устройств.
2. По каким параметрам классифицируются *RFID*-метки?
3. Что такое пассивные и интерактивные *RFID*-системы?
4. Какие виды считывателей Вы знаете?
5. Назовите области применения *RFID*-технологий.
6. Что такое *NFC*-технология?
7. Назовите области применения *NFC*-технологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время активно ведутся разработки интеллектуальных транспортных систем, включающих в себя системы мониторинга транспорта, управления дорожным движением, систему экстренного реагирования при аварии, системы сбора платы за проезд, системы метеорологического обеспечения участников дорожного движения и пр. Работа всех этих телематических систем невозможна без знания местоположения транспортного средства. Определение координат ТС на поверхности земли производится с помощью различных навигационных систем, таких как спутниковые навигационные системы, инерциальные и интегрированные системы, системы определения координат по базовым станциям *GSM*. Эти системы имеют свои достоинства и недостатки и находят широкое применение в телематических системах.

Рост числа электронных систем управления в автомобиле приводит к увеличению числа различных датчиков. Широкое применение в автомобиле находят инерциальные датчики: акселерометры и гироскопы, выполненные по современной МЭМС-технологии.

Эффективное управление автомобильными перевозками на дальние расстояния невозможно без постоянного контроля перевозочного процесса. Для этих целей транспортное средство оснащается тахографами, использование которых обязательно для всего транспорта грузоподъемностью более 3,5 т.

При идентификации автомобилей в системах оплаты транспортных услуг, логистике, автоматизации работ на станциях технического обслуживания, складах и пр. в настоящее время широко применяется технология автоматической радиочастотной идентификации (*RFID*). Сфера применения *RFID*-технологии на транспорте постоянно увеличивается, и *RFID*-устройства являются неотъемлемой частью многих систем транспортной телематики.

Разновидностью *RFID*-технологии является технология *NFC* (*Near field communication* – коммуникации ближнего поля), которая находит в настоящее время все большее практическое применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов, В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте: учебник для студентов учреждений высшего образования / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил. – М.: Издательский дом «Академия», 2014. – 256 с.

2. Лахтина, Н.Ю. Техническое обеспечение телематических систем. Радиоканалы связи: метод. пособие/ Н.Ю. Лахтина, К.Г. Манушакян. – М.: МАДИ, 2015.

3. URL: http://studopedia.ru/2_87876_vektornie-i-rastrvie-karti.html

4. URL: <http://sike.ru/articles/chto-takoe-differentsialnaya-navigatsiya/>

5. URL: <http://www.demetra5.kiev.ua/ru/info/articles/SBAS>

6. URL: <http://sitech-cr.ru/products/machine-control-systems/>

7. URL: <http://www.rusnavgeo.ru/publikatsii/vrs-po-russki/>

8. URL: <http://www.science-education.ru/119-14356>

9. Соснин, Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы: учебное пособие / Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.

10. URL: http://kit-e.ru/articles/sensor/2006_2_42.php

11. URL: http://www.travelling.lv/ru/snarjaga/kompas/compas_gps/

12. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/02_01/stat_66.htm

13. URL: http://kit-e.ru/articles/sensor/2005_8_32.php

14. URL: http://life-prog.ru/view_msinv.php?id=132

15. URL: http://sv.morfish.ru/wpcontent/uploads/giro/tip_gyro/LG.html

16. URL: <http://znamus.ru/page/vog>

17. URL: <http://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960>

18. URL: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=514&lvl=05>

19. URL: <http://www.amobile.ru/info/tech/gps/location.htm1>

20. URL: http://tahograf76.ru/index.php/likbez.html#econom_effect_isp_tahografa

21. URL: <http://www.6603060.ru/main/r90-otlichitelnye-osobennosti-tahografa-s-skzi-ot-estr.html>

22. URL: <http://postebor.ru/taxografy/cifrovye-taxografy/>

23. URL: <http://perm-ak.ru/marki-i-modeli-tahografo>

24. URL: <http://www.tahoinfo.com/perevozchikam/data-tachograph.html>

25. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Jf0A1yW4Dks>

26. URL: <http://monitoring-auto.tiu.ru/p170947152-tahograf-merkurij-001.html>

27. URL: <http://tahograf76.ru/index.php/likbez.html>

28. URL: <http://uhf-rfid.info/technology/epc-c1g2-2/>

29. URL: <http://www.apr-technology.ru/page/rfid-schitivateli/>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Системы определения местоположения	
транспортного средства.....	4
1.1. Спутниковые навигационные системы (СНС)	4
1.1.1. Состав СНС	5
1.1.2. Системы координат СНС	6
1.1.3. Принцип действия СНС	9
1.1.4. Дифференциальная система позиционирования	16
1.2. Инерциальные навигационные системы (ИНС)	20
1.2.1. Принцип действия ИНС	20
1.2.2. Датчики в системах инерциальной навигации	25
1.3. Интегрированные навигационные системы.....	36
1.4. Определение местоположения транспортного средства по базовым станциям GSM.....	38
<i>Контрольные вопросы</i>	42
Глава 2. Автомобильные тахографы	43
<i>Контрольные вопросы</i>	52
Глава 3. Системы идентификации на транспорте	53
3.1. Радиочастотная идентификация.....	53
3.2. NFC-технология	62
<i>Контрольные вопросы</i>	65
Заключение.....	66
Список литературы	67