

таможенные службы, пользователи транспортными услугами. Большой документооборот наблюдается между предприятиями и банками (платежные поручения, кредитовые, дебетовые и прочие авизо), а также при таможенной очистке грузов. В частности, для проведения операций по импорту, экспорту и транзиту товаров зачастую требуются десятки документов, что и оправдывает интерес к электронному обмену данными.

Имея в виду центральное положение транспортной отрасли в мировой экономике и значительное количество занятых в ней лиц, очень важно предложить единый стандарт документов, который бы позволил всем участникам международных экономических связей общаться между собой без необходимости каждый раз вносить изменения в собственный организационный процесс и, что самое главное, работать с одним и тем же интерфейсом. Во многих торговых и промышленных секторах уже приняты и разработаны специальные формы электронного обмена документами. Действительно, операторы могут устанавливать соответствующие способы связи, определять структуру данных и формат сообщений. Если самостоятельные организации в состоянии задавать структуру и коды, данные могут конвертироваться в те форматы, которые нужны торговым партнерам. Такое решение хорошо зарекомендовало себя в простых системах электронного обмена документами, и в ряде случаев оно применяется в системах передачи транспортных данных.

#### **A4.1.6 Средства мониторинга транспортных потоков и сбора данных о ТС**

Получение данных о движении транспорта может осуществляться с помощью датчиков, отличающихся по технологии, применению, эксплуатационным характеристикам и стоимости (покупки, установки и обслуживания). Ниже приводится классификация технологических средств, которые дополняют, расширяют, поддерживают и часто заменяют традиционные способы ручных замеров, применяющихся при учете количества автомашин, движущихся в потоке, количества поворотов или при классификации ТС.

На сегодня основные средства или технологии, находящиеся в нашем распоряжении, можно разделить по следующим типам:

- а) индуктивные датчики;
- б) видеорегистрация;
- в) микроволновые, инфракрасные и ультразвуковые датчики, использующие аналогичные принципы;
- г) магнитометры;
- д) акустические пассивные датчики;
- е) пьезоэлектрические датчики;
- ж) пневматические датчики.

Существует значительная разница между датчиками, расположенными в полотне дороги (*встроенными*, или, как их иногда называют, *GD – Ground vehicle Detector*), и датчиками, размещенными над дорогой или вдалеке от нее (*навесными*, или *AGD – Above Ground vehicle Detector*). К последним обычно относят те системы, что указаны выше в пп. б, в, д, ж. Некоторые из вышеупомянутых технических средств могут применяться в беспроводных сетях (подробнее см. разд. A4.1.6.8).

Различие в их применении объясняется характеристиками транспортных потоков, подлежащих регистрации. Сценарии могут быть разные: интенсивное или неинтенсивное движение, высокая или низкая скорость, автомобили в заторе.

Перечень измерительных приборов и возможность их применения приведены в табл. 3, 4, при этом возможность учета ТС, находящихся в движении, а не стоящих в заторе, принята по умолчанию для всех приборов.

Таблица 3

Основные области применения навесных датчиков (AGD – Above Ground Detector), размещенных на расстоянии от дорожного покрытия, в зависимости от функциональной задачи

| Применение  | Задача   | Технология   |
|---|--|--|
| Подсчет ТС  | Регистрация при скорости > 10 км/ч                       | Видеорегистрация*<br>Микроволновые датчики<br>Доплеровский измеритель<br>Пассивные ИК-датчики<br>Лазерные датчики<br>Ультразвуковые датчики  |
| Считывание скорости ТС  | Регистрация при скорости > 10 км/ч                       | Видеорегистрация<br>Микроволновые датчики<br>Доплеровский измеритель<br>Лазерные датчики   |
| Контроль регулируемых перекрестков<br>• при хороших погодных условиях<br><br>• при плохих погодных условиях | Регистрация стоящих ТС<br><br><br>Регистрация стоящих ТС | Видеорегистрация<br>Микроволновые датчики<br>Пассивные ИК-датчики<br>Лазерные датчики<br>Ультразвуковые датчики<br>Видеорегистрация, ИК-датчики<br>Микроволновые датчики<br>Ультразвуковые датчики |
| Контроль движения в реальном времени  | Эмуляция индуктивных датчиков<br>Установка на обочине    | Видеорегистрация<br>Микроволновые датчики<br>Пассивные ИК-датчики  |
| Классификация ТС  | Классификация по длине                                   | Лазерные датчики<br>Видеорегистрация   |
| Классификация ТС  | Классификация по профилю                                 | Видеорегистрация<br>Микроволновые датчики  |

\* VIP (Video Image Processing – обработка видеоизображения).

Таблица 4

Типы и основные области применения датчиков дорожного движения

| Тип   | Применение   |
|---|--|
| Индуктивные датчики   | Длина, скорость и классификация ТС, количество осей, расстояние между осями, прочее (с соответствующим ПО)     |
| Датчики с лазерным, инфракрасным, электромагнитным (радар) и ультразвуковым излучателем | Длина, скорость и классификация ТС (с помощью радара)  |
| Пневматические датчики  | Скорость, прочее (количество осей, классификация, несколько полос и т. д.) при соответствующей калибровке и ПО |
| Процессоры видеоизображения с телекамерами  | Скорость, длина, классификация, номерные знаки   |
| Емкостные датчики   | Вес, скорость  |
| Пьезоэлектрические датчики  | Вес, скорость, классификация   |

#### A4.1.6.1 Индуктивные датчики

Индуктивные датчики, применяемые в отношении ТС, в целом состоят из схемы  $RCL$ <sup>33</sup> с медным проводником, который размещается на проезжей части дороги на одной или двух полосах, в зависимости от поставленной в проекте задачи. По проводнику, присоединенному к внешнему устройству, проходит ток; он изменяется при наезде всей массы автомобиля на контур, меняя при этом индуктивность. Датчики используются для определения присутствия или регистрации проезда ТС. Проводники представляют собой петлю, сплетенную из изолированного медного провода, которую можно уложить в штробу, сделанную в дорожном покрытии. Уложенные в полотно дороги петли<sup>34</sup> покрываются герметизирующим составом, он предохраняет их от механического воздействия, вызванного проездом автомашин.

Петли могут быть предварительно отформованы и могут находиться в твердой оболочке: такие обычно укладываются на дорожное покрытие и заливаются горячим битумом (рис. 38).



Рис. 38. Индуктивные датчики

Преимущества в применении таких датчиков заключаются в их низкой стоимости, неподверженности влиянию погодных условий и отсутствии необходимости частого наблюдения за ними. Однако они влекут за собой определенные расходы в части кабельной продукции, работ по укладке и обслуживанию. Таким образом, минусы выражаются в работах по установке и обслуживанию этих датчиков, в результате чего дорога временно перекрывается, и в повышенных требованиях к точности при замене дорожного покрытия во избежание истирания проводов.

Как с точки зрения схемотехники, так и с точки зрения использования алгоритмов для анализа сигналов подобные датчики можно применять при классификации ТС, определении интенсивности транспортного потока, определении загруженности полос, скорости автомобилей (если уложить две петли на полосе) и средней скорости движения потока с очень низкой заявленной погрешностью (менее 10 %).

Большинство проблем с датчиками такого рода возникает из-за низкого качества работ по их установке. По данному вопросу имеется несколько рекомендаций:

- резка асфальта должна быть ровной и точной; дно штробы должно быть ровным и прочным;
- прежде, чем приступить к цементированию, штроба должна быть очищена и просушена;
- после заливки цементом проводники замкнутой цепи (*loop*) должны оставаться неподвижными;
- с помощью измерительных приборов проверить индуктивность и сопротивление замкнутой цепи;

<sup>33</sup>  $R$  – сопротивление,  $L$  – индуктор,  $C$  – конденсатор.

<sup>34</sup> Глубина укладки, во избежание повреждения проводников при замене асфальтового покрытия, может составлять 10 или даже 15 см. В целях экономии средств проводники иногда укладывают на глубину буквально нескольких сантиметров.

- изоляция проводника не должна быть повреждена; при укладке особое внимание обращать на острые углы; с помощью соответствующего измерительного прибора проверить сопротивление изоляции;
- во избежание повреждений изоляции от внешних воздействий, убедиться в том, что проводник не выступает над штробой.

#### A4.1.6.2 Видеорегистрация

Система видеосъемки и обработки изображения (*VIP – Video Image processing*) является пассивной и использует в своей работе одну или несколько неподвижных видеокамер, установленных за пределами проезжей части и направленных на те полосы движения, на которых регистрируется транспортный поток. Изображения автоматически обрабатываются с помощью специальных программ, что позволяет получить данные о транспортных потоках.

Существует три принципа работы системы:

- Первый принцип, чаще всего применяемый конструкторами, состоит в том, чтобы смоделировать наличие датчика на проезжей части (виртуальный датчик, рис. 39). Нарисованный след от проводника накладывается на изображение, снятое видеокамерой. Таким образом ограничивается набор пикселей, которые анализируются по цветовой гамме и уровням серого. Выделенная зона может иметь форму креста, если требуется определить наличие одного автомобиля, или одной или нескольких линий, расположенных под прямым углом к направлению движения, если необходимо измерить скорость и поток ТС.
- Второй принцип работы можно назвать смешанным: линии более не виртуальные, а нарисованные на проезжей части; с помощью рисунка создается эталонное изображение, которое при сравнении с текущим позволяет зарегистрировать проезд ТС. Такой принцип может также использоваться в системах автоматического управления автомобилем (*lane keeping – соблюдение рядности*). Подобные системы относятся к категории «оборудования автомобиля» и поэтому в этом разделе не рассматриваются.
- Третий принцип работы используется для отслеживания линии движения объектов.



Рис. 39. Видеорегистрация с использованием виртуального индуктивного датчика

Видеосистемы имеют широкий спектр применения, включающий в себя анализ движения, определение сбоев в транспортном потоке (*incident detection* – обнаружение аварийных ситуаций), отслеживание линии движения автомобилей (анализ траектории), их идентификацию, измерение длины затора. Они особенно подходят для использования в туннелях.

Одно из преимуществ видеосистем состоит в том, что они могут регистрировать объезды для последующей ручной обработки изображений и подробного анализа динамики потоков ТС и маневров, совершаемых водителями автомобилей. Кроме того, они могут применяться при наблюдении за объектами с целью охраны последних.

Эксплуатационные свойства этих систем неоднократно оценивались в разных погодных условиях и транспортных контекстах. Средняя сходимость результатов по оценке производителей составляет 95 %. Обработывая изображения, исходя из уровня контрастности, система особенно чувствительна к освещенности. Например, на рассвете, когда солнце еще находится низко, тени могут быть приняты за ТС, в то время как ночью отражение света фар от дорожного покрытия может привести к двойному счету автомобилей.

Погрешность в измерении скорости находится в пределах 5–10 %. На точность измерения скорости движения автомобилей или интервала времени между двумя следующими друг за другом автомобилями (*headway*) накладывает ограничения европейский видеостандарт, согласно которому скорость смены кадров составляет 20 мс. Для того чтобы справиться с этим ограничением, в ряде случаев используются соответствующие алгоритмы интерполяции.

Основной трудностью в эксплуатации систем видеорегистрации является установка камер. Они должны располагаться на достаточной высоте, во избежание затенения от ТС, и в то же время рядом с проезжей частью. Как правило, при установке камер движение не перекрывается. Следует также иметь в виду, что техническое обслуживание видеокамеры, например очистка объектива, должно производиться часто.

#### **A4.1.6.3 Микроволновые, инфракрасные и ультразвуковые датчики**

Вышеуказанные технологические решения используют:

- датчики в радарах СВЧ-диапазона, как правило, использующих доплеровский эффект, которые устанавливаются на обочине дорог против направления движения ТС с учетом фронтальной и боковой подсветки и нацеливаются на одну полосу движения;
- датчики в радарах СВЧ-диапазона, не использующих доплеровский эффект, которые устанавливаются над проезжей частью под прямым углом и предназначаются для регистрации транспортных потоков на нескольких полосах движения;
- инфракрасные и ультразвуковые датчики, которые, как правило, нацеливаются вниз и устанавливаются над проезжей частью (например, на путепроводах).

Микроволновые датчики обычно работают на частотах 102 или 103 МГц, используя принцип радиолокации (*RADAR – RAdio Detection And Ranging*), и предназначаются для обнаружения и идентификации в пространстве подвижных или неподвижных объектов с использованием радиоволн.

В общем, эти датчики могут генерировать волновой пучок, достаточный для покрытия нескольких полос движения (например, от восьми до двенадцати).

Как уже было отмечено выше, они могут устанавливаться по диагонали, сбоку или фронтально (сверху вниз). В зависимости от способа установки меняются и задачи приборов:

- при установке по диагонали прибор охватывает широкую зону, не деля ее на полосы движения (рис. 40);
- при установке сбоку прибор может регистрировать транспортные потоки на нескольких полосах движения;
- при фронтальной установке (сверху вниз) прибор контролирует одну полосу движения, регистрируя наличие ТС или длину затора (рис. 41).



Рис. 40. Размещение датчиков по диагонали

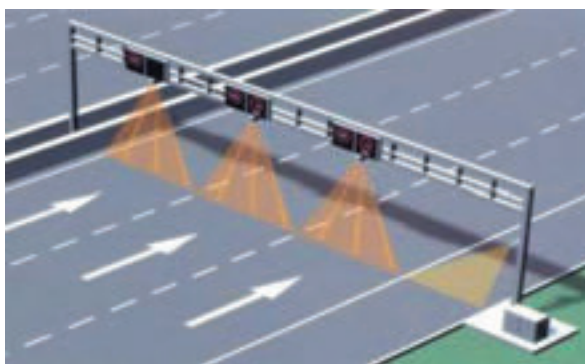


Рис. 41. Фронтальное размещение датчиков (сверху вниз)

Приборы имеют скромные размеры, мало весят, легко устанавливаются (по крайней мере по сравнению с индуктивными датчиками)<sup>35</sup> и обладают широким диапазоном применения. Кроме того, они адаптируются к установке на пешеходных переходах и отличаются низким потреблением энергии.

Датчик может распознать наличие ТС в зоне своего охвата с точностью 95 % или даже выше, независимо от направления движения. Заявленная максимальная погрешность при определении скорости автомобиля составляет 5 %, если прибор размещается вдоль направления движения, и 10 % – если поперек.

<sup>35</sup> Сложность в установке датчиков этого типа заключается в настройке параметров рабочей частоты и мощности. Последней должно быть достаточно для того, чтобы не испытывать помех от отраженного сигнала или от сигналов других источников.

Технологии применения *инфракрасных* датчиков<sup>36</sup> делятся:

- на те, где используются пассивные ИК-датчики, обнаруживающие инфракрасное излучение предметов или людей;
- те, где используются активные ИК-датчики, обрабатывающие отраженный сигнал светоизлучающего диода или лазера.

С помощью активных ИК-датчиков, работающих в режиме отражения (*reflex mode*), когда ТС обнаруживается за счет прерывания пучка, отраженного от поверхности объекта, можно регистрировать данные индуктивных датчиков. Современные исследования направлены на то, чтобы ТС само выступало в роли отражателя: импульс лазерного излучения длится порядка наносекунды; зная время приема, можно измерить пройденное лучом света расстояние и, следовательно, определить место нахождения отражателя; исходя из этой информации, можно рассчитать профиль ТС, его длину и высоту.

*Пассивный ИК-датчик* не излучает сигналов – он регистрирует отраженную энергию инфракрасного излучения, что позволяет ему обнаружить объект, но не определить скорость его перемещения.

Например, *пирозлектрические* датчики дают возможность обнаружить движущийся предмет на расстоянии до нескольких метров с помощью чувствительного элемента и линзы Френеля, способных регистрировать пассивное инфракрасное излучение объектов, расположенных поблизости.

Некоторые датчики применяются в ультрафиолетовом диапазоне (длина волны от 10 до 320 нм) для обнаружения объектов или тел, чья температура выше абсолютного нуля. Для того чтобы распознать движение, некоторые пассивные системы могут регистрировать даже минимальные температуры на неподвижном фоне.

*Активные ИК-системы* используют длину волны порядка 0,9 мкм и работают на тех же принципах, что и микроволновые датчики.

Их можно устанавливать над проезжей частью, например на существующих конструкциях путепроводов или информационных порталов, или сбоку от дороги. Они могут измерять скорость движения ТС, их длину и в некоторых случаях классифицировать их. Системы отличаются друг от друга по сложности: от самых простых с одним светоизлучающим диодом до более технологически продвинутых с несколькими источниками излучения, в зависимости от области применения. Самыми востребованными на сегодняшний день являются системы с применением лазерных диодов, излучающих энергию, часть которой отражается от автомобиля, перемещающегося внутри зоны охвата прибора. Лазерные локаторы могут регистрировать проезд ТС, его присутствие и скоростные данные. Последние получают путем определения времени, прошедшего с момента прерывания двух лучей, направленных в область дороги, расстояние до которой прибору «известно». Некоторые лазерные локаторы в состоянии классифицировать ТС посредством измерения и идентификации их контуров. Лазер (*laser – light amplification by stimulated emission of radiation* – усиление света с помощью индуцированного излучения) – это источник света с особыми характеристиками, поскольку излучение является почти монохромным и хорошо коллимированным. Это позволяет получать даже на расстоянии концентрированный световой пучок.

Системы, использующие лазерные датчики, в основном применяются для классификации ТС и регистрации скорости их движения (рис. 42).

<sup>36</sup> Электромагнитное излучение с частотой ниже волны видимой части спектра и длиной волны от 700 нм до 1 мм.



Рис. 42. Примеры использования лазерных датчиков для контроля скорости

В целом ИК-системы теряют свою эффективность в неблагоприятных погодных условиях (во время дождя, тумана, снегопада) и требуют большего внимания при установке и подготовке программного обеспечения.

И наконец, *ультразвуковые* генераторы. Они бывают разных типов, однако основным источником ультразвука является пьезоэлектрический элемент. Пьезоэффект основан на преобразовании механической энергии в электрическую и наоборот. Ряд материалов (например, кварц) природного или искусственного происхождения, находясь в электрическом поле, могут направить свой потенциал на выработку механической энергии, другими словами, при сжатии или деформации генерировать крайние значения разности потенциалов.

УЗ-датчики работают на частотах порядка 25–30 кГц и с точки зрения условий эксплуатации не отличаются от микроволновых. В них отсутствуют движущиеся детали, поэтому они надежны в течение всего срока службы и практически не требуют обслуживания. Небольшие размеры датчиков позволяют использовать их как стационарно (на обочинах или над проезжей частью), так и в качестве носимого оборудования.

Некоторые датчики излучают звуковую волну и могут работать, используя доплеровский эффект (с незатухающей гармонической волной) или импульсный сигнал.

#### A4.1.6.4 Магнитометры

Магнитометры в отличие от индуктивных датчиков не создают никакого магнитного поля и, следовательно, являются пассивными. Они регистрируют возмущения в магнитном поле, вызванные металлическим объектом, например автомобилем. Значение и период колебаний обрабатываются, в результате чего мы получаем информацию о перемещении ТС и его физических характеристиках (рис. 43). Эти приборы нечувствительны к помехам, которые могут быть вызваны присутствием неподвижных больших металлических масс, поэтому их можно устанавливать под железобетонной плитой или внутри нее без ущерба для их эксплуатационных характеристик.





Рис. 43. Магнитные датчики: примерная схема



Рис. 44. Магнитные датчики: примерная схема расположения «узла» сети магнитных датчиков (темный круг в правом нижнем углу) и проводника индуктивного датчика (центральная часть фото)

Прибор (рис. 44) способен производить те же измерения, что и индуктивные датчики, с сопоставимым уровнем точности. Скромные размеры позволяют устанавливать магнитные датчики, например, на дорожном покрытии (по одному на полосу), в поперечной штробе или в отверстии, сделанном в любом месте проезжей части, начиная от обочины. Их можно устанавливать и вдоль обочины в виде пластин или на отбойниках.

#### A4.1.6.5 Пассивные акустические датчики

Пассивные акустические системы предназначены для регистрации проезда ТС или первичной оценки интенсивности движения на основе измерения звуковой энергии, производимой автотранспортом. Акустические сигналы, излучаемые автомобилями (множественными источниками), собираются группой микрофонов. При приближении автомобиля система отмечает усиление звуковой энергии, а при его удалении – регистрирует ослабление (рис. 45).

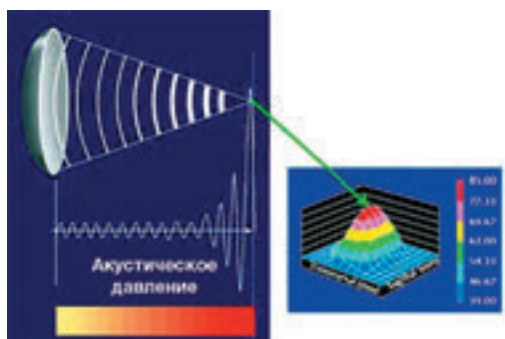


Рис. 45. Звуковой отпечаток автомобиля, отмеченный микрофоном

#### A4.1.6.6 Пьезоэлектрические датчики

Датчики этого типа состоят из пьезоэлектрического материала, заключенного в металлическую оболочку, и устанавливаются снаружи или внутри дорожного покрытия (рис. 46). Прибор измеряет степень поляризации пьезоэлектрического материала, которая изменяется каждый раз при наезде на него колеса автомобиля. По заявлению производителей, эти приборы весьма точны при классификации ТС. Их используют в системах взвешивания автомашин во время движения (*weigh in motion*), для учета количества и распознавания ТС.

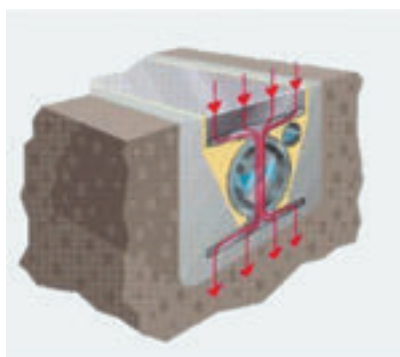


Рис. 46. Пьезоэлектрический датчик  
(источники: *Kistler* и Политехнический университет Турина)

#### A4.1.6.7 Пневматические датчики («трубчатые» счетчики)

Речь идет о почти забытом решении (несмотря на то, что принцип действия все еще находит свое применение в практике), которое для полноты картины мы все же рассмотрим. Трубки для подсчета автомашин являются одним из первых автоматических средств регистрации транспортного потока. Прибор представляет собой гибкую полую трубку, в ней при определенном внешнем воздействии создается продольная волна давления, на пути которой находится механическое или электрическое устройство, работающее в качестве счетчика (рис. 47). Такие приборы, уложенные на дорожное покрытие

поперек движения, могут «считать» количество осей проехавших по ним, в том числе и на низкой скорости, ТС. И так, для того чтобы иметь представление о том, из каких ТС состоит поток, и чтобы в результате получить их количество, необходимо посчитать оси. Пневматические приборы не позволяют классифицировать ТС. Не подходят они и для учета автомашин, стоящих в заторе. Кроме того, они страдают болезнью «недоучета», когда автомобили движутся параллельно. Если же эти приборы использовать попарно, с их помощью можно вычислять скорость движения. Все эти соображения относятся и к пьезоэлектрическим датчикам.

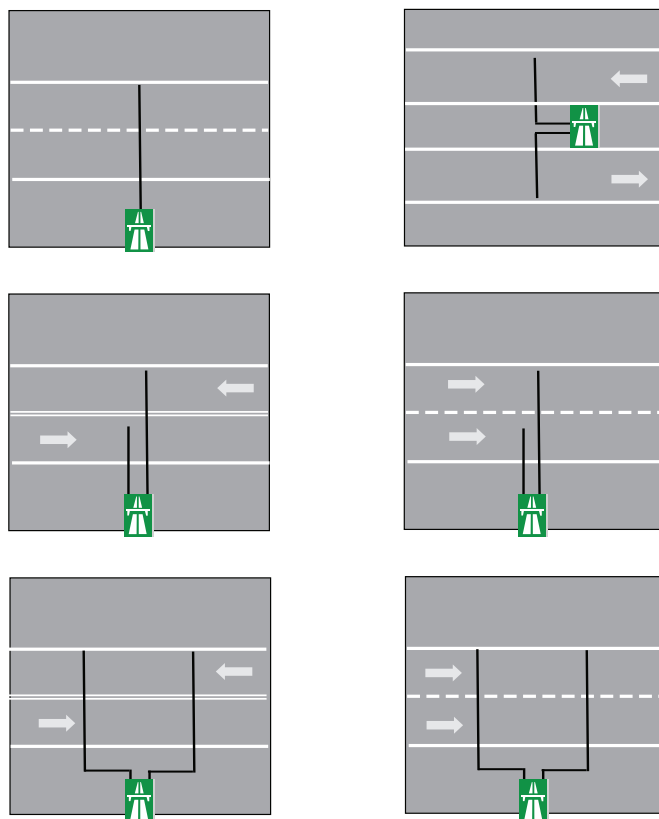


Рис. 47. Примеры конфигурации «трубчатых» счетчиков ТС

#### A4.1.6.8 Беспроводные сети датчиков

Существует возможность объединения одной или нескольких технологий из описанных выше с другими, например касающимися мониторинга окружающей среды, для того, чтобы создать так называемые «беспроводные сети датчиков» (*wireless sensor networks*). Эти сети включают в себя ряд электрических или электронных следящих устройств с автономным питанием (от аккумулятора или с подзарядом от пьезоэлектрических датчиков) или без источника питания (так называемых пассивных), способных связываться между собой

и имеющих несколько точек доступа для беспроводных коммуникационных сетей. Отсутствие стационарных сетей гарантирует бóльшую площадь покрытия по сравнению с традиционными проводными системами. Основное требование к подобным сетям состоит в том, чтобы заряд аккумуляторов соответствовал периодам технического обслуживания.

Сети датчиков позволяют заменить системы сбора данных о движении (например, магнитометры – рис. 48, 49) и датчики окружающей среды (например, термометры, гигрометры для определения присутствия тумана и гололеда) или объединить их в беспроводные сети связи с целью получения более или менее полной информации об использовании инфраструктуры, условиях окружающей среды, относительном или абсолютном местоположении ТС (с помощью трилатерации – разд. В1.5). В случаях, когда обрабатываемые данные становятся уязвимыми, следует обеспечить систему защиты, используя соответствующие протоколы безопасности и резервирования.



Рис. 48. Магнитометр в беспроводной сети датчиков  
(источник: ТСК г.Турина – Политехнический университет Турина)



Рис. 49. Пример подготовки узла сети датчиков и установки магнитометра  
(источник: ТСК г.Турина – Политехнический университет Турина)

В табл. 5 мы постарались обобщить положительные и отрицательные стороны использования ряда приборов.

Таблица 5

**Основные положительные и отрицательные стороны  
использования контрольно-измерительных приборов**

| Технологические средства                    | Преимущества  | Отрицательные стороны   |
|---|---|---|
| Ультразвуковые датчики                      | Компактные размеры и простота установки   | Возможное ухудшение эксплуатационных свойств при изменении температуры или увеличении ветрового давления                            |
| Микроволновые датчики (доплеровский эффект) | Хорошие эксплуатационные свойства в неблагоприятных погодных условиях.<br>Прямое измерение скорости   | Трудности при регистрации медленно идущего или стоящего ТС.<br>Необходимость наличия антенны короткого радиуса действия             |
| Микроволновые датчики                       | Хорошие эксплуатационные свойства в неблагоприятных погодных условиях. Возможность обнаруживать стоящие автомобили.<br>Возможность собирать данные с нескольких полос движения, используя один прибор                               | Необходимость наличия антенны короткого радиуса действия.<br>Возможность потери из виду автомобилей, прикрытых сбоку более крупными |
| Пассивные инфракрасные датчики              | Хорошие эксплуатационные свойства в присутствии тумана.<br>Прямое измерение скорости  | Неудовлетворительные эксплуатационные характеристики во время дождя или снегопада   |
| Видеорегистраторы VIP                       | Одна камера может обслуживать несколько полос движения.<br>Возможность собирать большой массив данных   | Крупногабаритные ТС могут перекрывать видимость.<br>Тени, отражения и переход из дня в ночь могут привести к ошибкам                |
| Магнитометры                                | Возможность регистрировать ТС небольших размеров, включая велосипеды.<br>Возможность использовать в качестве альтернативы индуктивным датчикам.<br>Возможность применения в беспроводных сетях датчиков в качестве компактных узлов | Могут возникнуть трудности с разделением данных в случае, если ТС находятся очень близко друг от друга                              |
| Индуктивные датчики                         | Хорошая или высокая надежность.<br>Широко известная и недорогая технология  | Возможны трудности с установкой при постоянно движущемся потоке.<br>Плохо реагируют на ситуацию <i>stop and go</i>                  |

**A4.1.6.9 Сбор данных о движении с помощью «плавающих» автомобилей**

Сбор данных о движении транспорта с помощью подвижных средств, а не посредством приборов, упомянутых выше, был принят на вооружение еще несколько лет тому назад и часто использовался в качестве вспомогательного средства, приданного стационарным пунктам наблюдения. В этом смысле ТС, перемещающиеся по дорогам, могут быть использованы для сбора информации о транспортном потоке (*Floating Car Data – FCD* или *Probe Vehicle – машина-зонд*). Существует ряд решений, основанных на регистрации только скорости соответственно оснащенного ТС (см. разд. 6), которая, будучи сопоставлена с максимально разрешенной на данном участке в условиях свободного потока машин, позволяет определить условия движения на этом же участке