

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ И В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

С.А. Маргарян (ЗАО "НПП "РОДНИК")

*Рассмотрены состав оборудования и особенности структуры технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести для автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) на железнодорожном транспорте, а также структура технологической радиосети для автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) на широкополосном оборудовании Sentry-4G-900 для спецтранспорта.*

*Ключевые слова: автоматизированная система диспетчерского управления, технологические радиосети, обмен данными, беспроводная связь.*

Типовая автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ) на транспорте и в дорожном хозяйстве включает три функциональных уровня:

- нижний уровень (программно-технические средства, устанавливаемые на борту транспортных средств или контролируемых объектах дорожной инфраструктуры, реализующие функции генерации данных от средств объективного контроля и исполнения получаемых с верхнего уровня системы управляющих сигналов и команд);

- промежуточный уровень (беспроводные средства связи и обмена данными, устанавливаемые на борту транспортных средств или контролируемых объектах дорожной инфраструктуры, а также в стационарных и подвижных пунктах управления и реализующие функции обмена информацией между нижним и верхним уровнями системы);

- верхний уровень (программно-технические средства, устанавливаемые в стационарных и подвижных пунктах управления, реализующие функции сбора данных от средств объективного контроля и формирования управляющих сигналов и команд на основе анализа полученных с нижнего уровня данных).

В статье рассматриваются вопросы, связанные с реализацией промежуточного уровня типовой АСУ для транспорта и дорожного хозяйства — радиосети сбора данных и управления. В настоящее время в АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве применяются различные радиосети обмена данными, которые по назначению разделяются на две основные группы:

- радиосеть общего пользования, предназначенная для возмездного оказания услуг электросвязи любому пользователю на территории РФ, доступ к сетям предоставляется владельцем радиосети для всех желающих пользователей. Включают сети сотовой связи различных стандартов, сети операторов профессиональной мобильной связи диапазона ультракоротких волн (УКВ) и широкополосные сети связи и передачи данных сверхвысокой частоты (СВЧ), включая наземные и спутниковые;

- технологическая радиосеть, ранее ведомственная и корпоративная, предназначенная для обеспечения производственной деятельности организаций, управления ТП в производстве, следовательно, пользователями этих сетей являются только сотрудники владельца сети. Включают сети профессиональной

мобильной связи диапазона ультракоротких волн (УКВ) и широкополосные сети связи и передачи данных сверхвысокой частоты (СВЧ) (наземные и спутниковые). На железнодорожном транспорте в некоторых странах применяется оборудование связи, создававшееся для сетей общего пользования, но впоследствии адаптированное для применения в составе технологических радиосетей (например, GSM-R для железнодорожного транспорта).

Радиосети обеих групп могут строиться с применением одинаковых технологий, однако назначение радиосети принципиально определяет ее возможности при обслуживании работы АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве.

Далее рассмотрим вопросы, связанные с созданием и эксплуатацией только наземных радиосетей обмена данными УКВ и СВЧ диапазонов как наиболее широко распространенных и применяемых для создания АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве.

### Возможности технологических радиосетей обмена данными по обеспечению работы АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве

Технологические радиосети создаются на оборудовании и с использованием технических решений, изначально предназначенных для реализации специфических задач, связанных с автоматизированным (а в некоторых случаях — автоматическим) управлением подвижными и стационарными объектами, с учетом особенностей их функционирования и предъявляемых к ним оперативно-технических требований. Поскольку реализовать с одинаковой степенью эффективности все требования АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве в рамках одного типа оборудования или одного, даже самого совершенного на сегодняшний день технического решения невозможно, перед владельцем и пользователем системы всегда встает необходимость выбора. Выбор технического решения производится с учетом реальных задач в рамках создаваемой автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ).

Область применения технологических радиосетей обмена данными в АСУ на транспорте и в дорожном хозяйстве определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами:

- гарантированная надежность<sup>1</sup> работы (радиосеть создается и управляется ее владельцем с учетом его персональных требований к надежности функционирования);

- высокая живучесть<sup>2</sup> радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);

- рабочая зона, полностью перекрывающая район использования находящихся под управлением АСДУ средств (реально построенные технологические радиосети имеют сплошную оперативную зону >1 млн. км<sup>2</sup>);

- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному режиму времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в сроки, установленные регламентом работы радиосети;

- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства автоматизированных систем задержки в доставке данных;

- высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);

- относительно низкая стоимость эксплуатации;

- независимость от "чужой" инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит собственному транспортному предприятию, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им самостоятельно);

- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;

- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;

- возможность эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Технологические радиосети обмена данными используются для обслуживания АСДУ на всех видах транспорта и в дорожном хозяйстве. Они строятся на оборудовании, имеющем различные технические характеристики. В связи с этим наиболее показательными являются примеры использования таких радиосетей и их функциональных возможностей.

Примеры построения современных АСДУ на транспорте и в дорожном хозяйстве.

АСДУ являются неотъемлемой частью любой современной системы управления на транспорте, а их функциональные возможности в значительной степени определяются возможностями информационной системы в целом и сети связи и обмена данными, в частности. Как правило, в АСДУ используются две радиосети: обмена данными (основная) и голосовая (вспомогательная или аварийная). В АСОДУ служб общественной безопасности голосовая радиосеть и сеть обмена данными имеют одинаковый статус и функционируют взаимосвязано.

### Железнодорожный транспорт

Работа железнодорожного транспорта связана с повышенной опасностью и ответственностью. В связи с этим все системы управления движением и сбора данных об оперативном и техническом состоянии подвижного состава и напольной автоматики на контролируемой железнодорожной сети имеют полное (двойное или тройное) дублирование. Это же требование выполняется при создании технологической сети, обеспечивающей функционирование АСДУ. Упрощенная схема технологической радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести для АСДУ на железнодорожном транспорте представлена на рис. 1.

Схема разработана и реально применяется в системе диспетчерского управления на участке путей протяженностью около 400 км на одном из предприятий промышленного железнодорожного транспорта для управления железнодорожными составами увеличенной длины (до 200 вагонов). Радиосеть работает на скорости 9600 бит/с.

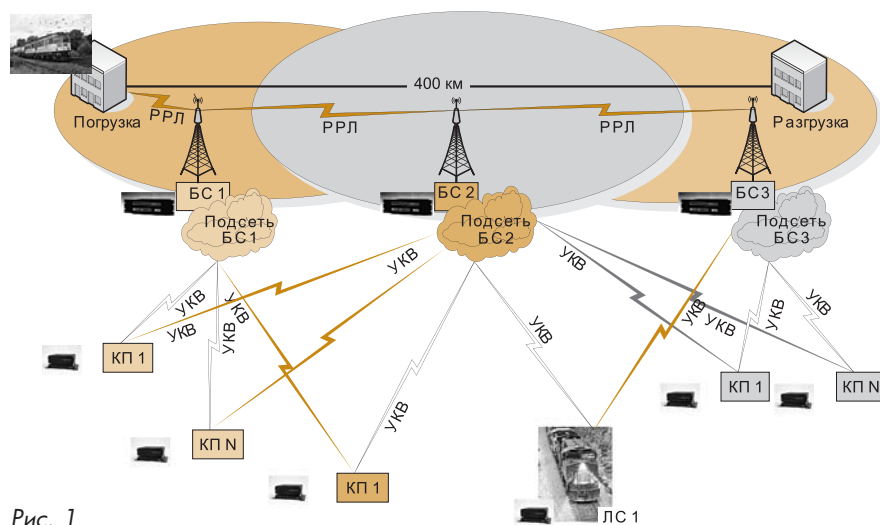


Рис. 1

<sup>1</sup> *Надежность* – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 "Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения"].

<sup>2</sup> *Живучесть* – свойство системы, характеризуемое способностью выполнять установленный объем функций в условиях воздействия внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 "Автоматизированные системы. Термины и определения"].

Система управления решает задачи мониторинга подвижных объектов и контроля работы напольной автоматики, включая:

- выявление перегрева колесной пары;
- контроль состояния и управление стрелочными переводами;
- контроль местоположения локомотива по данным спутниковой навигации;
- автоматическое обнаружение схода вагона и дефектов колесной пары.

Оперативная зона радиосети формируется 13 базовыми станциями (БС), работающими на пяти парах радиочастот (использование радиочастот чередуется). Под управлением системы находится 71 объект напольной автоматики и 28 локомотивосоставов. Каждая БС подключена к центру диспетчерского управления по выделенному радиорелейному каналу связи. Оперативные зоны соседних БС имеют 100% перекрытие, что обеспечивает возможность подключения любого из устройств напольной автоматики к одной из двух БС. В случае нарушения работы одной из БС, подключенные к удаленным устройствам напольной автоматики радиомодемы автоматически переключаются на работу со второй БС (функция автоматического перехода на резервный канал связи является стандартной для радиомодемов для подвижных радиосетей обмена данными). Подключенные к радиосети устройства напольной автоматики передают сигналы тревог в адрес диспетчера с автоматической ретрансляцией его в адрес машиниста по каналам этой же (основной) радиосети. Кроме того, каждое устройство имеет собственный аналоговый голосовой резервный канал с машинистом, который используется для передачи сигналов тревог в виде голосового сообщения непосредственно машинисту.

Автоматическое управление радиосетью выполняет многобазовый контроллер в отказоустойчивом исполнении со 100% дублированием, имеющий в своем составе два блока, каждый из которых способен управлять 15 БС. Аналогичная схема реализована в наиболее современной АСДУ на промышленном железнодорожном транспорте. Созданная для компании "Рио Тинто" (Австралия) АСДУ обеспечивает автоматическое вождение поездов без участия машиниста с дистанционным управлением параметрами движения из объединенного центра диспетчерского управления на железнодорожной сети общей протяженностью более 1800 км. Технологическая радиосеть обмена данными функционирует на скорости 64 Кбит/с с использованием радиомодемов ParagonG3 (базовая станция) и GeminiG3 (подвижный объект). Базовые станции подключены к центру диспетчерского управления по волоконно-оптическому каналу. В центр управления собираются данные о параметрах движения и техническом состоянии локомотивосоставов, информация о техническом и оперативном состоянии средств железнодорожной автоматики, включая информацию с автоматически регулируемых желез-

нодорожных поездов.

Внедрение системы позволило не только исключить локомотивную бригаду из процесса управления локомотивом, но коренным образом изменить всю систему диспетчерского управления. Возможность одновременного воздействия на все локомотивы позволила реализовать новую схему интервального регулирования, отказаться от использования значительной части железнодорожной автоматики и существенно сократить интервалы движения при сохранении высокого уровня безопасности. В результате были существенно сокращены интервалы движения, поскольку новая система обеспечивает одновременное начало торможения для двигающихся друг за другом составов. Созданная АСДУ позволила существенно увеличить объем перевозок и улучшить финансово-экономические показатели предприятия.

### Специальный транспорт

Наиболее высокие требования к технологическим радиосетям обмена данными предъявляются АСОДУ подвижными дежурными силами служб общественной безопасности. На рис. 2 представлена упрощенная схема построения технологической радиосети для АСОДУ на перспективном широкополосном оборудовании Sentry-4G-900, которое позволяет создать единое информационное пространство, функционирующее по IP-протоколу и являющееся "прозрачным" для любого ПО, поддерживающего работу через локальную или глобальную вычислительную сеть. Доступ к технологической радиосети организуется по двум выделенным каналам – 900 МГц IEEE802.16e-2005 Wi-Max и 2,4 ГГц IEEE802.11b/g Wi-Fi. При наличии в оперативной зоне радиосетей стандарта Wi-Fi общего пользования они могут использоваться в качестве резервных каналов доставки информации, повышая живучесть разворачиваемой технологической радиосети.

Задействованная для работы в составе радиосети аппаратура может автоматически сопрягаться между собой по каналам Wi-Max или Wi-Fi, используя автоматическую маршрутизацию сообщений и прозрачное объединение обеих технологий, чем обеспечивается высокая надежность и живучесть радиосети и функционирующей на ее базе информационной системы в целом.

Широкополосная технологическая радиосеть обмена данными имеет в своем составе группу стационарных базовых станций Wi-Max и обеспечивает функционирование подвижных и стационарных объектов в оперативной зоне (рис. 2, п. 1). Встроенный протокол позволяет организовать автоматический перевод подвижных объектов между соседними БС с минимальной задержкой по времени. БС подключаются к региональному пункту управления по проводным или беспроводным магистральным каналам связи, работающим по IP-протоколу.

Региональный пункт управления осуществляет мониторинг и оперативно-диспетчерское управление

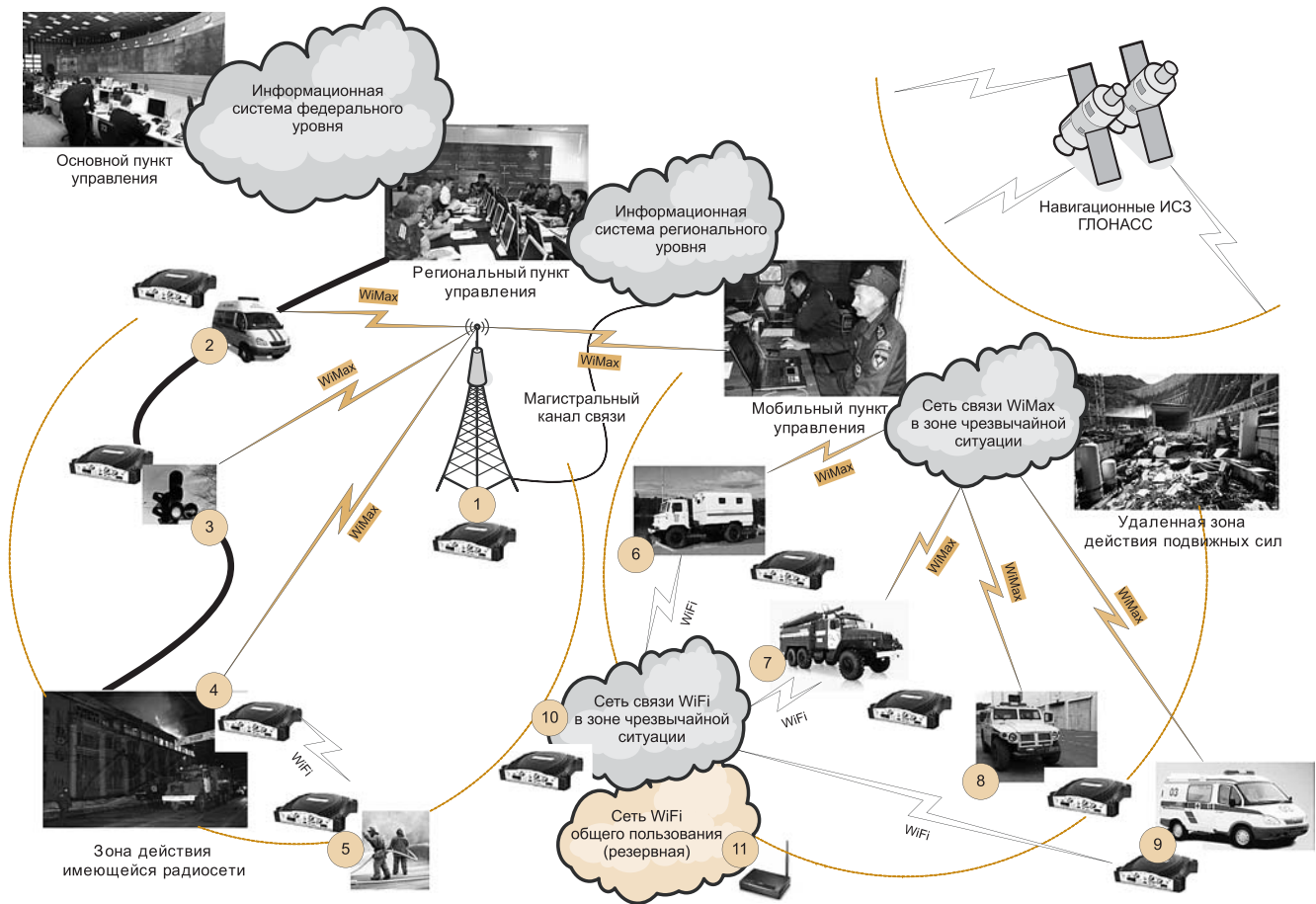


Рис. 2

подвижными дежурными силами при выдвигении в ходе решения функциональных задач в районе оперативного предназначения в зоне работы постоянной действующей технологической радиосети (рис. 2, п. 2). Он обеспечивает автоматизированный контроль за действиями подвижных сил с самого начала их оперативного использования и до завершения операции. По каналам радиосети с заданной периодичностью транслируются данные о текущем местоположении подвижных сил и средств и характере их использования, передаются команды управления и сигналы оповещения, а также обеспечивается удаленный доступ к массивам информации, которая может потребоваться в процессе решения задач оперативного предназначения.

По каналам технологической радиосети осуществляется оперативно-техническое управление стационарной инфраструктурой, в частности, светофорными комплексами (рис. 2, п. 3). Наличие такой возможности позволяет организовать приоритетный пропуск подвижных средств дежурных сил служб общественной безопасности на регулируемых перекрестках при их выдвигении в район оперативного предназначения. Реализация данной функциональной задачи позволяет существенно сократить время реагирования на аварии и происшествия и свести к минимуму тяжесть их последствий.

Оперативное управление и информационное обеспечение сил и средств служб общественной безопасности в районе оперативного назначения, находящемся в зоне действия технологической радиосети, осуществляется по каналам связи Wi-Max, которые обеспечивают обмен мультимедийной информацией (рис. 2, п. 4). Относительно высокая пропускная способность радиосети позволяет передавать достаточно большие массивы графической и видеоинформации.

В районе оперативного предназначения разворачивается беспроводная локальная сеть управления силами и средствами служб общественной безопасности по каналам связи Wi-Fi (рис. 2, п.5). Она сопрягается с действующей стационарной технологической радиосетью обмена данными Wi-Max и обеспечивает доступ пользователей к ресурсам информационной системы на региональном и федеральном уровнях. В результате подвижные силы имеют функциональные возможности, аналогичные тем, которыми они располагают при работе в стационарных условиях. Применение Wi-Fi позволяет организовать подключение к сети абонентов различной ведомственной принадлежности и использовать для подключения коммерческие терминалы и стандартное программное обеспечение, используемое в сетях данного типа.

Полевой (мобильный) пункт управления подвижными силами служб общественной безопасности может разво-

рачиваться в удаленном районе при отсутствии постоянно действующей технологической радиосети обмена данными либо на границе данной сети (рис. 2, п.6-9). В последнем случае он может выступать как ретранслятор, увеличивая дальность связи. Связь обеспечивается техническими средствами, разворачиваемыми в оперативной зоне на период проведения совместной операции. В рамках взаимодействия технологическая радиосеть обеспечивает обмен данными между всеми участниками операции независимо от их ведомственной принадлежности.

Локальные подсети обмена данными разнородных подвижных сил и средств служб общественной безопасности различной ведомственной принадлежности в удаленной зоне разворачиваются на период проведения операции. Они позволяют предоставить подвижным силам функциональные возможности, аналогичные тем, которыми они располагают при работе в стационарных условиях.

Разворачиваемая в удаленной зоне локальная вычислительная сеть на базе Wi-Fi (рис. 2, п. 10) обеспе-

чивает взаимодействие разнородных подвижных сил и средств служб общественной безопасности различной ведомственной принадлежности. При наличии в удаленной зоне сети Wi-Fi общего пользования она может использоваться в качестве резервной или аварийной для обеспечения обмена данными участников операции между собой и с соответствующими пунктами управления верхнего звена (рис. 2, п. 11).

Навигационное обеспечение участников операции данными от системы спутниковой связи ГЛОНАСС осуществляется через внешние или встроенные навигационные приемники аппаратуры Sentry-4G-900.

Таким образом, рассмотренные выше технологии беспроводной передачи данных и реализованные на ее основе образцы оборудования позволяют создавать мобильные и стационарные интегрированные технологические радиосети обмена данными повышенной надежности и живучести, полностью удовлетворяющие требованиям современных АСДУ и АСОДУ на транспорте.

*Маргарян Сергей Александрович – главный конструктор, зам. ген. директора ЗАО "НПП "Родник". Контактный телефон (499) 613-26-88, факс (495) 317-97-54. [Http://www.rodnik.ru](http://www.rodnik.ru)*

## ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ ДЛЯ АСУ ТРАНСПОРТОМ И ДОРОЖНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

**А.В. Клоков, А.Г. Шаталов (Компания "МикроМакс Системс")**

*Сформулированы требования, предъявляемые к встраиваемым компьютерам, применяемым в составе АСУ транспортом и дорожным хозяйством. Представлены особенности различных серий компьютеров М-Мах, обоснована возможность их применения в системах управления транспортом.*

*Ключевые слова: пассивное охлаждение, вентилятор, стойкость к вибрации и ударам, блоки бесперебойного питания, беспроводная связь, надежность, производительность.*

Применение в АСУ для транспорта и дорожного хозяйства накладывает на компьютеры специфические требования, которые редко предъявляются даже в "классических" АСУТП. Одно из них – это требование максимально длительного ресурса системы и больших сроков между необходимым обслуживанием, что объясняется во многих случаях большой территориальной распределенностью АСУ для транспорта и размерами дорожного хозяйства. Например, для железнодорожного хозяйства при общей протяженности дорог более 86 тыс. км покрытие их системами автоблокировки требует установки компьютеров на весьма удаленных станциях и в большом числе. Рассмотрев обычные/стандартные компьютерные решения, где в системах охлаждения присутствуют вентиляторы, срок службы которых в режиме 24 × 7 редко превышает 2 лет, а замена батареек RTC необходима не реже 1 раза в 2 года, можно понять, что стоимость обслуживания многотысячной армии таких удаленных компьютеров составит весьма ощутимые расходы. В первую очередь – это организационные расходы. Поскольку транспортная система функционирует круглосуточно, то для проведения регламентных работ с задействованной вычислительной единицей потребуется выполнить ее замену на аналогичную, а уже с новым компьютером производить сервисные работы по замене

элементов питания RTC, комплектующих, выработавших свой ресурс, например, вентиляторов. Плюс к этому необходимо учесть все требуемые манипуляции по конфигурированию и настройке каждой системной единицы. Дешевый изначально компьютер потом сторицей потребует восполнить сэкономленные при покупке средства.

Таким образом, становится понятно, что среди важнейших требований, предъявляемых к компьютерам в составе АСУ на транспорте, будет обязательное применение пассивного охлаждения системы и использование решений, допускающих период обслуживания не менее 6...7 лет. Примером такого подхода может служить линейка систем М-Мах от компании "МикроМакс Системс" (Москва), ресурс комплектующих которой полностью обеспечивает выполнение жестких требований круглосуточной эксплуатации. Абсолютно все изделия М-Мах обеспечивают столь длительный период между обслуживаниями благодаря пассивным системам охлаждения и элементам питания со сроком жизни в составе системы до 8 лет. При этом естественно подразумевается, что температурные режимы систем могут быть весьма широкими.

Теперь рассмотрим второе достаточно заметное отличие компьютеров для АСУ на транспорте – эти системы чаще, чем другие требуют работы в расширенном