

# Сеть связи Государственной компании «Российские автомобильные дороги»



**И. А. Евстигнеев,**  
нач. отдела перспективных систем Департамента информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем ГК «Автодор»



**В. В. Шмытинский,**  
к. т. н., рук. Центра телекоммуникаций АО «Автодор-Телеком»

В статье рассмотрены основные сервисы, предоставляемые пользователям в сети связи автодорог, требования к каналам передачи данных для различных подсистем интеллектуальной транспортной системы. Показана этапность организации сети, а также приведены схемы сети связи на уровнях доступа и взаимодействия сетевых узлов.

Неотъемлемой частью современных автомобильных дорог являются интеллектуальные транспортные системы (ИТС), объединяющие в единый технический и технологический комплекс подсистемы организации дорожного движения, обеспечения безопасности дорожного движения, а также предоставления информационного сервиса для участников дорожного движения и потенциальных субъектов транспортного процесса. В предыдущей публикации [1] была показана роль сети связи в ИТС и рассмотрены основные принципы ее организации. Определено понятие «До-

рожная интегрированная сеть связи» — ДИСС, создаваемая с целью обеспечения функционирования всех систем автодорог, переданных в доверительное управление Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (ГК «Автодор»).

ДИСС является важнейшей частью ИТС, интегрирует все ее подсистемы и сервисы, обеспечивающие функционирование автомобильных дорог (в том числе эксплуатирующихся на платной основе).

Для выполнения функций информационных сервисов с требуемым качеством на сети связи реализуются телекоммуникационные сервисы.





Рис. 1

Пользователи телекоммуникационных сервисов в зависимости от назначения и принадлежности могут быть отнесены к одному из трех сегментов: технологическому, корпоративному или коммерческому (рис. 1).

Основными пользователями технологического сегмента выступают организации непосредственно эксплуатирующие ИТС, которые используют ресурс сети связи и передачи данных для обеспечения функционирования систем в рамках целей и задач ИТС.

Пользователем корпоративного сегмента прежде всего являются подразделения Государственной компании и операторы дороги, которые используют ресурс сети для организации функционирования своих подразделений.

Пользователями коммерческого сегмента являются юридические и физические лица, которые используют ресурс сети на возмездной основе. Для них формируются специальные рыночные пакеты.

Эти телекоммуникационные рыночные пакеты можно разделить на два основных блока:

- телекоммуникационные услуги и услуги по размещению телекоммуни-

кационного оборудования на инфраструктуре автодорог;

- сервисы, транспортная информация.

К первому блоку следует отнести предоставление сторонним компаниям (прежде всего операторам сетей связи) следующих услуг:

- размещение кабелей связи в кабельной канализации;
- предоставление мест для телекоммуникационного оборудования;
- услуги по предоставлению каналов передачи данных.

Ко второму блоку можно отнести:

- предоставление услуг связи физическим и юридическим лицам, как являющимся участниками дорожного движения, так и находящимся в зоне действия оказания услуг связи непосредственно около автомагистрали;
- услуги доступа в сеть Интернет (в том числе по беспроводным технологиям);
- телефонные услуги связи;
- формирование каналов передачи данных.

В результате анализа сервисов ИТС можно выделить ряд подсистем для которых организуются ресурсы в ДИСС. При этом каналы для этих подсистем должны

быть изолированы друг от друга на сетевом уровне для обеспечения корректного функционирования и защиты данных передаваемых в подсистемах. С точки зрения сетевой инфраструктуры данные, передаваемые между компонентами таких подсистем, являются сетевыми сервисами, для которых необходимо обеспечивать передачу с заданным качеством.

Большинство подсистем ИТС содержит две составные части:

- периферийное оборудование, расположенное непосредственно на основном ходе автомагистрали и транспортных развязках (датчики мониторинга параметров дорожного движения, табло и знаки переменной информации, камеры видеонаблюдения, дорожные метеорологические станции и другое периферийное оборудование);

- программно-аппаратные комплексы, обеспечивающие обработку поступающих данных с периферийного оборудования и внешних информационных систем и управление ими (как правило располагаются на узле агрегации в локальных центрах управления ЛЦУ).

В соответствии с СТО АВТОДОР 8.2–2013 «Элементы интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах Государственной компании» в состав ИТС входят комплексные подсистемы, к которым относятся:

1. Подсистема управления транспортными потоками.
2. Подсистема взимания платы.
3. Подсистема управления содержанием дорог.
4. Подсистема безопасности объектов дорожной инфраструктуры.
5. Подсистема пользовательских услуг и сервисов.
6. Контрольно-диагностическая подсистема.

Комплексная подсистема ИТС — законченная в рамках определенной функциональной задачи базовая система,

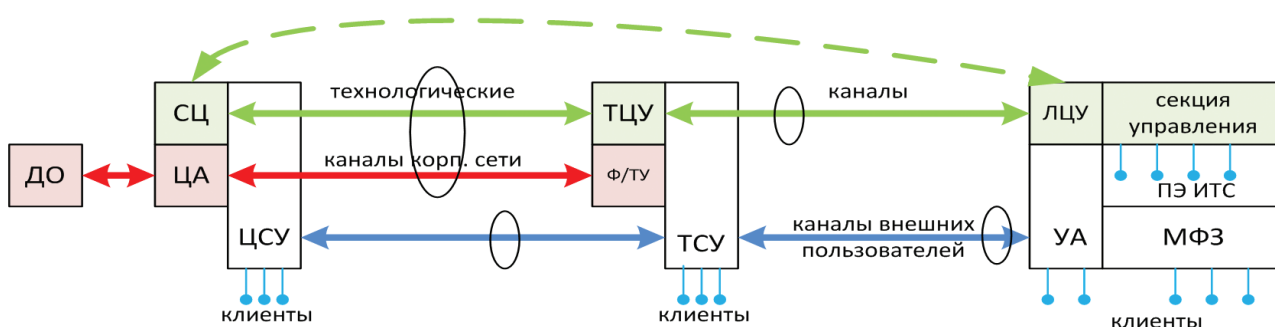


Рис. 2

Таблица 1. Требования к каналам связи по подсистемам

| №  | Подсистема   | Пропускная способность, на один терминал | Требования к потере пакетов, не более, % | Требования к задержке для сервиса, не более, мс | Требования к джиттеру для сервиса, не более, мс |
|----|--|--|--|---|---|
| 1  | Мониторинг транспортных потоков                        | 10 кбит/с                                | 1  | нет   | не чувствит.                                    |
| 2  | Видеонаблюдение  | 3–12 мбит/с                              | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 3  | Выявление инцидентов                                   | 3–12 мбит/с                              | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 4  | Идентификация ТС и фиксация нарушений режимов движения | 3–12 мбит/с                              | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 5  | Информирование участников дорожного движения           | <10 кбит/с                               | 1  | нет   | не чувствит.                                    |
| 6  | Весогабаритный контроль                                | 100 кбит/с                               | 0,1                                      | 200   | 50  |
| 7  | Метеомониторинг  | <10 кбит/с                               | 1  | нет   | не чувствит.                                    |
| 8  | Мониторинг парковочного пространства                   | 3–12 мбит/с                              | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 9  | Взимание платы   | 100 мбит/с                               | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 10 | Телефонная связь                                       | 80 кбит/с                                | 3  | 150   | 50  |
| 11 | Видеоконференции                                       | 3 мбит/с                                 | 0,1                                      | 150   | 50  |
| 12 | Обзорное наблюдение на пункте взимания платы           | 3–12 мбит/с                              | 0,1                                      | 150   | 20  |
| 13 | Автоматическая противогололедная обработка             | 10 кбит/с                                | 1  | нет   | не чувствит.                                    |

включающая комплекс инструментальных подсистем.

В свою очередь комплексные подсистемы ИТС состоят из ряда инструментальных подсистем, таких как:

1. Мониторинг транспортных потоков.
2. Выявление инцидентов.
3. Идентификации ТС и фиксации нарушений режимов движения.
4. Весогабаритного контроля.
5. Информирования участников дорожного движения.
6. Метеомониторинг.
7. Мониторинг парковочного пространства.
8. Видеонаблюдение.
9. Обзорное наблюдения на пунктах взимания платы (ПВП).
10. Автоматическая противогололедная обработки (АСОПО).

Обеспечение функционирования территориально разнесенного комплекса ИТС является главной задачей ДИСС.

Технологический сегмент сети транспортного уровня обеспечивает передачу данных между системами верхнего уровня управления ИТС ГК «Автодор», а также внутренними и внешними субъектами, участвующими в ситуационном управлении.

Эти связи организуются как на уровне главного ситуационного центра ГК «Автодор» (СЦ), так и на уровне территориальных ситуационных центров (ТСЦ), которым необходима связь с территориальными оперативными службами своих регионов.

Каналы связи обеспечивают взаимодействие разобщенного оборудования и подсистем ИТС между собой, а также

соединения ИТС с внешними субъектами и подрядными организациями.

Помимо трафика перечисленных выше технологических подсистем, существенную долю от общего трафика составляет трафик корпоративного сегмента, поэтому при рассмотрении вопросов организации ДИСС и требований к каналам мультисервисной сети необходимо учесть подсистемы, обеспечивающие работу корпоративных сервисов:

- подсистема телефонной связи;
- подсистема доступа в интернет;
- подсистема видеоконференцсвязи (ВКС).

Корпоративная сеть центрального аппарата Государственной компании, филиалов и территориальных управлений, имеет выход на технологический сегмент ДИСС. Данные мониторинга, ста-

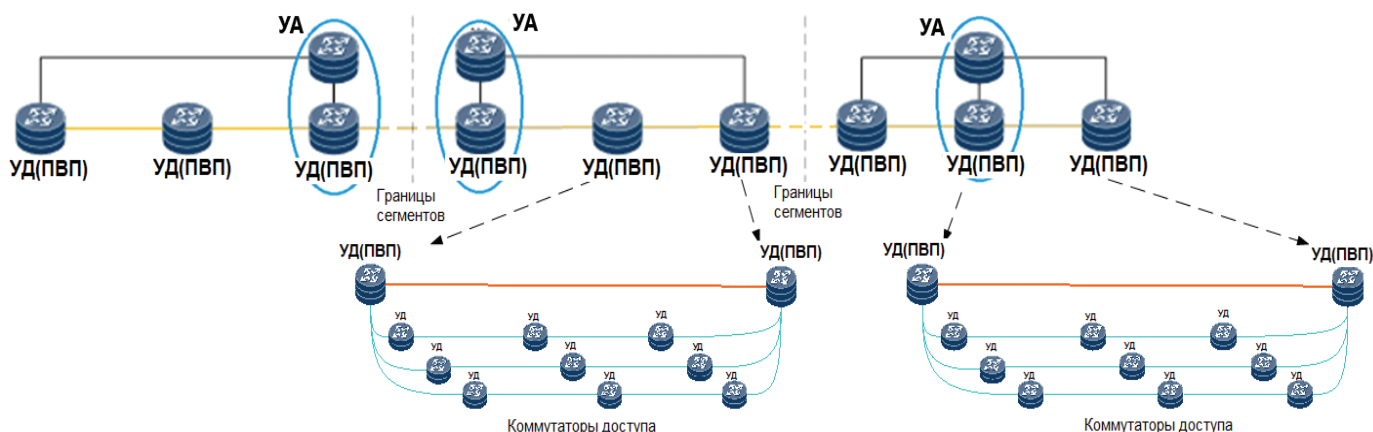


Рис. 3



Таблица 2. Требования к пропускной способности каналов сети передачи данных

| Уровень сети             | Требуемая пропускная способность каналов | Примечания   |
|--------------------------|--|--|
| Сеть доступа             | 1–10 Гбит/с                              | На уровне коммутаторов доступа используются каналы 1 Гбит/с, на уровне объединения узлов доступа класса узлов агрегации УД (ПВП) используется, как правило, пара агрегированных каналов 10 Гбит/с в отказоустойчивой группе. |
| Каналы транспортной сети | 200–300 Мбит/с                           | Большинство данных подсистем обрабатывается на ЛЦУ, до уровня ситуационных центров передаются в основном видеосигналы и ключевые данные различных подсистем, многие из которых по запросу в случае нештатных ситуаций.       |

тистика, накапливаемая в ситуационных центрах, необходимы соответствующим службам и руководству Государственной компании для принятия обоснованных управленческих решений. Кроме того, через каналы технологической сети осуществляется управление элементами ИТС и персоналом на местах в чрезвычайных ситуациях, когда управление переходит на верхний уровень, в оперативный штаб, организуемый при центральном аппарате ГК «Автодор».

На рис. 2 показаны логические взаимосвязи подсистем на разных уровнях транспортной сети. В корпоративную сеть включается Центральный аппарат ГК «Автодор» (ЦА), Дочерние общества и филиалы (ДО, Ф). В технологическую — ЦЦ, ТСЦ, узлы агрегации (УА) и сеть доступа периферийных элементов (ПЭ) ИТС. При этом каналы связи корпоративной и технологической сети, между центральным и территориальными сетевыми узлами транспортной сети (ЦСУ, ТСУ) могут быть организованы по одной физической среде, преимущественно по волоконно-оптическим каналам. Логическое разделение каналов осуществляется программно, путем организации соответствующих виртуальных связей (VLAN).

Резервные каналы организованы по другим маршрутам и на схеме не показаны.

Коммерческий сегмент сети организуется по выделенной физической среде. Коммерческим пользователям (клиентам) услуги могут предоставляться в любом месте, где находятся сетевые узлы и есть возможность установки каналобразующего оборудования. Каналы могут организовываться как большой протяженности с использованием базовой транспортной волоконно-оптической сети, так и в пределах отдельных участков дорог. В частности, в многофункциональных зонах (МФЗ) и между ними.

Этапность организации ДИСС по времени определяется этапами строительства и вводом в эксплуатацию участков дорог. По сегментам сети сначала организуется корпоративный сегмент,

обеспечивающий взаимодействие подразделений на этапе строительства, затем технологический для работы ИТС (включая систему взимания платы) и служб эксплуатации, затем накладывается коммерческий — по мере появления потребителей в придорожной зоне платных дорог. В результате ДИСС обеспечивает функционирование всех сегментов сети в едином мультисервисном пространстве, разделение в сети производится на логическом или на физическом уровне, а в конечном оборудовании на уровне портов потребителей услуг.

На уровне доступа ДИСС периферийное оборудование подключается к коммутаторам доступа АСУДД, а так как современная телекоммуникационная сеть является мультисервисной, на уровне агрегации потоки данных всех сервисов передаются через общую инфраструктуру с разделением по виртуальным выделенным сетям (VPN), при этом необходимо настроить корректную работу технологии качества сервиса (QoS) для обеспечения работы всех сервисов без прерываний. Политики QoS должны быть подготовлены на основе требований к каналам связи для каждого сервиса.

Современные сети связи, как правило, строятся с применением технологии пакетной передачи, которая в последнее время интенсивно вытесняет традиционные системы передачи с временным разделением каналов и системы с коммутацией каналов. В связи с тем, что все источники информации формируют дискретные сигналы, включая цифровое видеонаблюдение и цифровую телефонию, и потребители информации оперируют цифровыми алгоритмами обработки сигналов, ДИСС, по сути, является сетью передачи данных (СПД), в которой на разных уровнях используются известные в СПД технологии и протоколы.

Сеть доступа включает аппаратные средства, обеспечивающие подключение к сети всех периферийных устройств (либо через существующий интерфейс Ethernet, либо через соответствующий адаптер).

Типовой фрагмент сети уровня доступа представляет собой цепочку коммутаторов доступа между двумя расположенных на пунктах взимания платы УД (ПВП). Коммутаторы доступа служат для подключения периферийного оборудования: камер СВН, табло информации, метеостанций и пр.

ЛЦУ, а следовательно, и УА, как правило, располагаются в серверных ПВП, поэтому в такой топологии коммутаторы УД (ПВП) объединяются в цепочку, и замыкаются кольцом через УА. В этом случае для обеспечения резервирования обязательно подключение УА к первому и последнему узлам, находящимся на ПВП по краям секции управления (рис. 3). Для подключения периферийных устройств различных сервисов, установленных вдоль автомобильной дороги, применяются промышленные коммутаторы Industrial Ethernet. Разделение сервисов происходит на канальном уровне.

Необходимо отметить, что в мультисервисной сети все типы трафика интегрируются в единые потоки данных. Вследствие этого на фоне больших объемов видеопотоков, передаваемых на участках между узлами агрегации и ситуационными центрами, низкоскоростные сервисы практически не влияют на требуемую суммарную пропускную способность каналов. Так же, как и неравномерность трафика в этих каналах на фоне больших потоков становится не столь существенной

Анализируя данные в таблице 1, очевидно, что наиболее требовательным с точки зрения как полосы пропускания, так и качества каналов передачи данных, являются сервисы, базирующиеся на получении видеоданных и их анализе, а также трафик видеоконференций и телефонии. Таким образом при планировании требований к каналам связи автодороги необходимо в первую очередь, учитывать потребности данных сервисов. Это же актуально для обобщения требований представляемым к арендованным каналам связи.

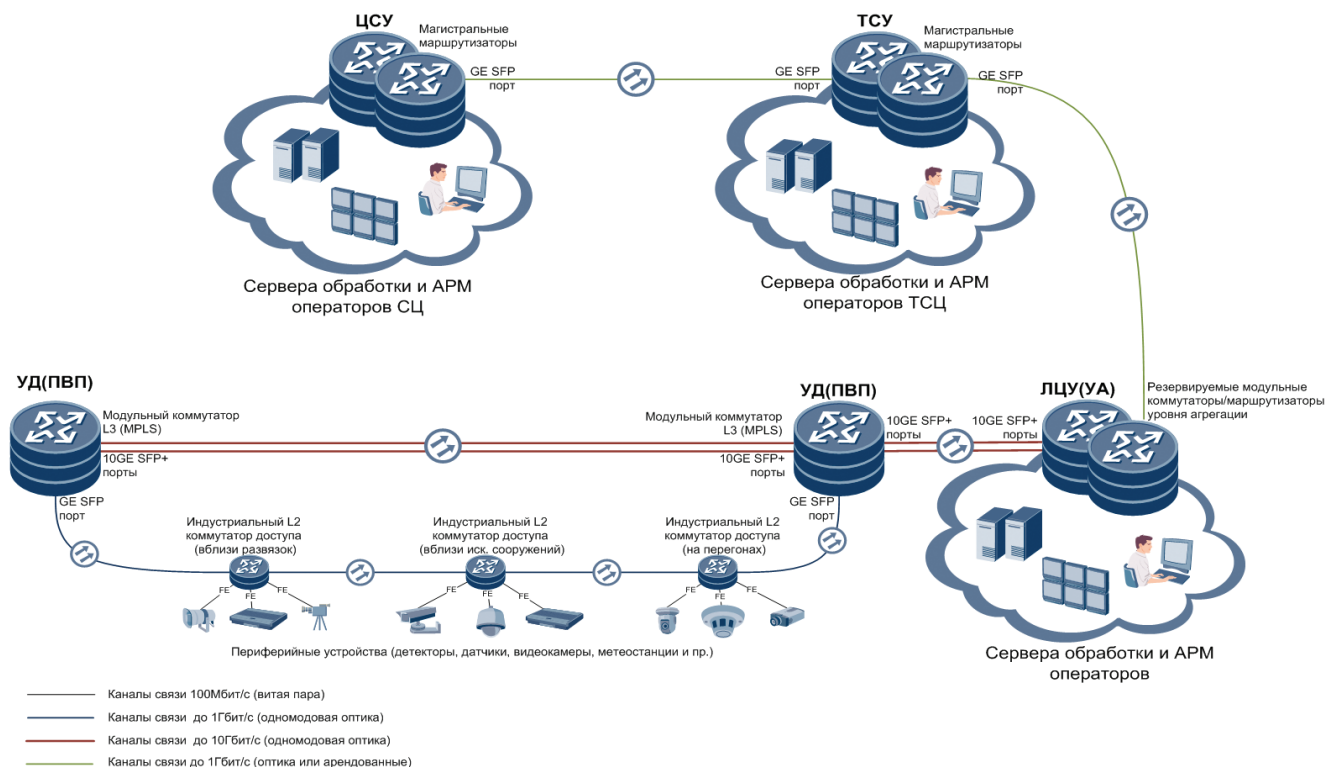


Рис. 4

Требования к общему каналу связи выбираются по наиболее требовательным сервисам, в данном случае основной объем занимают видеопотоки, таким образом, минимальная полоса пропускания должна составлять порядка 200–300 Мбит/с, с потерей пакетов менее 0,1 %, задержкой не более 150 мс и вариацией задержки в пределах 20 мс.

Одно из основных требований к ДИСС — масштабируемость. В случае необходимости на любом из направлений сети пропускная способность каналов может быть увеличена практически без дополнительных затрат.

Резервные каналы, арендуемые у сторонних операторов, используются только в случае аварии основных каналов ДИСС. В целях оптимизации затрат достаточно использовать каналы с пропускной способностью — 100–300 Мбит/с. При этом селективировать резервируемый трафик с точки зрения приоритетности подсистем.

Таким образом, анализ подсистем ИТС показал, что сети передачи данных для них реализуются по аналогичным принципам и интегрируются на уровне узлов доступа и агрегации. Различие будет в нахождении серверов обработки информации и конечных пользователей.

Места расположения УД приближены к местам концентрации периферийных элементов ИТС. Это ПВП, развязки, искусственные сооружения (ИССО), парковки, многофункциональные зоны (МФЗ).

Обобщенная схема сети связи, интегрирующая все подсистемы приведена на рис. 4, где обозначены взаимные связи и интерфейсы применяемого оборудования.

Так, на уровне доступа для подключения ПЭ к коммутаторам доступа используются порты Ethernet 100Base-T. На уровень выше, при соединении УД между собой и при подключении к УД (ПВП) — Gigabit Ethernet. Далее кольцевые структуры, организуемые по волокнам магистрального кабеля, как было показано выше, реализуются с использованием пары агрегированных каналов, пропускной способностью до 10 Гбит/с. Для организации каналов между узлами агрегации и сетевыми узлами транспортной сети УА-ТСУ, и ТСУ-ЦСУ достаточно обеспечить порты Gigabit Ethernet. В случае использования арендованных каналов достаточно полосы 300 Мбит/с с возможностью расширения до 500 Мбит/с.

Реализация таких структур обеспечивается оборудованием, удовлетворяющим соответствующим требованиям по надежности и функциональности. В частности, должна обеспечиваться возможность агрегации нескольких каналов при подключении к устройству вышестоящего уровня и поддержка протоколов быстрой сходимости для кольцевых топологий и топологий «цепочка».

Для организации каналов транспортного уровня должна быть постро-

ена мультисервисная сеть с пакетной передачей сигналов, с использованием технологии MPLS. Как правило, тракты MPLS различной пропускной способности организуются на выделенных волокнах кабеля, однако на ряде направлений для их организации может быть использована аппаратура со спектральным мультиплексированием (WDM).

Особенностью ДИСС является ее линейно-протяженная структура. Это значит, что вдоль всех автомагистралей должен быть обеспечен телекоммуникационный «ствол», включающий в себя каналы транспортного уровня, с организацией ответвлений каналов и трактов к УА, ТСУ и ЦСУ.

Организация магистрального тракта по технологии MPLS предусматривает формирование тракта со скоростью 10 Гбит/с на всей протяженности магистрали между узлами УА (ЛЦУ)1 — УА (ЛЦУ) N с установкой на УА соответствующих маршрутизаторов. Если расстояние между УА превышает оптический бюджет используемых трансиверов, то на промежуточных ПВП предусматривается установка коммутаторов с функцией маршрутизации. Возможен также вариант с установкой оптических усилителей.

Базой для организации ДИСС, безусловно, является волоконно-оптическая сеть, организованная на всем протяжении автодорог, переданных в доверительное управление ГК «Автодор».





Использование беспроводных технологий в сети связи ГК «Автодор» возможно на всех уровнях сети, однако должно быть обосновано с точки зрения технической целесообразности и экономической оценки. В частности, спутниковые каналы — наилучший способ организации связи на автомагистралях, проходящих по малонаселенной местности, где инфраструктура фиксированной проводной связи развита слабо и отсутствуют другие системы связи, в частности, сотовая связь. При этом необходимо учитывать ограничения по пропускной способности организуемых каналов. Также целесообразно использование спутниковых каналов для организации резервирования в местностях со слабым покрытием сетями фиксированной связи.

Современное состояние систем мобильной профессиональной связи дает широкие возможности их применения операторами, осуществляющими эксплуатацию автодорог ГК «Автодор». Решение о развертывании таких систем должно приниматься операторами дорог на основе технико-экономического расчета с учетом затрат на строительство, количества потенциальных пользователей, имеющегося покрытия другими видами мобильной связи (например, сотовой).

Активно обсуждаемое в настоящее время развитие беспилотного транспорта требует использования стандартов радиосвязи DSRC и 5G, а также развертывания систем

высокоточного позиционирования (на базе Глобальной навигационной спутниковой системы и единой сети референциальных дифференциальных станций на автомобильных дорогах федерального значения).

Необходимо отметить, что все беспроводные системы опираются на сети фиксированной связи. Организация мультисервисной сети ДИСС на телекоммуникационной инфраструктуре ГК «Автодор» может полностью обеспечить необходимые потребности существующих и перспективных сервисов в беспроводных системах связи. ■

#### Литература

1. Евстигнеев И.А., Канаев А. К., Шмытинский В. В. Принципы организации сети связи Государственной компании «Российские автомобильные дороги» // Транспорт Российской Федерации. 2018. — № 4 (77). С. 22–27.
2. Шнепс-Шнеппе М.А., Намиот Д. Е. Цифровая экономика: телекоммуникации — решающее звено. — М. : Горячая линия — Телеком, 2018. — 150 с.
3. Евстигнеев И. А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. — М. : Изд-во «Перо», 2015. — 164 с.
4. Сычев, К. И., Назаров А. Н. Модели и методы расчета показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. — 2-е изд., перераб. и доп. — Красноярск: Изд-во ООО «Поликом», 2011. — 491 с.
5. Формирование Единой сети электросвязи России на базе сетей последующих поколений. Сборник материалов 20-го Международного Форума МАС'2016. — М. : ЗАО «Издательство ИКАР», 2018. — 96 с.: ил.
6. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные сети. — М. : Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 432 с.
7. Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ (ред. 2018 г.)
8. ГОСТ Р 53111–2008 Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки. — М. : Стандартинформ, 2009. — 19 с.
9. ГОСТ Р ИСО 14813–1–2011 «Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы».
10. СТО АВТОДОР 8.2–2013 «Элементы интеллектуальной транспортной системы на автомобильных дорогах Государственной компании».
11. СТО АВТОДОР 8.3–2013 «Технические и организационные требования к системам связи и передачи данных на автодорогах Государственной компании «Российские автомобильные дороги».
12. СТО АВТОДОР 8.5–2013 «Технические и организационные требования к телекоммуникационным сервисам Государственной компании «Российские автомобильные дороги»».