

УДК 654.01

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОБИЛЬНОГО ШИРОКОПОЛОСНОГО ДОСТУПА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНАМИ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ МВД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**В.Э. Веерпалу**, директор НТЦ А ЭМС – заместитель генерального директора ФГУП НИИР, д.т.н., veerpalu@niir.ru

**Н.И. Харитонов**, начальник отдела НТЦ А ЭМС ФГУП НИИР, haritonov@niir.ru

**Д.А. Мельгунов**, заместитель начальника лаборатории НТЦ А ЭМС ФГУП НИИР, melgunov@niir.ru

**А.Ю. Плоский**, начальник сектора НТЦ А ЭМС ФГУП НИИР, a.plossky@niir.ru

**Аннотация:** в данной статье рассмотрены вопросы перспективы развития систем мобильного широкополосного доступа для использования органами внутренних дел МВД Российской Федерации. В статье приведён анализ потребности различных структурных подразделений МВД в мобильном широкополосном доступе. Рассмотрен международный опыт внедрения технологий мобильного широкополосного доступа для органов охраны правопорядка и дана оценка возможности его применения в российских условиях. На основе проведённого анализа потребностей, технических характеристик оборудования связи, определения необходимого количества базового и абонентского оборудования, а также проведения оценки финансовых затрат, разработаны предложения по созданию и будущей модернизации сети мобильного широкополосного доступа органов внутренних дел МВД Российской Федерации.

**Ключевые слова:** мобильный широкополосный доступ, системы радиосвязи органов внутренних дел, PPDR, Mobile WiMAX, LTE.

**Введение.** В настоящее время органы внутренних дел (ОВД) МВД Российской Федерации используют в своей работе системы узкополосной радиосвязи. Вопросам анализа состояния системы радиосвязи ОВД на территории Российской Федерации и предложениям по развитию системы узкополосной радиосвязи посвящена статья [1]. В ней рассмотрены вопросы обеспечения сотрудников полиции услугами передачи голосовой информации, а также вопросы перехода с аналоговых систем на цифровые. Цифровые системы узкополосной радиосвязи позволяют улучшить качество предоставляемых услуг по передаче голоса и обеспечить низкоскоростную передачу данных.

Дальнейшее развитие мобильной связи, в частности, мобильной передачи данных, обуславливает необходимость модернизации системы радиосвязи ОВД. Решение данной задачи возможно при помощи организации сети мобильного широкополосного доступа (МШПД) на базе современной технологической платформы для МВД Российской Федерации. Сети мобильного широкополосного доступа позволят предоставить сотрудникам полиции широкий набор сервисов и услуг, предполагающих передачу больших объемов информации с высокой скоростью передачи. К таким услугам и сервисам можно отнести:

- Запросы в различные базы данных в режиме он-лайн: оперативный поиск информации, проверка различного рода документов удостоверяющих личность, биометрика, проверка автомобильных номеров и др.;
- Прием/передача оперативной информации: данные о происшествиях, включая текст и фотоматериалы, изображения, данные о местоположении объектов и

картографические данные, передача данных о пострадавших и др.;

- Мультимедийные сервисы: передача видео высокого и среднего качества с мест происшествий, массовых мероприятий, организация конференцсвязи непосредственно на территории внештатной ситуации, дистанционное управление различного рода робототехникой и др.

В статье рассмотрены анализ потребностей ОВД в системах МШПД, международный опыт развития систем МШПД, варианты использования технологических стандартов МШПД для МВД Российской Федерации, приведена экономическая оценка различных вариантов использования технологических стандартов для внедрения МШПД.

**Направления развития системы цифровой радиосвязи органов внутренних дел.** Организация сети МШПД для ОВД, как элемента современной системы управления органами внутренних дел, является сложной комплексной задачей. Важно не только выбрать технологическую платформу (стандарт) для реализации сетей МШПД в интересах МВД России, но и полностью определить структуру и принципы построения сетей МШПД, обеспечивающие высокую эффективность их работы, включая оптимальный результат внедрения сети МШПД. Для наиболее эффективного построения и внедрения сетей МШПД в интересах МВД России требуется определить перечень технических мероприятий, обеспечивающий наиболее оптимальное развертывание сетей МШПД, а именно:

- определение потребности ОВД в системах МШПД, которые необходимы как для определения требований к частотному ресурсу, так и для определения объема закупок оборудования;
- проведение анализа международного опыта внедрения систем МШПД специального назначения;
- определение наиболее оптимальных вариантов использования технологических стандартов МШПД для МВД Российской Федерации и вариантов использования радиочастотного спектра, а также конфигураций базовых станций (БС) в целях обеспечения наиболее оптимального покрытия требуемой территории;
- проведение сравнительной экономической оценки вариантов использования технологических стандартов для внедрения МШПД.

**Анализ потребностей ОВД в системах МШПД.** В рамках проведения НИР [2] для выявления потребностей ОВД в системах МШПД, уточнения информации о текущем состоянии внедрения систем МШПД в субъектах РФ, а также с целью получения детальной информации по частотному обеспечению систем МШПД в субъектах РФ, был проведен сбор информации путем анкетирования соответствующих подразделений МВД России в субъектах РФ.

По информации, представленной в документации о проведении открытых аукционах на право заключения государственных контрактов на поставку оборудования для создания систем широкополосной передачи данных для нужд МВД России, на сегодняшний момент требования к составу сетей мобильного широкополосного доступа, предъявляемые МВД России, заключаются в следующем: широкополосная сеть должна состоять из базовых станций, наборов различных классов абонентских станций, комплексов управления сетью мобильного беспроводного доступа, системой управления и дистанционного мониторинга состояния оборудования. В сетях мобильного широкополосного доступа должны функционировать: абонентские терминалы (АТ) USB-адаптеры (тип «Флэшка»), АТ настольного исполнения, АТ автомобильного исполнения и АТ внешнего исполнения. Дополнительно требуется поставка оборудования с целью организации быстро разворачиваемого комплекса обеспечения видеонаблюдения и записи действий участников общественно-массовых мероприятий. Также требуется поставка оборудования мобильной

цифровой передачи видео и звука. Следует отметить, что представленная информация не отвечает в полной мере на вопрос о требованиях к сетям мобильного широкополосного доступа и о потребностях в системах МШПД в ОВД МВД России. По результатам проведенного анкетного опроса были получены ответы от 62 Управлений Министерства Внутренних Дел (УМВД) субъектов Российской Федерации, что составляет 75% от общего числа субъектов.

Что касается текущего использования МШПД, в 51% УМВД субъектов РФ, направивших ответы на анкеты, на текущий момент используются различные услуги и приложения, предоставляемые сетями МШПД. Для построения сетей мобильного широкополосного доступа используется полоса частот 2300-2400 МГц, при этом в каждом субъекте РФ для целей МВД выделяются от одного до трех каналов шириной 10 МГц в различных участках этой полосы.

От 85% территориальных органов МВД по субъектам РФ, направивших ответы на анкеты, были получены утвердительные ответы на вопрос о существовании потребности в использовании подразделениями сетей мобильного широкополосного доступа. Наиболее востребованы услуги и сервисы сетей МШПД в строевых подразделениях патрульно-постовой службы полиции (ППСП), строевых подразделениях дорожно-постовой службы государственной инспекции безопасности дорожного движения (ДПС ГИБДД) и отделах участковых уполномоченных. Данные подразделения были указаны практически всеми субъектами РФ, ответившими на вопросы анкеты. К подразделениям, заинтересованным в пользовании услугами и сервисами сетей МШПД, можно отнести также: отдел охраны общественного порядка, отдел инфокоммуникационных технологий, связи и защиты информации, отдел ГИБДД, оперативно-розыскные части (уголовного розыска;

#### Потребность подразделений ОВД в услугах МШПД

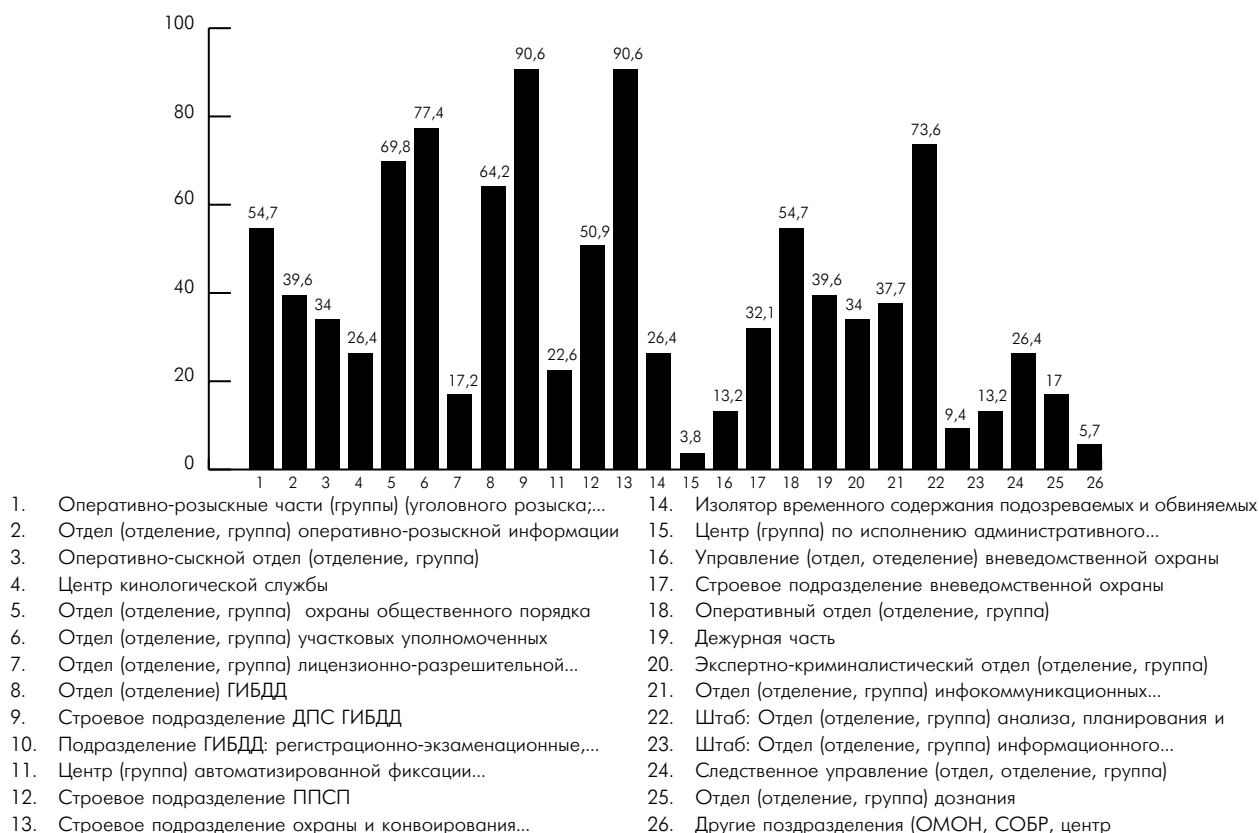


Рис. 1. Статистика ответов о потребности использования сетей МШПД по подразделениям

экономической безопасности; противодействия коррупции), центр автоматизированной фиксации правонарушений, строевое подразделение вневедомственной охраны (рис. 1).

Комментарии к ответам на вопрос о востребованности услуг мобильного широкополосного доступа в тех или иных подразделениях МВД дали дополнительную информацию по требованиям к скорости передачи данных сетей МШБД:

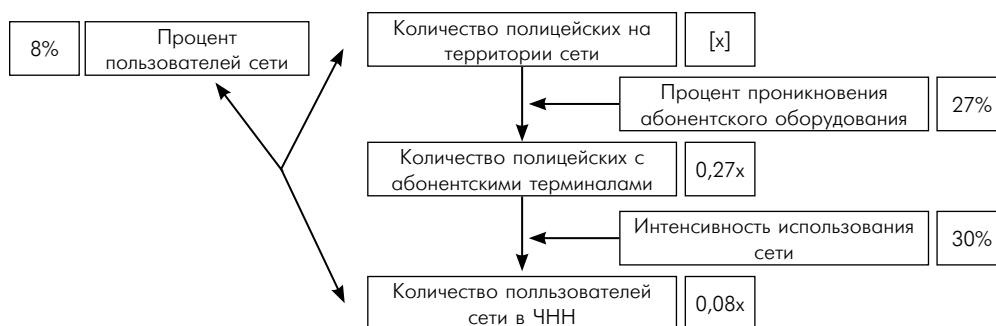
- 2 Мбит/с – для доступа к комплексной информационной системе «Безопасный город»;
- 512 кбит/с – для доступа к базам данных ГУ МВД различными подразделениями;
- 1-2 Мбит/с – для работы автоматического программного комплекса «Автоураган» в строевых подразделениях ДПС ГИБДД на постах ДПС;
- 1,5 Мбит/с – общие требования по скорости передачи данных на одного абонента безотносительно к какому-либо подразделению и/или типу сервиса.

По результатам анализа полученных ответов были определены: процент проникновения абонентского оборудования, процент пользователей сети и другие параметры, которые были использованы в дальнейших исследованиях. В частности, в качестве основного целевого показателя сетей МШПД на основе полученных ответов было получено значение скорости передачи данных на пользователя 1,5 Мбит/с.

Также был сформирован перечень типов и видов сервисов для МВД, которые могут быть востребованы в перспективе. К наиболее востребованным типам услуг и сервисов сети МШПД относятся:

- оперативный поиск информации в служебных и внешних базах данных;
- проверка номеров автомобилей системой автоматического распознавания номерных знаков;
- проверка различного рода документов, удостоверяющих личность;
- проверка биометрических данных;
- обновление списков разыскиваемых автомобилей для использования в системах автоматического определения номерных знаков.

Значение показателя проникновения абонентских терминалов варьируется в зависимости от подразделения в пределах от 8 до 97%. В частности, необходимая степень проникновения абонентских терминалов среди сотрудников строевого подразделения ППСП должна составлять примерно 25%, для сотрудников управления вневедомственной охраны – 9,6%, для участковых уполномоченных полиции, в том числе, по делам несовершеннолетних – 97%. Среднее значение проникновения абонентских терминалов по отношению к численности сотрудников полиции будет составлять 27,2%. Данное значение использовалось для определения доли пользователей услугами МШПД в час наибольшей нагрузки. Зная процент активности абонентов, который, согласно результатам анкетирования, составляет 30%, и степень проникновения абонентских



**Рис. 2.** Определение взаимосвязей между численностью полицейских, численности полицейских с абонентскими терминалами и численности пользователей в час наибольшей нагрузки

терминалов, был определен процент пользователей сети путем перемножения процента проникновения терминалов на процент активности. Таким образом, процент пользователей в сети составляет 8% от общей численности полицейских. Данное значение использовано в дальнейших исследованиях как типовое при оценке ёмкостных характеристик систем МШПД (рис. 2).

Следует отметить, что 14 территориальных органов МВД по субъектам РФ утвердительно ответили о возможности использования коммерческих сетей с целью предоставления сотрудникам услуг мобильного широкополосного доступа. 31 территориальный орган МВД отрицательно ответил на данный вопрос и 7 субъектов РФ ответили, что такое использование может быть востребовано в будущем.

**Международный опыт рассмотрения проблематики создания сетей МШПД в интересах служб обеспечения общественной безопасности.** Анализ деятельности исследовательских комиссий Международного Союза Электросвязи (МСЭ), Всемирной Конференции Радиосвязи (ВКР) и рабочих групп СЕПТ показал наличие значительной заинтересованности Администраций многих стран в создании сетей мобильного широкополосного доступа на основе технологий IMT для использования в интересах служб обеспечения общественной безопасности. Для этих целей были организованы работы по определению гармонизированных условий и параметров использования будущих широкополосных сетей по обеспечению общественной безопасности.

На ВКР, прошедшей в 2012 году (ВКР-12), был определен пункт повестки дня 1.3 следующей ВКР, которая пройдет в конце 2015 года. В рамках выполнения пункта повестки дня 1.3 должна быть определена и согласована в рамках Резолюции 646 [3] общая позиция мирового сообщества по вопросам использования радиочастотного спектра сетями МШПД с целью обеспечения общественной безопасности. Несмотря на общую заинтересованность в максимальной гармонизации при использовании спектра для таких сетей, признается, что сфера обеспечения общественной безопасности, включая связанные с ней вопросы построения сетей радиосвязи и широкополосного беспроводного доступа, является предметом национального суверенитета, и что потребность стран в спектре для сетей обеспечения общественной безопасности и оказание помощи при бедствиях (PPDR) может в значительной степени варьироваться.

Будущее согласованное использование спектра сетями PPDR должно быть достаточно гибким, чтобы учитывать различные потребности стран, включая объем доступного спектра и возможное использование коммерческих сетей, обеспечивая при этом совместимость систем между разными странами. Чтобы учесть различные потребности, не забывая при этом о гибкости и о максимальной гармонизации использования спектра, целесообразно применить концепцию согласованного широкого диапазона частот (диапазона перестройки частот) с условием обеспечения установленного объема спектра для сетей PPDR. Результаты расчетов требуемого количества спектра показали и что в зависимости от полосы частот и допущений конкретных сценариев, потребность в спектре при повседневном использовании (в штатном режиме) необходимо от 7,1 МГц до 12,5 МГц. Поэтому было согласовано, что объем спектра шириной в 10 МГц для линии вверх (uplink) и 10 МГц для линии вниз (downlink), удовлетворит большинство потребностей [4]. Данный анализ проводился, принимая во внимание технические характеристики перспективной технологии мобильного широкополосного доступа LTE. Согласно оценкам, для передачи голосовых данных в будущей широкополосной сети PPDR потребуется дополнительно полоса шириной порядка 2х3,2 МГц.

На сегодняшний день в мировом сообществе рассматриваются две полосы радиочастот для гармонизированного использования системами PPDR: 380-470 МГц или 694-803 МГц. Признается, что в рамках перехода на будущие широкополосные системы PPDR в Европе первоначально широкополосные сети PPDR будут работать совместно с узкополосными сетями TETRA и TETRAPOL, и что данные сети продолжат предоставлять услуги голосовой узкополосной связи в течение, как минимум, ближайшего десятилетия.

Что касается опыта отдельных стран, то в США было принято решение о выделении 2x11 МГц для использования в интересах общенациональной широкополосной сети общественной безопасности в полосе частот 758-769/788-799 МГц. При построении сетей планируется использовать технологию LTE с последующей её модернизацией. Данная модернизация должна учитывать новые релизы стандарта LTE, которые будут разработаны в будущем, отвечающие специфическим требованиям сетей обеспечения общественной безопасности. Общая сумма инвестиций в данный проект составляет порядка 7 млрд долларов.

В Японии для систем широкополосной беспроводной связи в интересах общественной безопасности был определен частотный спектр в диапазоне 200 МГц. Данный спектр был распределен в результате перехода от аналогового телевидения к цифровому вещанию, т.е. использовался так называемый цифровой дивиденд. В ходе реорганизации распределения радиочастотного спектра, связанной с переходом на цифровое вещание, системе МШПД была распределена полоса шириной 32,5 МГц (170–202,5 МГц). Для построения сетей МШБД в 2011 году был разработан стандарт, основанный на стандарте WirelessMAN-OFDMA (IEEE802.16e), т.е. Mobile WiMax, с переносом в более низкую полосу частот.

Концепция развития сетей связи по обеспечению общественной безопасности в Австралии была разработана в 2011 году. В соответствии с данной концепцией общая глобальная система связи для обеспечения общественной безопасности должна состоять из трех основных компонентов. Первый компонент – это цифровая глобальная узкополосная сеть по передаче речи и данных на небольших скоростях в диапазоне 400 МГц. Второй компонент – использование 50 МГц спектра в диапазоне 4,9 ГГц для организации локализованного покрытия по требованию, обеспечивающего на малой дальности очень большую пропускную способность. Третий компонент – использование 10 МГц спектра в диапазоне 800 МГц для организации сети мобильного широкополосного доступа стандарта 4G (LTE) для построения сети национального масштаба.

По заявлениям официальных представителей Великобритании в течение следующих трех лет стандарт LTE может заменить систему TETRA, которая в настоящее время обеспечивает потребность в сетях связи для агентств обеспечения общественной безопасности и других государственных организаций в стране. При этом отмечается, что существующая сеть, построенная на стандарте TETRA, удовлетворяет требованиям большинства профессиональных пользователей с точки зрения качества сервиса по передаче голоса и малых объемов данных.

В Китае организациями по обеспечению общественной безопасности используются сети, построенные на основе технологии GoTA (Глобальная Открытая Транкинговая Архитектура). GoTA – система связи для сил общественной безопасности с профессиональными транкинговыми функциями, базирующаяся на CDMA-технологии, предоставляемая корпорацией ZTE и широко используемая правоохранительными структурами во многих провинциях КНР.

Как видно из приведенного анализа, как мировое сообщество в целом, так и отдельные администрации планируют для построения сетей МШПД специализированного применения использовать опыт и передовые технологии коммерческих сетей мобильного широкополосного доступа [5]. Коммерческие сети мобильного широкополосного доступа строятся на основе систем IMT (International Mobile Telecommunications). Системы IMT являются термином МСЭ, объединяющим в себе радиоинтерфейсы всех современных сетей мобильной широкополосной связи, таких как UMTS, CDMA2000, Mobile WiMAX и LTE. Современные системы семейства IMT поддерживают более высокие скорости передачи данных, надежность, более высокую устойчивость к отказам и более высокую емкость по сравнению с другими сетями связи [6]. К наиболее передовым системам IMT относятся стандарты Mobile WiMAX и LTE, которые на сегодняшний момент обеспечивают наивысшие показатели по скорости передачи данных в мобильных сетях. Данные системы изначально были ориентированы на передачу пакетных данных. В частности, в системах LTE и

Mobile WiMAX предусмотрена техническая возможность предоставлять услуги широкополосной сети на основе протокола IP с поддержкой передачи голоса, данных и видеоизображений.

**Определение оптимальных вариантов использования технологических стандартов МШПД для МВД Российской Федерации.** Исходя из проведённого анализа международного опыта внедрения сетей МШПД в интересах органов обеспечения общественной безопасности, в качестве возможной технологической платформы для организации сетей мобильного широкополосного доступа рассматриваются стандарты Mobile WiMAX и LTE. Дополнительно к основным кандидатам (LTE и WiMAX) для построения сетей МШПД в Российской Федерации были рассмотрены частные разработки отдельных компаний, такие как NG-1, решение GoTa CDMA, GoTa LTE и eLTE.

Все рассмотренные стандарты поддерживают использование модуляции высокого уровня, в частности, все системы (за исключением CDMA) поддерживают модуляцию 64 QAM. Применение такой модуляции позволяет обеспечить скорость передачи данных технологии Mobile WiMAX на линии вниз до 16-17 Мбит/с. С применением технологий MIMO 2x2 и MIMO 4x4 скорость от базовой до абонентской станции может достигать значений 35 и 70 Мбит/с соответственно. Технология LTE при использовании модуляции 64QAM способна обеспечить пиковую скорость передачи на линии вниз до 22 Мбит/с, а при использовании MIMO 2x2 и MIMO 4x4 на линии от базовой до абонентской станции – 42 Мбит/с и 80 Мбит/с соответственно. Представленные значения приведены для канала шириной 5 МГц. Стандартный интерфейс, поддерживающий модуляцию 64 QAM стандарта NG-1, обеспечивает пиковое значение эффективности использования спектра в 3 Мбит/с, что соответствует пиковой скорости порядка 15 Мбит/с на линии от базовой до абонентской станции. Как видно из приведенных выше численных значений, наибольшую скорость передачи данных от базовой к абонентской станции обеспечивает стандарт LTE, незначительно отстает стандарт Mobile WiMAX. Значительно меньшую скорость может обеспечить стандарт NG-1. Это обусловлено тем, что стандарт NG-1 rev5 не использует таких передовых технологий, как MIMO. Следует отметить, что на данный момент существуют некоторые разработки релиза 7, который предполагает использование MIMO, однако ни в каких отчетах МСЭ данный релиз не принят.

На линии от абонента до базовой станции технология WiMAX обеспечивает пиковую скорость передачи данных до 11,5 Мбит/с при канале 5 МГц. С использованием технологии MIMO 2x2 и 4x4 скорость передачи данных может быть увеличена до значений 23 Мбит/с и 46 Мбит/с соответственно. Технология LTE позволяет обеспечить скорость порядка 22 Мбит/с на линии вверх в канале 5 МГц. При этом отмечается, что на данный момент стандарт релиза 8 не определяет использование технологии MIMO на линии вверх. Принимая во внимание пиковую спектральную эффективность технологии NG-1, а также существующую возможность перераспределения трафика в прямом и обратном каналах в отношении 7:1, пиковая скорость передачи данных может составлять до 13 Мбит/с, что также ниже по сравнению с показателями систем LTE и WiMax.

Стандарты Mobile WiMAX и LTE поддерживают функционирование в различных диапазонах, в частности, оба стандарта специфицируют работу оборудования в диапазоне 2300-2400 МГц. Технология NG-1 не поддерживает диапазон 2300-2400 МГц и предполагает функционирование в диапазонах частот 300 МГц, 400 МГц и 1800 МГц. Технология CDMA поддерживает различные полосы частот, но модификация GoTA CDMA применяется в диапазонах 400 МГц и 800 МГц.

Что касается частных разработок компаний ZTE и Huawei, следует отметить, что они являются доработками существующего стандарта LTE с внедрением функционала с целью обеспечения дополнительными сервисами профессиональных пользователей. Поэтому с точки зрения параметров по скоростям передачи данных системы GoTa LTE и eLTE соответствуют стандарту LTE. Однако, на сегодняшний момент нет гарантий того, что выпускаемое данными компаниями

оборудование будет соответствовать единому стандарту LTE PPDR, который находится в стадии разработки. Несоответствие единому стандарту может привести к отсутствию технологической совместимости между абонентскими станциями различных производителей. Выбор единственного производителя оборудования, в особенности абонентского, может привести к необходимости закупать в будущем абонентские станции только данного производителя, цена которых может быть значительно выше, чем стоимость стандартизованного оборудования.

Таким образом, технологиями, которые могут удовлетворить потребности МВД России в организации высокоскоростных сетей МШПД, являются стандарты четвертого поколения Mobile WiMAX и LTE.

При сравнении сетей мобильного широкополосного доступа, построенных на технологии мобильного WiMAX и LTE, необходимо отметить, что обе технологии ориентированы на работу с мобильными пользователями. Они предполагают построение сетей доступа с аналогичной сетевой архитектурой, используют одни и те же модуляции и схемы кодирования сигнала. Оборудование LTE предполагает возможность использования частотного канала шириной 20 МГц. Соответственно, при большей ширине частотного канала суммарная пропускная способность сектора обслуживания будет выше. Однако, принимая во внимание специфику использования частотного ресурса в диапазоне 2300-2400 МГц сетями МВД России, в соответствии с которой для целей создания сетей обеспечения общественной безопасности, как правило, выделяется 30 МГц спектра, реализация одного канала шириной 20 МГц будет уступать в емкости по сравнению с реализацией трех каналов по 10 МГц. Стандарт Mobile WiMAX имеет некоторое преимущество по сравнению с LTE, поскольку в нем предусмотрена возможность развертывания отдельно стоящих базовых станций (режим stand-alone), необходимых МВД России для быстрого и экономичного развертывания сетей.

В современных системах мобильного широкополосного доступа значение параметра максимальной скорости передачи данных не отражает в полной мере работу сети в реальных условиях, поскольку максимальная скорость передачи данных обеспечивается абоненту, находящемуся на небольшом расстоянии от базовой станции и при отсутствии других пользователей сети. При отдалении абонента от базовой станции скорость передачи данных падает. Также скорость передачи данных снижается при увеличении количества абонентов, поскольку весь частотный и емкостной ресурс делится между ними. По этой причине в качестве параметра для сравнения различных конфигураций сети или стандартов наиболее подходящими являются параметры средней скорости передачи в зоне обслуживания и плотности скорости передачи базовой станции. В табл. 1 показаны расчетные значения вышеупомянутых параметров для стандартов WiMAX и LTE при различных конфигурациях сети. В данном случае под конфигурацией сети понимаются различные варианты использования частотного ресурса. Вариант «Sector 90 1f» означает использование секторной антенны шириной в 90 градусов, при этом на каждом секторе используется один и тот же частотный канал. «3f» означает, что на каждом секторе используются разные каналы. «3x3f» означает, что в каждом секторе используются по три канала, при этом набор из трех каналов в секторах одинаковый. Расчет был проведен исходя из предположения, что радиус зоны обслуживания базовой станции определяется использованием низкоуровневой модуляции QPSK S. Диапазон частот был выбран 2300-2400 МГц, поскольку именно в этом диапазоне в настоящий момент МВД имеет возможность развертывать сети МШПД. Как видно из табл. 1, емкостные характеристики систем LTE несколько выше по сравнению с системами WiMAX.

На следующем этапе исследований необходимо было ответить на вопрос о количестве БС систем WiMAX и LTE для обеспечения требуемых показателей скорости передачи данных на одного абонента. Для этих целей первой задачей стояло определение количества пользователей сети в час наибольшей нагрузки. Как было представлено выше, по результатам анкетирования было



**Таблица 1.** Сводные результаты анализа эффективности различных схем построения сетей МШПД (WiMAX и LTE)

Стандарт		WiMAX	LTE	LTE	WiMAX	LTE	WiMAX	LTE
Конфигурация сети		Sector 90 1f	Sector 90 1f	Sector 90 1f	Sector 90 3f	Sector 90 3f	Sector 90 3x3f	Sector 90 3x3f
Частотный ресурс	каналов	1	1	1	3	3	3	3
Ширина канала	МГц	10	10	20	10	10	10	10
Объем используемого спектра на БС	МГц	10	10	20	30	30	30	30
Rmax (QPSK 1/2)	км	2,2	2,4	1,8	2,2	2,4	2,2	2,4
Rmax (64 QAM 5/6)	км	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	0,8
Площадь сектора	км2	4,41	4,6	3,4	4,41	4,6	4,41	4,6
Средняя скорость передачи на сектор	Мбит/с	7,79	11,3	23,03	17,8	25,6	23,37	33,9
Суммарная средняя скорость передачи на БС	Мбит/с	23,4	33,9	69,1	53,4	76,8	70,1	101,7
Плотность скорости передачи	Мбит/с/км2	1,77	2,05	5,18	4,03	4,6	5,30	6,16

определено, что предполагаемый процент пользователей в ведомственных сетях мобильного широкополосного беспроводного доступа будет составлять порядка 8% от числа сотрудников полиции. Численность сотрудников полиции определялась исходя из значения количества полицейских на душу населения. По состоянию на 1 января 2014 г. по оценке Росстата численность населения России составляла 143 666 тыс. постоянных жителей. В соответствии с Указом президента Российской Федерации о штатной численности органов прокуратуры Российской Федерации и органов внутренних дел Российской Федерации № 352 от 12 апреля 2013 года устанавливается предельная штатная численность сотрудников полиции 782 001 человек. Таким образом, процент численности полицейских от общей численности населения составляет 546 сотрудников на 100 тысяч населения, или 0,546%. Таким образом, зная плотность населения в отдельном взятом городе или населенном пункте, существует возможность оценки количественного состава сотрудников полиции, а также количества потенциальных пользователей ведомственных сетей. Используя определенное по результатам анкетирования требование по обеспечению скорости

**Таблица 2.** Данные по количеству городов различных типов в УФО

Субъект РФ	Центр субъекта	Типы городов						Итого
		Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Нас.>200 тыс. чел.	
Курганская область	Курган	12						13
Свердловская область	Екатеринбург	47	2		5	1	1	57
Тюменская область	Тюмень	12			2			15
Челябинская область	Челябинск	29	4				1	35
Ханты-Мансийский АО	Ханты-Мансийск	13			9		2	25
Ямало-Ненецкий АО	Салехард	8	1		4			14
кол-во городов данного типа	6	121	7	0	20	1	4	159

**Таблица 3.** Данные по количеству БС WiMAX в городах различных в УФО

Субъект РФ	Типы городов							Итого
	Центр субъекта	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Нас.>200 тыс. чел.	
Курганская область	25	24						25
Свердловская область	42	94	14		10	8	15	142
Тюменская область	19	24			4			29
Челябинская область	35	58	28				15	102
Ханты-Мансийский АО	3	26			18		38	83
Ямало-Ненецкий АО	3	16	7		8			32
кол-во городов данного типа	127	242	49	0	40	8	68	534

**Таблица 4.** Данные по количеству БС LTE в городах различных в УФО

Субъект РФ	Типы городов							Итого
	Центр субъекта	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 4	Тип 5	Нас.>200 тыс. чел.	
Курганская область	21	24						45
Свердловская область	36	94	14		10	6	11	171
Тюменская область	14	24			4			42
Челябинская область	30	58	28				10	126
Ханты-Мансийский АО	2	26			18		30	76
Ямало-Ненецкий АО	3	16	7		8			34
кол-во городов данного типа	106	242	49	0	40	6	51	494

передачи данных на одного абонента 1,5 Мбит/с, были получены данные по требуемой плотности скорости передачи данных. В случае, если требуемая плотность скорости передачи данных была выше показателей сетей LTE или WiMAX, увеличивалось количество частотных каналов и снижался радиус действия базовых станций, т.е. увеличивалось количество БС для конкретного города или населенного пункта.

Для оценки необходимого количества базовых станций для построения сетей мобильного широкополосного доступа на территории Российской Федерации была проведена категоризация городов и населенных пунктов в зависимости от плотности населения и занимаемой площади городов. В таблицах 2-4 в качестве примера представлены расчетные значения количества базовых станций для различных категорий городов для Уральского Федерального Округа.

К типовым группам 1-3 относятся города и населенные пункты с плотностью населения от 900 до 2500 чел/км<sup>2</sup>. При этом к типовой группе 1 относились города и населенные пункты с площадью от 5 до 50 км<sup>2</sup>, к типовой группе 2 – с площадью от 50 до 100 км<sup>2</sup>, к типовой группе 3 – с площадью от 100 до 200 км<sup>2</sup>. К типовым группам 4-5 относятся города и населенные пункты с плотностью населения от 2500 до 4600 чел/км<sup>2</sup>. При этом к типовой группе 4 относились города и населенные пункты с площадью от 5 до 50 км<sup>2</sup>, к типовой группе 5 – с площадью от 50 до 100 км<sup>2</sup>. Отдельно рассматривались города с населением более 200 тыс. человек. При этом из-за небольшого количества таких городов в расчетах принималась фактическая площадь

и плотность населения каждого города. В табл. 2-4 приведены данные о количестве городов различных типов и количеству БС стандартов WiMAX и LTE в них на примере Уральского федерального округа (УФО).

**Экономическая оценка вариантов использования технологических стандартов для внедрения МШПД.** Оценка величины финансовых затрат требует определения, из каких элементов состоит сеть МШПД. Структурно сеть МШПД стандартов WiMAX и LTE принципиально не различаются, поэтому в рамках данной статьи используется единая схема сети. Структура финансовых затрат на строительство сети мобильного широкополосного доступа для нужд МВД соответствует следующей формуле:

$$Z_{\text{кап}} = Z_{\text{ЯС}} + Z_{\text{БС}} + Z_{\text{АС}} + Z_{\text{ТС}} + Z_{\text{РЧС}} + Z_{\text{ТЗ}} \quad (1)$$

где  $Z_{\text{кап}}$  – суммарные капитальные затраты на строительство сети мобильного широкополосного доступа стандарта;

$Z_{\text{ЯС}}$  – капитальные затраты на строительство центрального ядра сети;

$Z_{\text{БС}}$  – капитальные затраты на строительство базовых станций стандарта;

$Z_{\text{АС}}$  – капитальные затраты на абонентские станции стандарта (носимые, возимые, стационарные и внешние станции);

$Z_{\text{ТС}}$  – капитальные затраты на организацию транспортной сети для соединения базовых станций и ядра сети. В рамках данной структуры в качестве транспортной сети используется сеть радиорелейных станций связи (РРС) с пропускной способностью не менее 100 Мбит/сек;

$Z_{\text{РЧС}}$  – затраты на использование радиочастотного ресурса в полосе 2300-2400 МГц. В рамках данной статьи затрат учтена только разовая плата за использование спектра и оплата одной годовой ставки;

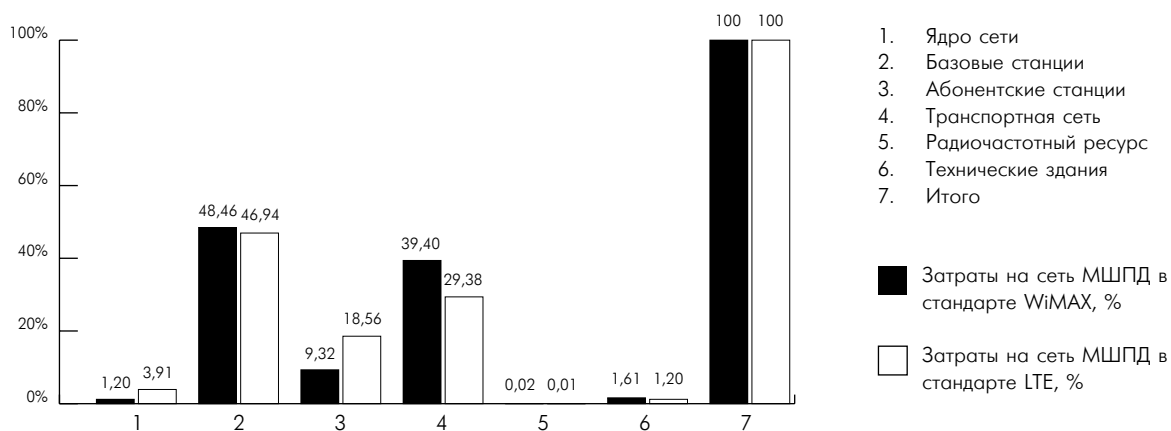
$Z_{\text{ТЗ}}$  – капитальные затраты на размещение оборудования базовых станций. В рамках данной структуры затраты на размещение оборудования рассчитаны как оплата аренды зданий за 1 год.

Данные о стоимости оборудования ядра сети, а также оборудования других элементов сети МШПД, получены из открытой аукционной документации на право заключения государственного контракта на поставку оборудования передачи данных и радиорелейной связи для нужд МВД России за 2013 год (цена проиндексирована в соответствии с Письмом Минэкономразвития России от 11.11.2013 N 24597-АК/Д03и «О применении показателей прогноза социально-экономического развития Российской Федерации при формировании цен на продукцию военного назначения, поставляемую по государственному оборонному заказу»). Согласно аукционной документации, цена оборудования по контракту должна включать в себя: стоимость товара, все сборы, налоги, обязательные платежи, расходы на оплату таможенных пошлин и страхование (если они есть), погрузочно-разгрузочные, проведение монтажа и наладки поставленного товара, транспортные, а также иные расходы поставщика, необходимые для исполнения Контракта.

В аукционной документации также приведён типовой перечень монтажных и пусконаладочных работ, входящих в стоимость оборудования.

Исходя из того, что коэффициенты перевода к Территориальным единичным расценкам (ТЕР) существуют не по всем субъектам РФ, целесообразно использовать базовые цены из справочника Федеральных единичных расценок (ФЕР). В случае, если смета уже составлена в ТЕРах, то, согласно Межрегиональному сборнику коэффициентов пересчёта сметной стоимости строительно-монтажных работ по субъектам Российской Федерации, следует использовать дополнительный коэффициент (ФЕР \* 1,139 = ТЕР).

Транспортные расходы для оборудования целесообразно принять как 5% от стоимости оборудования, согласно Постановлению Госстроя России от 05.03.2004 N 15/1 (ред. от 16.06.2014) «Об утверждении и введении в действие Методики определения стоимости строительной продук-



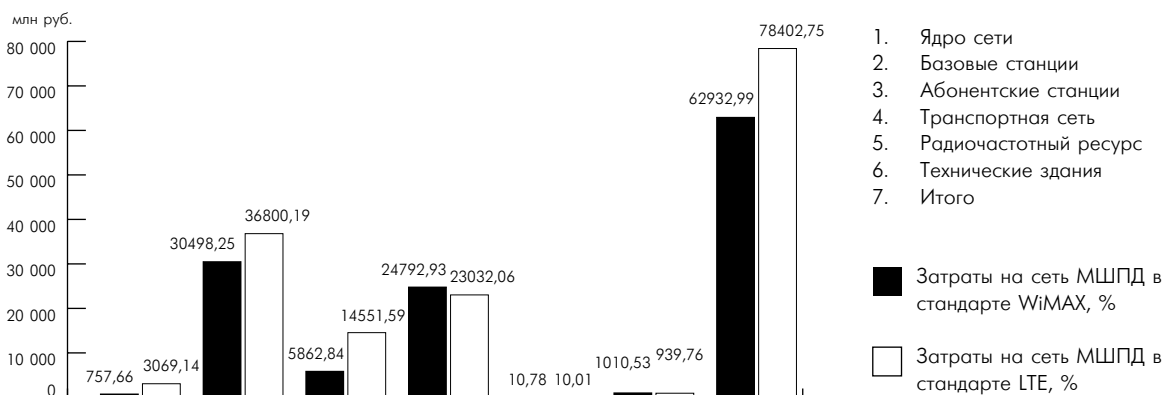
**Рис. 3.** Распределение затрат на строительство сети МШПД в стандартах WiMAX и LTE в субъектах РФ по элементам сети

ции на территории Российской Федерации» (вместе с «МДС 81-35.2004»).

Согласно данной методике в рамках НИР [2] был рассчитан общий размер финансовых затрат на строительство сети МШПД на территории Российской Федерации, который составляет 62,93 млрд руб. для стандарта WiMAX и 78,4 млрд. руб. для стандарта LTE. На рис. 3 представлен график распределения затрат по элементам сети для указанных стандартов, а на рис. 4 представлен график сравнения финансовых затрат на отдельные элементы сети.

Таким образом, увеличение стоимости сети при использовании стандарта LTE составит порядка 15,47 млрд руб., т.е. около 25%. Основной причиной этого удорожания является высокая цена и ограниченность выбора оборудования LTE для работы в диапазоне 2300-2400 МГц. Следует отметить, что расчет проводился, исходя из достижения целевого показателя 1,5 Мбит/с на пользователя – сотрудника ОВД. Для достижения такого показателя количество базовых станций стандарта LTE требуется несколько меньше по сравнению с количеством БС стандарта WiMAX, однако итоговая стоимость развертывания сетей LTE будет выше.

Объемы строительства, необходимые для организации МШПД на территории Российской Федерации для нужд МВД, определяют целесообразность поэтапного ввода в эксплуатацию оборудования связи. На первом этапе необходимо обеспечить строительство сети МШПД в столицах субъектов РФ. Это связано, в первую очередь, с тем, что ядро сети будет располагаться



**Рис. 4.** Сравнение затрат на строительство сети МШПД в субъектах РФ в стандартах WiMAX и LTE по элементам сети

именно в этих городах. На втором этапе необходимо дополнительно охватить крупные города (населённые пункты более 200 тыс. чел.). На третьем этапе обеспечивается охват остальных населённых пунктов субъектов РФ.

**Заключение.** Во многом выбор технологий для построения сетей мобильного широкополосного доступа был определен доступным для МВД России радиочастотным ресурсом. Диапазон 2300-2400 МГц по своим характеристикам подходит для обеспечения плотных городских сетей с высокой емкостью, что будет востребовано подразделениями МВД России. Стандарты Mobile WiMAX и LTE сопоставимы по техническим характеристикам и могут обеспечить требуемую емкость и скорость передачи данных, но стоимость развертывания сетей Mobile WiMAX на сегодняшний день ниже по сравнению с развертыванием сетей LTE. При этом для сетей Mobile WiMAX существует возможность развертывания отдельно стоящих базовых станций, необходимая МВД России для быстрого и экономичного развертывания сетей. Данная возможность позволит обеспечить поэтапность ввода в эксплуатацию сети МШПД или её фрагментов даже в рамках одного города или населенного пункта. Специализированная версия стандарта LTE PPDR в настоящее время находится на стадии стандартизации и в первую очередь планируется к внедрению в диапазонах ниже 1 ГГц с использованием частотного дуплекса. В настоящее время существуют только нестандартизованные реализации LTE PPDR, предлагаемые крупными компаниями-производителями телекоммуникационного оборудования в полосе 2300-2400 МГц.

В среднесрочной перспективе в связи с отсутствием заинтересованности основных игроков телекоммуникационной индустрии в развитии технологии Mobile WiMAX в пользу LTE, потребуются постепенная миграция со стандарта Mobile WiMAX на стандарт LTE PPDR. Наличие единого стандарта LTE PPDR приведет к снижению стоимости оборудования и к появлению на рынке широкого набора различных типов абонентских станций. В то же время базовое оборудование Mobile WiMAX в диапазоне 2300-2400 МГц поддерживает программное обновление до стандарта LTE, а существующая инфраструктура Mobile WiMAX может быть переиспользована для сетей LTE PPDR. Это позволит осуществить плавный переход к стандарту LTE. С точки зрения более экономичного решения вопроса создания сетей МШПД в городах с малой плотностью населения и в сельской местности следует рассмотреть возможности по использованию частотного диапазона ниже 1 ГГц, в частности, отдельные участки полосы частот 380-470 МГц. Использование нижних диапазонов частот в совокупности с системами в полосе частот 2300-2400 МГц и построение двух диапазонных сетей МШПД смогут обеспечить необходимую емкость для различных ситуаций, максимальную гибкость построения, дешевизну внедрения, а в долгосрочной перспективе позволят реализовать покрытие сетей МШПД, сопоставимое с узкополосными сетями радиосвязи, однако такой вариант может быть реализован только при достаточном объеме спектра (порядка 10 МГц) в диапазоне 400 МГц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В.Э. Веерпалу, Н.И. Харитонов, Я.М. Гасс, С.В. Труфанов, С.В. Швец «Перспективы развития системы профессиональной радиосвязи органов внутренних дел МВД Российской Федерации». // Труды НИИР. 1. 2015. с. 36-45.
2. Отчет ФГУП НИИР «Научно-техническое и финансовое обоснование для принятия решений по выбору (созданию) систем мобильного беспроводного радиодоступа в интересах органов внутренних дел с обеспечением возможности совместимости с существующими системами мобильного беспроводного радиодоступа». Москва, 2014.
3. Резолюция 646 (ПЕРЕСМ.ВКР-12). Обеспечение общественной безопасности и оказание помощи при бедствиях;
4. Отчет МСЭ-R М.2033. Задачи и требования к радиосвязи для обеспечения общественной безопасности и оказания помощи при бедствиях.
5. ECC Report 102. "Public protection and disaster relief spectrum requirements".
6. Report ITU-R M.2014. Spectrum efficient digital land mobile systems for dispatch traffic.