

УДК 656.254:658.382

*В. Г. ШЕВЧУК, доцент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Е. С. СЕМЕНИЦКИЙ, инженер, Гродненская пограничная группа, Беларусь*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПОГРАНИЧНОЙ ГРУППЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Показано, что применение цифровых беспроводных информационных технологий позволяет создать условия для улучшения охраны государственной границы Республики Беларусь. Рассмотрена методика определения размеров санитарно-защитных зон по результатам расчета плотности потока энергии для точек доступа, закрепленных к мачте на крыше здания управления пограничной группы и зон ограничения застройки, с целью оценки возможного воздействия электромагнитного излучения на здоровье населения и в соответствии с существующими в стране санитарными нормами и правилами.

**В** сложном комплексе средств связи, которыми оснащена пограничная служба, особое место занимает технологическая связь, являющаяся неотъемлемой частью процессов правления и одним из средств обеспечения безопасности государственной границы. Сеть передачи информации для Государственного пограничного комитета в Республике Беларусь построена с использованием технологий SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия) и PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохронная цифровая иерархия). В качестве SDH мультиплексоров применены мультиплексоры доступа FlexGainFOM2,5GL2 и FlexGainFOM155L2.

Характерной особенностью сети является то, что линейные соединения между узлами в ветвях сети не разнесены географически, а находятся в одной кабеле, но используют разные оптические волокна.

Сеть SDH включает в себя:

- три кольцевые структуры уровня STM-4: А, В, С;
- линейную структуру уровня STM-16;
- две линейные структуры «точка-точка» уровня STM-1 для передачи с предприятий РУП «Белтелеком» сигналов синхронизации.

Для обеспечения защищенности сети при остановке работы оборудования на узлах в кольцах SDH применена защита SNCP (Sub-Network Connection Protection – технология резервирования в сетях SDH).

Для подразделений, дислоцированных на удалении от магистрального оптического кабеля, организуется доступ к узлам SDH через системы передачи по технологии PDH: оптические мультиплексоры FlexGainFOM4E,v1 и FlexGainFOM16E,v1, цифровые системы передачи FlexDSL Orion3 для линий связи с применением медных кабелей и с возможностью передачи трафика Ethernet.

Синхронизация сети обеспечивается двумя вторичными задающими генераторами ВЗГ типа SSUEpsilon, установленными на узлах связи Брестской и Гродненской пограничных групп. Синхронизирующий сигнал ВЗГ получают с узлов связи РУП «Белтелеком».

Генератор Гродненской пограничной группы синхронизируется от SDH-оборудования Гродненского РУП «Белтелеком».

Поддача синхросигнала на узел обеспечивается парой мультиплексоров доступа FlexGainFOM155L2.

В качестве резервного источника синхронизирующей частоты ВЗГ SSUEpsilon содержит приемник GPS.

Между узлами Гродненская пограничная группа – пограничный пункт Берестовица – пограничная застава Песчатка – Брестская пограничная группа организовано соединение уровня STM-16.

Все узлы с SDH-оборудованием укомплектованы IP-телефонами для служебной связи.

Для организации аналоговой телефонной связи между подразделениями установлены гибкие мультиплексоры/кросс-коммутаторы потоков E1 NATEKS MMX.

Телефонная связь организуется путем мультиплексирования и демультиплексирования аналоговых каналов FXO и FXS в потоки E1.

Для построения сетей передачи информации применяются коммутаторы, встроенные в SDH мультиплексоры доступа, и отдельные коммутаторы 2-го уровня Nateks NetXpert3408 и 3-го уровня Nateks NetXpert5124 [5].

В тракте STM-16 организован канал передачи данных GEthernet, который используется для взаимодействия подсетей мониторинга.

При конфигурации сети передачи информации в кольцевых структурах SDH применена технология RSTP, которая позволяет автоматически восстанавливать работоспособность сети при выключении одного из узлов.

Всем сетевым устройствам назначены IP-адреса управления и мониторинга.

Серверы FlexGain View Manager V3.1 работают в режиме горячего резервирования. При нормальной работе сервер в пограничной группе Гродно является резервным. Опрос сетевых устройств (polling) осуществляет только главный сервер. Сообщения об авариях (traps) посылаются сетевыми устройствами на оба сервера и регистрируются на обоих серверах. Резервный сервер постоянно контролирует доступность по сети главного сервера. В случае аварии на главном сервере или потере связи с ним резервный сервер берет на себя функцию опроса сетевых устройств (polling).

При создании беспроводной сети требуется определить цели и задачи, от которых зависит выбор типа оборудования. Чаще всего выбор стоит между точкой доступа и роутером (маршрутизатором) Wi-Fi [1, 4].

Точка доступа применяется в простейшем случае – она выполняет функции сетевого концентратора, позволяя объединить несколько компьютеров в локальную сеть, подключать группы компьютеров (каждый с беспроводным сетевым адаптером в самостоятельные сети

(режим Ad-hoc), организовать мост между беспроводными и кабельными участками сети (режим Infrastructure). Беспроводные сети из нескольких точек доступа устанавливаются в больших офисных помещениях в основном для того, чтобы создать одну беспроводную локальную сеть (WLAN). Нередко подключать к одной точке доступа свыше 10 компьютеров нецелесообразно, так как скорость передачи данных на каждого пользователя распределяется в равных пропорциях, и чем больше у одной точки доступа «клиентов», тем меньше скорость у каждого из них.

Если же нужно обеспечить выход создаваемой сети сразу в Интернет, необходим Wi-Fi-роутер, который будет связывать внешнюю сеть с внутренней, обеспечивать трансляцию адресов, раздавать адреса компьютерам локальной сети, а также выполнять функции межсетевых экранов. В отличие от точки доступа, в роутер интегрирован сетевой переключатель (коммутатор), для того чтобы к нему могли дополнительно подключаться клиенты по протоколу Ethernet или для подсоединения других маршрутизаторов при создании сети из нескольких беспроводных роутеров. Кроме того, беспроводные роутеры имеют встроенный брандмауэр и другие сервисы, в том числе могут работать в качестве модемов, обеспечивая доступ к Интернет-провайдеру. В небольшом офисе роутер зачастую может поддерживать все необходимые сетевые сервисы, а при расширении зоны охвата устанавливается несколько точек доступа, действующих в режиме репитеров (ретрансляторов) либо мостов.

Главный параметр, который учитывается при выборе беспроводного устройства, – стандарт обмена данными. Обычно выбирать приходится между 802.11g и 802.11n, при этом на принятие решения в первую очередь влияет то, с каким стандартом работают устройства пользователя. Как правило, все точки доступа Wi-Fi, поддерживающие 802.11n, обеспечивают совместимость с ранними редакциями стандарта (802.11b и 802.11g в диапазоне 2,4 ГГц, 802.11a – в диапазоне 5 ГГц). Стандарт 802.11n [5] предоставляет более высокую скорость передачи данных, чем устройства 802.11g, чья максимальная скорость равна 54 Мбит/с. При условии использования в режиме 802.11n с другими устройствами 802.11n теоретически возможно обеспечить скорость передачи данных до 480 Мбит/с. В реальных условиях скорость вдвое ниже. Поскольку устройства 802.11n действуют в диапазонах 2,4 ГГц или 5,0 ГГц, пользователь может выбирать частотный диапазон, отстраиваясь от источников радиочастотных помех. При выборе системы следует иметь в виду, что практически все клиенты 802.11n на основе CardBus и ExpressCard пока рассчитаны только на диапазон 2,4 ГГц, однако некоторые типы адаптеров способны поддерживать оба частотных диапазона. Помимо базовых функций, устройства Wi-Fi оснащают и другими сервисными функциями, наличие которых тоже способно оказать влияние на выбор. Так, компания Apple выпускает базовую станцию Airport Extreme, позволяющую не только обеспечить поддержку до 50 пользователей в стандартах 802,11b/g/n в частотных диапазонах 2,4 и 5 ГГц. В устройство интегрировали функцию гостевого доступа: с помощью приложения Airport Utility можно создать отдельную сеть Wi-Fi. А для гостевой сети – задать отдельный пароль

или настроить доступ без пароля. При этом основная сеть и сетевые устройства, в том числе принтер, подключенные диски и другая аппаратура, останутся недоступными [7].

Иногда требуется подключить компьютер к беспроводной сети и использовать для этой цели компоненты с минимально возможными габаритами. Обычно такие ситуации возникают при сложных инсталляционных проектах – место, занимаемое компьютером или терминальной станцией, ограничено. Расположить там еще какие-либо дополнительные аксессуары не представляется возможным. К тому же многие современные ноутбуки комплектуются адаптерами предыдущих поколений, и пользователям не всегда удается реализовать весь потенциал технологии Wi-Fi. Избавиться от проводов помогает миниатюрный адаптер Canyon CNP-WF518N2, работающий по протоколу IEEE 802.11n. Он содержит одну встроенную антенну и обеспечивает скорость передачи данных до 150 Мбит/с.

Поддерживаются распространенные технологии разграничения доступа, использующие алгоритмы аутентификации WPA/WPA2 и шифрования WEP с длиной ключа 64 и 128 бит.

Для организации беспроводных каналов передачи информации по технологии Wi-Fi в направлениях «Управление пограничной группы – пункт пропуска “Брузги”», «Управление пограничной группы – пункт пропуска “Привалка”», «Управление пограничной группы – пункт пропуска “Гродно – грузовой”» наиболее приемлемо соединение типа «Мост».

Для строительства каналов передачи информации удовлетворяют требованиям по характеристикам беспроводные внешние точки доступа D-Link DAP-3760/3860 (рисунки 1–2), разработанные для передачи данных на дальние расстояния.

Встроенный сетевой процессор Intel® IXP обеспечивает надежную и эффективную по стоимости передачу информации по беспроводной сети. При работе в зоне прямой видимости беспроводная точка доступа обеспечивает передачу данных на расстояния до 40 км. DAP-3760/3860 является идеальным решением для использования в транспортной сети (backhaul), благодаря использованию протокола TDMA на уровне MAC стандарта 802.11.



Рисунок 1 – Точка доступа D-Link DAP-3760/3860

Точка доступа D-Link DAP-3760/3860 разработана для использования в неблагоприятных условиях окружающей среды и обеспечивает надежную передачу данных и высокий уровень производительности. Антенна с коэффициентом усиления 23 дБи обеспечивает высокое качество передачи данных, а технология Intel TDMA позволяет осуществлять передачу данных со скоростью до 8 Мбит/с на расстояние до 100 км (с использованием релейной станции). DAP-3860 использует два беспроводных модуля и поддерживает технологию Link aggregation, удваивающую пропускную способность в режиме «точка-точка» [1].



Рисунок 2 – Точки доступа D-Link DAP-3760/3860, установленные на трубостойке

DAP-3760/3860 является законченным альтернативным решением для транспортной сети, например, WIMAX и GSM. В случаях, когда неровная, труднопроходимая местность не позволяет организовать стандартную проводную магистраль сети, можно развернуть беспроводную сеть с помощью внешней точки доступа. Беспроводное оборудование, работающее на частоте 5 ГГц, является идеальным решением для организации сети в малонаселенных областях с минимальным количеством радиопомех. Благодаря поддержке технологии Power over Ethernet установка внешней точки доступа выполняется с минимальным количеством дополнительных кабелей.

DAP-3760 и DAP-3860 могут использоваться для подключения конечных точек в сельской местности к концентраторам, расположенным в городах. Доступ в Интернет осуществляется через один или несколько промежуточных узлов, являющихся частью гибкой архитектуры, простой в установке, управлении и обслуживании. DAP-3760 и DAP-3860 обеспечивают защищенную передачу данных, благодаря использованию WEP, TKIP, и AES-шифрования.

С целью оценки возможного воздействия электромагнитного излучения на здоровье населения и в соответствии с санитарными нормами и правилами «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» (СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002) [2], проектная документация радиотехнического объекта должна содержать результаты расчета границ санитарно-защитной зоны и зоны ограничения застройки.

Санитарно-защитная зона и зона ограничения застройки устанавливаются в целях защиты населения от воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ РЧ).

Санитарно-защитной зоной (СЗЗ) является площадь, примыкающая к технической территории передающего радиотехнического объекта (ПРТО), внешняя граница которой определяется на высоте 2 м от поверхности земли по значению предельно допустимого уровня плотности потока энергии электромагнитного поля (ЭМП).

Зоной ограничения застройки (ЗОЗ) является территория, где на высоте более 2 м от поверхности земли интенсивность ЭМИ РЧ превышает предельно допустимые уровни. Внешняя граница зоны ограничения застройки определяется по максимальной высоте зданий перспективной застройки, на высоте верхнего этажа которых интенсивность ЭМИ РЧ не превышает предельно допустимых значений.

На территориях (крышах), куда исключен доступ людей, не связанных непосредственно с обслуживанием оборудования ПРТО, должны соблюдаться требования для условий производственных воздействий ЭМП.

В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 измеренный уровень интенсивности ЭМИ РЧ в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц не должен превышать предельно допустимый уровень (ПДУ) равный  $10,0 \text{ мкВт/см}^2$  [2].

Санитарно-защитная зона и зона ограничения определяется расчётным путём и уточняется путём измерений интенсивности ЭМИ РЧ. Обязанность проведения (организации) расчётов и измерений лежит на владельце ПРТО.

В СЗЗ и ЗОЗ запрещается строительство жилых зданий всех видов, стационарных лечебно-профилактических и санаторно-курортных учреждений, средних учебных заведений всех видов, интернатов всех видов и других зданий, предназначенных для круглосуточного пребывания людей.



Размещение и ввод в эксплуатацию ПРТО (кроме работающих в движении) допускается только с разрешения соответствующего центра гигиены и эпидемиологии после составления санитарного паспорта ПРТО.

В диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц интенсивность ЭМИ РЧ оценивается значениями плотности потока энергии (ППЭ –  $P_m$ , Вт/м, мкВт/см<sup>2</sup>).

Исходными параметрами для населения согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 для расчета являются:

а) предельно допустимый уровень напряженности ЭМП в диапазоне частот:

– 0,3–3 МГц – 15,0 В/м;

– 3–30 МГц – 10,0 В/м;

– 30–300 МГц – 3,0 В/м;

б) предельно допустимый уровень плотности потока энергии в диапазоне частот 0,3–300 ГГц – 10,0 мкВт/см<sup>2</sup>.

Значение напряженности ЭМП, создаваемой радиопередающим устройством, с целью определения границ СЗЗ и ЗОЗ, определяется в диапазоне частот:

– 3–30 МГц

$$E = 7,7 \frac{\sqrt{PGh_{\text{афт}}}}{R} \cdot V(\rho)F(\theta)F(\varphi);$$

– 30–300 МГц

$$E = \frac{\sqrt{30PGh_{\text{афт}}}}{R} \cdot K_{\phi}F(\theta)F(\varphi);$$

– 0,3–300 ГГц

$$P_m = \frac{8PGh_{\text{афт}}}{R^2} \cdot F(\theta)^2 F(\varphi)^2 K_{\phi},$$

где  $E$  – значение напряженности электромагнитного поля;  $P$  – мощность на входе антенно-фидерного тракта,  $G$  – коэффициент усиления антенны относительно изотропного излучателя;  $h_{\text{афт}}$  – коэффициент потерь мощности в антенно-фидерном тракте;  $R$  – расстояние от геометрического центра антенны до расчетной точки, м;  $V(\rho)$  – множитель, учитывающий влияние земли, Вт, В/м;  $F(\theta)$  – значение нормированной диаграммы направленности в вертикальной плоскости;  $\theta$  – угол в вертикальной плоскости между направлением максимума излучения и направлением в расчетную точку;  $F(\varphi)$  – значение нормированной диаграммы направленности в горизонтальной плоскости, град;  $\varphi$  – угол в горизонтальной плоскости между направлением максимума излучения и направлением в расчетную точку, град;  $P_m$  – значение плотности потока мощности ЭМИ РЧ, мкВт/см<sup>2</sup>;  $K_{\phi}$  – множитель, учитывающий влияние земли.

На рисунке 3 графически указаны азимуты излучения для точек доступа секторов 1–3.



Рисунок 3 – Азимуты излучения для точек доступа

Для определения санитарно-защитной зоны расчеты уровня ЭМИ производились на уровне 2 м от поверхности земли.

Расчет ЭМИ для определения ЗОЗ проводился:

– на максимальной высоте близлежащих к антенне зданий (6 м – 2-этажные, 9 м – 3-этажные, 15 м – 5-этажные);

– уровне, где величина ЭМИ граничит с предельно допустимым уровнем поля;

– уровне, где ЗОЗ является максимальной.

При несовпадении азимутов максимальных излучений точек доступа с их пространственным разнесением можно с достаточной для практики точностью сказать, что воздействие излучения антенн будет обособленным. Поэтому при расчете суммарной ППЭ необходимо учитывать только те антенны, которые совпадают по азимуту максимального излучения, и установленные в непосредственной близости друг от друга [3, 6].

Определение размеров зоны ограничения застройки секторов 1–3 на высоте близлежащих зданий (4 м – 1-этажные, 11, 12 м – 2-этажные, 14 м – 3-этажные, 20 м – 5-этажные) по результатам расчета ППЭ для точек доступа, закрепленных к мачте на крыше здания управления пограничной группы и санитарно-защитной зоны, с целью оценки возможного воздействия электромагнитного излучения на здоровье населения и в соответствии с санитарными нормами и правилами «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» (СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002) было осуществлено с помощью программы «Area32», применяемой для использования в разработке проектной документации радиотехнического объекта, работающего в диапазоне частот 0,3–300 ГГц. Результаты исследований приведены на рисунках 4–7.

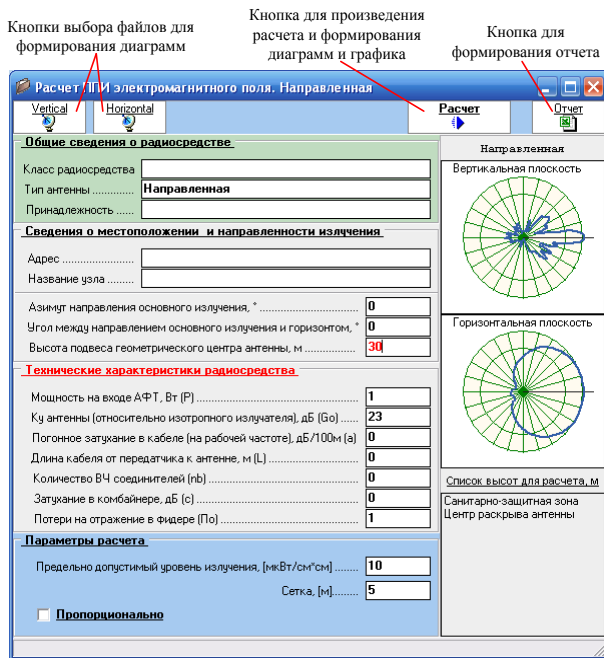


Рисунок 4 – Рабочее окно программы «Агеа32»

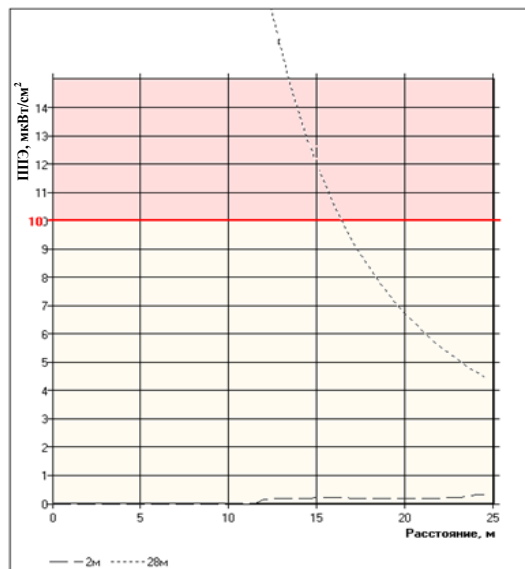


Рисунок 7 – График зависимости ППЭ от расстояния на заданных высотах

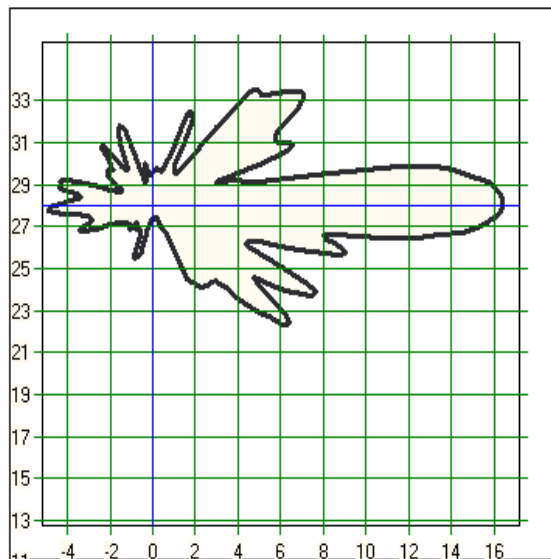


Рисунок 5 – Конфигурация ЗОЗ в вертикальной плоскости

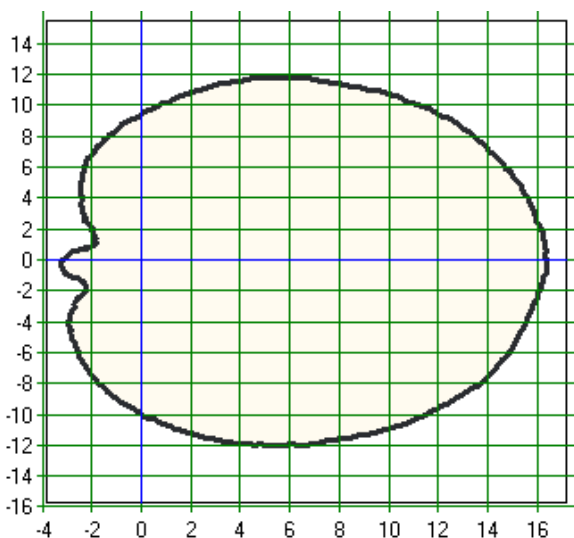


Рисунок 6 – Конфигурация ЗОЗ в горизонтальной плоскости

Для модернизации сети передачи информации Гродненской пограничной группы было предложено создать беспроводной канал с применением стандарта IEEE 802.11 «Wi-Fi», что является экономически более выгодно по сравнению со строительством кабельной линии.

Предлагаемая модернизация позволит повысить эффективность и надежность работы ведомственной сети передачи информации Гродненской пограничной группы, а в случае необходимости быстро переконфигурировать канал по азимуту и предоставить новые виды услуг, например, такие как: VoIP-телефония или Wi-Fi видеонаблюдение (CCTV).

Границы зоны ограничения застройки при приёме объекта уточняются на основе инструментальных измерений.

В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 для каждого ПРТО следует:

- в процессе опытной эксплуатации выполнить измерения по определению фактического значения плотности потока энергии ЭМП;
- составить «Санитарный паспорт» и представить территориальной санитарно-эпидемиологической службе Министерства здравоохранения на согласование.

#### Список литературы

- 1 Беспроводная точка доступа D-Link DAP-3760/3860 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dlink.ru>. – Дата доступа: 08.03.2012.
- 2 Санитарные правила и нормы «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» (СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minzdrav.gov.by>. – Дата доступа: 08.03.2012.
- 3 Определение уровней электромагнитных излучений радиотехнических средств высокочастотного, очень высокочастотного, ультравысокочастотного и сверхвысокочастотного диапазонов: утв. главным сан. врачом Респ. Беларусь 21.01.2008 г. № 137-1207. – Минск, 2008.
- 4 Перечень радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств, не подлежащих регистрации. Юридический статус Wi-Fi: постановление М-ва связи и информатизации Респ. Беларусь от 26.08.2009 г. № 35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mpt.gov.by>. – Дата доступа: 08.03.2012.

5 Беспроводные сети передачи данных Wi-Fi. Стандарт IEEE 802.11g и др. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kunegin.narod.ru>. – Дата доступа: 08.03.2012.

6 **Григорьев, Л. Н.** Цифровое формирование диаграммы

направленности в фазированных антенных решетках / Л. Н. Григорьев. – М. : Радиотехника, 2010. – 144 с.

7 **Рошан, П.** Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Рошан, Дж. Лиэри. – М. : Вильямс, 2004. – 304 с.

Получено 25.06.2012

**V. G. Shevchuk, E. S. Semeanitski.** Perfection of the network of information transmission of boundary group with application of digital wireless technologies.

It is shown, that application of digital wireless information technologies makes possible conditions for improvement of protection of frontier of Belarus. The procedure of definition of the sizes of sanitary-protective zones by results of calculation of density of a stream of energy for the points of access fixed to a mast on roof of a building of management of boundary group and zones of restriction of building, with objective of an assessment of possible influence of electromagnetic radiation on health the population and according to sanitary norms existing in the country and rules is considered.