

**РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИКИ WI-FI СИГНАЛА В
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ВАГОНЕ**

*Безгин А. А., студент; Савочкин А. А., к.т.н., доцент;
Слободенюк А. А., студент
Севастопольский национальный технический университет
г. Севастополь, Украина*

**THE CALCULATION OF THE RADIO ENERGY OF THE WI-FI SIGNAL
IN THE RAILWAY COACH**

*Bezgin A. A., Student; Savochkin A. A., PhD, Associate Professor;
Slobodeniuk A. A., Student
Sevastopol National Technical University, Sevastopol, Ukraine*

Вступление

Доступ к сети интернет с помощью мобильных сетей 3G, в сравнении с другими системами, имеет значительно более низкую стоимость реализации, а также лучшие показатели скорости (до 14,7 Мбит/с) [1], что делает его использование более целесообразным. В современных *Wi-Fi* маршрутизаторах обычно имеется несколько *USB* портов, что позволяет подключать к ним дополнительные 3G модемы напрямую.

Для организации беспородного доступа к сети интернет на железнодорожном транспорте целесообразно использовать *Wi-Fi* сеть в вагонах, к которой подключаются пользователи. На этапе планирования сети перед установкой оборудования необходимо выполнить расчет энергетики канала связи.

Основная часть

В настоящее время на железнодорожном транспорте используются пассажирские вагоны модели 61-4440. Схема вагона изображена на рис. 1 [2]. Вагон указанного типа имеет девять купе. Длина вагона составляет $D=25,5$ м., ширина коридора — $H_k=0,9$ м., габариты купе ($L_1 \times L_2$) — $2,1 \times 2,2$ м [2].

С учетом того, что точка доступа располагается в средней части вагона, расстояние до терминала в самом дальнем купе с учетом габаритов купе и ширины коридора рассчитаем по формуле (1).

$$L_{\max} = \sqrt{(H_k + L_2)^2 + (4,5L_1)^2}; \quad (1)$$
$$L_{\max} = 9,45 \text{ м.}$$

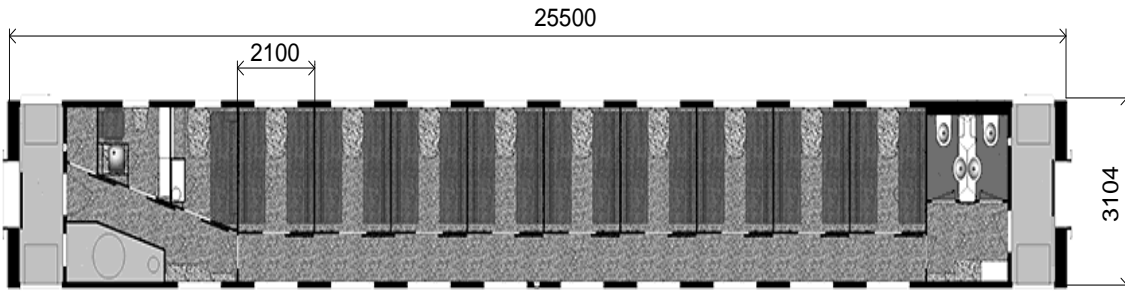


Рис.1. Схема вагона 61-4440

Проведем оцінку згасання сигналу від точки доступу на різних відстанях в межах вагона.

Значення втрат в вільному просторі залежить від двох параметрів: во-перших, від частоти радіосигналу, во-вторых, від відстані до точки прийому безпроводної мережі.

Ослаблення вільного простору розраховується за формулою (2) [3]

$$P = 20 \lg (4,189 \times 10^4 L f), \text{ дБ}, \quad (2)$$

де L — відстань, км; f — робоча частота, ГГц.

Результати розрахунку ослаблення сигналу в точці прийому з урахуванням (2) зображені на рис. 2

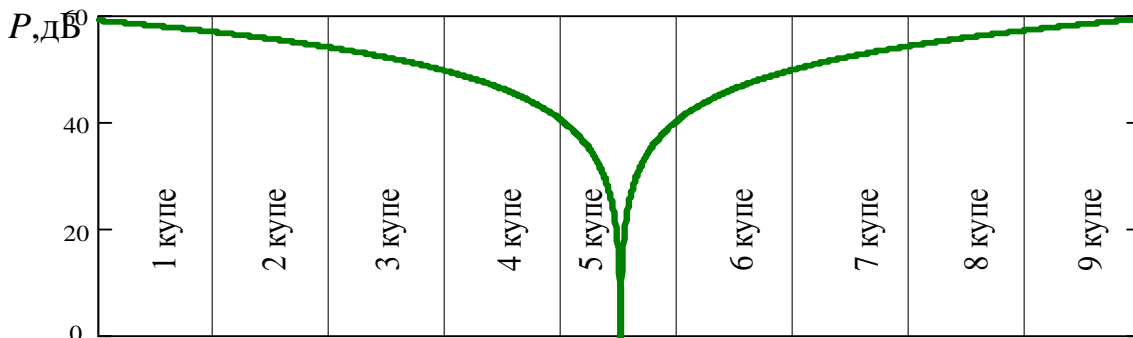


Рис.2. Ослаблення сигналу

Визначимо рівень потужності сигналу для точки прийому [3]

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{пд}} + G_1 + G_2 - L_{\text{ф1}} - L_{\text{ф2}} - P, \quad (3)$$

де $P_{\text{пд}}$ — рівень потужності передатчика, дБм; $L_{\text{ф1}}, L_{\text{ф2}}$ — ослаблення сигналу в фідерних лініях, дБ; G_1, G_2 — коефіцієнти посилення прийомної і передаючої антен, дБ.

Уровень мощности передатчика для современных маршрутизаторов обычно составляет $P_{\text{пд}} = 17$ дБм. Для проведения расчетов полагаем, что коэффициенты усиления антенн составят 1 дБи (с учетом того, что в общем случае максимумы диаграмм направленности антенн не совмещены).

Уровень ослабления сигнала в фидерных линиях принимаем: $L_{\text{ф1}} = 0,5$ дБ, $L_{\text{ф2}} = 0,5$ дБ. Используя технические параметры, получаем графики распределения уровня мощности сигнала по вагону (рис. 3 — рис. 7).

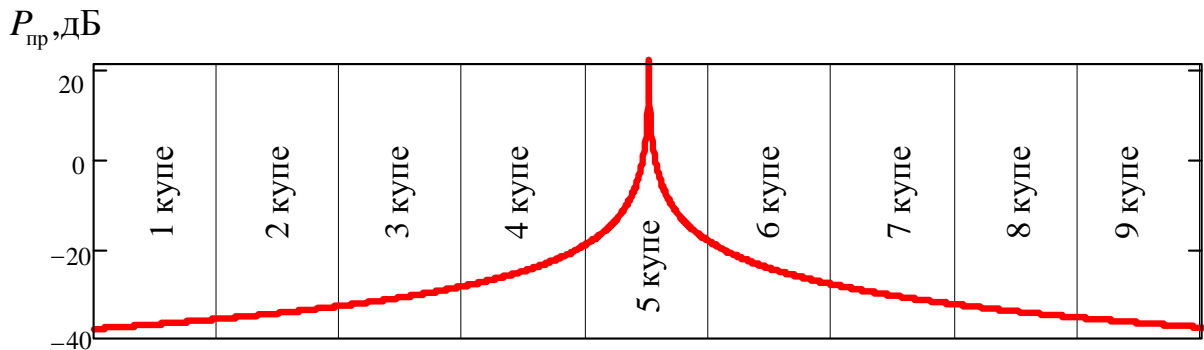


Рис.3. Уровень мощности сигнала

Полагаем, что терминал пользователя может быть максимально приближен на расстояние 1 м к маршрутизатору. Стенки вагона сильно влияют на диаграмму направленности антенн, часть мощности сигнала отражается от металлической обшивки вагона и создает интерференцию полезному сигналу. Затухание сигнала при этом увеличится на (10...15) дБ. Для уменьшения влияния стенок вагона, точку доступа необходимо разместить как можно дальше от металлических стен, и разместить в центре вагона на высоте 1,5...1,8 м от пола.

Минимальное значение чувствительности *Wi-Fi* приемников современных устройств обычно не хуже $-(60...70)$ дБ, расчетное значение уровня мощности сигнала составило не менее -50 дБ.

Современные *Wi-Fi* маршрутизаторы имеют несколько антенн. Проведем анализ поля для 3-х антенного маршрутизатора. Для наилучшего покрытия всего вагона две антенны можно разнести в разные стороны вагона, третью оставить на самой точке доступа.

Антенны соединим с точкой доступа с помощью СВЧ кабелей. Выберем длину кабеля с запасом для прокладки по стенкам вагона — 6 м. Кабель типа *TL-ANT24EC12N* вносит потери 4 дБ. При использовании данного кабеля необходимо использовать переходник с разъема *N* типа к *SMA*, который внесет дополнительные 0,5 дБ затухания.

На рис. 4 изображен график уровня мощности сигнала в каждом купе при расстоянии между антеннами 4 м. На рис. 5 приведен график суммарного уровня мощности сигнала с учетом того, что подключаемые устрой-

ства абонентов могут быть приближены к маршрутизатору не более чем на 1 м.

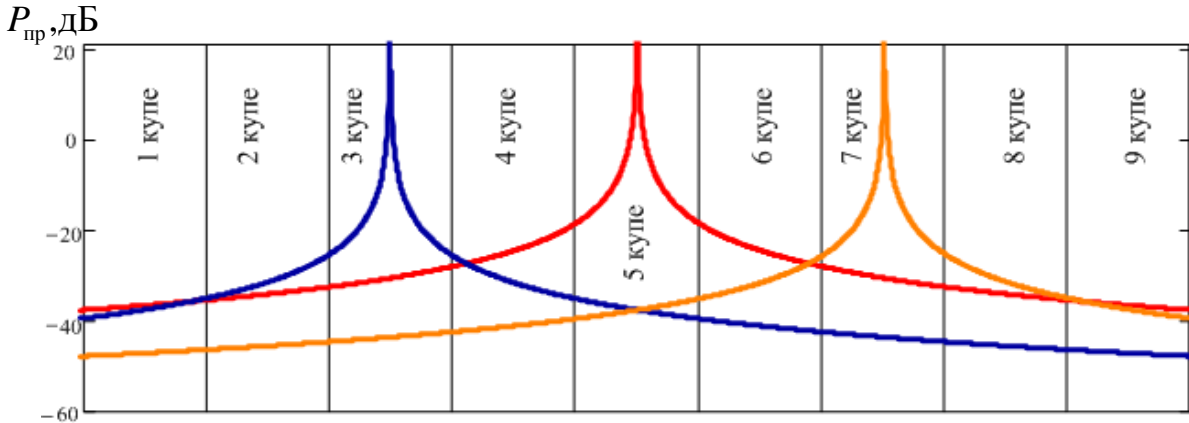


Рис.4. Уровень мощности сигнала при расстоянии между антеннами 4 м.

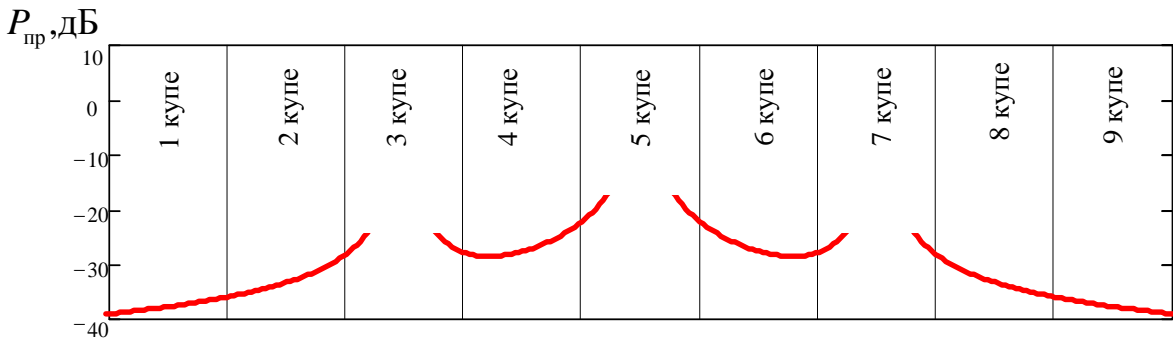


Рис.5. Суммарный уровень мощности сигнала при расстоянии между антеннами 4 м.

При расстоянии между антеннами 7 м., минимальный уровень мощности в свободном пространстве составил -35 дБ. С учетом металлического корпуса вагона уровень мощности сигнала составит $-(40...45)$ дБ. На рис. 5 изображен график уровня сигнала при размещении антенн в трех точках на расстоянии 7 м. друг от друга. На рис. 7 приведен суммарный график уровня мощности сигнала с учетом того, что подключаемые устройства абонентов могут быть приближены к маршрутизатору не более чем на 1 м.

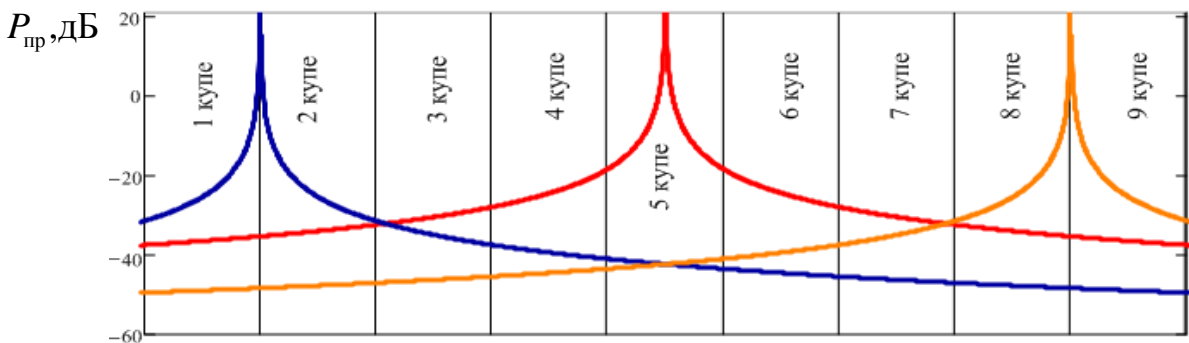


Рис.6. Уровень мощности сигнала при расстоянии между антеннами 7 м.

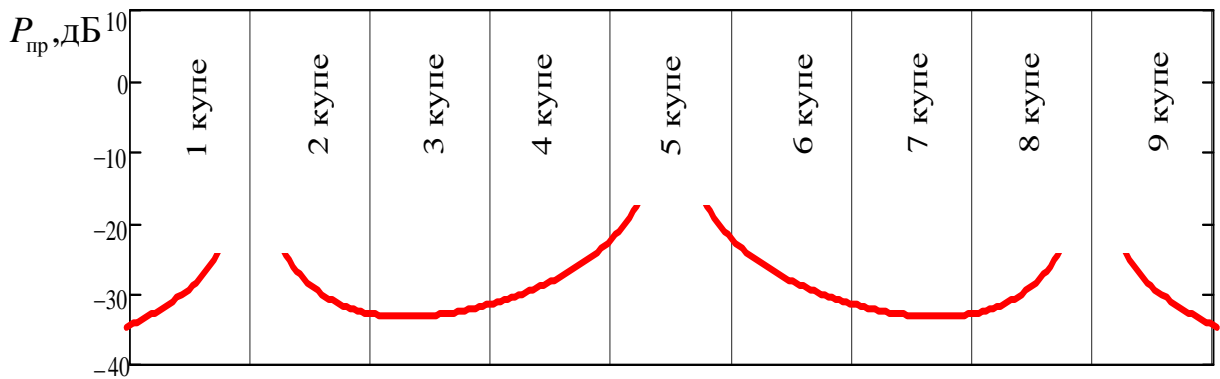


Рис.7. Суммарный уровень мощности сигнала при расстоянии между антеннами 7 м.

Таким образом, результаты расчетов показывают, что расстояние между антеннами равное 7 метрам, является приемлемым.

Проведен эксперимент по исследованию уровня мощности сигнала в вагоне поезда. *Wi-Fi* маршрутизатор с одной антенной находился в центре вагона. На рис. 8 показана экспериментальная зависимость уровня мощности сигнала от расстояния.

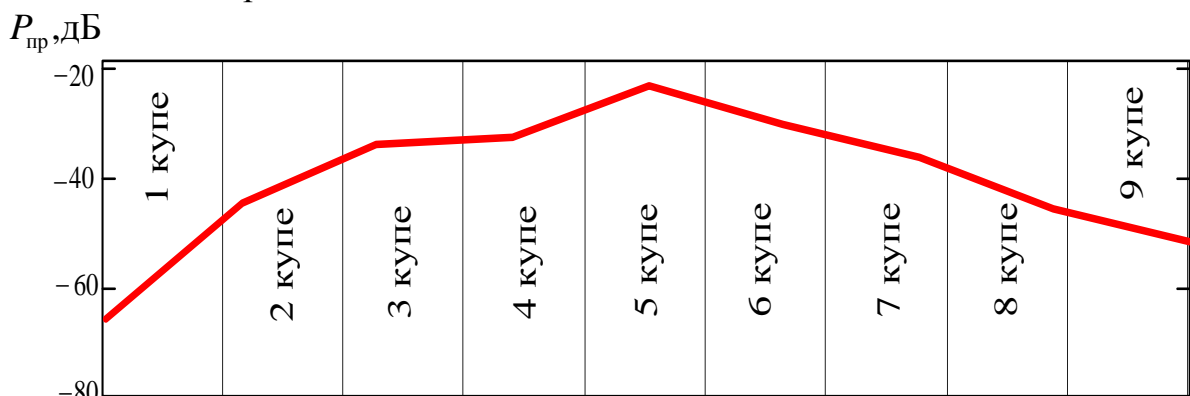


Рис.8. Экспериментальная зависимость уровня мощности сигнала от расстояния

Как видно из графика, даже при использовании одной антенны, уровень мощности сигнала превышает порог чувствительности современных *Wi-Fi* приемников, что подтверждает возможность реализации сети доступа на железнодорожном транспорте.

Выводы

Выполнен расчет энергетике *Wi-Fi* канала связи. Предложена схема размещения дополнительных антенн в вагоне поезда.

Результаты исследования показывают, что при использовании нескольких разнесенных по вагону антенн удастся увеличить уровень мощности сигнала в дальних купе вагона. Полученный уровень мощности сигнала в дальних купе не менее -35 дБм, что значительно больше минимальной чувствительности *Wi-Fi* приемников современных устройств.

Литература

1. Модель 61-4440: вагон пассажирский купейный [Электронный ресурс] / ОАО «ТВЗ». — Режим доступа: <http://tvz.ru/?action=61&n=1&model=61-4440/>. — 15.12.2012.
2. О компании Интертелеком [Электронный ресурс] / ООО «Интертелеком». — Режим доступа: <http://www.intertelecom.ua/ru/aboutcompany/o-kompanii>. — 05.08.2012.
3. Методические указания по выполнению лабораторной работы «Исследование радиорелейной системы Ericsson MINI-LINK E» по дисциплине «Наземные и космические системы связи» для студентов 5-го курса специальности 7.09070101 — «Радиотехника» / Сост. А.А. Савочкин. — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. — С.21 — 23.

References

1. Model' 61-4440: vagon passazhirskij kupejnyj [Elektronnyj resurs] / ОАО «TVZ». — Rezhim dostupa: <http://tvz.ru/?action=61&n=1&model=61-4440/>. — 15.12.2012.
2. O kompanii Intertelekom [Elektronnyj resurs] / ООО «Intertelekom». — Rezhim dostupa: <http://www.intertelecom.ua/ru/aboutcompany/o-kompanii>. — 05.08.2012.
3. Metodicheskie ukazaniya po vypolneniju laboratornoj raboty «Issledovanie radiorelejnoj sistemy Ericsson MINI-LINK E» po discipline «Nazemnye i kosmicheskie sistemy svjazi» dlja studentov 5-go kursa special'nosti 7.09070101 — «Radiotekhnika» / Edit. A.A. Savochkin. — Sevastopol': Izd-vo SevNTU, 2010. — P.21 — 23.

Безгин О. О., Савочкин О. А., Слободенюк О. О. Розрахунок енергетики Wi-fi сигналу в залізничному вагоні. Доступ до мережі інтернет за допомогою мобільних мереж 3G, в порівнянні з іншими системами, має значно нижчу вартість реалізації, а також кращі показники швидкості, що робить його використання більш доцільним. Для організації бездротового доступу до мережі інтернет на залізничному транспорті доцільно використовувати Wi-Fi мережу, до маршрутизаторів якої і підключаються 3G модеми.

У роботі проводиться розрахунок енергетики поля Wi-Fi в залізничному вагоні і вибір точок установки антен.

Ключові слова: Wi-fi, залізничний транспорт, вагони, енергетика, 3G.

Безгин А. А., Савочкин А. А., Слободенюк А. А. Расчёт энергетики Wi-fi сигнала в железнодорожном вагоне. Доступ к сети интернет с помощью мобильных сетей 3G, в сравнении с другими системами, имеет значительно более низкую стоимость реализации, а также лучшие показатели скорости, что делает его использование более целесообразным. Для организации беспородного доступа к сети интернет на железнодорожном транспорте целесообразно использовать Wi-Fi сеть, к маршрутизаторам которой и подключаются 3G модемы.

В работе проводится расчет энергетики поля Wi-Fi в железнодорожном вагоне и выбор точек установки антенн.

Ключевые слова: Wi-fi, железнодорожный транспорт, вагоны, энергетика, 3G.

Bezgin A. A., Savochkin A.A., Slobodeniuk A.A. The Wi-Fi signal radio energy calculation in the railway coach.

Introduction. Access to the Internet through mobile networks 3G, compared with other systems, has considerably lower cost of the implementation and the best speed characteristics that makes its use more efficient. Modern Wi-Fi router has multiple USB ports that enable to connect the additional 3G modems directly to them.

The main part. For the organization of the wireless Internet access in the railway transport it is necessary to use Wi-Fi network in the rail coach. Users will connect to this network. To install the equipment we calculate radio energy of the channel.

The level of Wi-Fi signal power increases by using several antennas spaced on the rail coach. The optimal distance between the outer antennas for standard rail coaches is 7 meters. In this case the minimum level of power in the free space is -35 dB.

The operation of any user's devices will be stable with such a high signal level.

The calculations take into account the effect of the iron walls of the rail coaches, interference and loss RF cable.

Conclusions. Calculation power of Wi-Fi signal is performed in a railway coach.

Keywords: Wi-Fi, rail transport, coaches, radio energy, 3G.