



М.Ю. Пустоветов<sup>1</sup>, К.М. Пустоветов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет,

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕН ПОМЕЩЕНИЙ НА КАЧЕСТВО СИГНАЛА БЕСПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В статье представлены результаты экспериментальной проверки характеристик беспроводной связи *Wi-Fi* смартфона с роутером в пределах квартиры в доме с железобетонными несущими стенами. Проведены измерения пинга (*ping*) – времени передачи информации на сервер и обратно, входящей скорости (*download speed*) – скорости получения данных из интернета и исходящей скорости (*upload speed*) – скорости отдачи данных в интернет. Представлена графическая интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи *Wi-Fi*.

Стена из железобетона, пинг, скорость получения данных, скорость отдачи данных, роутер, беспроводная связь.

Темой исследования является рассмотрение качества беспроводной связи *Wi-Fi* [1, 2] смартфона с роутером в пределах квартиры, расположенной в доме серии 45456 («хрущевка») с панельными несущими стенами. В качестве оборудования предоставления связи используется домашний шлюз *Ethernet* (роутер) *Innbox E70 Iskratel* с двухдиапазонным *Wi-Fi* 2,4 ГГц и 5 ГГц с автоматическим переключением частотных диапазонов [3]. В качестве мобильного устройства используется смартфон *Redmi Note 10 Pro*, псевдоним модели *M2101K6G*. Для регистрации характеристик беспроводной связи используется программное обеспечение *Speedtest*.

Исследования аналогичной тематической направленности опубликованы в [4–6]. Однако в [4] авторов интересовала частота радиосигнала 900 МГц, что не актуально для нашего случая. В отличие от авторов [4, 5], в нашем распоряжении отсутствуют средства измерения мощности радиосигнала, что не позволяет напрямую воспользоваться предложенными методиками.

В работе [6] сообщены важные для нашего случая сведения: чем больше длина волны (и ниже частота *Wi-Fi*), тем больше проникающая способность сигнала, поэтому *Wi-Fi* в диапазоне 2,4 ГГц имеет большую проникающую способность, чем в диапазоне 5 ГГц; металлы и вода – самые действенные поглотители *Wi-Fi*-радиоволн, т.к. являются хорошими электрическими проводниками и отбирают большое количество энергии сигнала. При проведении эксперимента в [6], как и в нашем случае, используется программное обеспечение *Speedtest*, но измерения выполнены только для 2,4 ГГц и не представлены сведения о

расстоянии от роутера до мобильного устройства, а также о препятствиях на пути распространения радиосигнала.

Вернемся к нашему исследованию. Нас интересуют характеристики беспроводной связи *Wi-Fi* в конкретных условиях расположения оборудования, диктуемых расположением розетки *Ethernet* для проводного подключения роутера, подходящей горизонтальной поверхности для размещения роутера настольного исполнения. Причем, хотя планировка квартиры и материал несущих стен типовые, но мебельная индивидуальная, а заполненные книжные полки и платяные шкафы также создают препятствия для распространения радиосигнала. Исходя из вышесказанного, экспериментальная проверка характеристик беспроводной связи *Wi-Fi* в нашем случае является предпочтительной по сравнению с расчетными методами.

На рисунке показан план квартиры с расположением роутера и точек измерения характеристик беспроводной связи *Wi-Fi*. На рисунке внутренние размеры каждого помещения, ограниченного несущими стенами, составляют 5000×3000 мм.

М – точка размещения роутера, узел беспроводной *Wi-Fi*-связи.

1, 2, 3, ..., 12 – точки измерения характеристик беспроводной связи *Wi-Fi*.

Все измерения проводились на высоте 0,8 м над уровнем пола, на этой же высоте установлен модем (роутер).

В таблице приведены результаты измерений характеристик беспроводной связи *Wi-Fi* в точках, отмеченных на рисунке.

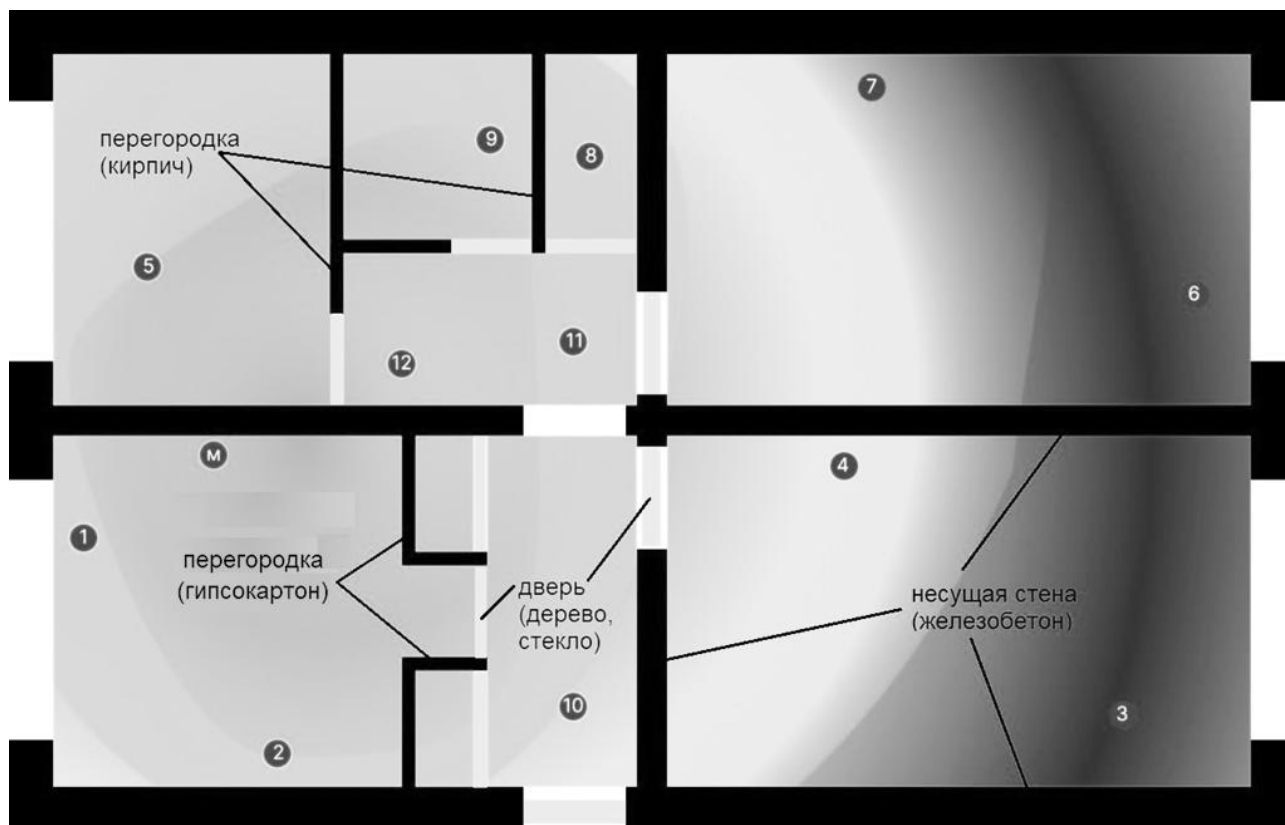


Рис. Оттеночная интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи Wi-Fi

Таблица

**Результаты измерений характеристик беспроводной связи Wi-Fi**

Характеристика	Обозначения точек, в которых проводятся измерения пинга, входящей скорости и исходящей скорости в качестве характеристик беспроводной связи Wi-Fi смартфона с роутером												
Режим связи I: автоподключение к более сильному источнику сигнала (автовывбор частотного диапазона)													
	M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ping, мс	3	3	3	4	3	5	9	4	3	3	2	3	2
Download, Мбит/с	82,8	78,2	76,7	19,7	20,1	32	19,6	18,1	23,9	32,3	34,4	35,4	35,4
Upload, Мбит/с	93,0	91,4	91,7	28,4	35,5	47,2	33,1	24,1	41,8	46,4	45,7	49,7	47,8
Download x Upload/Ping	1,000	0,928	0,913	0,054	0,093	0,118	0,028	0,042	0,130	0,195	0,306	0,228	0,330
относительно показателя в точке M													
Режим связи II: частота 5 ГГц													
Ping, мс		3	3	Связь отсутствует	5	3	6	8	4	Связь отсутствует	3	4	3
Download, Мбит/с		89,8	90,5		77,0	88,5	1,60	1,58	88,2		88,9	84,9	91,2
Upload, Мбит/с		92,6	92,0		68,1	93,1	2,51	1,45	93,0		93,1	92,9	92,8
Download x Upload/Ping	1,000	1,080	1,081		0,409	1,070	<0,001	<0,001	0,799		1,075	0,768	1,099
относительно показателя в точке M													
Режим связи III: частота 2,4 ГГц													
Ping, мс		4	3	4	3	3	4	3	4	4	3	3	3
Download, Мбит/с		35,1	35,9	18,2	21,9	36,2	17,9	23,3	31,6	37,3	34,1	32,8	36,6
Upload, Мбит/с		46,9	48,0	16,8	40,8	48,0	32,5	30,1	44,4	46,9	47,4	48,5	48,6
Download x Upload/Ping	1,000	0,160	0,224	0,030	0,116	0,226	0,057	0,091	0,137	0,170	0,210	0,207	0,231
относительно показателя в точке M													

Измерения проводились первоначально для точки М (однократно посредством ноутбука, соединенного с модемом проводной связью *Ethernet*), а затем для остальных точек последовательно в порядке возрастания номеров (для каждого из трех режимов беспроводной связи *Wi-Fi*: автоподключение к более сильному источнику сигнала (автовыбор частотного диапазона); частота 5 ГГц; частота 2,4 ГГц). Измерения не были синхронизированы, поэтому нельзя исключить, что показатели в точке М, т.е. на роутере, имеющем проводное подключение *Ethernet* к провайдеру, могли претерпевать случайные изменения в процессе производства измерений.

На рисунке дана графическая интерпретация интегральных показателей качества беспроводной связи *Wi-Fi* на основе результатов измерений для режима связи I (смотри таблицу). На рисунке более светлым оттенком обозначена зона хорошей связи. Чем темнее поле – тем хуже качество связи. Для режимов связи I и III связь в нумерованной точке условимся считать хорошей, если численное значение показателя  $Download \times Upload / Ping$ , отнесенное к базисному значению в точке М, будет не менее 0,118. Для режима связи II – не менее 0,7 соответственно.

#### Выводы

В условиях помещения с железобетонными стенами «хорошее» качество беспроводной связи *Wi-Fi* сохраняется в радиусе около 5 м от модема. На указанном расстоянии оно обеспечивается в основном на частоте 2,4 ГГц. Устойчивая беспроводная связь на частоте 2,4 ГГц сохраняется везде в пределах помещений на рисунке. Имея для режима связи III сопоставимые численные значения показателя  $Download \times Upload / Ping$  для пары точек 1 и 9, а также для пары 2 и 5, не представляется возможным сделать однозначный вывод об ухудшении качества беспроводной связи *Wi-Fi* только ввиду наличия преграды в виде железобетонной стены. Если же анализировать аналогичные по качеству связи на частоте 2,4 ГГц точки 2, 5 и 12, то можно сделать вывод, что при прохождении железобетонной стены дальность распространения сигнала уменьшается в 1,5 раза.

При частоте 5 ГГц хорошее качество беспроводной связи *Wi-Fi* обеспечивается в радиусе не более 3,5 м от модема. Уже на расстоянии 3,7 м на частоте 5 ГГц возможна потеря связи (точка 9, например). При этом в точке 4 на расстоянии 5,4 м от роутера связь, хотя и ослаблена, но устойчива. Можно констатировать явное ухудшение качества беспроводной связи *Wi-Fi* в случае, когда на пути сигнала с частотой 5 ГГц расположена железобетонная стена (точка 9), по сравнению с отсутствием железобетонного препятствия (точка 4).

Перемещение роутера из точки М к геометрическому центру плана квартиры позволило бы улучшить качество беспроводной связи *Wi-Fi* в точках 3, 4, 6 и 7, но при этом ожидается ухудшение связи в точках 1, 2 и 5.

#### Литература

1. Гейер, Дж. Беспроводные сети. Первый шаг : перевод с английского / Дж. Гейер. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 192 с.
2. Пролетарский, А. В. Беспроводные сети *Wi-Fi* / А. В. Пролетарский, И. В. Баскаков, Д. Н. Чирков. – Москва : Интернет-университет информационных технологий, Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 216 с.
3. Краткое руководство пользователя *FTTB EXPERT Inbox E70*. – URL: <https://www.onlime.ru/docs/equipment/Iskratel%20Innbox%20E70.pdf> (дата обращения: 12.01.2024). – Текст : электронный.
4. Ларионов, А. В. Экспериментальная оценка коэффициентов затухания модели ослабления радиосигнала в типовом панельном доме / А. В. Ларионов, И. А. Куан // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР, Томск, – 2019. – № 1-1. – С. 14–16.
5. Кочин, В. П. Методика быстрой оценки мощности *Wi-Fi*-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания / В. П. Кочин, Ю. И. Воротников, Д. А. Стрикелев. – URL: [http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин\\_В\\_П.pdf](http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин_В_П.pdf) (дата обращения: 19.01.2024). – Текст : электронный.
6. Канатъев, Д. М. Свойства и оптимизация работы *Wi-Fi* сети / Д. М. Канатъев, Д. А. Задорина // Экономика и социум. – 2016. – № 4 (23). – С. 838–849.

*M.Yu. Pustovetov<sup>1</sup>, K.M. Pustovetov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Don State Technical University,*

<sup>2</sup>*MIREA – Russian Technological University*

#### ASSESSMENT OF PREMISES REINFORCED CONCRETE WALLS INFLUENCE ON SIGNAL QUALITY OF WIRELESS DATA TRANSMISSION DEVICES

The article presents the results of an experimental test of the characteristics of Wi-Fi communication between a smartphone and a router within an apartment in a house with reinforced concrete load-bearing walls. Measurements of ping – the time it takes to transfer information to the server and back, download speed – the speed of receiving data from the Internet and upload speed – the speed of uploading data to the Internet were made. A graphical interpretation of the integral indicators of the quality of Wi-Fi communications is presented.

Reinforced concrete wall, ping, download speed, upload speed, router, wireless connection.