

# RESEARCH OF THE RECEPTION OF RADIO SIGNALS IN A WIRELESS RADIO NETWORK

**Radostin S. Dimov, Dimitar S. Dimov**

*Communication Networks and Systems Department, Artillery, Air Defense Communication and  
Information Systems Faculty, National Military University „V. Levski”, Shumen, Bulgaria*

*rs\_dimov@abv.bg, dimovds99@gmail.com*

# ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИЕМАНЕТО НА РАДИОСИГНАЛИ В БЕЗЖИЧНА РАДИОМРЕЖА

**Радостин С. Димов, Димитър С. Димов**

*Катедра „Комуникационни мрежи и системи“, факултет „Артилерия, противовъздушна  
отбрана, комуникационни и информационни системи“, гр. Шумен, България*

*rs\_dimov@abv.bg, dimovds99@gmail.com*

**Abstract:** *In the construction of wireless radio networks as a particular importance is the level and quality of the received radio signal to comply with radio regulations, describing the use of frequency spectrum and ensuring electromagnetic compatibility. The research of the spectral characteristics and power levels in the receiver is performed with special measuring equipment. A wireless router will be used as a transmitting device, and specialized software will be used to perform the measurements in a terminal device - a laptop with a Wi-Fi module.*

**Keywords:** *wi-fi, wireless networks, 802.11, signal analysis*

## I. ВЪВЕДЕНИЕ

Безжичните радиомрежи са обещаваща и все по-популярна технология, предлагаща голям набор от предимства пред традиционната жична технология. Тези предимства се простират от увеличено удобство за клиентите и намаляване на разходите за изграждане, до улесняване на инсталацията на мрежата. Изграждането на безжична мрежа може да спести значително количество средства, тъй като няма нужда от допълнителни кабели или мрежови комутатори. Добавянето на нови потребители се свежда до инсталирането на безжична карта и включването на машината. Безжичните мрежи се използват, също така, за предоставяне на мрежов достъп на места, където няма изградена традиционна мрежова инфраструктура. Достъпът до интернет през безжични и мобилни мрежи е нарастваща потребност за нашето общество. Удобството, което липсата на кабел води със себе си е толкова голямо, че инженерите се опитват да приложат безжичността във все повече сфери от живота на човека. [3] Една от най-популярните разработени технологии е „Wireless LAN”, която е част от съвременния живот на много от нас. Безжичната локална мрежа или WLAN (Wireless Local Area Network) се използва за предаването на информация между два

или повече обекта посредством определени радиочестоти, чрез ефира без необходимостта от механична връзка между тях (кабел). Разстоянието между обектите може да бъде от няколко метра (дистанционното устройство на телевизора) до милиони километри (комуникация между Земята и спътник в космоса). Връзката между преносимия компютър и интернет мрежата се осъществява посредством рутер. За целта са регламентирани стандартите IEEE 802.11, Bluetooth и HomeRF. [5]

## II. Модел на безжична радиомрежа

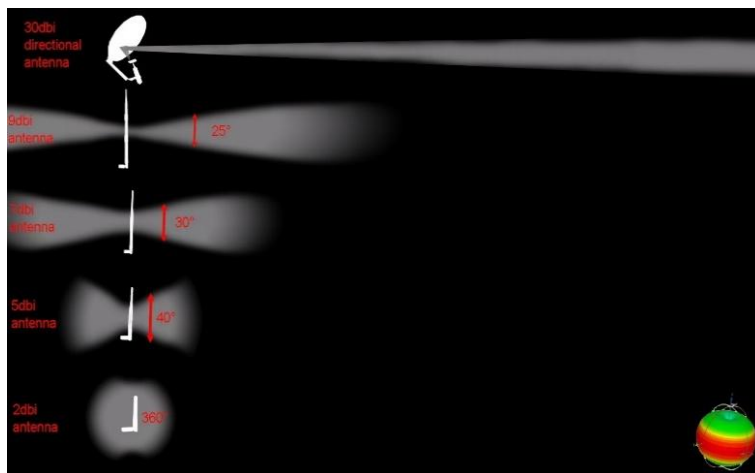
Всички станции имат безжични мрежови карти. Безжичните станции спадат в две категории: точки за достъп и клиенти. Безжичните клиенти могат да бъдат мобилни устройства като лаптопи, PDAs, IP телефони или статични устройства като настолен компютър или работни станции, които са оборудвани с безжични мрежови карти. За изследване приемането на радиосигнали в безжична радиомрежа е използвана мрежова архитектура във вид на една точка за достъп и един клиент включени в инфраструктурен режим. Това е най-популярният вариант за изграждане на Wireless LAN мрежа, като най-често точката за достъп (Access point) служи за мост към кабелната мрежа. За базова станция е използван маршрутизатор модел TL-WR740N, показан на фигура 1, от познатите за нас вече серии на TP-LINK, който формира зона на радиодействие. Това е устройство за комбинирана кабелна/безжична мрежова връзка, обединяващо маршрутизатор (рутер) за споделяне на интернет с 4-портов комутатор (суич). Освен това устройството поддържа WEP/WPA/WPA2 стандартите за криптиране на данни. [6]



**Фиг. 1:** *Маршрутизатор TL-WR740N*

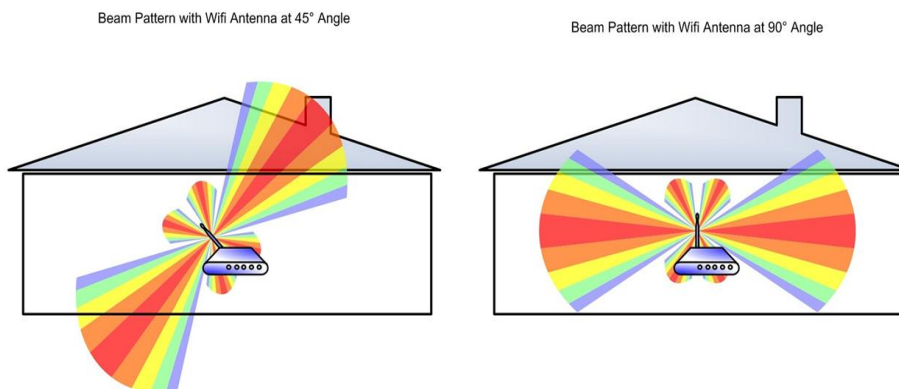
Състава на устройството включва 5 dBi фиксирана ненасочена антена, както и захранващ адаптер 5V/0.6A. Безжичният N рутер е съвместим със стандартите IEEE 802.11b&g, базиран е на 802.11n технология и осигурява 802.11n производителност със скорост на трансфер до 150 Mbps, или това е 9X скоростта и 4X обхвата на традиционните 11g продукти. Устройството изгражда честотен канал в диапазона от 2.4-2.4835Ghz с честотна лента  $\Delta f=20\text{Mhz}$  или 40Mhz - при режим на работа с два честотни канала. [2]

Омни антената е предназначена за преобразуване на електрическият ток в електромагнитни вълни и обратно, като формира зона на радиодействие. Характеризира се със сравнително голямо усилване – 5dBi в цялата широчина на работната лента 2.4-2.4835Ghz, като увеличава работният обхват и подобрява производителността на безжичната мрежа. На фигура 2 са показани диаграмите на насочено действие за 2,5,7,9 и 30 dBi антени.



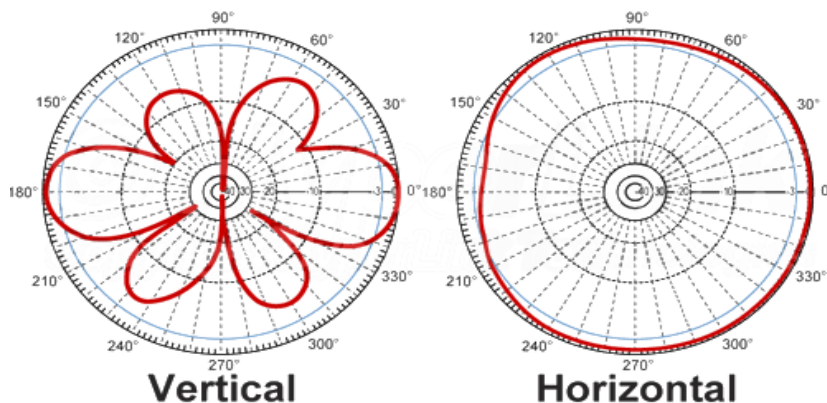
**Фиг. 2:** ДНД за 2,5,7,9 и 30 dBi антени

Освен това, избрания маршрутизатор има възможност за регулиране наклона на антената. На фигура 3 са показани диаграмите за антена наклонена под ъгъл 45 градуса и 90 градуса.



**Фиг. 3:** ДНД за наклонени антени на ъгли 45 и 90 градуса

На фигура 4 е показана диаграмата за насочено действие (ДНД) за 5dBi омни антена във вертикална и хоризонтална плоскост.



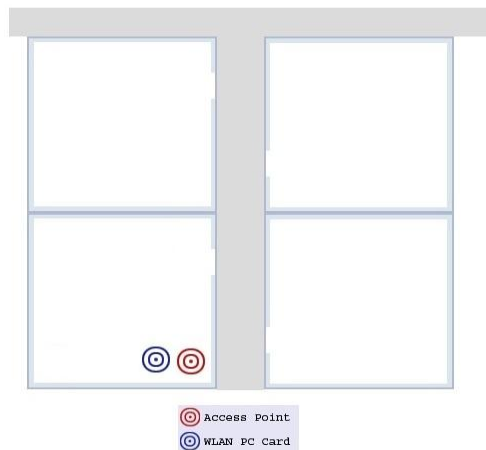
**Фиг. 4:** ДНД за 5dBi антена във вертикална и хоризонтална плоскост

За крайното устройство, в ролята на клиент, е използван преносим персонален компютър (лаптоп) Lenovo модел G510-20238, показан на фигура 5.



**Фиг. 5:** Крайно устройство в безжичната мрежа

Така описаният модел е реализиран в едноетажна сграда с четири помещения, чиято архитектурата е показана на фигура 6.



**Фиг. 6:** Модел на опитна постановка

Работата на Wi-Fi рутера е да приема сигнал в единици и нули от Ethernet връзката си, да я преобразува в радио вълни и да я изпраща към адаптера на лаптопа. Той пък я приема, чрез антената си, декодира я в единици и нули и я представя. Когато трябва да върне информация, всичко минава по обратния път. В затворени пространства, безжична мрежа може да предава данни на разстояние от 20 до 45 метра, поради високата интерференция. На открито обаче такава мрежа може да работи от разстояние до над 300 метра.

За анализ на изложената Wi-Fi мрежа, следва да се изгради безжична връзка между показаната по-горе точка за достъп (фигура 1) и крайното устройство (фигура 5), след което се използва софтуерно-базирана програма, инсталирана на терминала, с която се изследва изменението на „dBm” стойностите, характеризиращи силата на безжичния сигнал, в зависимост от разстоянието между двете устройства. Също така се идентифицира заетият честотен канал, както и се получава достъп до информация като SSID-то на мрежата заедно с детайлите и.

Реализирането на такъв тип безжична мрежа е удачно, когато става дума за свързването на няколко терминала в домашни условия или малък офис, а точката за достъп ще “доставя” интер-

нет от доставчика посредством LAN кабел. При наличието на няколко компютъра в едно помещение премахването на натрупаните UTP кабели е удачно решение в посока подобряване на интериора на помещението. Поради ненужността от пряка видимост безжичният достъп може да се разшири до границите на дома ни. Важна особеност, която следва да се отбележи, е че Wi-Fi мрежите могат да бъдат подслушвани и да се използват за копиране на данни (включително лични данни) предадени по мрежата, когато не се използва криптиране. Препоръчително е използването на https връзка за защита от край до край. Това прави дори отворените мрежи сигурни. WPA2 не защитава от подслушване от друго безжично устройство асоциирано към същата мрежа, нито от подслушване на кабелната връзка до интернет доставчика. [7] Друга особеност на такъв тип мрежа, е че закъснението на сигнала е вариращо и е по-голямо, отколкото при директната връзка, което може да е неподходящо за предаване на аудио и видео в реално време или за обмен на данни с голям брой потребители едновременно.

Мрежовите рутери предоставят възможност за връзка при различни условия, но те също притежават краен брой мрежови конекции, които могат да се извършат. При по-простите модели има възможност за 5–6 дори 10 едновременно свързани безжични устройства, но съществуват специализирани, доста внушителни изделия, които предлагат безкабелна комуникация между стотици компютърни системи. [1]

### **III. Изследване на сигналите в реализираната безжична мрежа**

След като е извършена необходимата настройка и устройствата са конфигурирани, се пристъпва към анализ на формираната връзка между тях. За целта се използва безплатен софтуерен анализатор на Wi-Fi радиомрежи – “Acrylic Wi-Fi Home”. Този инструмент предоставя базови данни за безжичната мрежа, като по същество представлява Wi-Fi скенер, който е опростена и безплатна версия на професионалния “Acrylic Wi-Fi”. Интерфейса е разбираем и показва списък от SSID-та заедно с детайлите им. Друг тип информация, която дава са “dBm” стойностите (сила на сигнала изразена от 0 до -100, като “0” е възможно най-добрия сигнал) за RSSI (Received Signal Strength Indication), може да именува 802.11 стандарта (включително 802.11ac), разпознава по-големи мрежи и идентифицира различните честотни канали. Тъй като е безплатна версия, не може да разкрива скритите SSID-та, но показва какво знае мрежата за тях. Също така анализатора дава информация за статуса на сигурността както и MAC-адресите. Изследването е извършено по модела предложен на фигура 6.

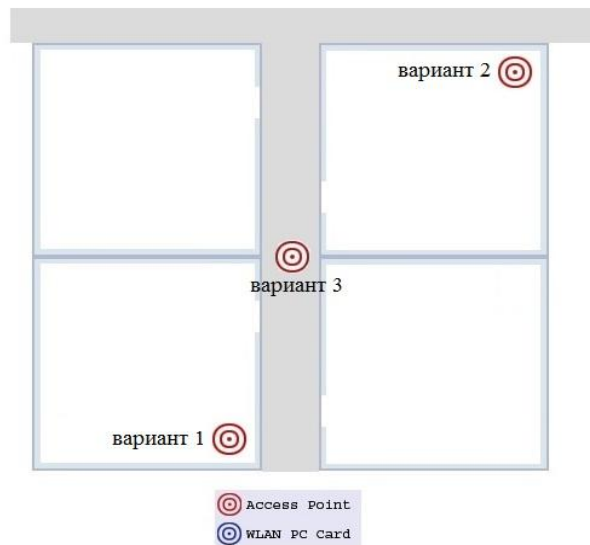
След като е позиционирана и настроена правилно точката за достъп, се включва анализатора инсталиран на крайния терминал (фигура 7).



Фиг. 7: Интерфейс на „Acrylic Wi-Fi”

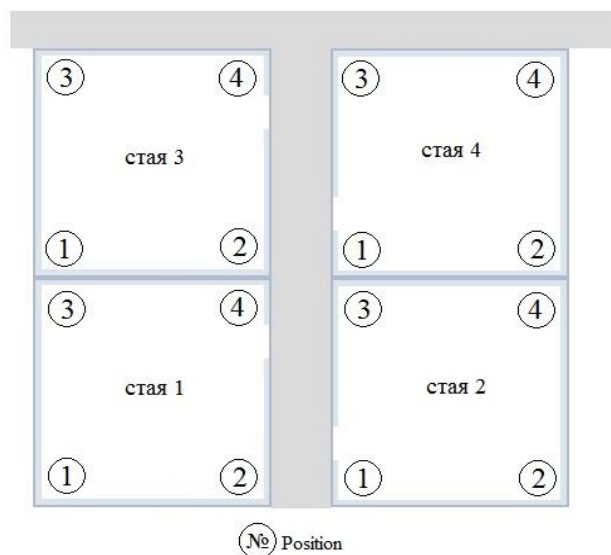
Както се вижда, рутера е формирал честотен канал в диапазона 2462-2482MHz, централната честота е 2472MHz или това е 13-ти радиоканал. В този случай точката за достъп и крайният терминал се намират в непосредствена близост, вследствие на което е измерено сравнително високо ниво на приетия радиосигнал (-23dBm). На фигура 7 се наблюдават още 3 W-Fi мрежи в обхвата на мрежовата карта на лаптопа, като на една от тях SSID-то е скрито (hidden), но въпреки това скенера дава информация за другите детайли на тази мрежа. За разлика от „WirelessNetwork”, всички останали мрежи са дефинирани в други честотни канали, но както се вижда дори и „WirelessNetwork” да бъде приведена в режим на работа с 3-ти канал, това няма да доведе до невъзможност за работа в мрежата, тъй като нивата на радиосигналите на останалите безжични мрежи са твърде слаби и те ще представляват просто шум за посочената мрежа. Колко повече близко разположени безжични рутери работят на идентични или близки честотни канали, толкова интерференцията ще нараства.

Анализът на характеристиките на предвидената безжична мрежа е разгледан в 3 варианта, като за всеки от тях точката за достъп е позиционирана на различно място по избраната схема (фигура 8).



**Фиг. 8:** Три варианта за разположение на точката за достъп

Позициите, от които са разгледани характеристиките на безжичната връзка за всеки вариант, са показани на фигура 9.



**Фиг. 9:** Контролни точки за измерване

И при трите варианта характеристиките на безжичната връзка са изследвани от 4 различни позиции във всяко затворено помещение на схемата или това са общо 15 позиции за вариант 1 и 2, и 16 позиции за вариант 3. При вариант 1 и 2, за всяка позиция от 4-те помещения, ъгъла и разстоянието до точката за достъп са различни. При вариант 3, ъглите и разстоянията са пропорционални за позициите при всяко от 4-те помещения. За вариант 1 маршрутизатора е позициониран в долния десен ъгъл на стая 1. За вариант 2 точката за достъп е фиксирана в горния десен ъгъл на стая 4, а при вариант 3 рутера е разположен в центъра на схемата, симетрично относно четирите помещения. При това крайното устройство с мрежовата си карта се установява на всяка от позициите за четирите помещения. Получените резултати за варианти 1, 2 и 3 са приведени в таблици 1, 2 и 3.

**Таблица 1: Получени резултати за вариант 1**

Вариант 1					
Стая	Позиция №	SSID	Wi-Fi канал	$r_{\text{хор}}$ [m]	RSSI [dBm]
Стая 1	1	WirelessNetwork	13	5	-46
	2	WirelessNetwork	13	7	-50
	3	WirelessNetwork	13	5	-47
Стая 2	1	WirelessNetwork	13	4	-58
	2	WirelessNetwork	13	9	-68
	3	WirelessNetwork	13	7	-65
	4	WirelessNetwork	13	11	-70
Стая 3	1	WirelessNetwork	13	8	-63
	2	WirelessNetwork	13	7	-61
	3	WirelessNetwork	13	15	-69
	4	WirelessNetwork	13	12	-65
Стая 4	1	WirelessNetwork	13	8	-62
	2	WirelessNetwork	13	12	-73
	3	WirelessNetwork	13	13	-72
	4	WirelessNetwork	13	15	-69



**Таблица 2: Получени резултати за вариант 2**

Вариант 2					
Стая	Позиция №	SSID	Wi-Fi канал	$r_{\text{хор}}$ [m]	RSSI [dBm]
Стая 1	1	WirelessNetwork	13	18	-73
	2	WirelessNetwork	13	15	-68
	3	WirelessNetwork	13	15	-66
	4	WirelessNetwork	13	11	-63
Стая 2	1	WirelessNetwork	13	15	-73
	2	WirelessNetwork	13	12	-72
	3	WirelessNetwork	13	8	-66
	4	WirelessNetwork	13	7	-62
Стая 3	1	WirelessNetwork	13	14	-64
	2	WirelessNetwork	13	11	-61
	3	WirelessNetwork	13	14	-63
	4	WirelessNetwork	13	9	-51
Стая 4	1	WirelessNetwork	13	7	-55
	2	WirelessNetwork	13	5	-45
	3	WirelessNetwork	13	5	-41

**Таблица 3: Получени резултати за вариант 3**

Вариант 3					
Стая	Позиция №	SSID	Wi-Fi канал	$r_{\text{хор}}$ [m]	RSSI [dBm]
Стая 1	1	WirelessNetwork	13	9	-64
	2	WirelessNetwork	13	7	-60
	3	WirelessNetwork	13	7	-55
	4	WirelessNetwork	13	2	-47
Стая 2	1	WirelessNetwork	13	7	-61
	2	WirelessNetwork	13	9	-64
	3	WirelessNetwork	13	2	-49
	4	WirelessNetwork	13	7	-59
Стая 3	1	WirelessNetwork	13	7	-55
	2	WirelessNetwork	13	2	-45
	3	WirelessNetwork	13	9	-64
	4	WirelessNetwork	13	7	-61
Стая 4	1	WirelessNetwork	13	2	-46
	2	WirelessNetwork	13	7	-55
	3	WirelessNetwork	13	7	-49
	4	WirelessNetwork	13	9	-65

При различните варианти точката за достъп е установена в точно фиксирано положение, при което са направени съответните измервания за всяка от позициите в различните помещения. Изборът на ъгъла на наклон на антената е важна особеност, тъй като това води до изместване на главния максимум на ДНД, а това от своя страна ще въведе изменение в обхвата и производителността на мрежата. За избягване на възможността крайното устройство да попадне в страничните листи на ДНД на антената, в предвидената мрежа са направени експериментални опити, в резултат на които е избран такъв ъгъл на наклон на антената, при който главния максимум на ДНД е насочен към крайния терминал. При това, точките в които получаваме максимално ниво на приетия сигнал в изследваните помещения са както следва:

- За вариант 1: Позиции 1 и 3 от стая 1.
- За вариант 2: Позиции 2 и 3 от стая 4.
- За вариант 3: Позиции 4, 3, 2 и 1 съответно за стаи 1,2,3 и 4.

Наблюдават се основно загуби от разсейване при разпространение на електромагнитните вълни, предизвикани от естественото затихване с увеличаване на разстоянието от предавателната антена. В определени позиции се наблюдават по-големи загуби, въпреки по-малкото разстояние между маршрутизатора и крайното устройство, вследствие на т. нар дисперсия (отместване) във времето, възникващо поради многопътното разпространение на електромагнитните вълни и причиняващо междусимволна интерференция. Това води до изкривяване на приетия сигнал поради взаимодействието на предавания символ от сигнала със закъснели копия на предходни символи. При това междусимволната интерференция влияе на сигнала като допълнителен шум в канала. Големите обекти, както и наличието на железобетонни стени причиняват загуби на сигнала, пропорционални на количеството и свойствата на преградите, като стръмността на намаляването на сигнала е по-голяма от тази в свободно пространство. При наличие на интерференция от съседни Wi-Fi сигнали, т.е. работния канал е твърде натоварен, се влошава значително работата на мрежата, в резултат на което се пристъпва към смяна на честотния канал със свободен такъв. Въпреки това, резултатите от тестовете до голяма степен зависят от средата, в която се провеждат. В този смисъл, ако се извършат опити за определяне нивото на приетия сигнал между две безжични мрежови устройства в една географска точка, почти сигурно е, че няма да могат да се постигнат идентични условия в някоя друга точка. [4]

В представения модел безжичната мрежа е представена и изследвана детайлно, но извършването на измервания и изследвания на характеристиките на електромагнитни сигнали се оказва отговорна дейност, що се отнася до спазване на регламентиращите документи за използване на радио ефира и повишаване на електромагнитната съвместимост. При това сравнявайки получените резултати за различните варианти, се оказва от първостепенна важност какви задачи ще изпълнява Wi-Fi мрежата и с каква цел ще бъде изградена. В зависимост от това в кои от изследваните помещения ще е необходимо реализирането на такъв тип безжична мрежа, то целесъобразно е точката за достъп да бъде фиксирана в позиция на възможно по-малко разстояние от крайните терминали, при това обхвата трябва да бъде оптимален за избраните стаи. За подобряване приеждането на радиосигналите, трябва да има и възможно по-малко препятствия по пътя на сигнала, като железобетонни стени, подове, големи обекти и т.н., т.е. потенциалните радиосмущения причинени от тези препятствия също ще бъдат с по-ниска интензивност. Това ще увеличи производителността на мрежата, следователно и нивото на приетия сигнал ще бъде сравнително високо. Независимо от получените резултати, се оказва невъзможно да се определи кой от пока-

заните варианти е най-сполучлив или най-удачен за предвидения модел. Например, в случай че стая 1 е с най-висока интензивност на използване на мрежата, то целесъобразно е точката за достъп да бъде установена в същата тази стая. В случай че стая 1 е неизползваема, то удачно е точката за достъп да бъде позиционирана в стая 4, при това симетрично относно стаи 2 и 3. В случай че и четирите стаи от показаната схема се използват равномерно, то и обхвата на мрежата трябва да е оптимален за всички помещения, при това е целесъобразно безжичната мрежа да бъде изградена по вариант 3.

#### **IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

За анализа на параметрите на реализираното радиопокрытие са дефинирани 3 модела с определен брой контролни точки. Измерва се нивото по мощност на радиосигналите и се тества за надеждността и стабилността на радиовръзката, честотното разпределение на радиосигналите и влиянието на наличните други безжични мрежи. Представените експериментални резултати показват, че чрез използване на такъв тип маршрутизатор лесно може да се реализира качествено радиопокрытие, но само в случаите когато имаме отлична пряка видимост. Създадения модел на безжична мрежа е на закрито, т.е. наличието на препятствия като стени, големи обекти и т.н. влошават работата на мрежата, като затихванията на сигналите нарастват значително. Ако трябва да се осигури свързаност в отделни жилищни сгради е необходимо да се използва допълнително антенно оборудване. За тази цел като добър вариант може да се предложи използването на мачта и станция, изпълняваща функцията на „повторител”, за локално приемане, усилване и осигуряване на стабилни параметри и надеждност на сигнала. След направеното изследване на предложениния модел е установен радиус на действие на безжичната мрежа приблизително 30 м. Увеличавайки това разстояние, затихването на сигнала е твърде голямо, в резултат на което установяването на безжична връзка е практически невъзможно.

#### **References**

- [1] Eldad Perahia, Robert Stacey, “Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac”, 2013
- [2] IEEE Std 802.11, 2016
- [3] Александър Петров Милев, “КОМПЮТЪРНИ МРЕЖИ И КОМУНИКАЦИИ”, 2014
- [4] Clint Smith, Daniel Collins, “Wireless Networks”, 2014
- [5] Chandra, Dobkin, Bensky, Olexa, Lide, Dowla, “Wireless Networking: Know It All”, Elsevier Inc., 2008
- [6] Krishna Sankar, “Cisco Wireless LAN Security”, Cisco Systems Inc., 2005
- [7] Kevin Benton, “The Evolution of 802.11 Wireless Security”, UNLV Informatics, 2010