

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ WI-FI

DOI: 10.36724/2072-8735-2021-15-7-28-33

**Шарифуллина Альбина Юрьевна,**  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, Казань, Россия,  
[albina.040491@gmail.com](mailto:albina.040491@gmail.com)

**Галямов Роман Равилевич,**  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, Казань, Россия,  
[sautp@yandex.ru](mailto:sautp@yandex.ru)

**Зарипова Римма Солтановна,**  
Казанский национальный исследовательский  
технологический университет;  
Казанский государственный энергетический  
университет, Казань, Россия,  
[zarrimma@mail.ru](mailto:zarrimma@mail.ru)

Manuscript received 26 February 2021;

Revised 30 March 2021;

Accepted 26 April 2021

**Ключевые слова:** беспроводные сети, IEEE 802.11,  
Wi-Fi, скорость передачи данных, принцип создания  
компьютерных сетей

Рассматриваются этапы развития, характеристики беспроводной локальной сети Wi-Fi, варианты ее топологий и применяемого оборудования. В настоящее время существуют такие различные виды беспроводных сетей, как Wireless Wide Area Network, Wireless Metropolitan Area Networks (Wireless Neighbourhood Area Network), Wireless Local Area Network, Wireless Personal Area Network. Каждая из перечисленных беспроводных сетей имеет свой определенный радиус действия и свое применение. Беспроводная локальная сеть Wi-Fi относится к Wireless Local Area Network (беспроводная локальная вычислительная сеть). Первый стандарт беспроводной локальной сети Wi-Fi был одобрен в 1997 г. От момента появления до наших дней появились следующие стандарты данной сети 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ad, 802.11ax. Для каждого стандарта указаны скорости и диапазоны частот, на которых осуществлялась передача данных, а также описаны технологии, на которых они построены. Беспроводная локальная сеть Wi-Fi имеет три топологии: 1) Ad-Hoc ("точка-точка") или Independent Basic Service Set; 2) Basic Service Set ("клиент/сервер") и 3) Extended Service Set ("расширенные зоны обслуживания"). Для построения сети Wi-Fi применяются сетевые адаптеры, точки доступа, роутеры, ADSL-модемы, Wi-Fi телефоны, Wi-Fi антенны, Wi-Fi репитеры. Wi-Fi адаптеры используются устройствами, не имеющими встроенного Wi-Fi-модуля. Wi-Fi точки доступа предназначены для организации беспроводного доступа в рамках локальной сети. Wi-Fi роутеры предназначены для маршрутизации трафика в компьютерной сети. ADSL-модемы используются для доступа в Интернет через телефонную линию. Wi-Fi репитеры используют для расширения зоны покрытия беспроводной сети используя уже установленное оборудование. Wi-Fi телефоны – представляют собой беспроводные IP-телефоны. Антенны Wi-Fi используются для увеличения дальности работы беспроводной сети.

#### Информация об авторах:

**Шарифуллина Альбина Юрьевна**, старший преподаватель, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

**Галямов Роман Равилевич**, старший преподаватель, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

**Зарипова Римма Солтановна**, к.т.н., доцент, Казанский национальный исследовательский технологический университет; Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия

#### Для цитирования:

Шарифуллина А.Ю., Галямов Р.Р., Зарипова Р.С. Технические принципы создания беспроводной локальной сети Wi-Fi // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Том 15. №7. С. 28-33.

#### For citation:

Sharifullina A.Y., Galyamov R.R., Zaripova R.S. (2021) Technical principles for creating a wireless local network Wi-Fi. T-Comm, vol. 15, no.7, pp. 28-33. (in Russian)

В настоящее время стремительное развитие в области информационных коммуникаций получили беспроводные сети различных стандартов. Это связано с удобством их использования, дешевизной, а также хорошей пропускной способностью. Отсутствие зависимости от проводных телефонных и компьютерных сетей позволяет действовать пользователям сети эффективнее и продуктивнее, так как отсутствует привязанность к определенным информационным коммуникациям. В результате можно сделать предположение, что беспроводные сети в будущем могут существенно потеснить проводные.

Беспроводные сети делятся на:

– WWAN (Wireless Wide Area Network) – в основном это сети сотовой связи (GSM, GPRS, EDGE, HSDPA, LTE, NR).

– WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) – беспроводные городские сети, или сети мегаполисов. (WiMAX, Wi-SUN).

– WLAN (Wireless Local Area Network) – беспроводные локальные вычислительные сети (UWB, ZigBee, Wi-Fi).

– WPAN (Wireless Personal Area Network) – беспроводные персональные сети, для соединения устройств, сосредоточенных вокруг рабочего пространства, например для связи компьютера с периферийными устройствами (клавиатура, мышь и т.д.). (RuBee, X10, Bluetooth, Z-Wave, ISA100.11A, NFC). [1,2,3].

На рисунке 1 представлено разделение беспроводных сетей в зависимости от дальности их действия.

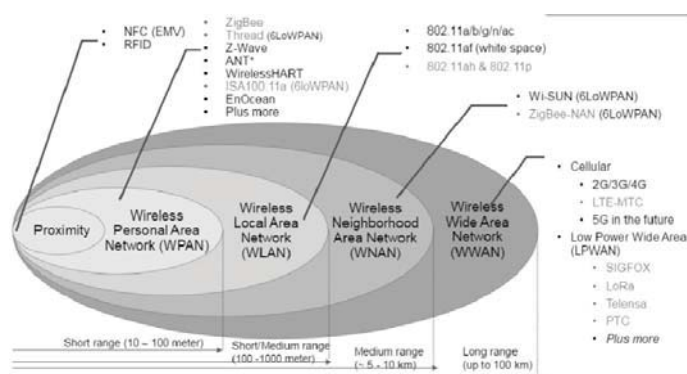


Рис. 1. Беспроводные сети по радиусу действия: персональные, локальные, городские и глобальные

Беспроводная сеть Wi-Fi – это стандарт широкополосной беспроводной связи семейства 802.11, которая является одним из наиболее быстро развивающихся сегментов телекоммуникаций [1].

В 1997 году Институтом инженеров по электротехнике и радиоэлектронике был одобрен первый стандарт беспроводных сетей 802.11. Данный стандарт был построен на технологиях Frequency Hopping Spread Spectrum (псевдослучайная перестройка рабочей частоты) и Direct Sequence Spread Spectrum (широкополосная модуляция с прямым расширением спектра) и обеспечивал скорости передачи данных до 2-х Мбит/с.

В 1999 году появились стандарты 802.11a и 802.11b. Стандарт 802.11a построен на основе технологии цифровой модуляции Orthogonal Frequency Division Multiplexing (ортогональное мультиплексирование с разделением частот) и работает в частотном диапазоне 5 ГГц. В идеальных услови-

ях данный стандарт может обеспечивать скорость передачи данных до 54 Мбит/с. Стандарт 802.11b построен на технологии Direct Sequence Spread Spectrum (широкополосная модуляция с прямым расширением спектра) и работает в диапазоне частот 2.4 ГГц, обеспечивая скорость передачи данных до 11 Мбит/с.

В 2003 году появился стандарт 802.11g. Данный стандарт использует технологию Orthogonal Frequency Division Multiplexing и позволяет обеспечивать скорость передачи данных до 54 Мбит/с.

11 сентября 2009 IEEE был утверждён стандарт 802.11n. Данный стандарт использующий передачу данных сразу через четыре антенны, теоретически может обеспечить скорость передачи данных до 600 Мбит/с. Скорость передачи данных по одной антенне составляет до 150 Мбит/с.

Устройства семейства 802.11 работают в диапазонах частот 2,4-2,5 или 5,0 ГГц в трёх режимах:

- 1) наследуемый (Legacy) – 802.11b/g и 802.11a;
- 2) смешанный (Mixed) – 802.11b/g, 802.11a и 802.11n;
- 3) «чистый» – 802.11n.

В январе 2011 IEEE был принят черновой вариант стандарта 802.11ac. Данный стандарт использует только частотный диапазон 5 ГГц, обеспечивает в три раза большую скорость передачи данных (теоретически 1,3 гигабит/с), а также имеет более широкий диапазон покрытия и более стабильный сигнал. Данные улучшения достигаются благодаря используемой в стандарте технологии формирования луча («бимформинг»), при которой сигнал Wi-Fi направляется прямо на устройство, за счёт распознавания его местоположения. Еще одним положительным моментом стандарта 802.11ac является то, что за счет использования диапазона частот 5 ГГц устраняются помехи.

Параллельно с 802.11ac развивается стандарт 802.11ad (неофициальное название – Wi-Gig). Данный стандарт работает на центральной частоте 60 ГГц, обеспечивая скорость передачи данных до 7 Гбит/с, и позволяет подключать такие устройства как мониторы, внешние жесткие диски и т.п., а также обеспечивает передачу больших объемов данных (например, несжатого HD-видео) по беспроводной сети.

Еще один стандарт 802.11ax (High-Efficiency Wireless) – стандарт беспроводных локальных компьютерных сетей. Данный стандарт предназначен для работы в диапазонах частот 2,4 и 5 ГГц. Стандарт также предлагает возможность добавлять дополнительные полосы частот от 1 до 7 ГГц по мере их появления. В 2019 году был представлен окончательный вариант стандарта 802.11ax. В 2020 году ожидалось окончательное утверждение стандарта.

Выделяют три топологии беспроводных сетей Wi-Fi:

1) Ad-Нос («точка-точка») – децентрализованный режим беспроводной сети. Здесь абонентские станции взаимодействуют непосредственно друг с другом без точки доступа или Wi-Fi роутера. Этот режим также называют IBSS (Independent Basic Service Set).

2) Данная топология представляет собой простейшую структуру локальной сети (рис. 2) и удобна для срочного развертывания сетей с использованием минимального количества оборудования (достаточно, чтобы каждая станция была оснащена беспроводным адаптером Wi-Fi).

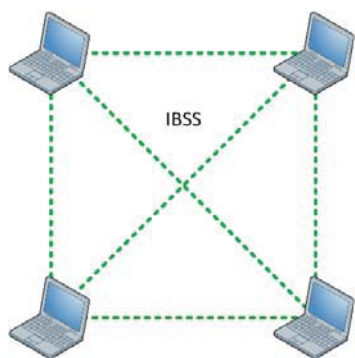


Рис. 2. Топология Ad-Hoc

3) Basic Service Set (BSS, «клиент/сервер») - инфраструктурная конфигурация или базовый набор услуг (рис. 3). Взаимодействие сетевых узлов между собой осуществляется через точку доступа (Access Point, AP, также ее называют беспроводной базовой станцией). Беспроводная базовая станция – центральный элемент связи всех станций BSS. Она также может выступать в качестве моста для подключения к внешней кабельной сети, например, Ethernet, через порт восходящего канала (uplink port).

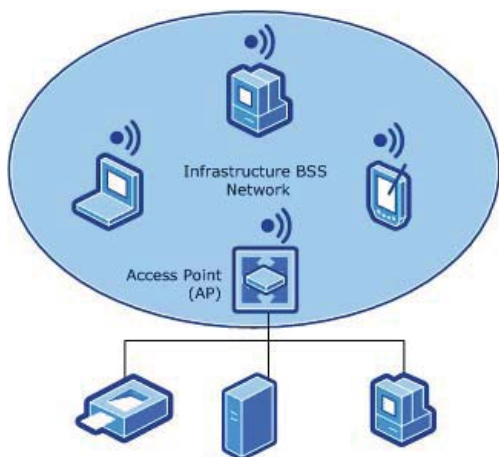


Рис. 3. Топология Basic Service Set

4) Extended Service Set (ESS) – расширенные зоны обслуживания. С помощью данной технологии соединения появляется возможность объединения несколько точек доступа, т.е. нескольких сетей Basic Service Set. Для эффективной организации трафика в сети между ее сегментами обмен данными между беспроводными базовыми станциями может осуществляться как через проводное соединение (рис.4), так посредством радиомостов. Extended Service Set удобно применять при объединении нескольких пользователей или при подключении нескольких проводных или беспроводных сетей в одну сеть [5, 6].

Для организации беспроводных сетей Wi-Fi используется следующее оборудование:

1) Сетевые Wi-Fi адаптеры применяются при подключении устройств, не имеющих встроенного Wi-Fi-модуля, к беспроводным сетям.

Сетевые адаптеры Wi-Fi классифицируются:

- по типу интерфейса подключения (PCI, PCMCIA, micro-PCI, USB);
- по способу установки (внутренние и внешние);

- по требованиям к скорости передачи данных – со скоростью 54, 108, 150, 300, 450 Мбит/с;
- по требованиям к радиусу зоны покрытия Wi-Fi сети – до 50 метров в помещении и до 100 метров вне помещения;
- по наличию встроенных или внешних антенн.
- по поддержке режима Ad-Hoc или режима BSS.
- по поддержке технологий Universal Plug and Play, Wi-Fi Protected Setup, Wi-Fi Multimedia, Single Input Multiple Output, Multiple Input Multiple Output.

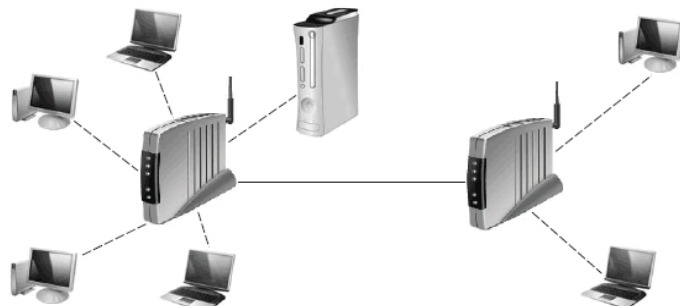


Рис. 4. Топология Extended Service Set

Внутренние адаптеры или PCI-адаптеры (рис. 5.) обеспечивают подключение стационарных компьютеров с PCI-интерфейсами к беспроводной сети.



Рис. 5. Wi-Fi PCI-адаптеры

PCI-адаптеры имеют одну или несколько внешних всенаправленных антенн с высоким коэффициентом усиления и расширенным диапазоном действия. PCI-адаптерами обеспечивается скорость передачи данных до 300 Мбит/с и стабильный прием сигнала.

Внешние адаптеры или USB-адаптеры (рис. 6) используются для подключения любого компьютер с USB-интерфейсом к беспроводной сети.



Рис. 6. Wi-Fi USB-адаптеры

2) i-Fi беспроводные базовые станции или Wi-Fi точки доступа – устройства, которые применяются для организации беспроводного доступа в рамках локальной сети, с доступом в Интернет.

Wi-Fi точки доступа имеют один или несколько сетевых интерфейсов для настройки точки и для подключения к обычной проводной сети. Как правило, на практике, беспроводные базовые станции доступа одновременно могут обслуживать до 15 клиентов.

Современные беспроводные базовые станции Wi-Fi могут выполнять функции маршрутизатора, беспроводного сетевого адаптера, и, например, кабельного модема. Беспроводные базовые станции, совмещенные с маршрутизаторами, обеспечивают дополнительные сервисы в сети DNS, DHCP, Fire Wall, DMZ и другие.

3) Wi-Fi роутеры (рис. 7) используются для маршрутизации трафика в компьютерной сети. Роутер может иметь одну или две антенны для работы с сетью Wi-Fi и кабельные порты LAN и WAN. Для подключения пользователей внутри сети используется порт LAN, а для подключения внешнего канала связи – порт WAN. Wi-Fi роутер объединяет проводные сети и сети Wi-Fi и осуществляет маршрутизацию между ними. Все Wi-Fi роутеры управляются через веб-интерфейс.



Рис. 7. Wi-Fi роутеры

Wi-Fi роутеры в зависимости от модели могут выполнять дополнительные функции Wi-Fi маршрутизаторов, такие как:

- NAT. Используя NAT Wi-Fi роутер обеспечивает устройствам локальной сети доступ во внешнюю сеть через один внешний IP адрес.
- DHCP-сервер. Сервер автоматически присваивает IP-адреса узлам Wi-Fi сети.
- Поддержка протокола Quality of Service. Данный протокол обеспечивает приоритизацию трафика, т.е. деление трафика на классы с предоставлением им разных приоритетов в обслуживании.
- Поддержка опций Virtual Server и ALG. Они позволяют предоставлять сервисы локальной сети созданной устройством для пользователей Интернет.
- Multiple Input Multiple Output
- Поддержка технологии передачи данных Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и ATM.
- Поддержка разных типов кабельных соединений.

– Поддержка WAN-соединения (порт RJ-45). Наличие резервных портов WAN позволяет использовать сразу несколько каналов интернет от разных провайдеров.

– Поддержка технологии коммутации уровня 4 (Layer 4 Switching).

– Поддержка одноадресного (unicast) и многоадресного (multicast) трафика.

– Поддержка Universal Plug and Play (UPnP) с автоматическим конфигурированием устройств для протоколов RTP/RTSP, SIP, FTP, TFTP, NTP, и SMTP.

– Высокая скорость передачи данных.

– Соответствие спецификациям протокола IEEE 802.11n.

– Возможность открывать общий доступ к USB-накопителям или использовать в качестве принт-сервера.

– Наличие VoIP-модуля, что позволяет использовать роутер для IP-телефонии.

– Защита данных передаваемых по Wi-Fi обеспечивают протоколы WPA/WPA2-RADIUS, WPA/WPA2-PSK и WEP.

4) i-Fi ADSL-модемы (рис. 8) – являются многофункциональными устройствами, предназначенными для доступа в Интернет через телефонную линию и организующими беспроводной доступ в рамках локальной сети с возможностью выхода в Интернет.



Рис. 8. Wi-Fi ADSL-модемы

ADSL-модемы делятся на четыре группы:

а) Внутренние ADSL-модемы. Данные модемы не могут работать без соответствующих драйверов, их настройка осуществляется с помощью специальной утилиты.

б) Внешние ADSL-модемы с интерфейсом USB. Они имеют два разъема: USB-разъем и разъем для подключения телефонной линии.

в) Внешние модемы с интерфейсом Ethernet. При использовании данного модема необходима операционная система поддерживающая протокол TCP/IP и сетевую карту с интерфейсом 10BaseT.

г) Внешние маршрутизаторы (роутеры) с интерфейсом Ethernet. Они имеют встроенную поддержку NAT – технологии использования трансляции сетевых адресов.

Существуют также двустандартные ADSL-модемы, с обоими интерфейсами – как USB, так и Ethernet.

5) Wi-Fi репитеры – представляют собой устройства, предназначенные для расширения зоны покрытия беспроводной сети используя уже установленное оборудование.

б) i-Fi телефоны – представляют собой беспроводные IP-телефоны. Они дают возможность использовать IP-телефонию в беспроводных сетях, подключенных к высокоскоростным Internet-каналам.

7) Антенны Wi-Fi (рис. 9) – пассивное Wi-Fi оборудование. Антенны используются для увеличения дальности работы беспроводной сети и одновременно улучшают передачу и прием сигналов. Wi-Fi антенны не требуют ПО для конфигурирования или инсталляции, могут иметь различные коэффициенты усиления.



Рис.9. Антенны Wi-Fi

Антенны, используемые для оборудования Wi-Fi, бывают:

- а) внутренние (различный коэффициент усиления (5-8 dBi), направленного и всенаправленного действия, с углом вращения до 360° и углом наклона до 180°).
- б) внешние (различный коэффициент усиления (8-14 dBi), направленного и всенаправленного действия,

увеличивают зону покрытия и скорость передачи). Модели Wi-Fi антенн, рассчитанные на внешнее использование, устойчивы к ветру определенной силы, а также к ударам молнии (при добавлении Outdoor Arrestor Kit) [7].

#### Литература

1. Чупаев А.В., Шарифуллина А.Ю., Ахмерова А.Н., Шарифуллин А.Ю. Беспроводные промышленные сети на базе ISA-100.11.a и WirelessHART. Расчет основных энергетических и информационных параметров // Вестник Казанского технологического университета 2018. Т. 21. №7 С. 116-120.
2. Шарифуллина А.Ю., Ахмерова А.Н., Зарипова Р.С. Разработка беспроводной сети передачи данных на базе стандарта isa100.11a в учебной лаборатории "Yokogawa" // Т-Comm: Телекоммуникации и Транспорт. 2019. Т. 13. №11. С. 20-24.
3. Чупаев, А.В., Зарипова, Р.С., Галымов, Р.Р., Шарифуллина, А.Ю. The use of industrial wireless networks based on standard ISA-100.11a and protocol WirelessHART in process control // E3S Web of Conferences. 2019. Т. 124.
4. Щербо В.К. Стандарты вычислительных сетей. Взаимосвязи сетей. М.: Кудиц-образ, 2000. 268 с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, Питер, Санкт-Петербург, 2010. 944 с.
6. Рошан П., Лиэри Дж. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11: Пер.с англ.. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 304 с.
7. Щербаков А.К. Wi-Fi все что вы хотели знать, но боялись спросить», Бук-Пресс, 2005. 129 с.

## TECHNICAL PRINCIPLES FOR CREATING A WIRELESS LOCAL NETWORK WI-FI

**Albina Y. Sharifullina**, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, [albina.090904@gmail.com](mailto:albina.090904@gmail.com)

**Roman R. Galyamov**, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, [sautp@yandex.ru](mailto:sautp@yandex.ru)

**Rimma S. Zaripova**, Kazan National Research Technological University, Kazan state power engineering University, Kazan, Russia, [zarrimma@mail.ru](mailto:zarrimma@mail.ru)

### Abstract

This article discusses the stages of development, characteristics of a wireless local area network Wi-Fi, options for its topology and equipment used. Currently, there are such different types of wireless networks as Wireless Wide Area Network, Wireless Metropolitan Area Networks (Wireless Neighborhood Area Network), Wireless Local Area Network, Wireless Personal Area Network. Each of the listed wireless networks has its own specific range and application. Wireless LAN Wi-Fi refers to the Wireless Local Area Network. The first wireless LAN standard, Wi-Fi, was approved in 1997. From the moment of their appearance to the present day, the following standards of this network have appeared: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ad, 802.11ax. For each standard, the speeds and frequency ranges at which the data transmission was carried out are indicated, and the technologies on which they are built are described. Wireless LAN Wi-Fi has three topologies: 1) Ad-Hoc (point-to-point) or Independent Basic Service Set; 2) Basic Service Set ("client / server") and 3) Extended Service Set ("extended service areas"). To build a Wi-Fi network, network adapters, access points, routers, ADSL modems, Wi-Fi phones, Wi-Fi antennas, Wi-Fi repeaters are used. Wi-Fi adapters are used by devices that do not have a built-in Wi-Fi module. Wi-Fi access points are designed for organizing wireless access within a local network. Wi-Fi routers are designed to route traffic on a computer network. ADSL modems are used to access the Internet over a telephone line. Wi-Fi repeaters are used to expand the coverage of a wireless network using already installed equipment. Wi-Fi phones are wireless IP phones. Wi-Fi antennas are used to extend the range of a wireless network.

**Keywords:** wireless networks, IEEE 802.11, Wi-Fi, data transfer rate, the principle of creating computer networks.

### References

1. A.V. Chupaev, A.Yu. Sharifullina, A.N. Akhmerova, A.Yu. Sharifulin (2018). Wireless industrial networks based on ISA-100.11.a and WirelessHART. Calculation of the main energy and information parameters. *Bulletin of Kazan Technological University*. Vol. 21. No. 7. P. 116-120.
2. A.Yu. Sharifullina, A.N. Akhmerova, R.S. Zaripova (2019). Development of a wireless data transmission network based on isa100.11a standard in the training laboratory "Yokogawa". *T-Comm*. Vol. 13. No. 11. P. 20-24.
3. A.V. Chupaev, R.S. Zaripova, R.R. Galyamov, A.Y. Sharifullina (2019). The use of industrial wireless networks based on standard ISA-100.11a and protocol WirelessHART in process control / E3S Web of Conferences. Vol. 124.
4. V.K. Shcherbo (2000). *Computer Network Standards. Interconnection of networks*. Moscow: Kudits-obraz. 268 p.
5. V.G. Olifer, N.A. Olifer (2010). *Computer networks. Principles, technologies, protocols*, Peter, St. Petersburg. 944 p.
6. P. Roshan, J. Lairi (2004). *Fundamentals of building wireless local area networks of 802.11 standard: Translated from English*, Publishing House "Williams", Moscow. 304 p.
7. A.K. Shcherbakov (2005). *Wi-Fi is everything you wanted to know, but were afraid to ask* ", Buk-Press. 129 p.

### Information about authors:

**Albina Yu. Sharifullina**, Snr. Lecture, Kazan National Research Technological University, control and automation faculty, department of Process Automation and Control Systems, Kazan, Russia

**Roman R. Galyamov**, Snr. Lecture, Kazan National Research Technological University, control and automation faculty, department of Process Automation and Control Systems, Kazan, Russia

**Rimma S. Zaripova**, c.t.s, docent, Kazan National Research Technological University, control and automation faculty, department of Process Automation and Control Systems, c.t.s, docent, Kazan State Power Engineering University, Institute of Digital Technologies and Economics, department of Engineering Cybernetics, Kazan, Russia