

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СИСТЕМ

ПОЧЕРНЯЕВ В.Н., ПОВХЛЕБ В.С.

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, кафедра «Телекоммуникации»  
ул. Леонтовича, 11, г. Киев, 01030, Украина  
kkz@ukr.net

Государственное учреждение «Киевский колледж связи»  
01030, Украина, г. Киев, ул. Леонтовича, 11.  
povviktoriya@gmail.com

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЦИФРОВИХ РАДІОРЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ

ПОЧЕРНЯЄВ В.М., ПОВХЛІБ В.С.

Одеська національна академія зв'язку ім. А.С. Попова, кафедра «Телекомунікації»  
01030, Україна, м Київ, вул. Леонтовича, 11  
kkz@ukr.net

Державний заклад «Київський коледж зв'язку»  
01030, Україна, м Київ, вул. Леонтовича, 11.  
povviktoriya@gmail.com

TRENDS OF DEVELOPMENT OF DIGITAL RADIO RELAY SYSTEMS

POCHERNYAEV V.N., POVHLEB V.S.

A.S. Popov Odessa national academy of telecommunications, department "Telecommunications"  
Leontovich st., 11, Kiev, 01030, Ukraine  
State Institution "Kiev college of communication",  
Leontovich st., 11, Kiev, 01030, Ukraine  
povviktoriya@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассматривается спектр применений цифровых радиорелейных систем и технологии, способствующие дальнейшему развитию этих систем. По материалам электронных ресурсов ведущих производителей радиорелейного оборудования составлена таблица их основных технических характеристик. По проанализированным данным таблицы определены тенденции развития цифровых радиорелейных систем, приведены особенности отдельного оборудования. В работе сформулированы перспективные направления создания цифровых радиорелейных систем, на которых должны быть сосредоточены усилия отечественных разработчиков и производителей.

**Ключевые слова:** цифровые радиорелейные системы, цифровое радиорелейное оборудование, цифровая радиорелейная станция.

**Анотація.** У даній статті розглядається спектр застосувань цифрових радіорелейних систем і технології, що сприяють подальшому розвитку цих систем. За матеріалами електронних ресурсів провідних виробників радіорелейного обладнання складена таблиця їх основних технічних характеристик. За проаналізованими даними таблиці визначені тенденції розвитку цифрових радіорелейних систем, наведені особливості окремого обладнання. У роботі сформульовані перспективні напрямки створення цифрових радіорелейних систем, на яких повинні бути зосереджені зусилля вітчизняних розробників і виробників.

**Ключові слова:** цифрові радіорелейні системи, цифрове радіорелейне обладнання, цифрова радіорелейна станція.

**Abstract.** This article considers the spectrum of applications of digital microwave systems and technologies that contribute to the further development of these systems. Based on the materials of electronic resources of the leading manufacturers of radio relay equipment, a table of their main technical characteristics has been compiled. According to the analyzed data of the table, the trends in the development of digital radio relay systems are determined, and the features of individual equipment are given. The paper outlines the promising directions for the creation of digital radio relay systems, on which the efforts of domestic developers and producers should be concentrated.

**Keywords:** digital radio relay systems, digital radio relay equipment, digital radio relay station.

Несмотря на масштабное развёртывание волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), радиорелейная связь, по-прежнему, остаётся важнейшей составной частью транспортных систем разного уровня – от местных до магистральных, от ведомственных до международных. В Украине в настоящее время широко используется цифровая радиорелейная связь для передачи телевизионного сигнала Концерна РРТ, достаточно протяжённую радиорелейную инфраструктуру имеет ПАТ «Укртелеком» и мобильные операторы – ПрАТ «Киевстар», ПрАТ «МТС Украина», ООО «Астелит».

Новый импульс в своём развитии радиорелейная связь получила с развитием новых технологий связи, таких, как сотовая связь, различные технологии радиодоступа. Именно эти технологии, требующие строительства огромного числа базовых станций и точек доступа, широко используют радиорелейную связь, как одно из самых эффективных средств в части невысокой стоимости и скорости развёртывания. Следует учитывать тот факт, что не всегда возможно к каждой базовой станции проложить ВОЛС.

Естественно, радиорелейная связь остается незаменимой в своих традиционных областях применения, связанных либо с невозможностью использования других систем связи, либо нецелесообразностью по экономическим причинам. Стандартными задачами, решаемыми с помощью этого типа связи, являются организация межсайтовых соединений, абонентских выносов, привязка к транспортным магистралям, построение технологических линий связи большой протяженности.

Спектр применения современной цифровой радиорелейной связи достаточно широк. В частности, оборудование радиорелейной связи позволяет оперативно наращивать возможности системы связи путем установки оборудования в помещениях узлов связи, используя существующие антенно-мачтовые устройства и другие сооружения, что сокращает капитальные затраты на создание радиорелейных линий связи. Незаменимой является радиорелейная связь для организации многоканальной связи в регионах со слаборазвитой или с отсутствующей инфраструктурой связи, а также на участках местности со сложным рельефом, для развёртывания разветвленных цифровых сетей в регионах, больших городах и промышленных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна. При этом, в зависимости от той или иной ситуации, радиорелейная связь может применяться для решения таких задач "последней мили", как отдельное самостоятельное звено при наличии в составе радиорелейного оборудования функционально законченных абонентских окончаний или в сочетании с окончательным мультиплексорным оборудованием, а также в сочетании с другими средствами абонентского радиодоступа.

Важным элементом современных цифровых радиорелейных сетей является наличие дополнительных сервисов, связанных с интерфейсами Ethernet, возможностью телеуправления-телесигнализации, программным управлением и программируемой переконфигурацией сети, с осуществлением удаленного контроля, диагностики и мониторинга, динамического управления трафиком.

Мировые производители радиорелейного оборудования наряду с переходом на All-IP-системы обеспечивают возможность передавать как TDM-, так и IP-трафик, интеграцию с PDH/SDH системами передачи, минимизацию массогабаритных параметров и энергопотребления.

Особенностью нынешнего «облика» стационарных радиорелейных станций (РРС) является максимальная унификация их оборудования. Основное оборудование РРС строится по классической схеме с установлением около антенны выносного приёмо-передающего модуля СВЧ (ODU), который соединяется одним коаксиальным кабелем длиной до 100–300 м с расположенным в аппаратном помещении базовым модулем (IDU). Радиорелейные системы строятся по схеме N+1 (N – число стволов системы, которое может достигать, например, семи у Alcatel-Lucent 9600LSY) с безобрывным резервированием.

Современные радиорелейные системы имеют возможность уплотнения стволов по поляризации с помощью поляризационного селектора компенсатора помех. Вид работы с уплотнением по поляризации, когда спектры двух стволов передаются с разной поляризацией в одной полосе частот получил название CCDP (Co-Channel Dual Polarization). Так, в полосе 28 МГц можно передать 2 STM-1, один поток с вертикальной поляризацией, другой – с горизонтальной поляризацией.

В диапазонах частот ниже 11 ГГц два ствола объединяются на одну антенну через поляризационный селектор. При этом, помимо обычного «горячего» резервирования у операторов связи востребован режим резервирования, когда работает только один ствол радиорелейной линии (РРЛ), а второй находится в режиме дежурного приёма – приёмник включен, а усилитель мощности выключен. В более высоких диапазонах частот используются отдельные малогабаритные антенны, так как применяется только вертикальная поляризация, которая меньше подвержена влиянию гидрометеоров. Современные РРС производителей Ericsson, Nokia Siemens Networks, NEC, NERA, Huawei Technologies, ZTE используют ODU с адаптацией пропускной способности и модуляции вплоть до скорости передачи 155 Мбит/с.

Особенностью нынешних РРС является универсальная однокабельная система связи, которая связывает каждый ODU с IDU одним коаксиальным кабелем, по которому осуществляется всё взаимодействие «верхнего» и «нижнего» оборудования. Оригинальным решением является разделение ВЧ-сигналов в коаксиальном кабеле не только по частоте, но и по направлению распространения. Это позволяет использовать коаксиальные кабели с длиной вплоть до 300 м. Поэтому же кабелю подается электропитание, осуществляется управление опорно-поворотными устройствами антенн, ведутся служебные переговоры операторов без нарушения передачи по РРЛ основного трафика (например, это организовано в РРС фирмы NEC).

В табл.1 представлены основные технические характеристики цифровых РРС основных мировых производителей: Ericsson, Nokia Siemens Networks (Nokia+Alcatel-Lucent), NEC, NERA, Sagem, ZTE, Huawei Technologies [1–8]. Диапазоны СВЧ и КВЧ для радиорелейной связи определены рекомендациями МСЭ: F.382-F.387, F.636, F.637, F.746-F.749, F.[71–86 GHz].

На основе проведенного анализа можно выделить следующие тенденции развития радиорелейных систем.

Одной из базовых технологий для современного оборудования является технология TDMoIP – технология передачи каналов с временным уплотнением (E1) через сети с коммутацией пакетов. Технология TDMoIP позволяет сократить операционные и капитальные издержки за счёт прозрачной передачи голоса, видео и данных по сетям IP/Ethernet/MPLS. Технология TDM гарантирует прозрачность всего тракта для сигналов синхронизации. Устройства TDMoIP поддерживают различные протоколы сигнализации, включая CCS (SS7, ISDN PRI, QSIG) и CAS (DTMF, R2/MFC).

Цифровая радиорелейная система передачи нового поколения IP с разделённой структурой OptiX RTN 900 фирмы Huawei Technologies является одной из первых систем с поддержкой платформ TDM, пакетной и гибридной передачи. Система поддерживает связь в сетях 2G, передачу голосовых услуг и данных в сетях 3G, услуги широкополосной передачи данных в сетях LTE.

Таблица 1 – Технические характеристики оборудования основных мировых производителей цифровых РРС

Производитель Параметры	Sagem LINK F	Huawei Technologies RTN	ZTE ZXMW	Nokia Siemens Networks		NEC iPASOLINK Ex, Sx	Ericsson MINI-LINK	NERA EVO
				Nokia FlexiHopper	Formerly Alcatel- Lucent 9500 MPR			
Диапазон частот	6...38 ГГц	6...42 ГГц 59...64 ГГц 71...86 ГГц	6...42 ГГц 59...64 ГГц 71...86 ГГц	7...38 ГГц	6...38 ГГц, 80 ГГц	71...76 ГГц 81...86 ГГц	4...42 ГГц 59...63 ГГц 71...76 ГГц 81...86 ГГц	6...42 ГГц 56 ГГц
Пропускная способность	600 Мбит/с	2 Гбит/с ... 4 Гбит/с	600 Мбит/с ... 4, 8 Гбит/с	34 Мбит/с, 155 Мбит/с	470 Мбит/с, 10 Гбит/с	3,2, 10 Гбит/с	5,5 Гбит/с	1,6 Гбит/с
Модуляция	QPSK, 128 QAM	4096 QAM, ACM	1024...2048 QAM ACM	4-DQPSK	16...2048 QPSK, BPSK, ACM	QPSK, 256 QAM, ACM	4...256 QAM, 4096 QAM, ACM	4...2048 QAM, ACM
Разнесение	пространств., частотное	пространств., частотное	нет данных	нет данных	нет данных	пространств., частотное	нет данных	пространств., частотное
Система управления и контроля	NMS, дист. ПУ, удалён. контроль, SNMP	NMS, SNMP	NMS SNMP SSH HTTP SFTP	NMS, дист. ПУ, удалён. контроль, SNMP, Nokia Hopper Manager	NMS, дист. ПУ, удалён. контроль, SNMP, AES, FTP, Nokia Manager 5620, Nokia TSM-8000	NMS, дист. ПУ, удалённый контроль, SNMP, GUI	IPT-NMS+ServiceON, дист. ПУ, удалён. контроль, SNMP, SSH, RADIUS, TACACS+ Syslog, RMON, CLI, GUI	NMS, дист. ПУ, удалён. контроль, SNMP
Интерфейс	Ethernet GE, FE, E1, E3, nxE1	Ethernet GE, Ethernet OAM, C-RAN, CPRI, EPLA, LAG, XPIC, IEEE 1588v2, nxE1	Ethernet GE, SNCP, ELPS, LAG, XPIC, IEEE 1588v2, nxE1	Ethernet GE, E1, nxE1, V.11, G.703	Ethernet 2×GE, RJ45, 2×SFP, IEEE 802.1P, 1Q, IEEE 802.1ag, IEEE 802.3ah, DS1, DS3, OC-3, nxE1, G.703	Ethernet GE, FE, E1, nxE1, G.703	Ethernet GE, nxE1, RJ45, IEEE 802.3, IEEE802.1ax, IEEE802.1w, G.703	Ethernet GE, FE, E1, T1, E3, STM-1, IEE- E802.3ah, IEEE802.1ax, IEEE802.1ag, G.703
Платформы TDMoIP, PDH/SDH, All-IP	PDH/SDH	TDMoIP, PDH/SDH, All-IP, MPLS-IP	TDMoIP, PDH/SDH	PDH/SDH	TDMoIP, All-IP	TDMoIP, PDH/SDH, All-IP	TDMoIP, PDH/SDH, All-IP	TDMoIP, PDH/SDH, All-IP
Адаптация по мощности ALPC, кодирование	ALPC,	нет данных	нет данных	нет данных	ALPC, FEC	ALPC, LDPC, FEC	ALPC, FEC	ALPC, FEC
Удаление ODU от IDU	коакс. кабель	коакс. кабель	коакс. кабель	коакс. кабель (информация + эл. питание)	коакс. кабель ≤ 100 м	двунаправленный коакс. кабель (информация + эл. питание)	коакс. кабель	коакс. кабель

Важное место в архитектуре современных радиорелейных систем занимают системы управления и контроля. Для работы в сетях радиорелейной связи системы управления и контроля станциями строятся в соответствии с рекомендацией МСЭ М.3010, что отвечает иерархическому принципу построения с тремя основными уровнями: Element Management System (EMS), Network Management System (NMS), Telecommunications Management Network (TMN).

Программное обеспечение Nokia Hopper Manager, разработанное для сети РРЛ, позволяет оператору дистанционно контролировать функциональные блоки сети посредством простого и удобного графического интерфейса. Ввод системы в эксплуатацию может быть оперативно выполнен с помощью компьютерного терминала со встроенным программным обеспечением. Система управления и контроля – программный продукт, обеспечивающий полный набор функций дистанционного управления системой, включая устранение неисправностей, мониторинг и контроль характеристик, управление ими и конфигурацией сети, а также функциями безопасности сети, что позволяет не только повысить скорость реагирования на возникновение внештатных ситуаций, но и значительно сэкономить финансовые ресурсы на эксплуатацию и техническое обслуживание. Система управления и контроля Nokia NMS может быть использована централизованно для сбора информации об аварийных сигналах и результатов измерения установленных в сети радиорелейных станций Nokia FlexiHopper, а также использоваться для конфигурирования радиорелейных станций.

Так, радиорелейное оборудование FlexiHopper производства компании Nokia Siemens Networks имеет универсальную платформу для всех диапазонов частот, полное перекрытие диапазонов 7...38 ГГц, возможность поддержки одним IDU до трёх направлений связи с возможностью дублирования одного из них, что снижает общую стоимость оборудования.

Отметим также, что радиорелейное оборудование компании Ericsson Mini-Link HC представляет собой компактную систему для организации радиорелейных линий SDH типа point-to-point со скоростью 155 Мбит/с (STM-1), работающее в диапазонах частот 7...38 ГГц и содержащее решения для всех участков транспортной сети: уровень доступа, городских сетей и магистралей. До недавнего времени Ericsson являлся разработчиком и производителем только систем на короткие расстояния (Short Haul). С приобретением компании Marconi в портфолио вошли системы, работающие на больших расстояниях (~50 км) с возможностью передачи до нескольких потоков STM-1. Терминалы Ericsson Mini-Link HC укомплектованы устройством для одновременной организации каналов Ethernet и E1/T1 по РРЛ. При этом узлами Ericsson Mini-Link HC можно управлять централизованно с помощью системы управления Mini-Link Manager. Радиорелейное оборудование Ericsson Mini-Link TN объединяет функции мультиплексоров с функциями кросс-коммутаторов и управляется с единого пульта управления.

Следует выделить, что радиорелейное оборудование компании Huawei Technologies позволяет программным способом по командам с пульта управления изменять полосу пропускания от потока E1 до уровня STM-1.

Мультиплексоры ведущих производителей в большинстве случаев имеют до двух портов Gigabit Ethernet и до пяти портов Fast Ethernet, а также в случае необходимости комплектуются портами  $n \times E1$ . При этом следует отметить, что передача трафика Ethernet и TDM осуществляется независимо друг от друга. Производительность таких радиорелейных систем достигает от 155 Мбит/с до 2,5 Гбит/с на одной несущей (155/2500 Мбит/с в стволе с полосой пропускания 28/56 МГц). Также проанализированные радиорелейные системы поддерживают функционирование системы QoS.

В радиорелейных системах производителей NEC, NERA, Huawei Technologies, ZTE, Nokia Siemens Networks (former Alcatel-Lucent) реализована адаптивная модуляция и кодирование (Adaptive Coding & Modulation – ACM), позволяющие изменять параметры радиоканала при изменении условий распространения радиоволн. Тем самым механизм ACM позволяет оператору снизить свои капитальные затраты при строительстве РРЛ путем установки антенн меньших диаметров или строительства более протяженных интервалов связи. Эти производители применяют радиорелейное оборудование с пространственно- или частотно-разнесенным приемом.

Модемы современных цифровых радиорелейных систем имеют в своем составе эквалайзеры, кодеры, обеспечивающие помехоустойчивое кодирование и работающие в режиме FEC (Forward Error Correction). Такие модемы обеспечивают заданное качество на линии связи, например, с коэффициентом  $BER=10^{-6}$ . Отметим, что коэффициент ошибок BER зависит от энергетических параметров цифровой РРЛ, шумовых характеристик приемника, типа модуляции и типа кодирования. В радиорелейном оборудовании, построенном на платформе All-IP вместо коэффициента ошибок BER используется коэффициент FER. Отметим, что, например, величине  $BER=10^{-6}$  при длине кадра 64 бит соответствует  $FER=5 \cdot 10^{-4}$ .

Заметим, что улучшение помехоустойчивости приводит к расширению полосы пропускания. Используя модуляцию 128 QAM в полосе ствола 128 МГц передается информация со скоростью 155 Мбит/с. Но в этом случае для обеспечения коэффициента ошибок  $BER=10^{-6}$  необходимо иметь отношение сигнал/шум на входе демодулятор  $\sim 28$  дБ. В диапазонах до 10 ГГц коэффициент шума малошумящих усилителей составляет  $\sim 3$  дБ, а спектральная эффективность передачи сигналов при вышеуказанных параметрах составляет  $\sim 5,6$  бит/с/Гц.

Магистральное радиорелейное оборудования Alcatel-Lucent 9600LSY отвечает всем требованиям, предъявляемым к магистральным линиям, находит широкое применение в национальных и международных сетях с высокой пропускной способностью  $2 \times (7+1)STM-1$  с модуляцией 128 QAM. Примерами типовых решений на базе оборудования 9600 LSY есть построение опорных линий емкостью  $N \times STM-1$ , волоконно-оптических колец STM-1/STM-4/STM-16 и поддержка ATM/IP-сетей. Максимальная универсальность семейства радиорелейных систем Alcatel-Lucent, их полная совместимость с волоконно-оптическими системами передачи позволяют использовать радиосвязь как естественное дополнение к системам передачи по ВОЛС. Другая радиорелейная система Alcatel-Lucent 9500MXC имеет пропускную способность 2 STM-1 с модуляцией 16, 32, 64, 128 QAM, которая позволяет работать с Ethernet-трафиком. Если радиорелейная система 9600LSY функционирует в частотных диапазонах 4...13 ГГц, то радиорелейная система 9500MXC функционирует в частотных диапазонах 6...38 ГГц.

Ещё раз подчеркнём, что основные производители радиорелейного оборудования предоставляют операторам связи возможность постепенного перехода от технологии TDM к технологии IP благодаря поддержке интерфейсов обеих технологий. В ближайшее время произойдёт полная замена платформ PDH/SDH на платформы All-IP (пакетная передача данных). Можно считать одной из основных тенденций развития цифровых радиорелейных систем – переход на платформу All-IP с увеличением пропускной способности. При этом используется модуляция QAM высокого уровня – 4096 QAM (Huawei Technologies, Ericsson), 2048 QAM (NERA, ZTE, Nokia Siemens Networks (former Alcatel-Lucent)). Так, например, пропускная способность цифровых PPC фирмы Ericsson возросла до 5,5 Гбит/с. Для этого освоены новые участки миллиметрового диапазона волн: 71...76 ГГц, 81...86 ГГц (рекомендация МСЭ F.[71-86 GHz]).

Здесь следует отметить радиорелейное оборудование типа GRC компании Tadiran [9], предоставляющее возможность организации связи по схеме «точка-многоточка» (point-to-multipoint), в том числе в сложной помеховой обстановке. Такая организация связи по схеме «точка-многоточка» с использованием PPC отвечает одной из тенденций развития радиорелейных систем.

Исходя из проанализированных современных радиорелейных систем, выпускаемых ведущими мировыми производителями радиорелейного оборудования и отмеченных тенденций их развития усилия отечественных разработчиков и производителей должны быть направлены на:

- повышение скоростей передачи информации как в одном стволе, так и увеличение количества стволов, что во многом определяется дальнейшим развитием сетей беспроводного широкополосного доступа и внедрением технологии LTE;
- внедрение функции адаптивного выбора вида модуляции и полосы пропускания для передачи всех видов сообщений на основе технологий пакетной передачи;

- замену платформы PDH/SDH на платформу All-IP в связи с переходом транспортных сетей на трафик Ethernet;
- внедрение помехоустойчивого кодирования, как например, LDPC (код с малой плотностью проверок на плотность) и адаптивных методов модуляции и кодирования;
- увеличение эффективности использования полосы частот каналов связи, равной отношению скорости передачи сообщения к используемой полосе частот (бит/с/Гц);
- возможность организации связи по схеме «точка-многоточка»;
- освоение частотных диапазонов 71...76 ГГц, 81...86 ГГц;
- возможность использования разнесённого приёма, в том числе технологии MIMO;
- функционирование систем в сетях с управлением в соответствии с иерархическими уровнями EMS, NMS и TMN;
- наличие интерфейса DVB – ASI для стандартов DVB сетей цифрового TV и вещания, который позволяет избежать установки конвертеров интерфейсов, вносящих джиттер в TV-сигнал;
- возможность преобразования внутри радиорелейной системы потока MPEG в IP-TV.

Это позволит повысить конкурентоспособность отечественного производителя на внутреннем телекоммуникационном рынке.

Таким образом, перечисленные тенденции развития цифровых радиорелейных систем относятся не только к стационарной компоненте, но и к системам двойного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ericsson Radio System [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <https://www.ericsson.com/ourportfolio/products/radio-system>
2. Радиорелейные линии Nokia FlexiHopper [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://vnipi.net.ua/nokiaflhp/>
3. iPASOLINK [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/AOR\\_introduction.html](http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/AOR_introduction.html)
4. Point-to-Point. Evo [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://www.neratelecom.com/evo\\_longhaul.html](http://www.neratelecom.com/evo_longhaul.html)
5. Sagem Link F [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://sagemcom.ru/data/file/DTC\\_-SLFN-AET-2010-D0616-rus.pdf](http://sagemcom.ru/data/file/DTC_-SLFN-AET-2010-D0616-rus.pdf)
6. ZXMW NR8950 All IP Based Microwave Transmission System [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://www.zte.com.cn/en/products/wireless/microwave/201412/t20141201\\_429375.html](http://www.zte.com.cn/en/products/wireless/microwave/201412/t20141201_429375.html)
7. Microwave [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network/transmission/microwave>
8. Alcatel-Lucent 9600 LSY Long-Haul Digital Radio Links. Release 2 [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [http://guidob.weebly.com/uploads/1/9/6/7/19677613/alcatel-lucent\\_9600\\_lsy.pdf](http://guidob.weebly.com/uploads/1/9/6/7/19677613/alcatel-lucent_9600_lsy.pdf)
9. Introduction. High Capacity Radio Relays [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://elbitsystems.com/product/introduction-3/>

#### REFERENCES

1. Ericsson Radio System [Internet resource] // – Available at: <https://www.ericsson.com/ourportfolio/products/radio-system>.
2. Microwave links Nokia FlexiHopper [Internet resource] // – Available at: <http://vnipi.net.ua/nokiaflhp/>
3. iPASOLINK [Internet resource] // – Available at: [http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/AOR\\_introduction.html](http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/AOR_introduction.html)
4. Point-to-Point. Evo [Internet resource] // – Available at: [http://www.neratelecom.com/evo\\_longhaul.html](http://www.neratelecom.com/evo_longhaul.html).
5. Sagem Link F [Internet resource] // – Available at: [http://sagemcom.ru/data/file/DTC\\_-SLFN-AET-2010-D0616-rus.pdf](http://sagemcom.ru/data/file/DTC_-SLFN-AET-2010-D0616-rus.pdf)
6. ZXMW NR8950 All IP Based Microwave Transmission System [Internet resource] // – Available at: [http://www.zte.com.cn/en/products/wireless/microwave/201412/t20141201\\_429375.html](http://www.zte.com.cn/en/products/wireless/microwave/201412/t20141201_429375.html).
7. Microwave [Internet resource] // – Available at: <http://carrier.huawei.com/en/products/fixed-network/transmission/microwave>.
8. Alcatel-Lucent 9600 LSY Long-Haul Digital Radio Links. Release 2 [Internet resource] // – Available at: [http://guidob.weebly.com/uploads/1/9/6/7/19677613/alcatel-lucent\\_9600\\_lsy.pdf](http://guidob.weebly.com/uploads/1/9/6/7/19677613/alcatel-lucent_9600_lsy.pdf)
9. Introduction. High Capacity Radio Relays [Internet resource] // – Available at: <http://elbitsystems.com/product/introduction-3/>