

Устранение цифрового неравенства в поселке Верблюжий Астраханской области с использованием технологии Wi-Fi

А.В. Осовский¹, Д.В. Кутузов¹, А.Ю. Безруков¹

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация: В работе рассмотрен проект устранения цифрового неравенства (УЦН) в поселке Верблюжий Астраханской области. УЦН – это обеспечение доступа к услугам связи жителей небольших населенных пунктов с числом жителей от 100 до 500 человек. В таких населенных пунктах услуги связи либо не оказываются, или оказываются с ненадлежащим качеством доступа к телекоммуникационным сервисам и услугами коллективного доступа к сети Интернет.

Ключевые слова: Wi-Fi, устранение цифрового неравенства, точка доступа, промышленный коммутатор.

ВВЕДЕНИЕ

Интернет технологии уже два десятилетия как вошли в нашу жизнь, сегодня они касаются абсолютно всех сфер жизни общества. Однако качественным и высокоскоростным интернетом покрыта не вся территория страны, что приводит к информационному неравенству среди городского и сельского населения [1]. Для решения данного вопроса Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации была запущена программа «Устранения цифрового неравенства». По конечным результатам голосования на информационном портале «ГосУслуги», в перечень населенных пунктов Астраханской области, избранных для реализации этого проекта, вошел – поселок Верблюжий Ахтубинского района.

Поскольку ПАО «Ростелеком» является единственным оператором предоставления услуг связи, именно эта государственная компания занимается оснащением услугами связи по проекту «Устранения цифрового неравенства». ПАО «Ростелеком» - крупнейший в России интегрированный поставщик цифровых услуг и решений, присутствующий во всех сегментах рынка и обслуживающий миллионы домохозяйств, органы государственной власти и частные организации [2]. Основной сферой деятельности компании является оказание полного спектра телекоммуникационных услуг, в том числе - местной телефонной связи и межзоновой передачи данных (ШПД), мобильной связи, предоставление платного телевидения с подключением канала на базе облачных технологий. Компания занимает лидирующие позиции на рынке высокоскоростного доступа в Интернет и услуг платного телевидения. В настоящее время около 11 миллионов клиентов пользуются услугами доступа в Интернет по оптической технологии и 11 миллионов клиентов платного телевидения "Ростелекома", из которых более 6,4 миллиона пользуются IPTV

ПАО «Ростелеком» реализует проект устранения цифрового неравенства УЦН-2. 0, который ориентирован для обеспечения доступности услуг связи для жителей сельской местности, с числом жителей от

100 до 500 человек, где услуги сотовой связи не оказываются, или оказываются не с надлежащим качеством доступа к телекоммуникационным сервисам и услугами коллективного доступа к сети интернет. Целью данной работы является организация доступа к сети интернет в поселке Верблюжий.

Для решения поставленной цели требуется выполнить следующие задачи:

- произвести исследование местности и телекоммуникационной инфраструктуры поселка;
- произвести и обосновать выбор оборудования;
- разработать архитектуру сети Wi-Fi с учетом максимального покрытия территории поселка качественным интернетом.

Исследование необходимо произвести в соответствии с требованиями Технической политики проектирования и строительства узлов доступа в рамках проекта «Устранение цифрового неравенства» в ПАО «Ростелеком» [3].

1. АНАЛИЗ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОСЕЛКА ВЕРБЛЮЖИЙ

Рассматриваемый населенный пункт находится в северной части Астраханской области, на территории сельского поселения Удаченский сельсовет. Согласно «Переписи населения России» численность поселка в 2022 году составляет 269 человек, что соответствует требованиям проекта Устранение цифрового неравенства. В связи с этим есть необходимость повысить качество предоставляемых услуг связи в исследуемом районе для получения абонентом требуемого перечня современных телекоммуникационных сервисов.

Поселок находится в степной области, многоэтажные постройки отсутствуют, преобладающее число жилых построек – частные дома, которые не имеют подключения к общей сети широкополосного доступа. Поселок находится на региональной трассе «12Р-001» Волгоград – Астрахань, вдоль которой проходит линия связи магистральной цифрового уровня компании Ростелесеть. Кроме того, в поселке расположена железнодорожная станция Верблюжья, находящаяся на расстоянии в 85 км от районного центра города Ахтубинска. Расстояние от поселка Верблюжий до Астрахани – 200 км.



Рис. 2. Станция Верблюжья



Рис. 1. Поселок Верблюжий

Станция Верблюжья возникла в период строительства Приволжской железной дороги (ранее Рязано-Уральской). Название своё получила от степного кустарника верблюжья колючка, обилие и буйство которого поразило землеустроителей – железнодорожных инженеров [4].

После выхода высочайшего повеления 10 июня 1902 года о строительстве ширококолейной линии до Астрахани, во второй половине 1903 года Общество Рязано-Уральской железной дороги приступило к сооружению линии. В 1904-1907 годах была проложена ширококолейная линия, построены деревянные станционные здания и кирпичная водонапорная башня для заправки водой паровозов, а к ней водопровод и водонасосная на реке Ахтуба вблизи села Михайловка. В 1907 году, после открытия движения от станции Красный Кут до станции Бузан–Пристань, через станцию Верблюжья прошли первые поезда.

До начала 1990-х годов ст. Верблюжья была важным транспортным узлом и играла важную роль в хозяйственной жизни местного региона, особенно в 50 – середине 80-х годов. Через Верблюжью шли пассажирские перевозки населения и снабжение горяче-смазочными материалами, удобрениями, кормами, промышленными и народно-хозяйственными грузами колхозов близлежащих сёл. На станции в это время действовали такие организации, как: межрайонная заготовительная база зерна - «Заготзерно», заготовительная база сена - «Заготсено», плодоовощная база. Рядом со станцией развернулась нефтебаза и узел связи по обслуживанию нефтепровода «Саратов – Грозный». В конце 1980-х открылся винный завод.

С годами престижность поселка Верблюжий существенно снизилась: постепенно закрылись заготовительные базы, сократились, а потом совсем ликвидировались нефтебаза и узел связи, открывшийся винный завод тоже долго не просуществовал, упал поток пассажиров и грузоперевозок, снижалась роль ж/д станции. Большая часть населения поселка Верблюжий уехала в другие населённые пункты.

На данный момент в поселке Верблюжий эксплуатируется базовая станция сотовой связи, которая разрешает использовать услуги операторов Мегафон и Билайн с качеством соединения 3G, 4G. Так как сигнал беспроводной связи зачастую оставляет желать лучшего, не всегда есть возможность обеспечить максимальную скорость передачи данных для использования интернет ресурсов.

Существующая сеть связи в поселке Верблюжий характеризуется:

- нехваткой оборудования для широкополосного доступа;
- нехваткой пропускной способности на цифровых линиях связи;
- высокой степенью износа основного телекоммуникационного оборудования.

2. ПРОЕКТ СЕТИ WI-FI ДЛЯ УЦН

Решение проблемы цифрового неравенства в районах с невысокой плотностью застройки и обеспечение сельских жителей высокоскоростным интернетом возможно с помощью строительства сетей по технологии WiFi. В целях достижения «Устранения цифрового неравенства», при строительстве узлов доступа, применяется единая схема постройки сетевых соединений и используется однотипное оборудование в рамках проекта [3]. Типовой проект «Узел устранения цифрового неравенства» изображен на рис. 3.

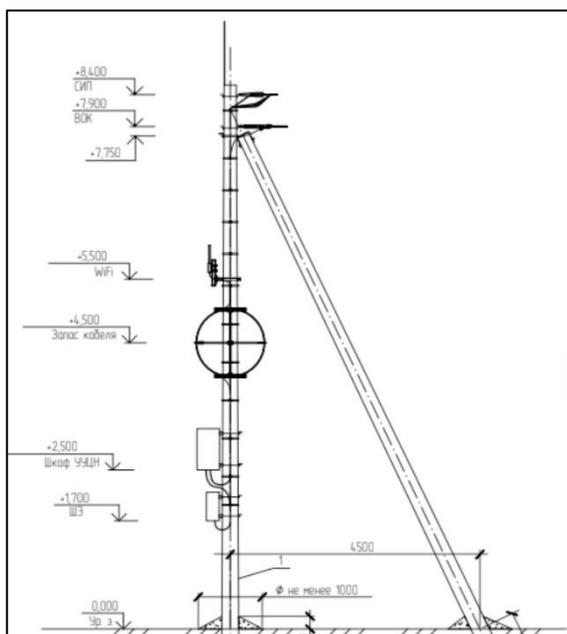


Рис. 3. Типовой проект «Узел устранения цифрового неравенства»

Сеть в проекте «Устранение цифрового неравенства» состоит из трех компонентов:

- узел устранения цифрового неравенства (УУЦН) – базовый узел транспортной сети, обеспечивающий подключение к транспортной пакетной сети, площадку для размещения оборудования и резервированное питание оборудования WiFi.
- шкаф энергетиков (ШЭ) – базовый узел оптической сети, обеспечивающий подключение к магистральной ВОЛС и подключение электропитания 220В. В ШЭ располагается оптический кросс, автоматы и счетчики потребления электроэнергии.
- точка доступа (ТД) WiFi, обеспечивающая доступ к сети WiFi в непосредственной близости от УУЦН любым пользователям, с использованием неспециализированного оборудования доступа (мобильные телефоны, планшетные ПК и т. д.).

В большинстве случаев оборудование размещается на вновь устанавливаемых опорах - столбах УЦН [3].

На рис. 4. приведена структурная схема оборудования узла доступа с указанием основного сетевого оборудования.

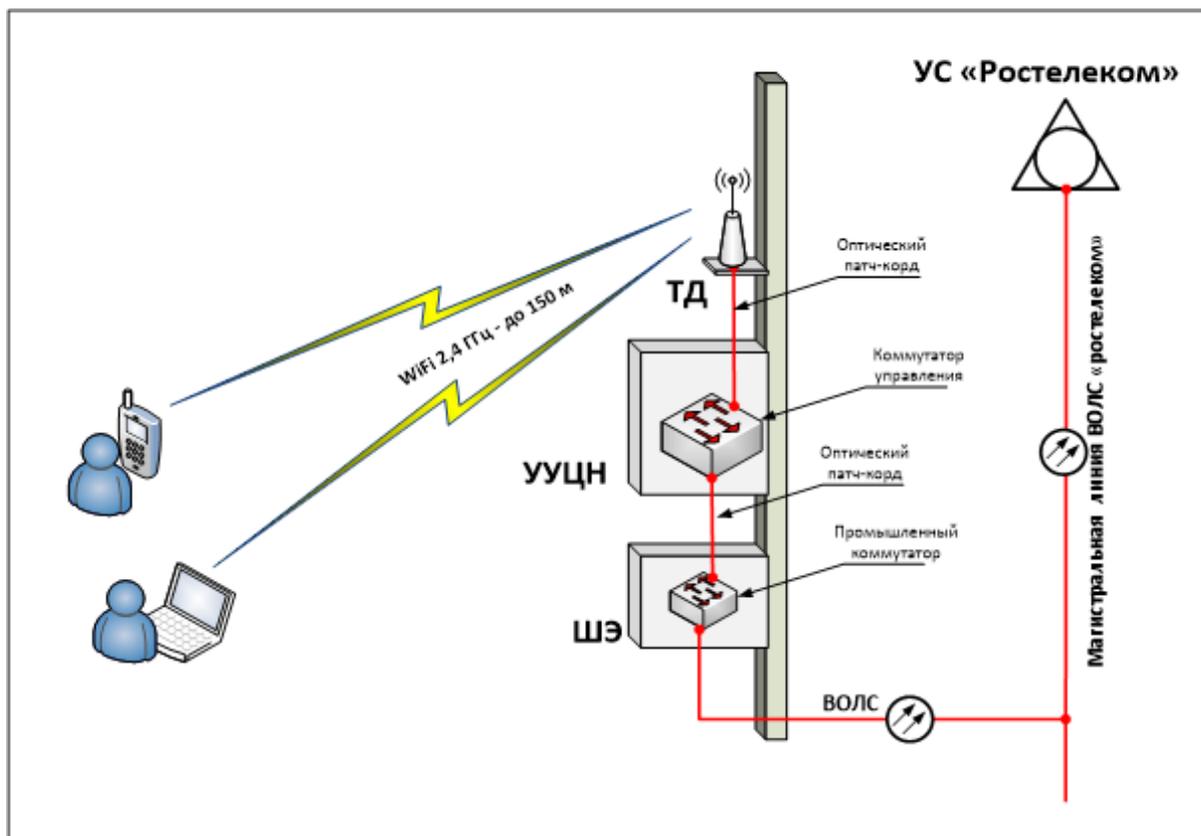


Рис. 4. Структурная схема оборудования узла доступа

На рис. 5. приведена предлагаемая схема расположения точек доступа на местности с учетом средней дальности Wi-Fi сигнала (150 м); соединения точек доступа с узлом доступа осуществ-

ляется по волоконно-оптическим линиям, размещаемым на существующих столбах линии электропередач способом подвеса, и подключением к коммутатору управления, расположенному на узле доступа.

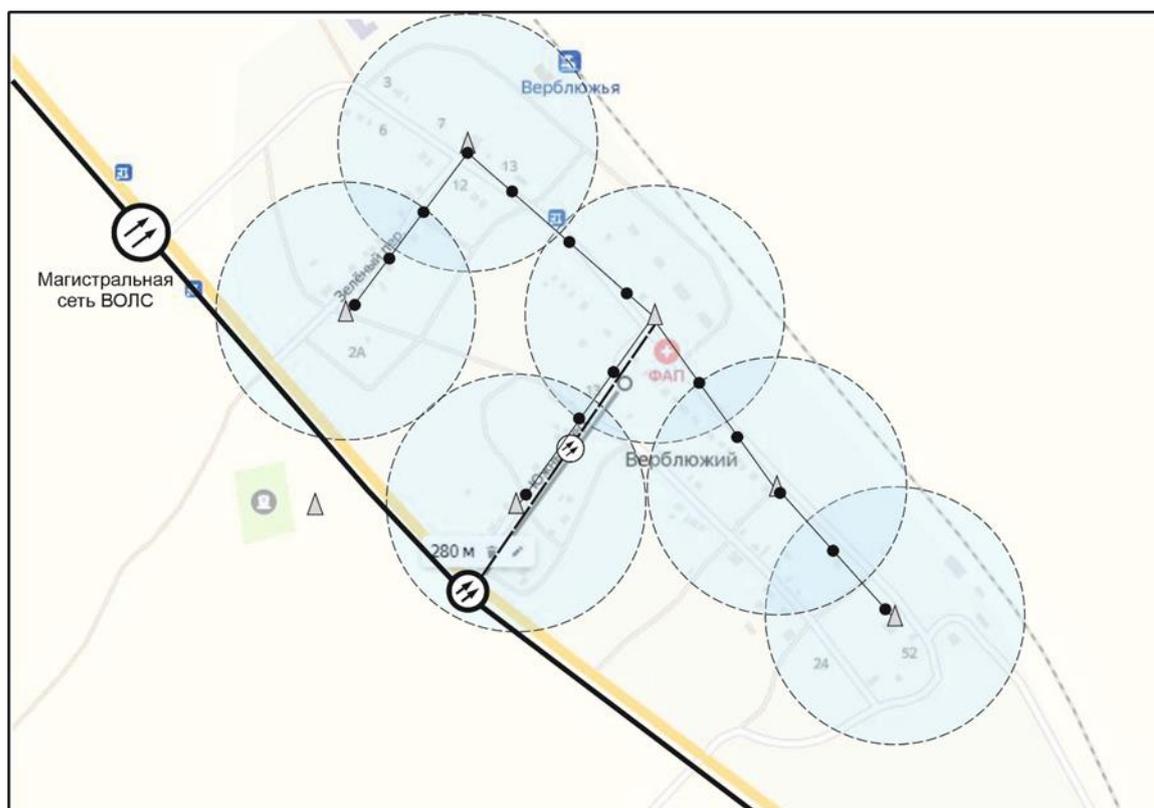


Рис. 5. Структурная схема расположения точек доступа на местности с учетом средней дальности Wi-Fi сигнала

3. ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Выбор оборудования основывался на принципах технической политики развития ПАО «Ростелеком» по построению узлов доступа в рамках проекта «Устранение цифрового неравенства» [3].

Для каждого случая выбирается самое лучшее решение, основываясь на анализе существующей инфраструктуры и спроса в поселении УЦН, а также соседних поселений. основополагающими критериями являются:

- при условии наличия и проникновения медной сети в 50% домовладений будет базовой технологией связи доступ VDSL2.
- для возможности подвески кабелей на существующие опоры (ЛЭП низкого напряжения 220-380В, столбы освещения), предпочтительны оптические технологии или ETSH/FTSh;
- число потенциальных абонентов в поселении; при большом числе заявок (до 4х) базовым сценарием будет ETH с подключением к коммутатору УЦН, при большем количестве заявки более 28ти основным вариантом станет FTth.
- около поселка УЦН имеется возможность установки OLT (Optical line terminal) соединенного с ВОЛС, расстояние по оптике от OLT до поселка не должно превышать 50 км.

Основное оборудование для подключения по вновь организованному ВОЛС необходимо в поселениях, где уже был узел УЦН. В соответствии с Технической политикой проектирования строительства узлов доступа [3]:

- базовая станция WiFi с параметрами: 2.4 ГГц, внешнего исполнения;
- промышленный коммутатор должен быть не менее 4 портов GE(SFP)
- коммутатор управления.
- наружный блок антенн;
- используется SFP (Small Form-factor Pluggable) модуль, имеющий дальностью передачи не менее 40 км.

Выбирая оборудование нужно провести анализ рынка компаний производителей, которые занимаются производством оборудования беспроводного доступа. Требуется учесть расстояние от магистрали связи ПАО «Ростелеком» до узла доступа, определить места установки точек общего пользования для покрытия всей территории поселка и провести сравнительный анализ.

В табл. 1 приведено сравнение технических характеристик промышленных коммутаторов. При анализе технических характеристик и особенностей узлов УЦН, наибольшее соответствие требованиям имеет промышленный коммутатор QSW-3750. Он выделяется следующими преимуществами: высокая пропускная способность данных с высокой скоростью передачи; оптимальный объем оперативной памяти (с возможностью

подключения большего количества интерфейсов); наличие большого числа интерфейсного

оборудования для обеспечения защиты от внешних факторов окружающей среды.

Таблица 1

Технические характеристики промышленных коммутаторов

Наименование	MES3508P	QSW-3750-12T-I-POE-DC	ECIS4500-8T2F
Интерфейсы	8 × 10/100/1000BaseT (PoE)	8 × 10/100/1000BaseT 8 × 10/100/1000BaseT (PoE) 4 x 1000Base-X SFP	8 × 10/100/1000BaseT 2 x 1000Base-X SFP
Консольный порт	1	1	1
Пропускная способность	22 Гбит/с	24 Гбит/с	22 Гбит/с
Скорость передачи	17,8 Мпак/с	18 Мпак/с	17,9 Мпак/с
Оперативная память	512 Мбайт	512 Мбайт	128 Мбайт

Индустриальный коммутатор QSW-3750-12T (рис. 6) является особо важным устройством для организации мощных, защищенных и отказоустойчивых сетей передачи данных на ответственных объектах.



Рис. 6. Индустриальный Ethernet-коммутатор L3 серия QSW-3750

не подвержены негативным воздействиям окружающей среды: механическим, температурным и т.д. Коммутаторы имеют в своем составе 8 гигабитных портов 10/100 / 1000 BASE-T для подключения SFP модулей, 4 оптических порта 2000 BNC XNRS с возможностью установки 1 пары «сухих» контактов. Внешний вид коммутатора QSW-3750-12T, в соответствии с [5], показан на рис. 6

В табл. 2 приведено сравнение технических характеристик коммутаторов управления. По результатам сравнительного анализа технических характеристик можно сделать вывод, что наиболее полно отвечает требованиям к проектируемому узлу УЦН коммутатор управления QSW-3420 с учетом следующих факторов: пропускная способность и скорость передачи данных; оптимальный объем оперативной памяти.

Эта конструкция коммутаторов дает возможность работать в экстремальных погодных условиях и не терять работоспособности. Устройства

Таблица 2

Технические характеристики коммутаторов управления

Наименование	MES2408P	QSW-3420	ECS4100-12T
Интерфейсы	8 × 10/100/1000BaseT (PoE) 2 x 1000Base-X SFP	8 × 10/100/1000BaseT (PoE) 4 x 1000Base-X SFP	8 × 10/100/1000BaseT 2 x 1000Base-X SFP
Консольный порт	1	1	1
Пропускная способность	20 Гбит/с	20 Гбит/с	20 Гбит/с
Скорость передачи	14,88 Мпак/с	15 Мпак/с	14,9 Мпак/с
Влажность	до 80% без образования конденсата	до 95% без образования конденсата	до 90% без образования конденсата

QSW-3420 – это серия многофункциональных высокопроизводительных коммутаторов с повышенной безопасностью, рис.7.

Коммутаторы этой серии [6] имеют превосходное исполнение, надежностью и простотой

использования. Опорный функционал коммутаторов полностью согласуется с мировыми потребностями в построении надёжных сетей уровня доступа. Коммутаторы позволяют под-

ключать конечных пользователей к сетям крупных предприятий, компаний малого и среднего бизнеса.



Рис. 7. Коммутатор управления QSW-3420

В табл. 3 приведено сравнение технических характеристик внешних точек доступа. По результатам сравнительного анализа технических характеристик, можно сделать вывод о том, что наиболее подходит для узла УЦН точка доступа серии QWO-820E. Этому поспособствовали такие факторы как высокая скорость передачи данных и наличие 2 гигабитных сервисных портов, позволяющих обеспечить надежную защиту от внешних факторов окружающей среды.

Таблица 3

Технические характеристики внешних точек доступа

Наименование	Nateks Multilink	QWO-820E	WL8200-T3
Частотные диапазоны	2,3 - 2,7 ГГц 4,9 - 6,0 ГГц	2.40 - 2.48 ГГц 5.15 - 5.85 ГГц	2.40 - 2.48 ГГц 5.15 - 5.25 ГГц
Скорость передачи данных	до 310 Мбит/с	2,4 ГГц до 600 Мбит/с 5 ГГц до 1,2 Гбит/с	2,4 ГГц до 300 Мбит/с 5 ГГц до 2,6 Гбит/с
Сервисные порты	1 × 10/100/1000BaseT	1 × 10/100/1000BaseT	2 × 10/100 /1000Base-T
Антенные разъемы	4 разъема N-type	4 разъема N-type	4 разъема N-type
Электропитание	PoE - 48 VDC	PoE - 48 VDC	PoE - 48 VDC

QWO-820E является высокопроизводительной внешней точкой доступа для использования вне помещений стандарта 802.11ax. Точка доступа имеет высокоскоростной чипсет Mediatek с поддержкой 2×2 DL/UL-MIMO, поддерживающий максимальную скорость 1800 Мбит/с (600 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц и 1200 Мбит/с на частоте 5 ГГц) QWO-820E имеет четыре N-type разъема (female), предназначенных для подключения внешних антенн. Устройство выполнено из алюминиевого сплава с степенью защиты IP67. Внешний вид точки доступа QWO-820E, в соответствии с [7], показан на рис. 8



Рис. 8. Внешняя точка доступа QWO-820E

В табл.4 приведено сравнение технических характеристик антенн для внешних точек доступа. Выбор сделан в пользу антенны QANT-

OD245805M. Основными ее достоинствами являются: возможность работы в 2х диапазонах и оптимальный радиус покрытия местности. Кроме того, надёжность защиты от внешних факторов окружающей среды также играет большую роль благодаря тому факту, что к ней больше, чем к какой-либо другой подходят требования по прочности конструкции.

Встроенная всенаправленная антенна Wi-Fi 2,4/5 ГГц QANT-OD245805M (рис.9) предназначена для организации беспроводного доступа в общедоступных местах (офисы и предприятия).



Рис. 9. Антенна QANT-OD245805M

Всенаправленная антенна имеет в своем составе стекловолокно, которая подходит для установки вне помещений [8].

При выборе SFP модуля для коммутаторов остановимся на продукции фирмы GIGALINK [9].

Внешний вид модуля SFP GL-OT-SG07LC2-0850-0850-M приведен на рис. 10, а его технические характеристики приведены в табл. 5



Рис. 10. Модуль SFP оптический GL-OT-SG07LC2-0850-0850-M

Таблица 4

Технические характеристики антенн для внешних точек доступа

Наименование	AirMax Omni 2G-10	QANT-OD245805M	ANT12-5G360
Частотный диапазон	2.40 - 2.48 ГГц	2.40 - 2.48 ГГц 5.15 - 5.85 ГГц	5.15 - 5.85 ГГц
Коэффициент усиления антенны	10 дБи	10 дБи	10 дБи
Тип направленности	всенаправленная	всенаправленная	всенаправленная
Радиус беспроводного соединения	до 1 км	до 1 км	до 1 км
Рабочая температура	от -30 до +50 °С	от -40 до +60 °С	от -55 до +70 °С
Влажность	до 80% без образования конденсата	до 95% без образования конденсата	до 90% без образования конденсата

Таблица 5

Технические характеристики модуля SFP GL-OT-SG07LC2-0850-0850-M

Параметр	Значение
Расстояние передачи данных, км	0,55
Тип излучателя	VCSEL (полупроводниковый лазер на базе диода)
Оптический бюджет, дБ	7
Скорость передачи данных, Гбит/с	1
Количество используемых волокон	2
Рабочая длина волны, нм	850
Тип разъема	2xLC
Тип волокна	50/125 μm MMF 62.5/125 μm MMF
Диапазон температур, °С	Хранение от -40 до +85. Эксплуатация от 0 до +85
Габариты, ШxВxГ, мм	13,4x12,46x56
Допустимая влажность, %	5 - 90 (отсутствие конденсата)
Питание, В	3,3
Упаковка	Индивидуальная - полиэтиленовый пакет; транспортная - упаковка 10 шт.
Гарантия	3 года

С помощью сервиса ВОЛС.ЭКСПЕРТ [10] был сделан выбор оптических кабелей. Выбор кабеля осуществлялся по следующим критериям: тип провода, назначение электрического тока; силовой элемент и способ волокна. Выбор кабеля для соединения узла доступа с магистральной

линией связи ПАО «Ростелеком» будет осуществляться между кабелем ТОЛ-П-2,7кН, ОККЦ-00-1x8 ЕЗ (2,7), ОКК-Т-16А-2,7 кН. Для выбора волоконно-оптического кабеля для прокладки в грунт следует произвести сравнение технических характеристик, которые представлены в табл. 6

Таблица 6

Технические характеристики волоконно-оптических кабелей для прокладки в грунт

Характеристики	Волоконно-оптические кабели		
	ТОЛ-П-2,7	ОККЦ-00-1x8 ЕЗ(2,7)	ОКК-Т-16А-2,7
Маркировка	ТОЛ-П-2,7	ОККЦ-00-1x8 ЕЗ(2,7)	ОКК-Т-16А-2,7
Изготовитель	«Инкаб»	ОК-кабель	Саранскабель-оптика
Количество оптических волокон в кабеле	16	до 24-х	16
Допустимое растягивающее усилие, кН	2,7	2,7	2,7
Минимальный радиус изгиба	не менее 15	12,5	20
Диаметр кабеля, мм.	7,5	8,3	9,8
Масса кабеля, кг/км	72,7	73,7	71
Раздавливающее усилие, кН/см	0,5	0,3	0,5
Температура эксплуатации, °С	от -60 до +70	от -50 до +70	от -40 до +50

Исходя из сравнительного анализа технических характеристик трех кабелей следует, что наиболее соответствует требованиям для проектируемого участка волоконно-оптический кабель ОКК-Т-16А-2,7 (рис. 11) благодаря следующим факторам:

- меньший вес;
- минимальный радиус изгиба ОК;
- допустимое раздавливающее усилие не менее 0,5 кН/см для кабеля с допустимым растягивающим усилием 2,7 кН.



Рис. 11. Конструкция оптического кабеля ОКК-Т-16А-2,7 кН

Оптические кабели типа ОКК-Т-А предназначены для прокладки в грунте 1–3 категории, а также в кабельной канализации, трубах, на мостах и эстакадах. Кабель защищен броней из гофрированной стальной ленты, в плотной внешней оболочке. Защищен от грызунов, отличается устойчивостью к возможным механическим повреждениям.

Маркировка оптического кабеля ОКК-Т-16А-2,7 кН:

О - оптический кабель;

К - для прокладки в канализации;

К - защитный покров состоит из продольно наложенных арамидных нитей и внешней оболочки;

Т - кабель без защитных покровов, несущий элемент расположен продольно оптическому сердечнику;

16 - количество оптических волокон;

А - тип волокна: одномодовое стандартное;

2,7 - допустимая растягивающая нагрузка, кН.

Выбор кабеля для воздушного подвеса по существующим опорам и соединения точек доступа с узлом доступа будет осуществляться между кабелем ДПОм-П-16У(2x8) 6кН, ОККЦ-00-1x8 ЕЗ (2,7), ДПОд-П-16У(2x8) 6кН. В табл. 7 представлены технические характеристики волоконно-оптических кабелей для воздушного подвеса.

Марки кабелей имеют схожие характеристики, но при более внимательном изучении свойств кабеля и его технологии выбор сделан в пользу кабеля ТПОм-П 16У 6кН. (рис.12)

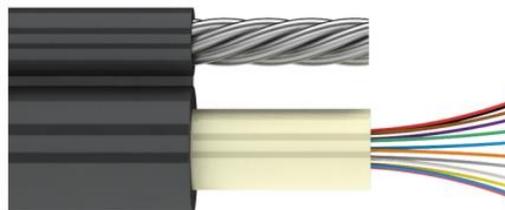


Рис. 12. Конструкция кабеля ТПОм-П-16У 6кН

Кабель ТПОм-П-16У 6кН содержит один центральный оптический модуль, сверху наложена оболочка одновременно на сердечник и выносной силовой элемент. Ограничение по числу волокон: не более 24.

Преимущество данного кабеля:

- новейшая разработка компании Corning – ультратонкое волокно Ultra;
- твердое отставание сигнала минимум на 10% ниже, чем у обычных волокон;
- 10 раз больше, устойчиво к изгибу стандартного волокна;
- совместимо с другими одномодовыми волокнами на 100%.

Для того, чтобы коммутировать активное оптическое оборудование и обеспечить соединение в распределительных устройствах (оптических кроссах или телекоммуникационных шкафах) используют патч-корд. Cabeus FOP-50-SC-ST-2m (рис.13), шнур оптический duplex SC-ST 50/125 mm, OM3, 2m, LSZH - переходной шнур (патч-корд) SC-ST 50/125 - это отрезок оптического кабеля с двумя волокнами (в буферном покрытии 3

мм) каждое из которых оконцовано с одной стороны оптическим коннектором SC, с другой стороны коннектором ST [11].

Таблица 7

Технические характеристики волоконно-оптических кабелей для воздушного подвеса			
Характеристики	Волоконно-оптические кабели		
Маркировка	ДПОМ-П-16У(2x8) 6кН	ТПОМ-П-16У 6кН	ДПОд-П-16У(2x8) 6кН
Длина волны, нм	1310/1550	1310/1625	1310/1550
Число одномодовых ОВ	16	16	16
Масса, кг/км	116,7	88,4	116,7
Допустимые раздавливающие усилия	0,3	0,3	0,3
Допустимые растягивающие усилия, кН	6	6	6
Расстояние между опорами для подвеса кабеля	50	50	50
Условия прокладки	Применяется для подвеса на опорах линий связи, линий электропередач	Применяется для подвеса на опорах линий связи, линий электропередач	Применяется для подвеса на опорах линий связи, линий электропередач
Коэффициент затухания, дБ/км	0,35	0,32	0,35

На патч-кордах имеется маркировка полярности коннекторов, с помощью которой можно определить стороны входа и выхода светового

сигнала. Технические характеристики Cabeus FOP-50-SC-ST-2m приведены в табл.8

Таблица 8

Технические характеристики Cabeus FOP-50-SC-ST-2m	
Параметр	Значение
Коннектор / полировка	SC/UPC – ST/UPC
Исполнение	2 волокна (duplex)
Тип волокна	Многомодовое 50/125 (ММ)
Класс волокна	OM3 / G.651
Материал внешней оболочки	LSZH-компаунд
Диаметр внешней оболочки, мм	3 мм
Цвет внешней оболочки	aqua (бирюзовый)
Вносимые потери	≤ 0,3 дБ
Возвратные потери	≥ 35 дБ
Наконечник	Керамика
Диаметр наконечника	2,5 мм



Рис. 13. Переходной шнур (патч-корд) Cabeus FOP-50-SC-ST-2m

С целью подключения оборудования внешних точек доступа, понадобится установка медиаконвертеров. Для того чтобы конвертировать кадры Ethernet 10Base-T и 100 BaseX в оптический сигнал, необходим медиаконвертер GIGALINK. Это даёт возможность увеличить длину участка витой пары до сотен километров. Конвертеры могут устанавливаться как отдельное устройство или в универсальное 14-слотовое шасси GL-MC-CHASSIS для монтажа 19” шкаф (стойку). Медиаконвертеры способны выдерживать «горячую» замену и установку, а также использование в составе шасси [12]. Технические характеристики медиаконвертера GL-MC-UTPF-SC2F-19MM-0850 приведены в табл. 9. Медиаконвертер GL-MC-UTPF-SC2F-19MM-0850: интерфейсы - RJ-45, 2xSC, тип волокна – ММ, количество волокон – 2, скорость передачи данных

- 100Мбит/с, рабочая длина волны – 850, дальность до 2 км.

Таблица 9

Технические характеристики медиаконвертера GL-MC-UTPF-SC2F-19MM-0850

Параметр	Значение
Режим работы, Мбит/с	10/100
Встроенная оптика, нм	ММ, 850
Дальность, км	Многомодовое волокно: 2, Витая пара CAT5: 0,1
Интерфейсы	Rj45 порт: EIA568A/B, Оптический порт: 2xSC
Режимы конвертирования	Store and Forward mode, Cut-Through mode
Буфер памяти, Кб	Встроенная RAM память 128
BER (к-т битовых ошибок)	$< 10^{-9}$
Время между сбоями, ч	100 000
Питание, В	AC90~264/DC100~380 на входе, 5V1A на выходе
Потребляемая мощность, Вт	< 2

4. РАСЧЕТ ДАЛЬНОСТИ WI-FI СИГНАЛА

Для расчета дальности беспроводного канала связи используется инженерная формула вычисления потерь энергии сигнала в свободном пространстве:

$$D = 10^{\left(\frac{FSPL}{20} - \frac{33}{20} - \log F\right)} \quad (1)$$

FSPL (Free Space Path Loss) - потери в свободном пространстве (дБ);

F- центральная частота канала, на котором работает система связи (МГц);

D - расстояние между двумя точками (км).

Потери в свободном пространстве рассчитываются по формуле:

$$FSPL = Y_{дБ} - SOM \quad (2)$$

где:

$Y_{дБ}$ - суммарное усиление системы;

SOM - (System Operating Margin) - запас в энергетике радиосвязи (дБ).

Суммарное усиление системы, рассчитывается следующим образом:

$$Y_{дБ} = P_{t,дБмВт} + G_{t,дБи} + G_{r,дБи} - P_{min,дБмВт} - L_{t,дБ} - L_{r,дБ} \quad (3)$$

где:

$P_{t,дБмВт}$ - мощность передатчика;

$G_{t,дБи}$ - коэффициент усиления передающей антенны;

$G_{r,дБи}$ - коэффициент усиления приемной антенны;

$P_{min,дБмВт}$ - чувствительность приемника на данной скорости;

$L_{t,дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах передающего тракта;

$L_{r,дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах приемного тракта.

SOM (System Operating Margin) - запас в энер-

гетике радиосвязи (дБ). Он также учитывает возможные факторы, негативно влияющие на дальность связи, такие как:

- сдвиг температурного значения чувствительности приемника и выходной мощности передатчика;
- всевозможные атмосферные явления: туман, снег, дождь;
- рассогласование антенны, приемника, передатчика с антенно-фидерным трактом.

Используя вышеперечисленные данные, можно рассчитать дальность Wi-Fi сигнала.

Антенны приемника и передатчика находятся в зоне оптической прямой видимости, где отсутствуют препятствия для распространения радиоволн. Для передающего устройства данные получены из технических характеристик выбранной внешней точки доступа и антенны усиления сигнала, для приемного устройства взяты средние показатели характеристик смартфонов.

Потери в ВЧ разъемах обычно составляют не более 0,5-1 дБ на коннектор.

Данные для расчета:

- центральная частота канала, на котором работает система связи – 2442 МГц;
- мощность передатчика внешняя точка доступа QWO-820E – 27 дБи;
- коэффициент усиления передающей антенны QANT-OD245805M – 10 дБи;
- коэффициент усиления приемной антенны смартфона - 2 дБи;
- чувствительность приемника на данной скорости 12 Мбит/с и -85 дБм;
- потери сигнала в кабеле и разъемах передающего тракта – 1 дБи;
- потери сигнала в кабеле и разъемах приемного тракта – 0,5 дБи;
- запас в энергетике радиосвязи – 20 дБи.

При условии использования оборудования в открытом пространстве и прямой видимости Wi-Fi сигнал имеет возможность распространения на расстояние 1 км с возможностью обеспечения передачи данных с требуемой скоростью, однако

для того чтобы вычислить данные более приближенные к реальным воспользовались калькулятором МСЭ Р 525 [13] с учетом ослабления сигнала на местности.

Принимая во внимание ослабление сигнала для абонентов, принимающих сигнал в помещении, был принят коэффициент городской местности, а также использовали значение применимое к пригороду. В результате дальность связи

составила:

- город – 0,21 км (200 м);
- пригород – 0,44 км (400 м).

По результатам проделанных расчетов произвели уточнение структурной схеме расположения точек доступа на местности, результаты показаны на рис. 14.

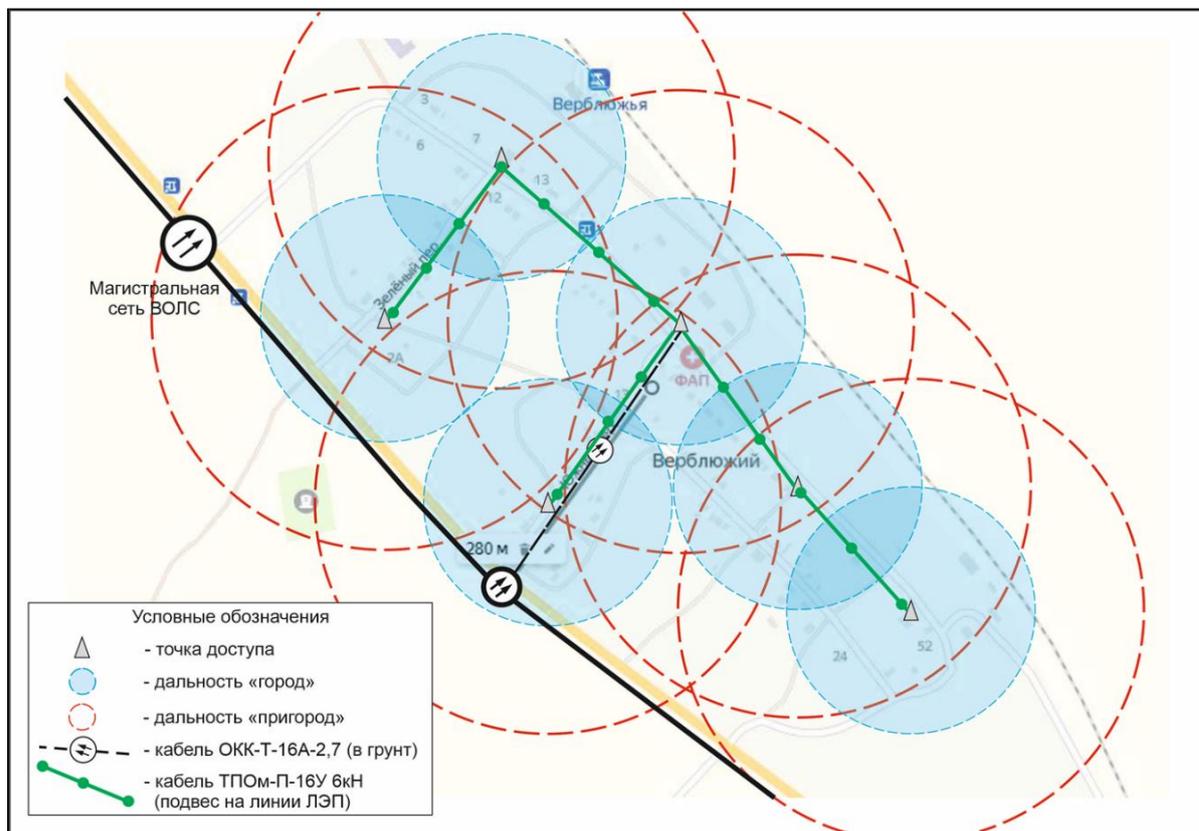


Рис. 14. Схема подключения точек доступа Wi-Fi в пос. Верблюжий с учетом дальности распространения сигнала

5. РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Для расчета количества волоконно-оптических кабелей, которые необходимы для проектирования системы связи не обязательно знать расстояние от узла доступа до каждого столба установки точки возврата, учитывая все повороты и подъемы при прокладке кабеля [14].

Существует два метода расчета необходимого количества кабеля:

- метод суммирования;
- эмпирический метод.

Метод суммирования заключается в подсчете длины каждой кабельной трассы с последующим сложением этих длин, добавив при этом технологический запас кабеля. Преимущество данного метода высокоточная работа и высокая точность результатов.

Сущность эмпирического способа заключается в применении обобщенной математической модели для проведения подсчета общей длины кабеля, требуемого на проведение конкретного

мероприятия по связи. Наиболее важным ограничением является предположение о том, что места установки распределены по эксплуатируемой площади равномерно.

При расчете применяется формула определения средней длины кабеля:

$$L_{\text{ср}} = (L_{\text{мин}} + L_{\text{макс}}) / ((k_{\text{тел}} + k_{\text{рм}}) + x) \quad (4)$$

где
 $L_{\text{ср}}$ – средняя длина кабеля;
 $L_{\text{мин}}$ – длина наиболее короткой кабельной линии;
 $L_{\text{макс}}$ – длина наиболее длинной кабельной линии;
 $k_{\text{тел}}$ – технологический запас кабеля в телекоммуникационной;
 $k_{\text{рм}}$ – технологический запас кабеля на месте установки;
 x – запас кабеля на разделку (в среднем 0,6 – 1,0 метра).

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 53246-2008 [15], для того чтобы в будущем иметь

возможность изменять конфигурацию кабельной системы, рекомендуется оставлять следующий запас кабеля:

- в телекоммуникационном шкафу: волоконно-оптический кабель - 3 м;
- на месте установки точки доступа: волоконно-оптический кабель - 1 м.

Запас кабеля должен учитываться в общей длине сегментов кабельной системы.

Для того чтобы упростить расчеты на местности, можно использовать карты или планы определенных масштабов. Применительно к исследуемому населенному пункту пос. Верблюжий для дальнейших расчетов использовались следующие исходные данные: $L_{\text{мин}} = 150$ м, $L_{\text{макс}} = 600$ м, $k_{\text{тел}} = 3$ м, $k_{\text{рм}} = 1$ м, $x = 0,5$ м.

Вычислим по формуле (4) среднюю длину кабеля:

$$L_{\text{ср}} = \frac{150 + 600}{(3 + 1) + 0,5} = 163,04 \text{ м}$$

Расчет количество кабельных пробросов в одной упаковке кабеля определяется по формуле (5):

$$N = \frac{L_{\text{кат}}}{L_{\text{ср}}} \quad (5)$$

где,

$L_{\text{кат}}$ – количество кабеля в одной упаковке.

Оптический кабель ТПОМ-П-16У-6,0 – длина в заводской стандартной упаковке (бухте) – 452 м, тогда согласно формуле (5):

$$N = \frac{452}{163,04} = 2,77 \text{ пробросов}$$

Расчет количества упаковок (бухт) определяется по формуле (6):

$$Up = \frac{N_{\text{порт}}}{N} \quad (6)$$

где,

$N_{\text{порт}}$ – количество планируемых портов.

Для организации сети планируется подключение по одному порту на точку доступа, планируется размещение пяти точек доступа, тогда согласно формуле (6):

$$Up = \frac{5}{2,77} = 1,8$$

Результат округляется в большую сторону, далее рассчитывается количество упаковок:

$$Nup = Up \cdot L_{\text{кат}} \quad (7)$$

Из результатов расчетов видно, что для проектирования кабельной линии сети подвесом до

точек доступа требуется оптического кабеля ТПОМ-П-16У-6,0, согласно формуле (7):

$$Nup = 2 \cdot 452 = 904 \text{ м}$$

Для расчета необходимого количества кабеля для закладки в грунт и подключения к магистральной линии связи ПАО «Ростелеком» воспользовались схемой, изображенной на рис. 14. Так как участок прокладки кабеля прямой, то остается добавить технологический запас кабеля.

$$L_{\text{грунт}} = L_{\text{тр}} + k_{\text{рм}} + k_{\text{тел}} + x \quad (8)$$

где,

$L_{\text{тр}}$ – длина кабельной трассы в грунте согласно плану местности.

$$L_{\text{грунт}} = 300 + 1 + 3 + 0,5 = 304,5 \text{ м}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для устранения цифрового неравенства и обеспечения жителей поселка Верблюжий Астраханской области беспроводной связью предложен проект организации доступа к сети интернет по технологии Wi-Fi. В работе произведен выбор оборудования: промышленный коммутатор - QSW-3750; коммутатор управления - QSW-3420; внешняя точка доступа - QWO-820E; всенаправленная WiFi антенна - QANT-OD245805M; волоконно-оптический кабель для прокладки в грунт - ОКК-Т-16А-2,7; волоконно-оптический кабель для воздушного подвеса - ТПОМ-П-16У 6кН. Проведены расчеты дальности сигнала Wi-Fi: вне жилых построек дальность 400 м, в жилых постройках 200 м. Максимальная требуемая скорость для организации связи – 12 Мбит/с. Произведен расчет общей длины волоконно-оптического кабеля, затрачиваемого на подключение точек доступа: кабеля марки ТПОМ-П-16У-6,0 требуется 904 метра, марки ОКК-Т-16А-2,7 - 305 метров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пищин, О. Н. Реализация низкоорбитальной сети спутниковой связи для предоставления доступа в интернет / О. Н. Пищин, Н. С. Мальцева, И. В. Викторов // Автоматика и программная инженерия. – 2022. – № 3(41). – С. 11-15.
- [2] Справка о компании ПАО «Ростелеком»: [электронный ресурс] <https://www.company.rt.ru/about/info/>
- [3] Техническая политика проектирования и строительства узлов доступа в рамках проекта «Устранение цифрового неравенства» в ОАО «Ростелеком», редакция вторая – Москва – 2015 г. – 21 с.
- [4] Поселок Верблюжий. Общие сведения.: [электронный ресурс] <https://bankgorodov.ru/place/verblujii> (дата обращения 14.06.2023).
- [5] Индустриальный коммутатор QSW-3750-12Т: [электронный ресурс]

- https://www.qtech.ru/catalog/switches/industrial/qsw_3750/qsw_3750_12t_i_pe_dc/
- [6] Коммутатор управления QSW-3420: [электронный ресурс] <https://all-lan.ru/magazin/product/kommutator-qtech-qsw-3420-10t-poe-ac>
- [7] Внешняя точка доступа QWO-820E: [электронный ресурс] https://www.qtech.ru/catalog/wireless/outdoor_access_points/qwo_820e_ip67/#properties
- [8] Антенна QANT-OD245805M: [электронный ресурс] https://www.qtech.ru/catalog/wireless/wifi_antennas/qant_od245805m/
- [9] Модуль SFP оптический GL-OT-SG07LC2-0850-0850-M: [электронный ресурс] <https://www.kdds.ru/setevoe-oborudovanie/gigalink/sfp-moduli-1g/modul-gl--ot-sg07lc2-0850-0850-m>
- [10] ВОЛС. Эксперт: все о волоконно-оптических линиях связи <https://vols.expert/>
- [11] Переходной шнур (патч-корд) Cabeus FOP-50-SC-ST-2m <https://cabeus.ru/product/8098/>
- [12] Медиаконвертер GL-MC-UTPF-SC2F-19MM-0850: [электронный ресурс] <https://www.kdds.ru/setevoe-oborudovanie/gigalink/mediakonvertery-100mbit-i-1g/mediakonverter-gl-mc-utpf-sc2f-19mm-0850>
- [13] Онлайн-калькулятор потерь в свободном пространстве. По рекомендациям Международного союза электросвязи ITU-R P.525-2. <https://r1ban.ru/calc/loss-calc.htm>
- [14] А.Б. Семенов, Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов – Москва - Академия АйТи; ДМК Пресс. - 2010 - 412+16 с.: ил.
- [15] ГОСТ Р 53246-2008 «Информационные технологии. Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования»: утвержден и

введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2008 г. №786-ст.



Алексей Викторович Осовский – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: a_osoovskiy@mail.ru



Денис Валерьевич Кутузов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: d_kutuzov@mail.ru



Альберт Юрьевич Безруков – магистрант 1-го курса обучения специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: dj_albert@bk.ru

Статья поступила 18.07.2023

Elimination of Digital Discrimination in the Village of Verblyuzhiy, Astrakhan Region, Using Wi-Fi technology

A.V. Osovskiy¹, D.V. Kutuzov¹, A.Yu. Bezrukov¹

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract: The paper considers a project to eliminate digital discrimination in the village of Verblyuzhiy, Astrakhan region. The elimination of digital discrimination is achieved by providing access to communication services for residents of small settlements with a population of 100 to 500 people. In such settlements, communication services are either not provided, or are provided with inadequate quality of access to telecommunication services and services of collective access to the Internet.

Keywords: Wi-Fi, digital discrimination elimination, access point, industrial switch.

REFERENCES

- [1] Pishchin, O. N. Realizaciya nizkoorbital'noj seti sputnikovoj svyazi dlya predostavleniya dostupa v internet / O. N. Pishchin, N. S. Mal'ceva, I. V. Viktorov // *Avtomatika i programmnaya inzheneriya*. – 2022. – № 3(41). – S. 11-15.
- [2] *Spravka o kompanii PAO «Rostelekom»*: [elektronnyj resurs] <https://www.company.rt.ru/about/info/>
- [3] *Tekhnicheskaya politika proektirovaniya i stroitel'stva uzlov dostupa v ramkah projekta «Ustranenie cifrovogo neravenstva» v OAO «Rostelekom»*, redakciya vtoraya – Moskva – 2015 g. – 21 s.
- [4] *Poselok Verblyuzhij. Obshchie svedeniya*: [elektronnyj resurs] <https://bankgorodov.ru/place/verblyuzhij> (data obrashcheniya 14.06.2023).
- [5] *Industrial'nyj kommutator QSW-3750-12T*: [elektronnyj resurs] https://www.qtech.ru/catalog/switches/industrial/qsw_3750/qsw_3750_12t_i_pe_dc/
- [6] *Kommutator upravleniya QSW-3420*: [elektronnyj resurs] <https://all-lan.ru/magazin/product/kommutator-qtech-qsw-3420-10t-poe-ac>

- [7] Vneshnyaya tochka dostupa QWO-820E: [elektronnyj resurs] https://www.qtech.ru/catalog/wireless/outdoor_access_point_s/qwo_820e_ip67/#properties
- [8] Antenna QANT-OD245805M: [elektronnyj resurs] https://www.qtech.ru/catalog/wireless/wi-fi_antennas/qant_od245805m/
- [9] Modul' SFP opticheskij GL-OT-SG07LC2-0850-0850-M: [elektronnyj resurs] <https://www.kdds.ru/setevoe-oborudovanie/gigalink/sfp-moduli-1g/modul-gl--ot-sg07lc2-0850-0850-m>
- [10] VOLS. Ekspert: vse o volokonno-opticheskikh liniyah svyazi <https://vols.expert/>
- [11] Perekhodnoj shnur (patch-kord) Cabeus FOP-50-SC-ST-2m <https://cabeus.ru/product/8098/>
- [12] Mediakonverter GL-MC-UTPF-SC2F-19MM-0850: [elektronnyj resurs] <https://www.kdds.ru/setevoe-oborudovanie/gigalink/mediakonverty-100mbit-i-1g/mediakonverter-gl-mc-utpf-sc2f-19mm-0850>
- [13] Onlajn-kal'kulyator poter' v svobodnom prostranstve. Po rekomendaciyam Mezhdunarodnogo soyuza elektrosvyazi ITU-R P.525-2. <https://r1ban.ru/calc/loss-calc.htm>
- [14] A.B. Semenov, Proektirovanie i raschet strukturirovannyh kabel'nyh sistem i ih komponentov – Moskva - Akademiya AjTi; DMK Press. - 2010 - 412+16 s.: il.
- [15] GOST R 53246-2008 «Informacionnye tekhnologii. Sistemy kabel'nye strukturirovannye. Proektirovanie osnovnyh uzlov sistemy. Obschie trebovaniya»: utverzhden i vveden v dejstvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 25 dekabrya 2008 g. №786-st.



Alexey V. Osovskiy is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

Email: a_osovskiy@mail.ru



Denis V. Kutuzov is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

Email: d_kutuzov@mail.ru



Albert Yu. Bezrukov is - Master student of the 1st year of study in the specialty "Infocommunication technologies and communication systems". Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

Email: dj_albert@bk.ru

The paper has been received on 18/07/2023