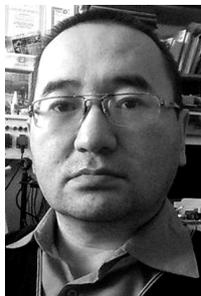


Обеспечение доступа к сети Интернет с помощью автономного ретранслятора



Н. А. Леонтьев,
к. т. н., доцент
leonza@mail.ru



А. Г. Нюрова,
зав. лабораторией
anna-nyurova@mail.ru

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова

В статье рассматривается проблема подключения малонаселенных пунктов к широкополосной сети Интернет в условиях Крайнего Севера. Приводятся объективные причины и трудности при подключении к сети передачи данных малонаселенных пунктов, возможности подключения к волоконно-оптической линии связи в соответствии Федеральным законом о связи. Обсуждается возможность проведения высокоскоростной сети с помощью радиомостов на основе технологии Wi-Fi. Рассматривается проблема обеспечения автономности оборудования с помощью альтернативной электроэнергетики. Предлагается проект радиомоста и питания с помощью солнечных панелей с низкой стоимостью. С учетом условий полярной ночи и зимних условий Крайнего Севера предлагается малобюджетное решение для электропитания радиооборудования и систем электропитания, а также меры по термоизоляции аккумуляторов в зоне вечной мерзлоты.

Ключевые слова: Крайний Север, радиомост, Wi-Fi, электропитание, солнечная панель.

Введение

В настоящее время происходит переход на цифровую экономику и на электронный документооборот, из-за этого потребность населения в широкополосном доступе увеличивается семимильными шагами. Наиболее хорошо обеспечены широкополосным доступом жители крупных городов. Некоторые электронные государственные услуги начали оказывать только через сеть Интернет, без доступа к сети человек находится вне информационного мира. Например, предоставление документов на «Дальневосточный гектар» происходит только в электронном виде. Согласно Федеральному закону «О связи», все населенные пункты с количеством населения больше 250 человек должны быть обеспечены доступом к волоконно-оптической широкополосной сети.

В условиях Якутии проведение сетей из волоконно-оптических линий связи весьма трудно и затратно, так как расстояние между населенными пунктами достигают до 300 км и это в пределах только одного муниципального района, при этом часто отсутствуют дороги с твердым покрытием между данными населенными пунктами, отсутствует наземная связь, отсутствуют круглогодичные дороги, имеется только спутниковая связь и зимник (зимняя автотрасса по руслам замерзших рек). В настоящее время, часто применяют спутни-

ковые технологии, но они обладают низкой скоростью, большой задержкой и большой стоимостью трафика. На 2018 г. волоконно-оптические сети проведены в половину городов региона, только несколько сельских районов подключены к волоконно-оптической сети, в основном центры районов и прилегающие территории. Население отдаленных населенных пунктов Крайнего Севера редко достигает тысячи человек, много населенных пунктов с численностью проживающих до 250 человек. Срок окупаемости волоконно-оптической линии связи достигает 50 и более лет на таких протяженных трассах, что делает такие проекты нерентабельными [1]. Государство на условиях частного партнерства пытается решить данные задачи, например в Якутии, таким образом, проводят волоконно-оптические линии связи вдоль федеральных и республиканских трасс. Проведена высокоскоростная линия до границы с Магаданской областью, проводится линия Якутск–Сангары с обеспечением связью населенных пунктов расположенных вдоль данной трассы.

Традиционные системы связи на радиорелейных линиях требуют обслуживания, источника питания на основе дизельного генератора, емкостей с горючим, вышки. Стоимость только одной вышки для радиорелейной станции может достигать нескольких миллионов рублей, что в свою очередь делает проект нерентабельным для частных компаний.

Основная часть

Развитие новых инновационных решений в области радиосвязи позволяет предложить применить сеть радиомостов на основе технологии Wi-Fi. В данное время различные фирмы производят широкий спектр радиомостов, их мощность достаточно для связи на дальностях до 50 км. Имеются отдельные модели с возможностью связи до 100 км и скоростью передачи до 100 Мбит/с. Производителями подобных радиомостов являются MikroTik, Ubiquiti и ряд других фирм. Данные устройства являются миникомпьютером со своей операционной системой, системой удаленного управления и тонкой настройкой оборудования и параметров радиосвязи. Радиомосты часто являются интегрированным устройством, в одном корпусе находится вычислительный модуль, радиопередатчик с приемником и направленная антенна, что уменьшает потери в радиотракте устройства.

Проблема автономности электропитания таких устройства начинает возникать при их использовании на протяженных трассах, так как радиотрасса проходит через тайгу, ближайшие линии электропередачи только в населенных пунктах и вдоль дорог, причем в населенные пункты могут быть обеспечены электроэнергией с помощью дизельных электростанций, которые в летнее время отключаются.

Современные солнечные панели обладают высоким КПД [2], применяются в самых разных областях, для питания домов, для обеспечения электроэнергией маломощных потребителей, в том числе и ламп уличного освещения, различных радиоустройств. Большая территория Российской Федерации не позволяет использовать один технический проект для всех регионов [3], численный расчет мощности солнечных панелей необходимо проводить в зависимости от географических координат, в частности географической северной широты, а также высоты над уровнем моря [4, 5].

Для электропитания предлагается использовать солнечные панели с аккумуляторами. В летнее и весенне-осеннее время электрообеспечение с помощью солнечных панелей не составляет больших проблем, так как длительность дня при избыточной площади достаточно для зарядки аккумуляторов и электропитания в дневное время. Расчетные и практические данные показывают весьма малое время зарядки для зимнего периода, что ограничивает применение солнечных панелей, так как малое количество панелей не может восполнить затраты электроэнергии [6]. Современная солнечная панель имеет коэффициент полезного действия до 18%, в зависимости от технологии изготовления. Популярны панели из монокристаллического кремния имеют КПД 15-18%, из мультикристаллического кремния до 15%, поликристаллического кремния 12-14%, аморфного кремния 6-8%, теллурида кадмия около 11% [7, 8].

По данным исследований эффективность выработки энергии солнечными панелями в декабре может падать до 5% в условиях города Якутска и его пригородов. На возвышенностях в тайге отсутствие тумана может дать более высокий процент выработки, но не слишком большой. На выработку электроэнер-

гии также могут влиять погодные условия, например снегопад, метель [9, 10].

Энергопотребление одного радиомоста составляет до 10 Вт, для работы радиотрассы необходимо присутствие двух радиомостов на одном ретрансляторе. Общее энергопотребление составляет примерно 20 Вт, с помощью тонкой настройки параметров радиосвязи можно немного уменьшить энергопотребление. В сутки радиомосты будут потреблять до 480 Вт, данное число получается по выражению $24 \text{ ч} \times 20 \text{ Вт} = 480 \text{ Вт}$ в сутки. Стандартная аккумуляторная батарея имеет емкость 100 А·ч, что примерно составляет 1200 Вт, но при этом необходимо учесть глубину разрядки аккумуляторной батареи, а также рекомендованную степень заряженности до 75% в зимнее время. Солнечная панель площадью 1 м^2 вырабатывает примерно 200 Вт/ч. Для компенсации суточного потребления необходимо работы на 2,5 ч в полную мощность, что достигается при безоблачной погоде в летнее время. В зимний период в сутки солнечная панель может выработать до 240-300 Вт, что мало для полного замещения расходов заряда. Необходимое количество это 2 и более солнечных панелей. Минимальная конфигурация электропитания — две панели и 2 аккумулятора на 100 А·ч. Оптимальная конфигурация это 4 панели мощностью по 300 Вт/ч и 4 аккумулятора на 100 А·ч. Количество солнечных панелей и количество аккумуляторов рассчитывается для каждого ретранслятора отдельно. С учетом тока саморазрядки количество солнечных панелей необходимо брать с превышением. Общая стоимость комплекта будет примерно от 100 тыс. и доходить до 250 тыс. руб. Окупаемость в зависимости от количества населения и числа точек ретранслятора от 1 до 5 лет [11].

Параметры связи радиомоста не отличаются от стандартных и расчет зоны Френеля производится в зависимости от длины волны и высоты подвеса антенны. Радиомосты Wi-Fi работают на следующих частотах: 900 МГц, 2,4 ГГц, 3 ГГц, 5 ГГц, 10 ГГц, 24 ГГц и 60 ГГц. Основная часть частотного диапазона является лицензируемой, поэтому для работы необходимо получить лицензию.

Центральный район Якутии ограничивается с севера рекой Алдан, которая течет примерно по 63 северной широте. Долгота светового дня на широте устья реки Алдан на дату 22 декабря составляет 4,35 ч, температура воздуха зимой может опускаться до -60°C . Для автономной работы ретранслятора в суровых условиях Севера необходимо обеспечить тепловой режим для аккумуляторов, для этого можно применить термокожух из теплоизолирующего материала, либо поместить аккумуляторы в грунт. Толщина слоя теплоизолирующего материала должна соответствовать температуре -60°C и обеспечивать работу аккумуляторных батарей зимой и летом. В зоне вечной мерзлоты температура грунта не опускается ниже -10°C , что является достаточным для работы аккумуляторной батареи с плотностью электролита от $1,20 \text{ г/см}^3$. В таком случае, необходимо учесть возможность оттайки вечной мерзлоты в летнее время и обеспечить нужную гидроизоляцию аккумулятора и кабелей питания, а также обеспечить воздушную от-

душину для вывода газообразных продуктов образующихся при зарядке кислородных аккумуляторов.

Угол наклона солнечной панели должен быть более 60° для предотвращения снеговых наносов на панель. Наклон панели устанавливается постоянный, оптимальный для съема солнечной энергии в зимние месяцы, угол близкий к вертикальному углу, направление на юг. В летний период при наличии белых ночей, солнечная панель позволяет заряжать аккумуляторы и ночью. Из-за большого запаса по площади солнечной панели угол наклона не критичен в другие сезоны года. В последние месяцы зимы панели необходимо очистить от снега и конденсированной влаги в виде инея.

Для системы охраны можно поставить видеокамеру с обзором в 360°, но при этом надо отдавать предпочтение моделям с минимальным электропотреблением, так как это вызывает изменения энергопитания, а, следовательно, и оптимальной конфигурации солнечных панелей и емкости аккумуляторных батарей.

Высота монтажа антенны зависит от местности расположение ретранслятора, при применении деревянных столбов можно увеличить высоту до 20 м, желательно ограничиваться одним столбом высотой до 8 м, что является достаточным при расположении на горе или на склоне горы. Срок службы такого столба составляет более 20 лет, стоимость вместе с работами по установке составляет от 8 тыс. руб, без учета доставки столба и использование тяжелой техники для прокладки дороги до места установки. Необходимо учесть труднодоступность места установки ретранслятора, так как установка будет производиться в тайге, где отсутствуют дороги. Для предотвращения случаев порчи оборудования от местных диких животных необходимо оборудовать место установки отпугивающими устройствами, работающими на энергии ветра и солнца, а также установить механические средства для ограничения доступа.

Для обеспечения удаленных населенных пунктов придется строить сеть ретрансляторов, из 3-5 точек, при этом необходимо учесть время задержки от 5 до 10 мс на ретранслятор и наличие джиттера. Общая задержка линии может достигать 40-50 мс на линию. Ретранслятор также может выступать в роли разветвителя линии, при этом необходимо учесть дополнительный расход электроэнергии.

В заключение хотелось бы сказать, что автономное питание радиоустройств на основе солнечных панелей популярно в южных широтах, в условиях Севера данные устройства не могут обеспечить полноценную работу при малой длительности солнечного дня, тем более за полярным кругом, в режиме полярной ночи [12].

Для Крайнего Севера необходимо установка с другим видом резервного электропитания в зимнее время, среда эксплуатации весьма тяжелая, температура до -60°C, ветры до 30 м/с, снежные бури длительностью несколько дней, длительные снегопады, полярная ночь несколько месяцев. Или же учесть наличие полярной ночи и применять замену аккумуляторов на заряженные с определенным интервалом или обеспечить избыточность электроэнергии на время полярной ночи. Также имеется возможность применять бензиновый электрогенератор с автоматическим подо-

гревом и дополнительным емкостью для длительной работы. Электрогенератор подключается по уровню заряда аккумулятора и обеспечивает электропитание в отсутствие светового дня.

Заключение

Внедрение волоконно-оптических сетей в районы Крайнего Севера позволяет охватить пункты с большим количеством населения. Обеспечение сетью Интернет удаленных населенных пунктов возможно с помощью широкополосных радиомостов. Только внедрение новых инновационных систем связи позволяет уменьшить стоимость доступа в сеть Интернет.

Список использованных источников

1. Н. А. Леонтьев, В. Ф. Протопопова. Проблема доступа к широкополосному Интернету в условиях Якутии // Форум молодых ученых. № 1 (5). 2017. С. 329-332.
2. А. А. Бубенчиков, А. Ю. Овсянников, М. В. Николаев, И. Ю. Марчинский, А. О. Шепелев. Эффективность преобразования солнечной энергии // Молодой ученый. № 28-2 (132). 2016. С. 46-50.
3. Т. С. Алексеева, О. В. Беланова. Влияние географического положения Российской Федерации на выбор солнечных панелей // Новая наука: проблемы и перспективы. № 2-1 (61). 2016. С. 96-98.
4. А. С. Уланова, А. Г. Михайлов. Проблемы применения солнечных панелей для систем автономного питания // В сб.: «Актуальные вопросы энергетики». Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 114-119.
5. Е. А. Шибанов, А. В. Симаков. Проблемы применения солнечных панелей для систем автономного питания // Под общей ред. Г. Ю. Гуляева // В сб.: «Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации». Сборник статей X Международной научно-практической конференции. 2017. С. 37-39.
6. Н. А. Леонтьев, А. А. Протодаконова. Расчет длительности дня для выбора солнечной панели // Фундаментальные и прикладные научные исследования: материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 159-160.
7. Д. А. Нагаев. Обзор современных солнечных панелей // Вестник современных исследований. 2018. № 6.3 (21). С. 530-534.
8. Ю. М. Зуев, Е. Н. Андреева. Проблемы альтернативной электроэнергетики. солнечные панели // В сб.: «Современные технологии в электроэнергетике и теплоэнергетике». Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2018. С. 63-67.
9. А. В. Байшев, А. С. Торопов. Особенности расположения солнечных панелей // В сб.: «Актуальные вопросы в науке и практике». Сборник статей по материалам VI международной научно-практической конференции. В 4-х частях. 2018. С. 109-113.
10. В. В. Ханаев. Вопросы эффективности применения геосистем малой мощности // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2015. № 2 (59). С. 98-107.
11. Н. А. Леонтьев, А. А. Протодаконова. Летний ретранслятор с автономным питанием для сельской местности Якутии // Успехи современной науки. Т. 4. № 1. 2017. С. 93-96.
12. С. А. Заголлло, А. С. Семенов. Перспективы использования солнечной энергии в децентрализованных энергорайонах Крайнего Севера // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 11-3. С. 333-336.

Access to the Internet with the help of an autonomous repeater

N. A. Leontiev, PhD, assistant professor.

A. G. Nyurova, head of the laboratory.

(M. K. Ammosov north-east federal university)

This article addresses the problem of connecting sparsely populated points to the broadband Internet in the North. Objective reasons and difficulties in connecting to the data network of sparsely populated points, the possibility of connecting to a fiber-optic communication line in accordance with the federal law on communication are given. The possibility of conducting a high-speed network using radio bridges based on Wi-Fi technology is being discussed. The problem of ensuring the autonomy of equipment with the help of alternative power generation is being considered. The project of a radio bridge and power supply with the help of low cost solar panels is proposed. Taking into account the conditions of the polar night and winter conditions of the Far North, a low-budget solution is proposed for power supply of radio equipment and power supply systems, as well as measures for thermal insulation of batteries in the permafrost zone.

Keywords: Yakutia, radio bridge, Wi-Fi, power supply, solar panel.