

# Способы модернизации линий сельской сети электросвязи

И.Р. Берганов, Д.Р. Досумова (ГУП «UNICON.UZ»)

*Мақолада электр узатиш линияларидан фойдаланган ҳолда қишлоқ электралока тармоқларини ривожлантиришнинг ҳозирги замон тенденциялари тўғрисида қисқа маълумот берилади.*

*В статье приводится обзор современных тенденций развития сельских сетей электросвязи с использованием линий электропередачи.*

*This article provides an overview of current trends in the development of rural telecommunication networks using transmission lines.*

Хотя сельские сети электросвязи являются низкодоходными или даже в некоторых случаях убыточными, важность их развития не вызывает сомнения в силу их социальной необходимости, а также тем, что эффективность экономики напрямую зависит от состояния информационной инфраструктуры. Кроме того, позитивные изменения, произошедшие в последние годы в ряде стран, в том числе и в Узбекистане, привели к необходимости развития инфокоммуникационных технологий в сельской местности для обеспечения услугами электросвязи экономически эффективное сельскохозяйственное производство и сельское население. Поэтому модернизация сельских сетей электросвязи путём использования современных технологий (по цифровизации, оптиковизации, пакетной передаче сигналов на высоких скоростях и др.) применяемых в городских и международных сетях электросвязи стали весьма актуальными.

В этой связи, в данной статье приводится обзор работ по построению линий сельской сети электросвязи с использованием волоконно-оптических кабелей подвешенных на опорах сети электропередачи, как один из вариантов современных технологий.

## Способы развития линий сельской сети электросвязи

В последнее время появилось ряд работ, например, [1-5], в которых отмечается целесообразность использования технологии ШПД (широкополосный проводной доступ) для обеспечения потребителей современными услугами электросвязи. При этом путём анализа различных вариантов построения сети электросвязи приходят к выводу, что наиболее эффективным, современным и перспективным подходом организации ШПД для частного сектора сельских поселений является строительство сетей типа FTTH (волокно в частный дом), особенно если сети доступа строятся по технологии PON (оптические сети с пассивным разветвлением) и используется современное 3 – плей – оборудование стандартов GPON. Это обосновывается рядом причин, основными из которых являются:

- не в полной мере соответствуют требованиям значения эксплуатационных характеристик медножильных кабелей существующей сельской сети электросвязи;

- большая протяжённость линий, что усложняет применение оборудования семейства xDSL;

- высокая стоимость организации связи для малочисленных групп пользователей.

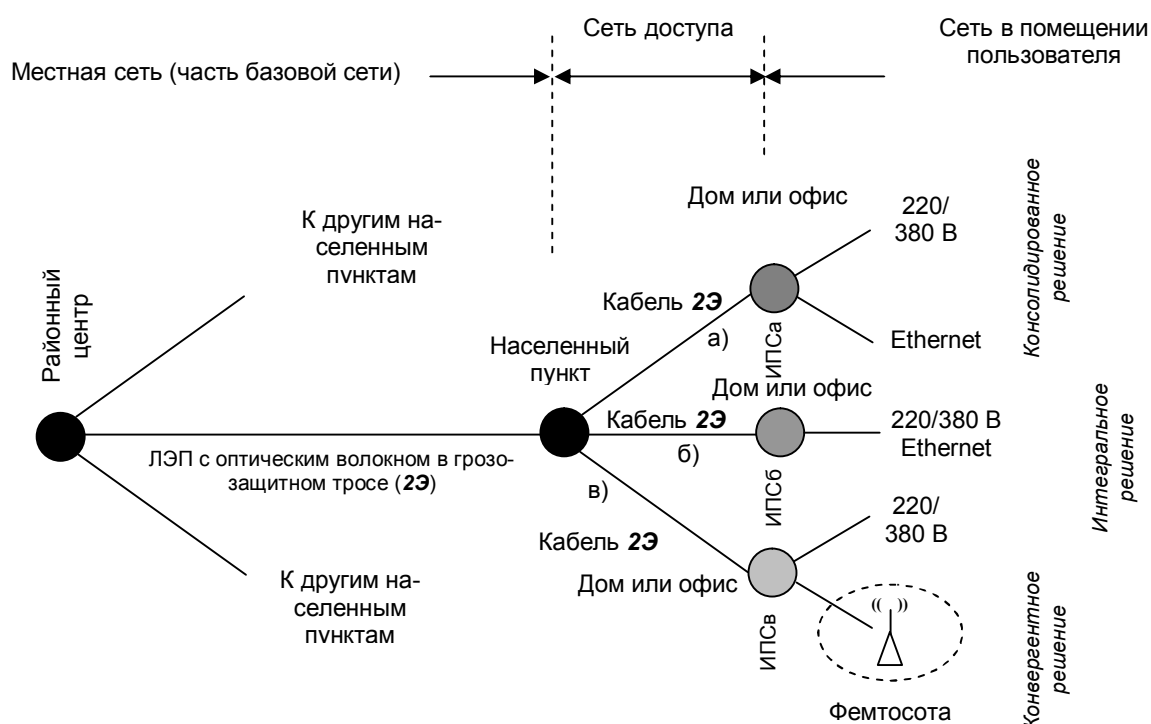
В статье [2] предлагается в качестве среды передачи сигналов использовать волоконно-оптический кабель, подвешенный на опорах линий электропередачи, согласно разработанной авторами концепции 2Э (совместное использование технических средств двух систем – электроэнергетики и электросвязи). Ими же разработано типовое решение сценария модернизации системы сельской электросвязи на базе концепции 2Э (рис.1).

Предлагается, что линия электропередачи между районным центром и населённым пунктом содержит грозозащитный трос, в котором располагаются оптические волокна. Предлагается и другой вариант. В пределах населённого пункта использовать новый тип кабеля, который должен быть разработан по техническим требованиям, сформу-

лированным в концепции 2Э. Такой кабель будет содержать под одной оболочкой линии 220/380 В и оптические волокна.

На рис. 1 между центром населённого пункта и домами или офисами показаны три направления прокладки кабеля: (а), (б) и (в), которые могут быть реализованы на основе концепции 2Э. Для каждого из направлений используется свой интерфейс пользователь – сеть (ИПС).

Имеется ещё ряд сценариев, представляющих собой разновидности решений, показанных на рис.1. Авторы отмечают, что могут быть предложены несколько вариантов по реализации каждого сценария, но для этого необходимо проведение исследовательских работ в части надёжности и живучести решений.



**Рис.1. Сценарий модернизации системы сельской электросвязи на базе концепции 2Э**

В работе [3] обосновывается создание пассивных оптических сетей (PON) в сельской местности. При этом предлагается строить полностью поселковую оптическую сеть путём подвешивания волоконно-оптического кабеля совместно с силовыми электрическими кабелями, поскольку электромагнитная наводка от силовой проводки не оказывает влияния на сигналы в оптическом волокне.

Полагается, что оптическая сеть позволит осуществлять на её основе диспетчеризацию посёлка. По ней на диспетчерский пункт будет передаваться информация охранно-пожарной сигнализации, систем видеонаблюдения, показания счётчиков расхода газа, воды, электроэнергии и т.п. Рекомендуются, начиная строительство сети PON, закладывать возможность её модернизации. Если в начале одно оптическое волокно от оборудования OLT (Optical Line Termination) может разветвляться на 64 дома, то в перспективе, имеется технология, позволяющая ветвления одного волокна на 128 направлений. Предлагается также располагать оптический кабель на опорах электросети 0,4 кВ.

В статье [4] отмечается, что использование волоконно-оптических линий связи в настоящее время является базовой технологией физического уровня для построения линий связи современных и перспективных сетей доступа. Обоснованием этого является тенденция к снижению стоимости волоконно-оптических кабелей, которая ставит данную технологию вне конкуренции в части обеспечения устойчивой связи и обеспечения высокой пропускной способности. При этом существенную экономическую выгоду можно получить, если использовать инфраструктуру сети электропередачи для организации сети связи. Особенно это проявится в случае наличия линий электропередачи в удалённых населённых пунктах, в

которых это может быть единственной возможностью обеспечить население услугами проводной связи.

Авторы статьи [4] после анализа своих подходов и решений по данному вопросу пришли к заключению, что ближайшими задачами по развитию телекоммуникационной составляющей в составе сетей электропередачи в части технических проблем являются:

- совершенствование технологий интеграции оптического волокна в кабели и грозозащитные тросы линий электропередачи,

- анализ существующих технологий организации линий связи и выбор оптимальных решений по её использованию.

Одними из проблем в части организационных задач являются разработка методики раздельного учёта затрат на эксплуатацию сети связи, позволяющей оценить экономическую эффективность предоставления различных услуг связи и разработка нормативных документов, регламентирующих правила технической эксплуатации оптических сетей связи в составе сетей электропередачи.

В концепции 2Э [5] подразумевают применение объединённых линейных сооружений, использующих специализированные комбинированные кабели, прокладываемые в земле либо подвешиваемые на опорах. Такие кабели имеют как силовые металлические проводники для передачи электроэнергии, так и оптические волокна для обеспечения широкополосного доступа абонентов к ресурсам инфокоммуникационной сети. При этом отпадает необходимость в раздельном построении линейных сооружений электросвязи и электроэнергетики, что обеспечивает ресурсосбережение и снижение затрат на строительство линейных сооружений.

Авторы [5], ссылаясь на работу [7], отмечают, что ведутся исследова-

ния и разработки технических решений, обеспечивающих совместную передачу электроэнергии и высокоскоростных информационных потоков по специализированным волокнам оптических кабелей; для обеспечения гарантированного электропитания оконечных устройств по оптической линии. Такие решения основаны на преобразовании электроэнергии в оптическое излучение, передаче данного оптического излучения по волоконному световоду до оконечного устройства абонента, в котором осуществляется преобразование этого излучения в электроэнергию, используемую, например, для постоянного подзаряда аккумуляторной батареи, от которой питается оконечный терминал. В [5] рассматриваются различные варианты реализации этого метода. Однако, отмечается, что это является всего лишь идеей, для воплощения которой требуется проведение исследовательских и конструкторских работ. Отмечается также, что в США и других странах ведутся работы по разработке и внедрению комбинированных оптических кабелей с электрическими жилами.

Приведённый краткий обзор работ посвящённых развитию сельских сетей электросвязи, свидетельствует о том, что в целях создания экономичной линии передачи, обеспечивающей организацию широкополосных каналов связи, является использование волоконно-оптических кабелей, подвешенных на опорах линий электропередачи, не только на участках районных центр – населённый пункт, но и на распределительных участках до: домов жителей, офисов и других организаций.

#### **Задачи построения оптимальной оптической линии связи с использованием опор линий электропередачи.**

Из выше изложенного следует, что одним из эффективных вариантов создания широкополосной

фиксированной сети доступа в сельской местности в будущем является применение волоконно-оптических кабелей, подвешенных на опорах линий электропередачи. Такая технология обладает рядом технико-экономических достоинств:

- снижение капитальных и эксплуатационных затрат (по сравнению с другими вариантами построения проводной линии связи),
- уменьшение сроков строительства линий связи,
- повышение надёжности и информационной безопасности и др.

Однако для реализации этой технологии необходимо:

во-первых, согласия энергоэнергетиков на подвеску оптических кабелей на опорах линий электропередачи;

во – вторых, решить комплексную задачу, учитывающую целый ряд факторов, основными из которых являются:

- исследование климатических условий в зоне прохождения линий электропередачи,
- выбор оптического кабеля с учётом результатов этих исследований;

- определение объёма передаваемой информации по линии связи исходя из существующих потребностей на момент проектирования, а также с учётом перспективы роста трафика.

Целью исследования климатических условий (перепадов температуры, скорости ветра, интенсивности атмосферных осадков и других факторов - выпадение из атмосферы соли, химические загрязнения, помёт птиц. Последние на поверхности металла выступают в качестве электролита и приводят к ускоренному разрушению, например, алюминия и выходу из строя кабеля. Эти проблемы учтены и в международном стандарте IEEE -1138 – 2009 [8]) являются выбор такого кабеля, который был бы устойчивым к этим внешним воздействиям.

Заметим, что на территории Узбекистана имеют место высокая температура воздуха и сильная солнечная радиация, которых также нельзя оставлять без внимания.

Объём трафика между райцентром и населённым пунктом может изменяться в сторону увеличения по ряду причин, например: появление новых услуг, увеличения числа желающих пользоваться интернетом, организация дистанционного вида образования.

Знание объёма трафика и динамики его изменения в перспективе необходимо для выбора оптического кабеля с необходимым типом и числом волокон и наращивания его пропускной способности с помощью оборудования xWDM.

Весьма важной является и задача оптимизации технико-экономических параметров волоконно-оптической линии, суть которой заключается в минимизации начальных затрат и планируемых суммарных затрат при условии обеспечения необходимой пропускной спо-

собности, качества передачи сигналов, надёжности, физической и информационной безопасности.

Для решения этой задачи целесообразно рассмотреть, в качестве примера, структуру [9] жизненного цикла оптической линии (ЖЦОЛ), изображённой на рис.2.

Продолжительность ЖЦОЛ до периода реконструкции  $t_p$  (рис.2а) определяется сроком службы оптического кабеля и измеряется годами. В период  $t_0$  производится строительство линии и оснащение её необходимым оборудованием для реализации первоначальной потребности в пропускной способности линии. После окончания периода  $t_0$  начинается период функционирования линии. В период  $t_1$ , в результате роста трафика, осуществляется дооснащение линии путём доукомплектования установленного оборудования и оснащение свободных оптических волокон. Второе дооснащение в период  $t_2$  может быть осуществлено при условии повышенной интенсивности роста трафика.

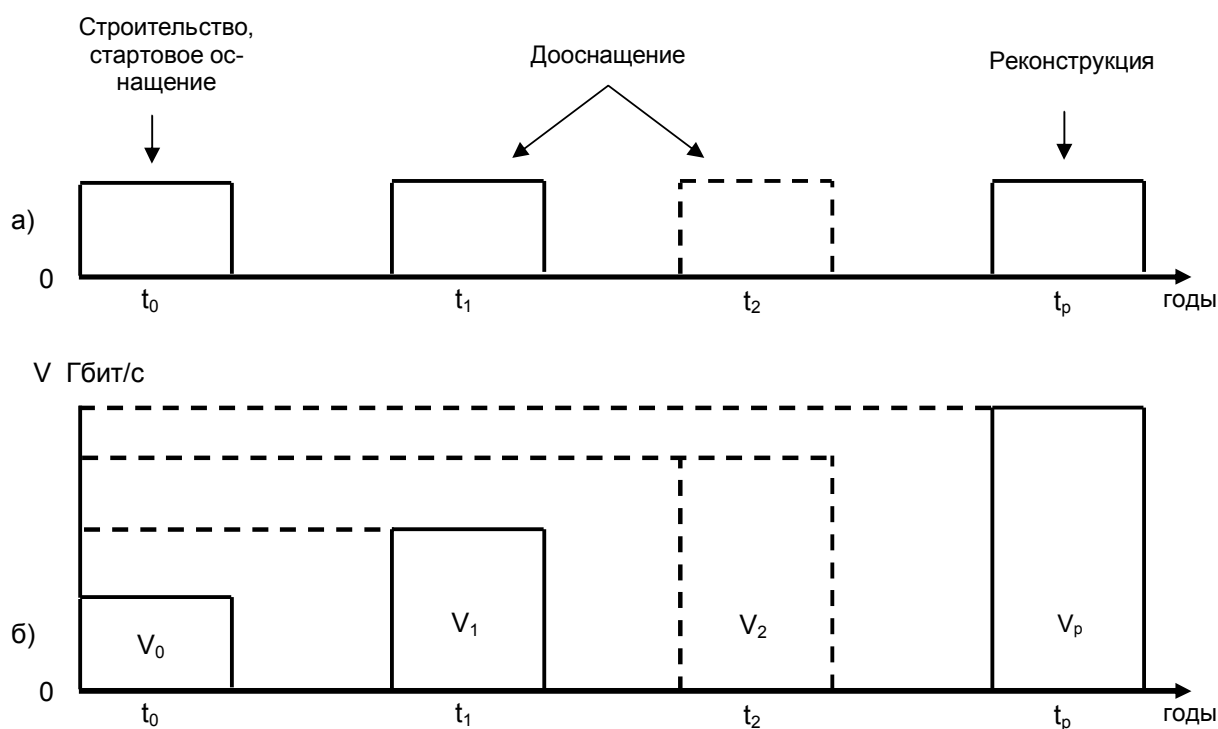


Рис. 2.

Каждому периоду дооснащения линии соответствует повышение её суммарной пропускной способности по отношению к стартовому уровню в период  $t_0$  рис.2б). На этом рисунке через  $V$  обозначена пропускная способность оптической линии в Гбит/с.

После завершения дооснащения линии дальнейшее увеличение её пропускной способности производится путём замены ранее установленного оборудования на новое, обеспечивающее большую пропускную способность. Это происходит в период  $t_p$ , который называется периодом реконструкции.

Порядок поэтапного развития линии обуславливает затраты на реализацию каждого этапа. Так что график финансовых затрат тоже имеет ступенчатый вид. Сумма первоначальных затрат и затрат на реализацию всех этапов развития составляет общую сумму затрат.

Ступенчатый вид временных графиков реализованной пропускной способности и накопления затрат объясняется дискретностью иерархического ряда скоростей передачи (случай использования систем синхронной цифровой иерархии).

Важное значение имеет выбор типа и количества оптических волокон в кабеле, так как он даёт не изменяемый впоследствии результат, определяющий верхнюю границу потенциально достижимой пропускной способности линии.

Задача оптимизации решается при определении способа, как и в каком порядке, повышать пропускную способность линии по мере дальнейшего роста трафика. Порядок поэтапного дооснащения линии должен определяться исходя из технико-экономических соображений. Оптимальный порядок заключается в гармонизации временных графиков промежуточных затрат и роста реализованной пропускной способности оптического кабеля.

Заметим, что при выборе оптического кабеля и стартового оснащения линии закладывается возможность её дальнейшего развития. Первоначальные затраты делятся на две части, обеспечивающие: требуемую первоначальную пропускную способность линии и возможность наращивания пропускной способности в процессе эксплуатации (за счёт запаса по количеству оптических волокон в кабеле).

Промежуточные затраты на каждом этапе (продолжительность каждого этапа могут быть не равными) развития также могут состоять из двух частей, обеспечивающих: требуемую пропускную способность линии на данном этапе и возможность дальнейшего наращивания пропускной способности. Задача состоит не о ликвидации упреждающих затрат, а об их разумном ограничении – оптимизации.

Общая задача оптимизации заключается в минимизации начальных затрат и планируемых суммарных затрат. Важное значение имеет определение варианта с минимальными начальными затратами, так как в начальных затратах доля упреждающих затрат (стоимость оптического кабеля и строительство) весьма внушительна. Более подробно о проектировании оптической линии и с вопросами оптимизации можно ознакомиться в статье [9].

В процессе эксплуатации линии (системы связи в целом) не менее важной является задача обеспечения: проектного качества передачи сигналов, её надёжности (безотказности), информационной безопасности и устойчивости системы связи к внешним и внутренним влияющим факторам.

В этой связи к системе технического обслуживания предъявляются повышенные требования в отношении её эффективности. В свою очередь эффективность технического обслуживания линии передачи (системы связи в целом) зависит от ряда факторов:

- степени контролируемости системы связи, наличия диагностического и прогнозирующего контроля;
- оснащённости запасными частями;
- наличия необходимых измерительных приборов;
- квалификации технического персонала;
- готовности транспорта в необходимый момент;
- качества организации технического обслуживания.

При организации системы технического обслуживания также возникают задачи оптимальности, например, определение:

- оптимальной степени контроля и соответствующего состава средств контроля,
- оптимального количества измерительных приборов,
- оптимального количества ЗИП,
- разумного состава техперсонала с необходимой квалификацией.

Естественно, стремятся к тому, чтобы стоимость системы технического обслуживания была минимальной.

### **Заключение**

Из выше\_изложенного следует, что в настоящее время наметилась тенденция широкого использования волоконно-оптического кабеля, подвешенного на опорах линий электропередачи, для создания сельской сети электросвязи, обеспечивающую организацию каналов широкополосного доступа. Однако, для проектирования оптимальной структуры оптической сети связи необходимо:

- определить передаваемый трафик на момент проектирования, динамику его изменения и данные прогноза на время окончания срока службы оптического кабеля;
- решение ряда задач по оптимизации финансовых затрат при проектировании системы связи и её

технического обслуживания, что потребует проведения ряда исследовательских работ.

### **Список использованной литературы**

1. Е. Гаскевич. Воздушные волоконно-оптические сети доступа для малоэтажной застройки // Технологии и средства связи. – 2011. - № 1. с. 20 – 22.
2. В. Комашинский, Н. Соколов. Концепция 2Э: новый подход к модернизации системы сельской связи // Connect/ Мир связи. – 2011. - № 9. – с. 78 – 81.
3. Ю. А. Солодяников. PON в посёлке малоэтажной застройки // Вестник связи. – 2011. - № 9. – с. 15 – 17.
4. В. Комашинский, Д. Гуревич, А. Парамонов. Построение сетей связи на базе инфраструктуры электросети // Технологии и средства связи. – 2011. - № 6. с. 30-32.
5. В. И. Комашинский, И. Е. Никольский, О. А. Степулёнок, А. В. Козлов. Консолидированные решения в сетях доступа // Вестник связи. – 2012. - № 1 – с. 9 – 13.
6. И. Р. Берганов, Д. Р. Досумова. Анализ возможных вариантов построения сельских фиксированных соединительных линий связи // Информационные технологии: сети, технологии, решения. – 2007. - № 3. – с. 41 – 47.
7. Salah AL-Chalabi, Chaltel Ltd. Powering the Telephone over Optical Links For High Availability Low Cost and Small Carbon Footprint // IEEE Communications Magazine, 2011 Sept. P. 48 – 55.
8. Д. Инденбаум, Б. Трофимов. Особенности выбора оптического кабеля для воздушных линий электропередачи // Технологии и средства связи. – 2012. - № 3. – с. 38 – 39.
9. А. М. Меккель. Микроэкономика волоконно-оптических линий связи // Электросвязь. – 2002. - № 7. – с. 29 – 32.