



ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ КАЛИНИНГРАД – БАГРАТИОНОВСК

Э. А. Белкина, магистрантка,
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный
университет им. И. Канта»
e-mail: eva-b-21@yandex.ru

И. К. Шариев, магистрант,
ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный
университет им. И. Канта»
e-mail: shariev.official@gmail.com

Необходимость повышения качества работы линий связи и объема передаваемой информации предопределяет поисковые исследования по установлению их рациональных параметров. В статье для выбранной по пропускной способности технологии SDH уровня STM-16 рассчитана протяженность элементарного кабельного участка (ЭКУ) в зависимости от затухания и дисперсии в оптическом волокне. Выявлено соответствие оптического бюджета проектируемой сети параметрам использованного оборудования. Выполнен расчет капитальных затрат.

Оптическая линия связи, проектирование участка, технология передачи, кабель

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) используются многими телекоммуникационными компаниями для передачи телефонных сигналов, интернет-связи и сигналов кабельного телевидения. Эти системы имеют много преимуществ перед медными проводными кабелями, к числу наиболее важных относятся следующие [1]:

1. меньшая сложность производства и монтажа из-за значительно меньших габаритов по сравнению с медными кабелями;
2. значительно меньшее потребление энергии, чем у медных кабелей, вследствие чего снижается число потенциально опасных ситуаций, связанных с генерацией электрического тока;
3. возможность использования для передачи значительно большего объема информации и хорошая совместимость с цифровыми коммуникационными технологиями;
4. невосприимчивы к электромагнитным помехам и не создают помех при работе;
5. дешевле медных кабелей, что может резко снизить стоимость установки новых линий или обслуживания старых, и др.

Целью проектирования сегмента волоконно-оптического кольца между городами Калининградом и Багратионовском является предложение по уменьшению нагрузки на третьем южном кольце волоконно-оптической сети связи.

Для осуществления работы сегмента целесообразен выбор транспортной сети SDH уровня STM-16, так как данная технология удовлетворяет необходимой пропускной способности (2 Гбит/с), а также является экономически более выгодным вариантом, чем другие технологии передачи [2]. Основными достоинствами являются: экономия в стоимости оборудования, его компактность, надежность и способность самовосстановления сети, использование виртуальных контейнеров для передачи трафика, отказоустойчивость [3].

Передача информации осуществляется за счет использования синхронных транспортных модулей STM (информационных блоков). *STM - это блочная циклическая структура*

с периодом повторения в 125 мкс, которая несет большой объем избыточных сигналов.

В телекоммуникационных сетях STM является стандартом волоконно-оптической сети [4].

Синхронные режимы передачи используются, когда большие объемы данных необходимо быстро передавать от передатчика к приемнику. Скорость синхронного соединения достигается путем передачи данных большими блоками вместо отдельных символов. Структура STM состоит из блоков полезной нагрузки, накладных блоков и указателей. Соотношение этих компонентов во многом зависит от начальной полезной нагрузки, которую необходимо передать. Сигналами, генерируемыми в модулях, обеспечивается выполнение функций контроля, управления и обслуживания, а также ряда дополнительных функций. Одной из характерных особенностей синхронных транспортных модулей низшего уровня является возможность мультиплексирования для генерации синхронных транспортных модулей более высокого порядка. Синхронизация, необходимая для синхронных соединений, обеспечивается устройствами, расположенными на линии связи. Все устройства на синхронной линии связи должны быть настроены на одну и ту же синхронизацию.

Учитывая преимущества и особенности ВОЛС, для применения на кольцевой трассе «Калининград – Багратионовск» предлагаются два вида оптического кабеля производителя «Инкаб» (рис. 1 и 2). Это объясняется тем, что кабель в населенных пунктах будет прокладываться в кабельную канализацию, а вне населенных пунктов – задуваться в защитные трубы.

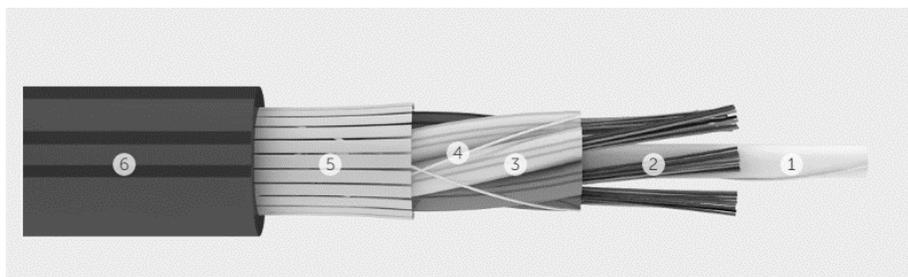


Рисунок 1 – Оптический кабель ДПО П 1,5 кН для задувки в защитные полиэтиленовые трубы (ЗПТ):

- 1 – центральный силовой элемент; 2 – оптическое волокно;
- 3 – оптический модуль из ПБТ; 4 – водоблокирующие нити;
- 5 – упрочняющие элементы – стеклонити;
- 6 – оболочка из полимерного материала

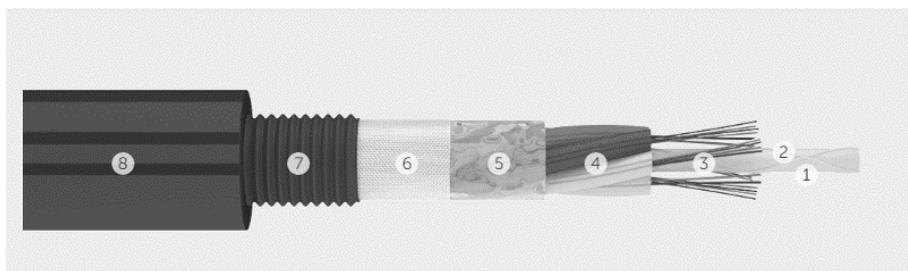


Рисунок 2 – Оптический кабель ДОЛ-П-2,7кН:

- 1 – центральный силовой элемент; 2 – водоблокирующие нити;
- 3 – оптическое волокно; 4 - оптический модуль из ПБТ;
- 5 – междумодульный гидрофобный гель; 6 – водоблокирующая лента;
- 7 – броня из стальной гофрированной ленты;
- 8 – оболочка из полимерного материала

В соответствии с требованиями нормативно-технической документации [5], перед проектированием линий связи необходимо рассчитать значения основных параметров, в первую очередь линейных, к которым относятся номинальная, минимальная и максимальная длины элементарного кабельного участка (ЭКУ - все физические средства передачи и вспомогательное оборудование между двумя последовательными границами). Эти длины ЭКУ

определяются бюджетом мощности волоконно-оптической системы передачи (ВОСП), а также потерями и дисперсией оптического линейного тракта [6 - 8].

Номинальная длина ЭКУ вычисляется по формуле:

$$L_{\text{НОМ}} = \frac{W - \alpha_{\text{МУХ}} - \alpha_{\text{ЭЗА}} - \alpha_{\text{РС}} + \alpha_{\text{НСМАКС}} - \alpha_{\text{ЭЗК}} - \Delta\alpha}{\alpha_{\text{МАКС}} + \alpha_{\text{НСМАКС}}/l}. \quad (1)$$

Минимальная длина ЭКУ определяется формулой:

$$L_{\text{МИН}} = \frac{W - \alpha_{\text{МУХ}} - \Delta\alpha_{\text{АРУ}} - \alpha_{\text{РС}} + \alpha_{\text{НС}}}{\alpha + \alpha_{\text{НС}}/l}. \quad (2)$$

Максимальную длину ЭКУ находят по формуле:

$$L_{\text{МАКС}} = \frac{W - \alpha_{\text{МУХ}} - \alpha_{\text{ЭЗА}} - \alpha_{\text{РС}} - B\sqrt{L_{\text{НОМ}}} + \alpha_{\text{НС}} - \alpha_{\text{ЭЗК}} - \Delta\alpha}{\alpha + B/\sqrt{L_{\text{НОМ}}} + \alpha_{\text{НС}}/l}. \quad (3)$$

Энергетический потенциал, который определяется как разность между уровнем мощности оптического излучения на передаче и уровнем чувствительности приемника:

$$W = P_{\text{пер}} - P_{\text{пр}} + K_y, \quad (4)$$

где $P_{\text{пер}}$ – уровень мощности оптического излучения передатчика ВОСП, дБм;

$P_{\text{пр}}$ – уровень чувствительности приемника, дБм;

K_y – коэффициент усиления эрбиевого усилителя, дБ.

Максимальная погрешность измерения затухания по абсолютной величине, выраженная в дБ, вычисляется по формуле:

$$\Delta\alpha = \frac{\delta\alpha \times W}{100}. \quad (5)$$

Параметр B , содержащийся в выражении (3), рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{3 \times 0,8}{2\lambda^4 \sqrt{12}} \sqrt{1 + 1/l}, \quad (6)$$

где λ – рабочая длина волны, мкм.

Для хроматической дисперсии при расчете величины длины участка регенерации используют следующее выражение:

$$L_B = \frac{4,4 \times 10^5}{D(\lambda) \times \Delta\lambda \times M}. \quad (7)$$

На разъёмных соединениях и сростках (неразъёмных соединениях) затухание оптоволоконной линии с учетом потерь вычисляется по формуле:

$$A = A_{\text{НС}} \times n_{\text{НС}} + \alpha \times L + A_{\text{РС}} \times n_{\text{РС}}. \quad (8)$$

Запас по мощности на приеме характеризуется её бюджетом, т. е. величиной, на которую уровень мощности на выходе оптического линейного тракта превышает чувствительность приемника. Энергетический бюджет рассчитывается по формуле

$$A_{эб} = W - A_{эза} - A_{эзк} - A. \quad (9)$$

Если соблюдается условие превышения бюджета мощности по отношению к требуемому эксплуатационному запасу мощности на распределительное устройство (РУ):

$$A_{эб} > 6 \text{ дБ}, \quad (10)$$

то можно считать потери на РУ соответствующими допустимым пределам, тогда можно проверять выполнение требований к хроматической дисперсии.

Входящие в формулы (1) – (10) величины являются конструктивными и акустическими параметрами ЭКУ, выбираемыми или назначаемыми в соответствии с нормативами [5; 8].

Для осуществления расчетов трасса делилась на несколько участков: Калининград – Нивенское (К-Н, 17 км), Нивенское – Южный (Н-Ю, 7,8 км), Южный – Гвардейское (Ю-Г, 8 км), Гвардейское – Рябиновка (Г-Р, 8 км), Рябиновка – Багратионовск (Р-Б, 4,2 км), Калининград – Багратионовск (К-Б, 45 км).

Результаты расчетов (табл. 1) выявили соответствие элементарных кабельных участков требованиям нормативных документов. Учет влияния хроматической дисперсии показал возможность увеличения скорости передач данных без изменения структуры линейно-кабельных сооружений проектируемой сети. Бюджет мощности каждого сегмента превышает эксплуатационный запас.

Обоснование экономической эффективности проектной работы осуществляется посредством проведения технико-экономических расчетов. Для определения капиталовложений нужно суммировать такие составляющие, как стоимость всего оборудования, стоимость монтажных работ, различные транспортные расходы, затраты на проектно-изыскательные работы.

Формула расчета капиталовложений:

$$K_z = K_{об} + K_m + K_{тр} + K_{пр}, \quad (11)$$

где $K_{об}$ – стоимость оборудования;

K_m – стоимость монтажных и настроечных работ (20% от стоимости оборудования);

$K_{тр}$ – транспортные расходы (10% от стоимости оборудования);

$K_{пр}$ – затраты на проектно-изыскательные работы (2% от стоимости оборудования).

Предварительный расчет капитальных затрат сведен в табл. 2.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Показатель	К - Н	Н - Ю	Ю - Г	Г - Р	Р - Б	К - Б
L факт	17	7,8	8	8	4,2	45
B	0,073	0,143	0,143	0,143	0,143	0,073
Δα	1,05	0,9	0,9	0,9	0,9	1,55
L ном	24,3	18,6	18,6	18,6	14,6	43,3
L мин	12,4	7,75	7,75	7,75	2,75	12,4
L макс	44,15	19,82	19,82	19,82	15,2	80,8
Lв	97,78	195,36	195,36	195,63	195,36	97,78
A	5,9	3,65	4,0	3,85	2,85	11,3
A эб	9,1	8,35	8	8,15	7,15	13,7

Таблица 2 – Расчет капитальных затрат

Виды затрат	Сумма, тыс. руб.
Общая стоимость оборудования	4940
Общая стоимость монтажных работ	990
Транспортные расходы	495

Виды затрат	Сумма, тыс. руб.
Итого	6 535
НДС, 20%	1 307
Всего	7842

Вывод. На основании требований к необходимой пропускной способности сети и ее стоимости была выбрана технология SDH уровня STM-16. Рассчитана протяженность элементарного кабельного участка в зависимости от затухания и дисперсии в оптическом волокне, которая позволяет построить оптическую сеть связи без использования усилителей и регенераторов. Оптический бюджет проектируемой сети соответствует параметрам использованного оборудования. Выполнен расчет капитальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cornish, R. The Advantages of Fiber-Optic Communication Systems. Статья на сайте CosmoBC.com. [Электронный ресурс]. URL: <http://techblog.cosmobic.com/2013/03/19/advantages-fiber-optic-communication-systems/>. (дата обращения: 05.12.2018).
2. Фокин, В. Г. Оптические системы передачи и транспортные сети: учеб. пособие / В. Г. Фокин. – Москва: Эко-Трендз, 2008. – 266 с.
3. Слепов, Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH / Н. Н. Слепов. – Москва: ЭКО – ТРЕНДЗ, 1998. – 173 с.
4. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – 4-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – Санкт-Петербург: Питер, 2010. – 438 с.
5. Правила применения оптических кабелей связи, пассивных оптических устройств и устройств для сварки оптических волокон. Утв. Приказом Министерства информационных технологий и связи РФ от 19 апреля 2006 г. № 47. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/89487/>. (дата обращения: 08.12.2018).
6. Clark, M. P. Networks and telecommunications: design and operation/Martin P. Clark. - 2nd ed. Chichester . New York: JOHN WILEY & SONS, 1997. – 958 p. [Электронный ресурс]. URL: <http://bookfi.net/book/491226/>. (дата обращения: 15.12.2018).
7. Chomycz, B. Planning Fiber Optic Networks. - New York, Chicago: McGraw-Hill, 2009. – 388 p. [Электронный ресурс]. URL: https://zodml.org/sites/default/files/Planning_Fiber_Optic_Networks.pdf. (дата обращения: 17.12.2018).
8. РД 153-34.0-48.518-98. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше. Утв. Зам. председателя Гос. комитета РФ по связи и информатизации 16.10.1998 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294812/4294812748.htm>. (дата обращения: 17.12.2018).

JUSTIFICATION OF RECOMMENDATIONS FOR THE DESIGN OF FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINE KALININGRAD – BAGRATIONOVSK

E. A. Belkina, master student,
FGAOU VO «Immanuel Kant Baltic Federal university»
e-mail: eva-b-21@yandex.ru

I. K. Shariev, master student,
FGAOU VO «Immanuel Kant Baltic Federal university»
e-mail: shariev.official@gmail.com

The need to improve the quality of communication lines and the amount of information transmitted predetermines search studies to establish their rational parameters. In the article, the

length of the elementary cable section depending on the attenuation and dispersion in the optical fiber is calculated for the STM-16 level SDH technology selected by the bandwidth. The compliance of the optical budget of the designed network with the parameters of the used equipment is revealed. The calculation of capital costs.

Optical communication line, the design of the site, transmission technology, cable