

Ю. Е. Востриков¹, А. В. Шабурова¹*

Анализ методов обеспечения безопасности от неправомерного доступа к ВОЛС

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: vostrikov.iury@gmail.com

Аннотация. В данной научной работе акцентируется внимание на обеспечении информационной безопасности в предприятиях оптико-электронной промышленности, на примере АО Новосибирского приборостроительного завода, в частности, исследование направлено на оценку эффективности применения уже существующих методов защиты волоконно-оптических линий связи от несанкционированного вмешательства. В рамках исследования был проведен анализ метода светопропускания и обратного рассеяния на демонстрационном стенде. Результаты исследования показали, что первый метод позволяет обнаружить лишь факт внешнего воздействия на волоконно-оптическую линию связи, когда, метод обратного рассеяния дает возможность точного определения местоположения подключения. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на разработку новых методов обнаружения несанкционированного доступа с целью повышения безопасности волоконно-оптических сетей на предприятиях оптико-электронной промышленности. Это позволит минимизировать риски утечки конфиденциальной информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, оптико-электронная промышленность, рефлектометр, методики

Y. E. Vostrikov¹, A. V. Shaburova¹*

Analysis of methods for ensuring security against unauthorized access to networks using VOLS

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: vostrikov.iury@gmail.com

Abstract. In this scientific work, attention is focused on ensuring information security in enterprises of the optical and electronic industry, using the example of JSC Novosibirsk Instrument-Making Plant, in particular, the study is aimed at evaluating the effectiveness of existing methods of protecting fiber-optic communication lines from unauthorized interference. As part of this study, an analysis of the light transmission and backscattering method was carried out on a demonstration stand. The results of the study showed that the first method allows you to detect only the fact of external influence on the fiber-optic communication line, when the backscattering method makes it possible to accurately determine the connection point to the fiber optic cable. Further research in this area may be aimed at developing new methods for detecting unauthorized access, in order to improve the security of fiber-optic networks at enterprises of the optical and electronic industry. This will minimize the risks of leakage of confidential information.

Keywords: information security, optoelectronic industry, reflectometer, methods

Введение

В современном мире, существует множество методов для скрытного извлечения информации из волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). По мере того, как объемы данных, передаваемых через ВОЛС, увеличиваются, вопрос обеспечения их безопасности становится все более актуальным. В этом контексте разработка эффективных методов защиты и контроля информации в ВОЛС становится важной задачей в области информационной безопасности.

В рамках обзора литературы можно отметить, что существует несколько подходов к обеспечению безопасности данных в ВОЛС. В работе Жмурова А.А и Капустина Г. М. рассматриваются методы разработки информационной безопасности ВОЛС, включая оптический контакт, генератор помех, нарушенное полное внутреннее отражение, светопропускание и обратное рассеяние.

Александрова Е.И. фокусируются на физических методах защиты информации в ВОЛС, включая разработку конструктивных, механических и электрических средств защиты, а также на разработку устройств контроля параметров оптических сигналов [1].

Также в научных работах разбираются различные системы обеспечения безопасности ВОЛС и методы контроля защищенности [2].

Целью данного исследования является проведение анализа эффективности методов обеспечения безопасности ВОЛС с использованием метода светопропускания и метода обратного рассеяния.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении знаний о методах обеспечения безопасности ВОЛС, таких как метод светопропускания и метод обратного рассеяния, с оценкой их эффективности и выявлением слабых сторон. Практическая значимость заключается в том, что результаты исследования могут быть непосредственно применены на предприятиях оптико-электронной промышленности для улучшения систем обеспечения безопасности ВОЛС.

Методы и материалы

В области безопасности ВОЛС проведено множество исследований. Некоторые из них подчеркивают важность методов светопропускания и обратного рассеяния как одних из вариантов мер, для обеспечения безопасности ВОЛС [3].

Для проведения исследования была выбрана организация АО «Новосибирский приборостроительный завод» (НПЗ) с целью проведения анализа эффективности методов обеспечения безопасности сети.

Прежде чем перейти к обсуждению методов защиты, необходимо рассмотреть, каким образом злоумышленник может получить доступ к информации, передаваемой по оптоволокну. Один из таких способов, является создание макроизгиба.

Он возникает, когда радиус изгиба волокна уменьшается до предельного значения, при котором изменяется угол падения световых лучей на границе сердцевины и оболочки [4].

Если угол падения оказывается меньше критического, то свет не может полностью отразиться внутри сердцевины и начинает частично выходить за её пределы в окружающую среду, что является причиной затухания сигнала, и дает возможность считать и перехватить передаваемую по нему информацию.

Можно выделить два фактора, которые влияют на коэффициент потерь света при макроизгибе – это затухание в зависимости от длины волны и радиус изгиба. Рассмотрим влияние этих факторов для двух значений радиуса (рис.1).

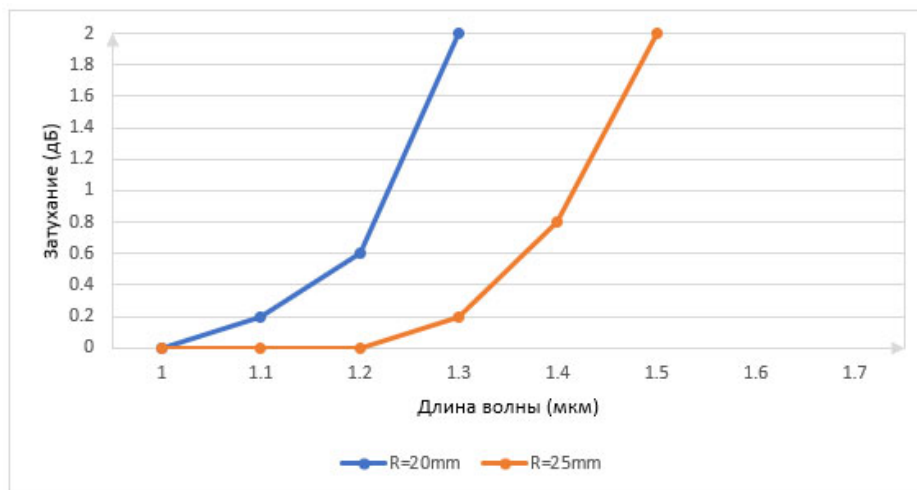


Рис. 1. Зависимость коэффициента затухания от длины волны

Из графика видно, что меньший радиус изгиба приводит к меньшим потерям, однако затухание увеличивается с ростом длины волны. Коэффициент потерь света при макроизгибе можно рассчитать по формуле [5]:

$$\alpha_m = \frac{1}{LR} \frac{P_1}{P_2}, \quad (1)$$

где α_m – коэффициент потерь; L – длина изогнутого участка; P_1 – мощность, излученная в оболочку; P_2 – мощность на входе изогнутого участка; R – радиус.

Теперь, можно перейти к рассмотрению первого метода, который основан на измерении интенсивности света, проходящего через оптическое волокно, и позволяет рассчитать коэффициент затухания света в нем (рис.2).



Рис. 2. Иллюстрация метода светопропускания

Жмуров А.А. объясняет этот метод так, что из источника света с мощностью P , идет световой сигнал и измеряется в точках L_1 и L_2 , где L_2 должна быть расположена на дальнем конце волокна, а L_1 как можно ближе к началу. На источнике излучения устанавливаются постоянный уровень сигнала и определенная длина волны [5]. Через фотодетектор на устройство оценки данных показывается коэффициент затухания a . Его изменение от эталонного и является фактом внешнего воздействия на ВОЛС и рассчитывается по формуле [6]:

$$\alpha = \frac{10}{L_2 - L_1} \lg \frac{P(L_2)}{P(L_1)}, \quad (2)$$

где a – коэффициент затухания; L_1 – расстояние до ближней точки подключения; L_2 – расстояние до дальней точка подключения; P – мощность света; $P(L_1)$ – мощность света в ближней точке подключения; $P(L_2)$ – мощность света в дальней точке подключения.

Однако, несмотря на его простоту, метод имеет свои ограничения. В частности, он может быть не точным при работе с волокнами, которые имеют высокий уровень затухания или которые были подвергнуты сильным изгибам и деформациям [6, 7].

Вторым рассматриваемым методом, является метод обратного рассеяния, где свет, передаваемый по волокну, сталкивается с неоднородностями в его структуре, такими как макроизгиб, сварка или притёртость. При этом часть излучаемого света рассеивается в разных направлениях, включая встречное в направлении источника [7]. Тем самым, можно найти местонахождение подключения к ВОЛС, которое находится с помощью формулы [8]:

$$l = \frac{\Delta t c}{2n}, \quad (3)$$

где l – расстояние до макроизгиба; Δt – разница времени пиков начального и конечного импульса; c – скорость света в вакууме; n – показатель преломления оптического волокна.

К минусам такого метода можно отнести высокие требования к оборудованию. Потребуется рефлектометр, а также его калибровка, для обеспечения точных результатов. Также важно учитывать, что метод обратного рассеяния может иметь ограничения в обнаружении некоторых видов изменений в структуре волокна, которые не приводят к заметным отражениям света [9]. Тем не менее, при правильной настройке и использовании этот метод может быть мощным инструментом для обеспечения безопасности волоконно-оптических сетей.

Результаты

Ниже приведены результаты двух тестов, проведенных методом светопропускания, с целью оценки разницы потерь коэффициента светопропускания в оп-

тическом волокне при различных условиях подключения. Измерения проводились на специализированном стенде предприятия АО «НПЗ», который включал в себя:

- оптический источник Exfo fls-300;
- фотодетектор Newport 818-uv;
- оптический тестер;
- патч-корды Corning Clearcurve;
- оптический рефлектометр Yokogawa aq7280;
- компьютер с предустановленным SorTraceViewer.

Тесты проводились как без подключения, так и с внешним подключением к ВОЛС. Итоги двух тестов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Итоги тестов и снятие показаний с прибора

Тест 1 – без подключения	
Длина волны	Коэффициент затухания
1310 нм	3,90 дБ
Тест 2 - с несанкционированным подключением	
Длина волны	Коэффициент затухания
1310 нм	4,31 дБ

Эти результаты свидетельствуют о том, что внешнее подключение вызывает увеличение коэффициента затухания в оптическом волокне на длинах волн 1310 нм и 1550 нм из-за макроизгиба в месте съема. Однако данный метод не позволяет определить, где именно произошел факт несанкционированного доступа [10].

Эксперимент с использованием метода обратного рассеяния был также проведен на тестовом стенде с целью оценки его эффективности в обнаружении несанкционированного доступа к ВОЛС. Длина волны была аналогичны предыдущим, что обеспечило сопоставимость результатов. Параметры для измерений и проведения эксперимента:

- длина волны 1310 нм;
- импульс 30 нс;
- диаметр витка 17,9 мм;
- длина волокна 5,15 км;
- скорость света 300000 км/с;
- показатель преломления 1,47.

Эти данные были получены непосредственно с приборов, за исключение скорости света, это постоянная величина, требуемая для расчетов. Так как данные все известны и перед экспериментом, можем подставить значения в формулу и получить длину, на которой находится макроизгиб в тестовом стенде:

$$l = \frac{30 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^6}{2 \cdot 1.47} = 3,06 \text{ км}$$

Было получено, что микроизгиб находится в 3.06 км от источника света, проверим эти расчеты на реальном примере. После начала эксперимента, на компьютере была получена рефлектограмма. На нем видно, что потери составляют 1,56 дБ (рис.3).

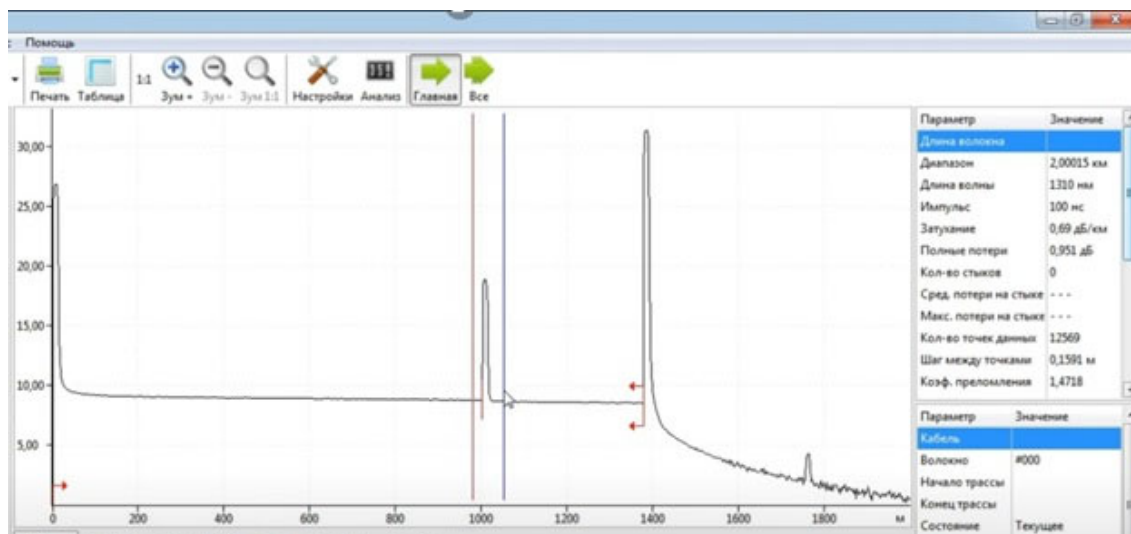


Рис. 3. Рефлектограмма без воздействия на ВОЛС

Продолжая эксперимент, был проведен анализ рефлектограммы после внешнего воздействия на ВОЛС (рис. 4).

Можно увидеть, что потери резко возросли до 2,44 дБ, что может указывать на возможное нарушение целостности ВОЛС. Было также обнаружено место внешнего воздействия на расстоянии 1,13 км от начальной точки.

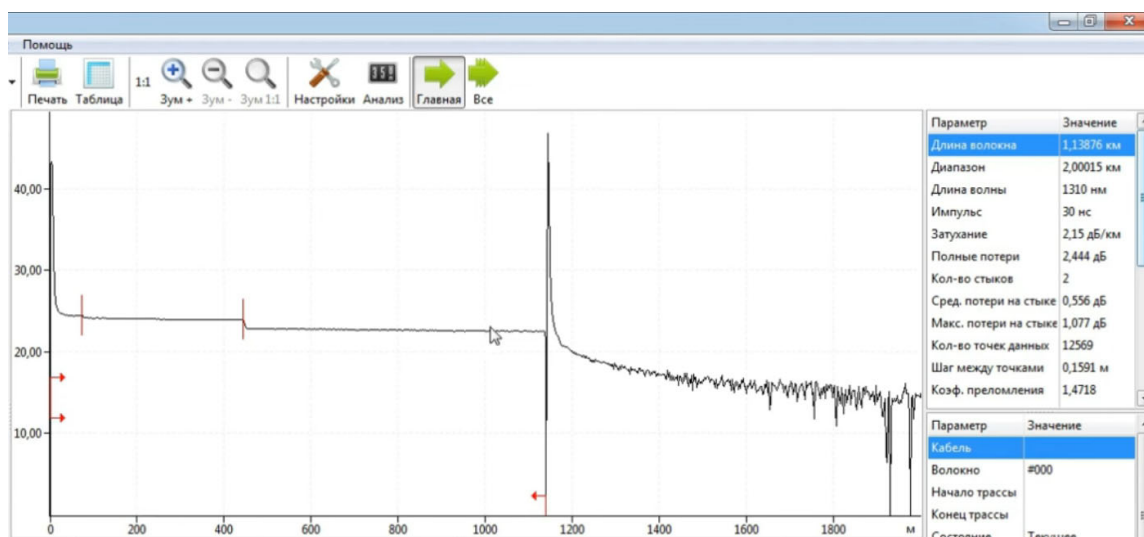


Рис. 4. Рефлектограмма с воздействием на ВОЛС

По результатам эксперимента, проведенного на тестовом стенде, было обнаружено, что потери в сигнале увеличились с 1,56 до 2,44 дБ после внешнего воздействия на ВОЛС. Это может указывать на нарушение целостности линии связи, а также было обнаружено место внешнего воздействия на расстоянии 3,11 км от начальной точки, что соответствует реальному местонахождению места макроизгиба и близко к расчетному значению. Таким образом, метод обратного рассеяния доказал свою эффективность для обнаружения и локализации потенциальных нарушений в ВОЛС.

Обсуждение

Сравнение результатов эксперимента с методами и средствами измерений в телекоммуникационных системах показывают согласованность данных с общими тенденциями. Полученные результаты подтверждают значимость непрерывного мониторинга волоконно-оптических линий связи для обнаружения несанкционированного доступа. Дальнейшие исследования могут сосредоточиться на разработке более эффективных методов защиты ВОЛС.

Заключение

В ходе исследования было установлено, что метод обратного рассеяния является наиболее эффективным для обеспечения безопасности ВОЛС. Этот метод позволяет точно определить место внешнего воздействия, что обеспечивает возможность быстрого реагирования на возможные угрозы безопасности. Это делает его подходящим решением для обеспечения информационной безопасности на предприятиях оптико-электронной промышленности и, в частности, в АО «НПЗ». Результаты исследования подтверждают эффективность этого подхода.

Благодарность

Автор выражает благодарность АО «НПЗ» за предоставление тестового стенда, помещения и оказания помощи при проведении исследования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александрова Е.И. Влияние атак на канальный уровень волоконно-оптических сетей на их информационную безопасность // Коммуникационные технологии. – 2023. – № 1. – С. 56-67.
2. Берлин Б.З. Волоконно-оптические системы связи на ГТС / Б.З. Берлин, А.С. Брискер, В.С. Иванов. – М.: Радио и связь, 2022. – 218 с.
3. Брискер А.С., Гусев Ю.М., Ильин А.А. Спектральное уплотнение волоконно-оптических линий ГТС // Электросвязь – 2023. – 64 с.
4. Жмуров А.А. Техническое руководство по волоконной оптике. М.: Лори, 2023. – 54 с.
5. Зайцев П.С. Оценка эффективности механизмов аутентификации в волоконно-оптических сетях // Инженерные науки. – 2023. – № 5. – С. 102-115.
6. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Технические науки, 2022. – 196 с.
7. Капустин Г.М. Основы безопасности волоконно-оптических сетей: современные вызовы и решения // Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 32-45.

8. Никитин А.В. Применение методов машинного обучения для обнаружения аномалий в волоконно-оптических сетях // Информационная безопасность и защита информации. – 2023. – № 6. – С. 8-21.

9. Петров Н.Н. Криптографические протоколы для защиты данных в волоконно-оптических сетях // Компьютерные науки и информационные технологии. – 2023. – № 3. – С. 12-25.

10. Статья «Перехват данных на оптоволоконной линии и преимущества шифрования» – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://nag.ru/news/7634> (дата обращения 06.03.2024).

© Ю. Е. Востриков, А. В. Шабурова, 2024