

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 621.383.92

**ПОВЫШЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

А.О. ЗЕНЕВИЧ

*Высший государственный колледж связи  
Ф. Скорины, 8/2, Минск, 220114, Беларусь**Поступила в редакцию 3 ноября 2014*

Предложена волоконно-оптическая система связи для передачи данных в чрезвычайных ситуациях. Показано, что с целью повышения живучести таких систем необходимо использовать для передачи данных оптическое излучение с длиной волны 850 нм, счетчик фотонов и асинхронный способ передачи данных.

*Ключевые слова:* макроизгиб, волоконно-оптическая линия связи, чрезвычайная ситуация, счетчик фотонов.

**Введение**

В настоящее время в кабельных сетях связи используются волоконно-оптические линии (ВОЛС). Значительное увеличение числа волоконно-оптических линий связано с тем, что они позволяют осуществлять трансляцию данных с достаточно большой скоростью. Однако современные ВОЛС достаточно чувствительны к высоким механическим нагрузкам. Такие механические нагрузки могут появиться в результате чрезвычайной ситуации, возникающей в результате аварии, катастрофы, стихийного или экологического бедствия, а также при преднамеренном воздействии на ВОЛС. Последствия этих нагрузок могут привести к частичной или полной потере работоспособности системы связи. Потеря связи может привести к гибели людей или невозможности выполнения техникой или людьми поставленных перед ними задач. Поэтому требуется обеспечить надежность и живучесть ВОЛС на участках, длина которых не превышает расстояния между ретрансляционными участками. В связи с этим целью данной работы являлось повышение надежности и живучести, используемых волоконно-оптических линий к механическим воздействиям за счет использования счетчиков фотонов и асинхронного способа передачи данных.

**Описание экспериментальной установки**

В качестве объектов исследования использовались серийно выпускаемое оптическое одномодовое волокно КСО КСЦЗПБ-1×8Е-7,0, а также кремневые лавинные фотодиоды ФД-115Л и со структурой  $n^+p-p^+$ .

Структурная схема экспериментальной установки представлена рис. 1. Принцип работы этой установки следующий. Источник оптического излучения И1 с длиной волны  $\lambda_1$  используется для передачи данных. Рефлектометр тестирует оптическое волокно ОВ на наличие механических дефектов оптическими импульсами с длиной волны  $\lambda_2$ . Оптический смеситель СМ смешивает оптические излучения с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  и направляет их в оптическое волокно ОВ. С выхода оптического волокна излучение подается на монохроматор М. Монохроматор используется для того, чтобы отделить оптическое излучение

с длиной волны  $\lambda_1$  от излучения с длиной волны  $\lambda_2$ . В результате чего только излучение с длиной волны  $\lambda_1$  проходит через монохроматор и подается на его выход 1. С выхода 1 оптическое излучение поступает на фотоприемное устройство  $\Phi$ . Устройство  $\Phi$  используется для регистрации оптического излучения с длиной волны  $\lambda_1$ .

При увеличении коэффициента затухания оптического излучения в волокне  $OB$  до такого значения, при котором устройство  $\Phi$  не может зарегистрировать излучение, от рефлектометра  $P$  поступает управляющий сигнал к источнику оптического излучения  $I$ . В результате чего источник  $I$  переключается на передачу данных по асинхронному способу, описанному в работе [1]. В этом случае с управляющего выхода устройства  $\Phi$  на монохроматор  $M$  поступает сигнал, который изменяет направление поступления оптического излучения с выхода 1 устройства  $\Phi$  на выход 2. Оптическое излучение с выхода 2 подается на счетчик фотонов  $CF$ . Счетчик фотонов используется в качестве приемника оптической информации, передаваемой от источника  $I$  с использованием асинхронного способа передачи данных.

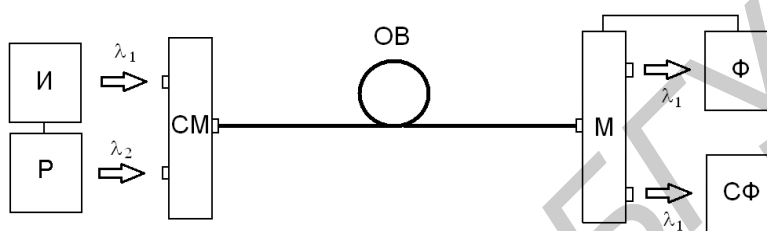


Рис. 1 Структурная схема экспериментальной установки:  $I$  – источники оптического излучения (лазер),  $CM$  – оптический смеситель,  $OB$  – оптическое волокно,  $M$  – монохроматор,  $CF$  – счетчик фотонов,  $P$  – рефлектометр,  $\Phi$  – фотоприемное устройство

При помощи цилиндров различных диаметров  $D$  формировались макроизгибы оптического волокна. Рефлектометр оценивал затухания волокна  $OB$  с наличием макроизгиба и без него. Длины волн оптического излучения  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  изменялись в процессе проведения исследований и принимали значения 1625, 1550, 1450, 1350 и 850 нм. Мощность оптического излучения источника  $I$  в процессе измерений регулировалась и выбиралась такой, при которой счетчик фотонов мог зарегистрировать поступающее на него оптическое излучение.

Общая длина волокна составляла  $L = 398$  м, макроизгиб формировался на расстоянии  $l = 198$  м от источника оптического излучения. В процессе проведения эксперимента расстояние  $l$  не изменялось.

Для поддержания постоянной рабочей температуры фотоприемника счетчика фотонов использовался термоэлектрический холодильник с максимальной температурой охлаждения 263 К. Исследования выполнены при температурах фотоприемника 300 и 263 К.

### Экспериментальные результаты

Для оценки влияния макроизгиба оптического волокна на скорость передачи информации используется коэффициент  $K = C/C_0$ , где  $C_0$  и  $C$  – скорости передачи информации по оптическому волокну в отсутствии и при наличии макроизгиба. На рис. 2 представлена зависимость коэффициента  $K$  от диаметра макроизгиба.

Отметим, что при проведении измерений мощность источника оптического излучения для каждой длины волны  $\lambda_1$  подбиралась такой, чтобы скорость передачи данных для всех длин волн оставалась одинаковой. Из полученных зависимостей следует, что с уменьшением диаметра  $D$  уменьшается скорость передачи данных. Такая зависимость наиболее сильно проявляется для длины волны 1625 нм, а наиболее слабо – для длины волны 850 нм. Так для диаметра макроизгиба  $D \leq 13$  мм скорость передачи информации для длины волны 1625 нм становилась равной нулю. Для длины волны 850 нм это наблюдалось для  $D \leq 3$  мм. Поэтому в условиях механических воздействий на оптическое волокно, приводящих к появлению макроизгибов, целесообразно использовать длину волны 850 нм.

При диаметрах макроизгиба  $D \leq 3$  мм затухание излучения в оптическом волокне для

длины волны 850 нм становится настолько большим, что для мощности источника оптического излучения 1 мВт фотоприемное устройство  $\Phi$  нечувствительно к падающему на него излучению.

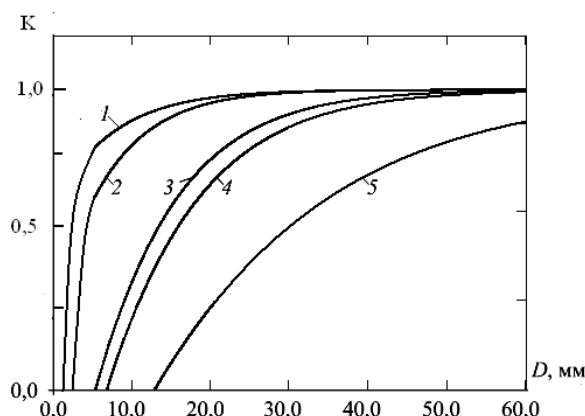


Рис. 2 Зависимость коэффициента  $K$  от диаметра макроизгиба: 1 – длина волны оптического излучения  $\lambda_1=850$  нм; 2 –  $\lambda_1=1310$  нм; 3 –  $\lambda_1=1490$  нм; 4 –  $\lambda_1=1550$  нм; 5 –  $\lambda_1=1625$  нм

Если невозможно увеличить мощность источника оптического излучения, то необходимо повысить чувствительность фотоприемного устройства. Это можно обеспечить за счет использования счетчика фотонов СФ [2]. Применение режима счета фотонов позволит повысить пороговую чувствительность фотоприемного устройства в 100 и более раз.

При использовании счетчика фотонов в качестве фотоприемного устройства для приема информации передаваемой по оптическому волокну необходимо применять асинхронный способ передачи данных [1]. Асинхронный способ передачи данных не требует передачи оптических импульсов синхронизации работы источника и приемника информации. При появлении макроизгибов оптическое излучение синхроимпульсов подвержено сильному затуханию, также как и излучение, используемое для передачи данных. Это увеличивает вероятность ошибки регистрации синхроимпульсов и приводит к уменьшению скорости передачи информации по сравнению с асинхронным способом передачи данных.

В таблице представлены для сравнения характеристики счетчиков фотонов на основе лавинных фотодиодов, при регистрации оптического излучения с длиной волны 850 нм. Для определения скорости передачи информации при асинхронном способе передачи данных использовалась методика, описанная в работе [1]. Как следует из таблицы наибольшую скорость передачи данных позволяют обеспечить лавинные фотодиоды со структурой  $n^+p-p^+$  при температуре 263 К.

#### Характеристики лавинных фотодиодов в режиме счета фотонов

Тип лавинного фотодиода	Лавинный фотодиод ФД – 115Л		Лавинный фотодиод со структурой $n^+p-p^+$	
	300	263	300	263
Рабочая температура, К	300	263	300	263
Квантовая эффективность регистрации, %	3	10	2	12
Скорость счета темновых импульсов, $10^4 \text{ c}^{-1}$	1,00	0,90	0,80	0,07
Длительность мертвого времени, мкс	1,0	1,0	1,0	1,0
Средняя длительность бита (символа), мкс	8	3	12	2
Скорость передачи информации, Кбит/с	50	130	30	190
Диаметр макроизгиба оптического волокна, мм	3			

### **Заклучение**

На основании проделанных исследований можно сделать вывод, что повысить надежность и живучесть волоконно-оптической линии к механическим воздействиям, формирующим макроизгибы, можно за счет использования для передачи данных оптического излучения с длиной волны 850 нм, в качестве приемника оптического излучения счетчика фотонов и асинхронного способа передачи данных.

При этом наибольшую скорость передачи данных для макроизгибов с диаметром  $D \leq 3$  мм удастся обеспечить при использовании счетчика фотонов на основе лавинного фотоприемника со структурой  $n^+p\text{-}\pi\text{-}p^+$  при температуре 263 К и длине волны оптического излучения 850 нм. Такая скорость передачи может быть использована для трансляции по волоконно-оптической линии связи речи и передачи данных.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № T13-018).*

### **IMPROVEMENT OF SURVIVABILITY OF FIBER OPTIC COMMUNICATION SYSTEM USED FOR DATA TRANSMISSION IN EMERGENCIES**

A.O. ZENEVICH

#### **Abstract**

Fiber optic communication system used for data transmission in emergencies has been suggested. It has been shown in this paper that for increasing survivability of such systems, optical radiation with a wavelength of 850 nm, photon counter and asynchronous data transfer mode are to be used.

#### **Список литературы**

1. Гулаков И.Р., Зеневич А.О., Тимофеев А.М. // Приборы и методы измерений. 2013. № 2 (7). С. 80–87.
2. Гулаков И.Р., Холондырев С.В. Метод счета фотонов в оптико-физических измерениях. Минск, 1989.