

УДК 621.383:004.721

## ЗАЩИЩЕННЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

С. Н. Ивченко, О. Н. Нарышкина, С. И. Овечкин, А. В. Светиков, В. В. Шубин  
(РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров)

Дано описание известных из открытой печати защищенных волоконно-оптических систем передачи информации для компьютерных сетей, разработанных в период с конца 80-х годов XX века до наших дней. Приведены их параметры, особенности систем защиты информации и область применения. Основное внимание уделено современным программно-техническим средствам защиты информации серии FOBOS, разработанным в РФЯЦ-ВНИИЭФ.

*Ключевые слова:* система защиты информации, защищенная волоконно-оптическая система передачи информации, программно-технические средства защиты информации.

### Введение

Одним из преимуществ волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) наряду с более высокими информационной емкостью и помехоустойчивостью является повышенная (по сравнению с традиционными каналами связи) скрытность передаваемой информации. Тем не менее средства перехвата информации с участков волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП) за пределами контролируемой зоны существуют и представляют реальную опасность. Поэтому для создания распределенных вычислительных сетей, обрабатывающих информацию ограниченного доступа, требуются защищенные каналы связи. Высокая скорость передачи, возможность формирования большого количества каналов с волновым уплотнением (WDM) в одном волокне делают защищенные ВОСП незаменимым инструментом для решения поставленных задач.

Первые системы связи ЭВМ с удаленными терминалами с использованием ВОСП появились в конце 80-х годов XX века. По современным меркам они имели низкую скорость передачи, малую дальность и несовершенные средства защиты информации. В статье приведено описание известных авторам защищенных ВОСП — от самых первых систем до современных технических средств защиты. Основное внимание уделено программно-техническим средствам за-

щиты информации (ПТСЗИ) серии FOBOS, разработанным в РФЯЦ-ВНИИЭФ в период с 2005 по 2013 г. и используемым для создания распределенных ВОСП, обрабатывающих информацию ограниченного доступа.

### Система засекреченной связи IDOCS

В конце 80-х годов XX века в отделении микроэлектронных систем фирмы Hughes Aircraft (США) была разработана система засекреченной связи IDOCS (Intrusion Detection Optical Communications System — оптическая система связи, обнаруживающая вторжения) без применения шифрования [1]. Защита данных осуществлялась по принципу обнаружения повреждения линий и немедленного прекращения передачи с выдачей звукового и светового сигналов тревоги. Система состояла из двух специальных модемов FAM-131 и двух многомодовых ВОЛП длиной до 1,5 км. ВОЛП образована двумя кабелями с оптическими волокнами (ОВ) Corning Type 5 со ступенчатым профилем показателя преломления в гибкой трубчатой защитной оболочке Siescor. Для незащищенных линий связи между модемом и оборудованием пользователя использовался кабель Siescor 144 с сердцевинной диаметром 100 мкм. Система не ограничивала пропускную способность оптического кабеля и

была полностью прозрачна для пользователя. Скорость передачи данных в манчестерском коде устанавливалась в диапазоне от 6 до 13 Мбит/с.

В системе IDOCS контроль вторжений основан на передаче двух отличающихся друг от друга по фазе сигналов на группах высших и низших мод волокна. В приемнике эти сигналы взаимно уравниваются (*баланс нуля*). Любое вторжение в ОВ вызывает нарушение баланса нуля, так как излучение высших мод выводится в первую очередь. При обнаружении вторжения модем сообщает о тревоге. Второй составляющей метода является контроль изменения мощности сигнала по группе мод нижнего порядка. При обнаружении отклонений уровня мощности также формируется сигнал тревоги. Кроме того, терминал FAM-131 формирует сигнал *повреждение* при попытке вскрытия корпуса прибора.

Модем FAM-131, по мнению авторов, — это первое некриптографическое устройство для засекреченной связи, аттестованное Агентством национальной безопасности США. Он был одобрен для защиты секретной правительственной

информации всех уровней и категорий при передаче по линиям связи небольшой протяженности. Модем удовлетворял требованиям стандарта Tempest NACSIM 5100A. Для применения системы на реальных объектах в США была разработана и утверждена специальная доктрина [2].

### Волоконно-оптическая защищенная система ZAT4

В то же время фирма Ericson Fiber Optics разработала оптическую волоконную защищенную систему ZAT4 [3], состоящую из двух модемов и двух многомодовых ОВ. Система предназначена для связи с центральным компьютером удаленных терминалов в синхронном или асинхронном режиме. Структурная схема модема, взятая из [3], приведена на рис. 1.

Для защиты информации в системе используются квантовое зашумление при коэффициенте модуляции около 1%, контроль постоянной принимаемой мощности и контроль коэффициента ошибок (BER) по каждому из четырех каналов.

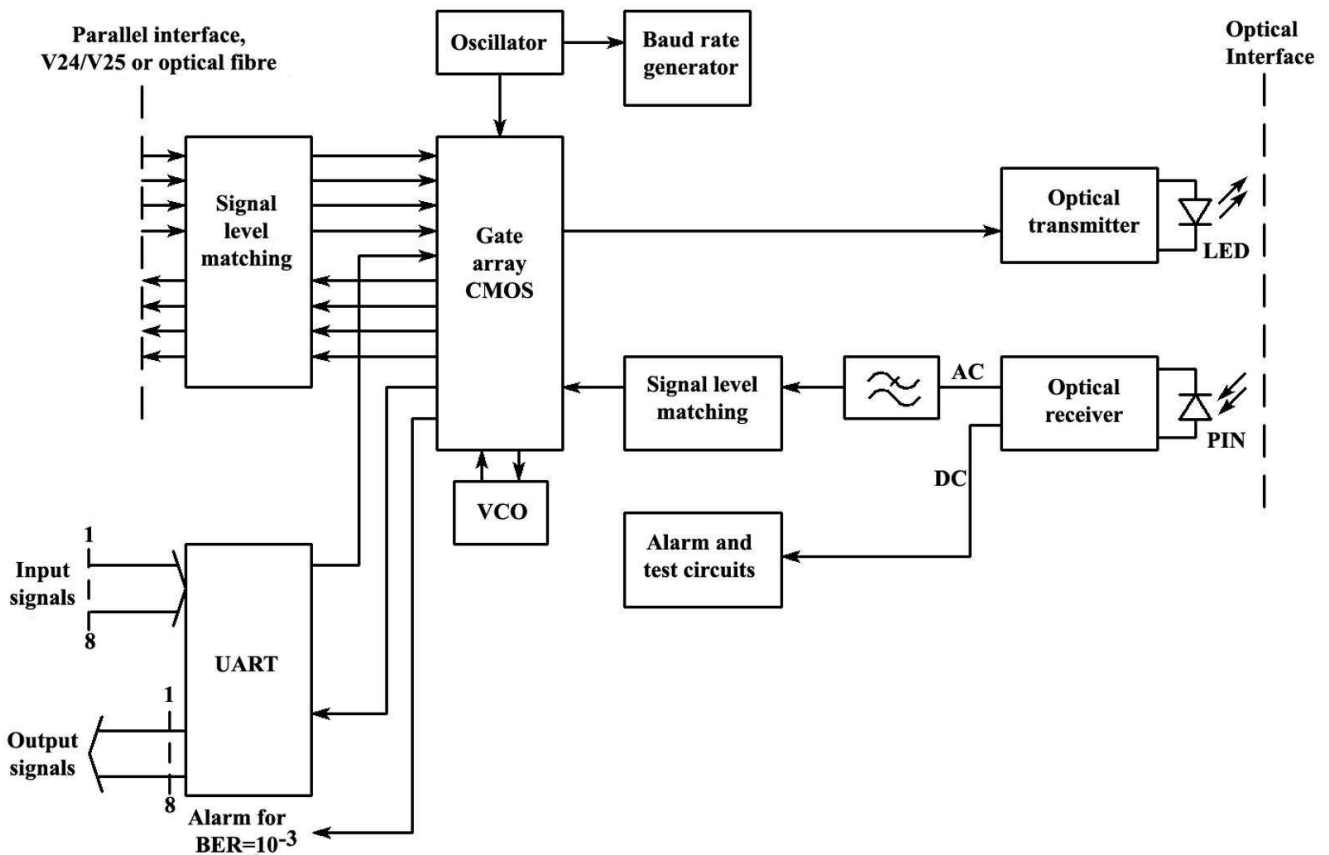


Рис. 1. Структурная схема модема ZAT4 [3]

Порог тревоги по BER составлял  $10^{-5}$ . Схема модуляции для использования квантового зашумления приведена на рис. 2: большая постоянно излучаемая мощность модулируется малой мощностью информационного сигнала (около 1 мкВт).

Основные технические параметры системы ZAT4, по данным статьи [3], приведены в табл. 1. Используемое в системе снижение мощности передаваемых сигналов эффективно, а квантовое зашумление вносит только дополнительный шум и не увеличивает степени защищенности информации. Зашумление может быть эффективным способом защиты только в том случае, если при-

емники ВОСП и нарушителя работают при одинаковых отношениях сигнал/шум.

### Комплект аппаратуры АЛСВ-1 для защищенных ВОСП

В СССР в 1986—1988 гг. во Всесоюзном научно-исследовательском институте экспериментальной физики (ВНИИЭФ, г. Арзамас-16 Горьковской обл.) был разработан комплект аппаратуры АЛСВ-1 для защищенных ВОСП, серийный выпуск которого осуществлялся Производственным объединением (ПО) "Старт" (г. Пен-

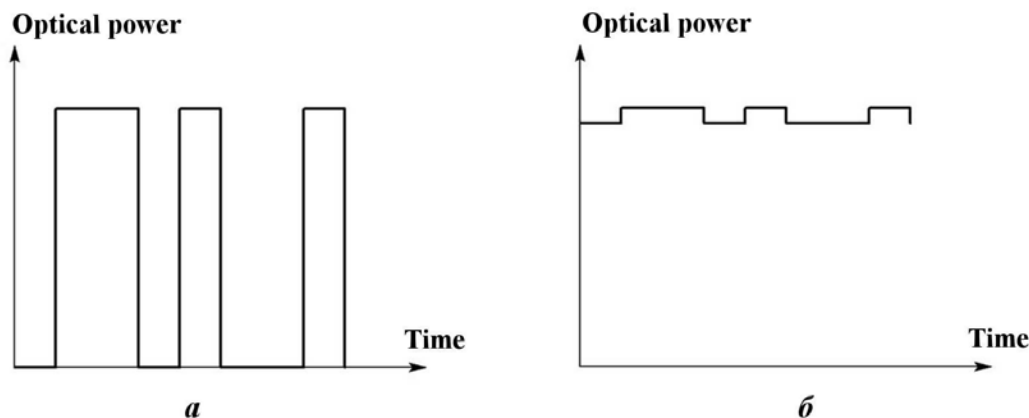


Рис. 2. Схемы модуляции [3]: а — обычная; б — используемая в ZAT4

Таблица 1

#### Основные технические параметры системы ZAT4

Параметр	Значение
<u>Электрический интерфейс</u>	
Параллельный интерфейс	V.24, V.28 (RS232C)
4 асинхронных канала передачи	0—20 Кбит/с
Частота синхронизации модема	2,4—19,2 кГц
<u>Оптический интерфейс</u>	
Тип ОВ, диаметры сердцевин/оболочки	2 мм ОВ, 50/125 мкм
Тип источника, приемника, длина волны	LED, PIN, 850 мкм
Скорость передачи	2,4576 Мбод
Дальность передачи	2 км
Тип соединителей	SMA
<u>Интерфейс тревоги</u>	
Контроль мощности и BER по 4 каналам	порог BER = $10^{-5}$
<u>Параметры питания, условия применения, габариты</u>	
Напряжение питания	$2 \times 15$ В постоянного тока
Потребляемая мощность	менее 5 Вт
Время работы на резервном питании	не менее 30 мин
Температура окружающей среды	0—40 °С
Габариты (высота, ширина, глубина)	44 × 220 × 250 мм

за-19 Пензенской обл.) [4]. Аппаратура предназначена для обмена цифровой информацией между объектами комплекса ЕС-7920 по оптическим кабелям с защитой информации от несанкционированного доступа, реализованной аппаратными средствами. В состав комплекта АЛСВ-1 входили приемопередающий блок, 4 приемопередающих модуля, 16 оптических жгутов, соединительные муфты, электрические жгуты, оптический кабель ОК-50-2-8 длиной до 2 км, генератор тестовых сигналов и счетчик коэффициента ошибок. Основные параметры АЛСВ-1 приведены в табл. 2.

Для используемого асинхронного режима защита информации осуществлялась по изменению амплитуды специально формируемого контрольного импульса длительностью 40 мкс [5]. Порог тревоги в АЛСВ-1 составлял около 0,1 дБ. Во ВНИИЭФ и ПО "Старт" информационные сети на основе аппаратуры АЛСВ-1 эксплуатировались около 10 лет и были утилизированы вместе с ЕС ЭВМ.

### Система защиты Fiber Sentinel System фирмы Opterna

Современные защищенные ВОСП функционируют на более высоких скоростях и имеют более совершенные средства защиты информации, чем описанные выше. Так, фирма Opterna предлагает современное устройство Fiber Sentinel System (FSS — охраняющая волокно система). Внешний вид устройства FSS, которое устанавливается в 19-дюймовые каркасы (высота 1 U), представлен на рис. 3 [6].

FSS является внешним (по отношению к приемопередающей аппаратуре ВОСП) устройством, которое обеспечивает непрерывный круглосуточный контроль ОВ по технологии Wave Sense. В случае попытки перехвата информации FSS автоматически быстро обнаруживает вторжение, переключает передачу на резервное ОВ и по интерфейсу SNMP сообщает пользователю о возникшей тревоге. Основные параметры FSS приведены в табл. 3 [7].

Таблица 2

#### Параметры комплекта аппаратуры АЛСВ-1

Параметр	Значение
Диапазон длин волн	0,82—0,88 мкм
Скорость передачи данных	0,72—0,95 Мбит/с
Вероятность появления ошибки	не более $10^{-9}$
Дальность передачи	0,2—2,0 км
Максимальные потери в ОК	25 дБ
Тип ОК	ОК-50-2-8
Тип ОВ, диаметры сердцевины/оболочки	ММ ОВ, 50/125 мкм
Входные и выходные сигналы	код ЕС-7920
Среднее время наработки на отказ	2 500 ч
Диапазон рабочих температур ВОСП	от -40 до 50 °С
Срок службы	10 лет



Рис. 3. Внешний вид устройства FSS

## Параметры FSS

Параметр	Значение
Габариты	17 × 13 × 1,75 дюйм
Напряжение (частота питания)	100–240 В (60/50 Гц)
Температура рабочая (предельная)	от 0 до 55 °С (от –10 до 65 °С)
Влажность рабочая (предельная)	0–90 % (0–95 %)
Рабочая длина волны	1 310 мкм
Вносимые потери типовые (максимальные)	1,5 дБ (2,4 дБ)
Мощность в канале	от –45 до +5 дБм
Порог принятия решения	0,02 дБ
Время обнаружения	25 мс
Время переключения	4 мс
Тип ОВ (типы соединителей)	SM (FC, SC, ST)

Устройство работает на одной длине волны (1,31 мкм), самой короткой для систем на одномодовых ОВ и поэтому далеко не самой лучшей для контроля ВОЛП. То есть в ВОСП не может быть использовано спектральное разделение контрольных и информационных сигналов, которое существенно повышает чувствительность системы контроля. Порог принятия решения, по данным авторов, составляет 0,02 дБ, время реакции — около 30 мс.

### Технология защиты информации фирмы Oyster Optics

Технология фирмы Oyster Optics [8] включает в себя несколько способов защиты информации:

- фазовая модуляция информационного сигнала;
- обнаружение и детектирование попыток вторжения;
- локализация вторжений методом временной рефлектометрии (OTDR).

Реализация всех этих способов в одной приемопередающей карте, несомненно, повышает степень защищенности информации. Технология фирмы защищена несколькими патентами [9–13].

На рис. 4 представлена структурная схема приемопередающей карты ВОСП, защищенной по технологии фирмы Oyster Optics [8].

Фазовая модуляция увеличивает шум в канале и не может гарантировать защиту от считывания. Нарушитель, использующий перестраиваемый интерферометр Маха—Цендера, определит временную задержку, что позволит детектировать перехваченный сигнал. Более перспективным следует считать использование вместо фа-

зовой модуляции волнового уплотнения информации WDM, которое обеспечивает не меньшую степень скрытности, но при этом существенно увеличивает скорость передачи информации в ОВ за счет одновременной передачи по нескольким каналам.

### Комплект средств защиты информации Interceptor

Фирма Network Integrity Systems предлагает комплект средств защиты информации Interceptor ("перехватчик"), который состоит из комплектов защиты *темных* (Interceptor) и *активных* (Interceptor + Plus) волокон, а также пассивного устройства Micro-RTU [14] (рис. 5). Последнее устройство предназначено для использования с устройством Interceptor + Plus для создания кольца по контрольному каналу и двух линий по информационному каналу, что позволяет упростить и удешевить систему защиты информации. Как утверждают авторы разработки, устройство реагирует на попытки доступа к темным и активным ОВ при проникновении в оптический кабель (ОК). Система защиты построена на запатентованной технологии Smart, которая основана на том, что ВОЛП является датчиком доступа к ОК.

Авторы отмечают, что предлагаемые схемы защиты функционируют со всеми стандартами Ethernet до скорости 10 Гбит/с включительно и могут быть использованы в различных системах. В частности, в [14] приведен сравнительный анализ применения Interceptor и криптографических средств защиты в сети SIPRNet. Отмечено, что средства защиты Interceptor соответствуют нормативным документам различных ведомств

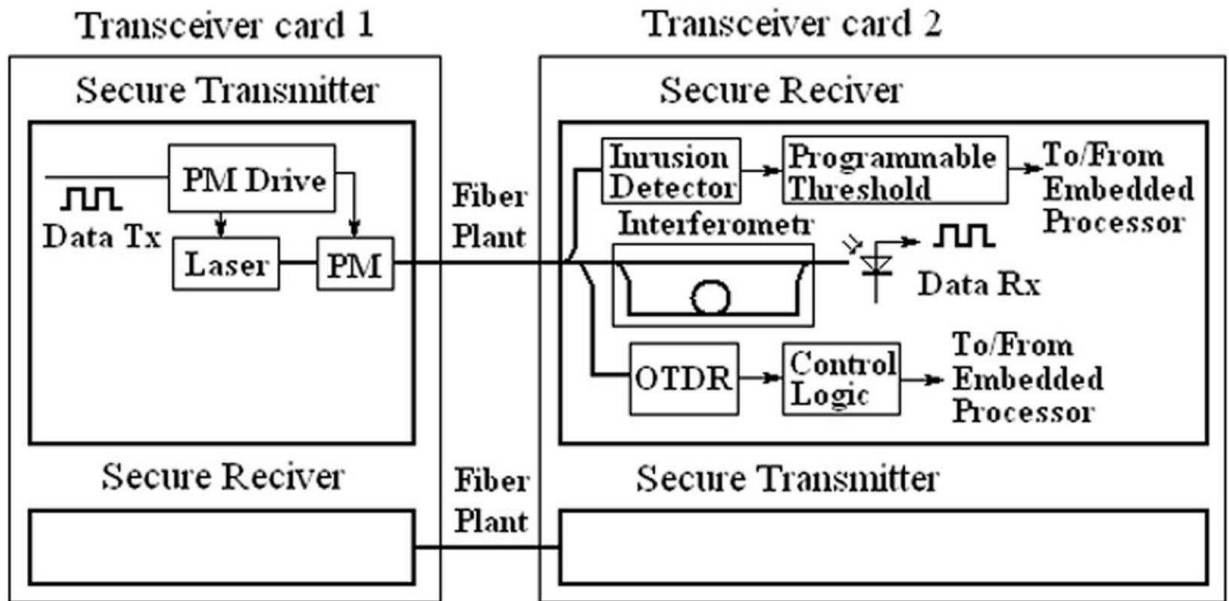


Рис. 4. Структурная схема приемопередающей карты ВОСП, защищенной по технологии фирмы Oyster Optics [8]

### Products For Dark Fiber Monitoring

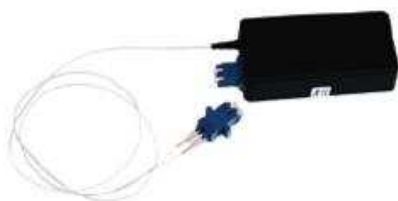


INTERCEPTOR™

### Products For Active Fiber Monitoring



INTERCEPTOR+Plus™



Micro-RTU

Рис. 5. Комплект средств защиты информации Interceptor [14]

США и по основным технико-экономическим параметрам (широкополосность, цена, скорость внедрения) лучше криптографических средств защиты.

ВОСП со средствами защиты Interceptor используются в ВВС и армии США, Пентагоне, Департаменте национальной безопасности, Разведывательном управлении Министерства обороны, Министерстве юстиции и других ведомствах США.

### Системы защиты информации на основе конверторов среды FOBOS-100S (L,M)

В 2005—2007 гг. в РФЯЦ-ВНИИЭФ при поддержке Фонда развития предпринимательства в научно-технической сфере (ФРПНТС) разработаны конверторы среды FOBOS-100S (L,M). Изделия сертифицированы Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России и серийно выпускались в РФЯЦ-ВНИИЭФ с 2007 по 2013 г. [15]. Внешний вид конверторов среды представлен на рис. 6.

Конвертор среды (витая пара — ОВ) предназначен для создания защищенных ВОСП по технологии FastEthernet (100 Мбит/с, полный дуплекс). Система защиты информации конверторов основана:

- на снижении уровня мощности до безопасного (от  $-25$  до  $-30$  дБм);



Рис. 6. Внешний вид конвертеров FOBOS-100S (L,M)

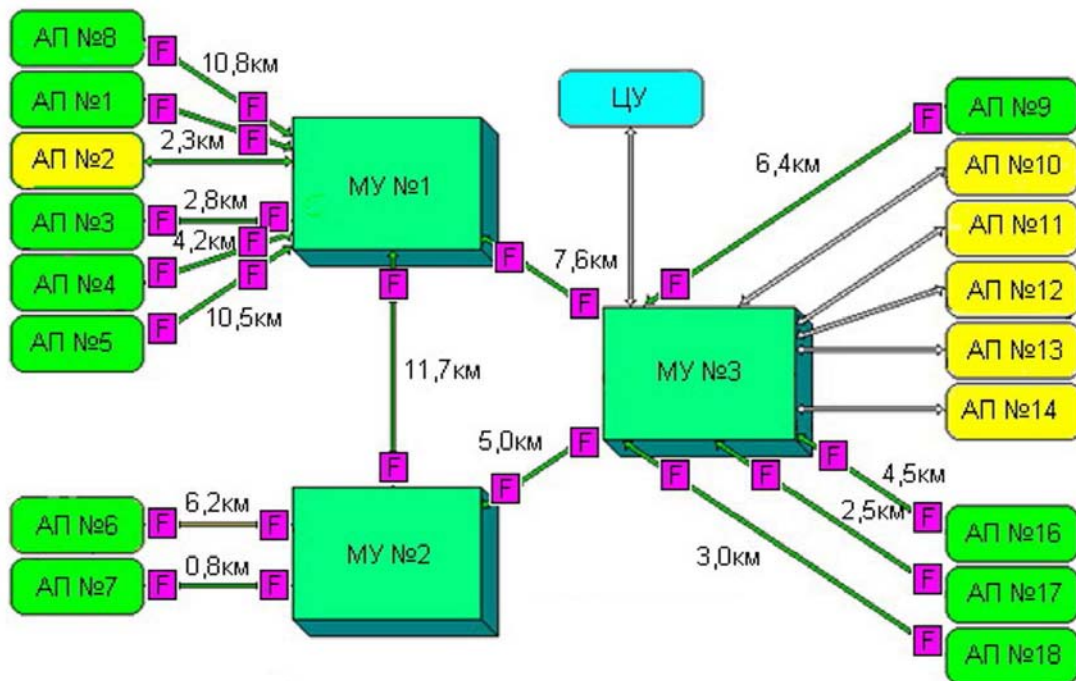
- скремблировании информационных сигналов, используемом при передаче по электрическим линиям;
- постоянном мониторинге линии по специально разработанному алгоритму, защищенному патентами [16–20], с отключением передачи в аварийной ситуации.

Кроме того, в системе предусмотрен контроль ОВ с помощью стандартного OTDR-рефлектометра по методике, отличающей попытку вторжения от сварного соединения. Ис-

пользование защищенных ВОСП на основе конвертеров позволяет создавать разветвленные защищенные сети масштаба предприятия. На рис. 7 приведена топология такой сети, реализованной на одном из предприятий Росатома.

Основные технические параметры конвертеров приведены в табл. 4. Конвертеры среды FOBOS-100S (L,M) были реализованы в основном на отечественной элементной базе, в настоящее время снятой с производства. Учитывая большой спрос в России на эти устройства, было разработано заменяющее их изделие на современной элементной базе с более высокой степенью интеграции. В результате габариты конвертера по сравнению с предыдущими моделями уменьшились в два раза, а цена снизилась примерно на 30%. Внешний вид конвертера приведен на рис. 8.

Реализованный алгоритм защиты на основе конвертеров среды входит в состав программного обеспечения встроенного микроконтроллера. Установленный порог тревоги 0,01 дБ позволяет обеспечить среднее время наработки на ложную тревогу  $10^4$  ч и вероятность обнаружения не менее 0,99999. Время реакции конвертеров — не более 200 мс.



■ - FOBOS-100S; АП - абонентский пункт; МУ - магистральный узел; ЦУ - центральный узел

Рис. 7. Топология защищенной сети предприятия

## Параметры конверторов FOBOS-100S (L,M)

Параметр	Значение
<u>Электрический интерфейс IEEE 802.3u (100Base-TX)</u>	
Скорость передачи данных (полный дуплекс)	100 Мбит/с
Скорость передачи в линии	125 Мбит/с
Линейный код	4В/5В – MLT-3
Амплитуда сигнала при передаче в линию	1,8–2,0 В
Среда передачи – витая пара	UTP (STP) cat. 5 и выше
Тип электрического соединителя (контакты)	RJ-45 (1–2, 3–6)
Длина электрической линии	от 0 до 100 м
<u>Оптический интерфейс IEEE 802.3u (100Base-TX)</u>	
Скорость передачи данных (полный дуплекс)	100 Мбит/с
Линейная скорость передачи	125 Мбит/с
Линейный код	4В/5В – NRZI
Рабочая длина волны (тип соединителя)	
FOBOS-100S	1,25–1,35 мкм (SC)
FOBOS-100M	1,27–1,37 мкм (ST)
FOBOS-100L	1,47–1,57 мкм (SC)
Порог чувствительности (BER < 10 <sup>-10</sup> )	
FOBOS-100S, FOBOS-100L	не более –36,0 дБм
FOBOS-100M	не более –27,0 дБм
Средняя мощность на выходном полюсе (Т)	
FOBOS-100S	от –24,0 до –32,0 дБм
FOBOS-100M	от –23,0 до –27,0 дБм
Дальность передачи (для 2 категории ВОСП)	
FOBOS-100L	40,0 км
FOBOS-100S	25,0 км
FOBOS-100M	2,0 км
<u>Контроллер защиты информации</u>	
Порог отключения передачи	0,01 дБ
Время реакции	не более 0,2 с
<u>Источник питания</u>	
Напряжение, частота (по ГОСТ 13109-97)	187–242 В, 49–51 Гц
Потребляемая мощность	не более 20 Вт
<u>Показатели надежности</u>	
Коэффициент ошибок (BER)	не более 10 <sup>-10</sup>
Средняя наработка на отказ	10 <sup>4</sup> ч
Средний срок службы	10 лет



Рис. 8. Внешний вид нового конвертора FOBOS-100M

**Универсальные контроллеры защиты  
FOBOS-10GS, FOBOS-100GL,  
FOBOS-100GE для высокоскоростных  
и многоканальных систем связи**

Для высокоскоростных защищенных ВОСП в РФЯЦ-ВНИИЭФ в 2011–2013 гг. были разработаны и поставлены на серийное производство универсальные контроллеры защиты FOBOS-10GS, FOBOS-100GL, FOBOS-100GE. Внешний вид устройств одинаков и представлен на рис. 9.

Контроллеры обеспечивают защиту информации для ВОСП любых стандартов физического





Рис. 9. Внешний вид универсальных контроллеров защиты

уровня, функционирующих в синхронном режиме на скоростях передачи от 100 Мбит/с до 100 Гбит/с. При этом контроллеры не снижают скорость передачи информации, обеспечиваемую приемопередающей аппаратурой ВОСП. Поддерживаемые устройствами FOBOS-10GS, FOBOS-100GL стандарты оптических сетей и их параметры приведены в табл. 5, 6. Контроллер FOBOS-100GE кроме стандартов, поддерживаемых FOBOS-100GL, допускает стандарты многоканальной передачи с грубым волновым уплотнением (CWDM) и плотным волновым уплотнением (DWDM и HDWDM).

Таблица 5

**Параметры стандартов, поддерживаемых FOBOS-10GS**

Скорость передачи, Гбит/с	Длина волны информационных сигналов, мкм	Тип ОВ (стандарт ITU-T)	Стандарт физического уровня информационных технологий	Количество ОВ	Дальность, м
0,100	0,85	MMF (G.651.1)	100 Base-FX	2	0–2 000
1,000	0,77–0,86	MMF (G.651.1)	1 000 Base-SX	2	0–550
10,000	0,85	MMF (G.651.1)	10G Base-SR (SW)	2	0–300
40,000	0,85	MMF-OM3 (G.651.1)	40G Base-SR4	8	0–100
100,000	0,85	MMF-OM3 (G.651.1)	100G Base-SR10	20	0–100

Таблица 6

**Параметры стандартов, поддерживаемых FOBOS-100GL**

Скорость передачи, Гбит/с	Длина волны информационных сигналов, мкм	Тип ОВ (стандарт ITU-T)	Стандарт физического уровня информационных технологий	Количество ОВ	Дальность, м
0,100	1,310	SMF (G.652, G.657)	100 Base-FX	2	0–100
0,155	1,260–1,360	SMF (G.652, G.657)	STM-1 (I-1, S-1.1, L-1.1)	2	0–85
0,622	1,260–1,360	SMF (G.652, G.657)	STM-4 (I-4, S-4.1, L-4.1)	2	0–70
1,000	1,270–1,330	SMF (G.652, G.657)	1 000 Base-LX (LH)	2	0–10
	1,310/1,490		1 000 Base-BX10	1*	
2,488	1,260–1,360	SMF (G.652, G.657)	STM-16 (I-16, S-16.1, L-16.1)	2	0–60
10,000	1,310	SMF (G.652, G.657)	10G Base-LR (LW)	2	0–25
	1,270, 1,290, 1,330, 1,350 (CWDM)		10G Base-LX4	2	0–10
40,000	1,270, 1,290, 1,330, 1,350 (CWDM)	SMF (G.652, G.657)	40G Base-LR4	2	0–10
100,000	1,295, 1,300, 1,305, 1,310 (DWDM)	SMF (G.652, G.657)	100G Base-LR4 100G Base-ER4	2	0–10 0–40

\* На входе и выходе контроллера требуется установка оптических разветвителей OR1×2.

Универсальные контроллеры защиты обеспечивают выполнение следующих функций:

- поддержка передачи цифровой информации по ВОЛП в реальном масштабе времени с пропускной способностью канала, заданной передатчиком ВОСП;
- автоматическая настройка на любую длину оптических линий в установленных пределах, что не позволяет использовать в ОВ мощность выше заданного ограничения;
- активная защита от несанкционированной и непреднамеренной реконфигурации сети за пределами контроллеров и от попыток доступа к средствам защиты и оптическим усилителям;

- постоянный мониторинг коэффициента передачи используемых ОВ с отключением передачи оптических сигналов при появлении дополнительных потерь;
- спектральное разделение информационных и контрольных сигналов;
- световая и звуковая индикация состояния контроллера.

Контроллеры защиты можно включать в состав защищенных ВОСП по следующим схемам (рис. 10, см. также цветную вкладку): а) дуплексная передача при соединении точка—точка; б) дуплексная передача по одному ОВ; в) дуплексная передача с переключением на резервное

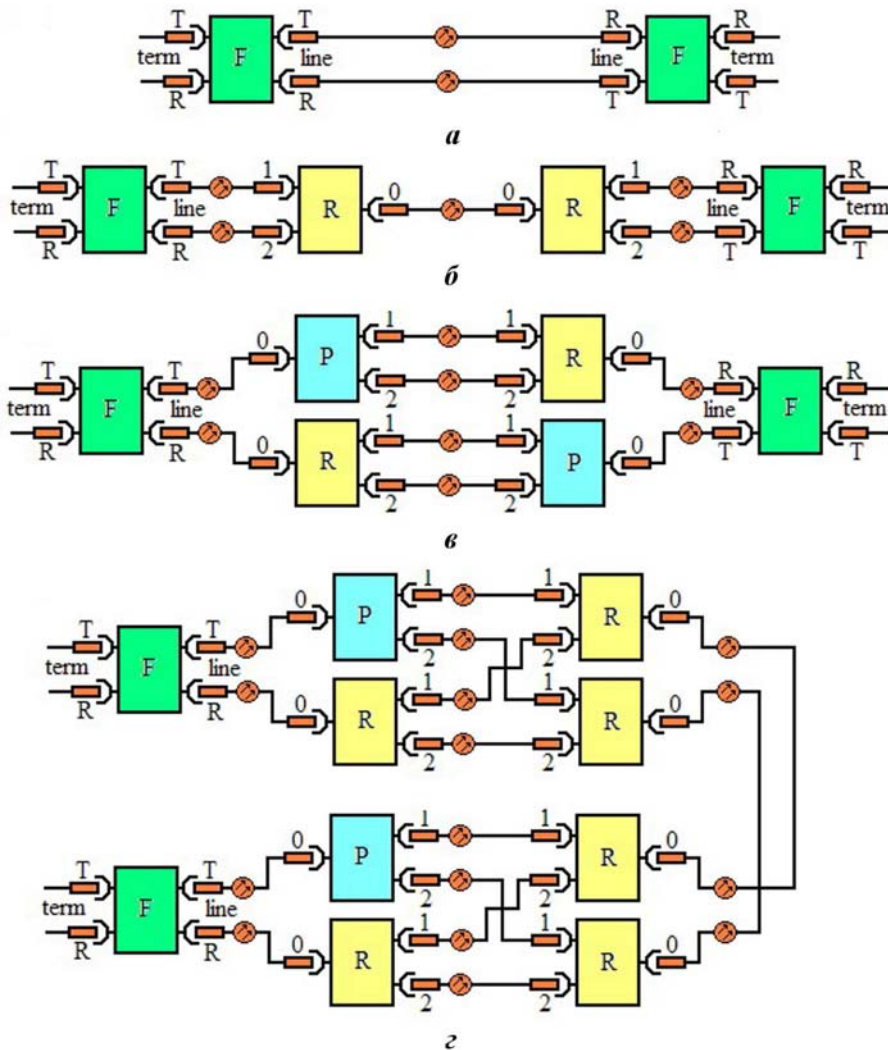


Рис. 10. Схемы защищенных ВОСП с использованием контроллеров защиты (F — контроллер защиты FOBOS-100GL; R — оптический разветвитель с делением  $OR1 \times 2$ ; P — оптический переключатель  $OP1 \times 2$ )

ОВ; г) дуплексная передача с переключением на резервное ОВ с уплотнением на два ОВ.

Реализованный алгоритм защиты на основе контроллеров среды входит в состав программного обеспечения встроенного микроконтроллера. Установленный порог тревоги 0,02 дБ позволяет обеспечить среднее время наработки на ложную тревогу  $10^4$  ч и вероятность обнаружения не менее 0,99999. Время реакции контроллеров — не более 200 мс. С учетом применяемого в контроллерах защиты спектрального разделения информационного и контрольного сигналов порог тревоги снижается до 0,002–0,003 дБ.

### Заключение

Разработанный и серийно изготавливаемый в РФЯЦ-ВНИИЭФ комплект ПТСЗИ серии FOBOS для защищенных ВОСП распределенных вычислительных сетей обеспечивает защиту информации при ее передаче за пределами контролируемой зоны со скоростями от 100 Мбит/с до 100 Гбит/с и более (с применением технологий уплотнения информации WDM, CWDM, DWDM, HDWDM). При этом могут быть использованы любые информационные технологии и дальность передачи до 100 км без регенерации сигналов. Кроме того, ПТСЗИ функционируют в реальном масштабе времени и не снижают скорость передачи, которая задается приемопередающей аппаратурой ВОСП.

Разработанные ПТСЗИ обеспечивают чувствительность по обнаружению дополнительных прямых потерь от 0,003 до 0,03 дБ при среднем времени наработки на ложное срабатывание не менее  $10^4$  ч и вероятности обнаружения не менее 0,99999. Чувствительность обеспечивает защиту от любых попыток перехвата оптического сигнала. Представленные изделия серии FOBOS по массогабаритным и техническим характеристикам превосходят известные зарубежные аналоги.

### Список литературы

1. Система засекреченной связи без криптографии // Иностран. печать об эконом., науч.-тех. и воен. потенциале государств — участников СНГ и технических средствах его выявления. Сер. Технические сред-

ства разведывательных служб капиталистических государств. 1995. № 10. С. 49–52.

2. Operational security doctrine for the fiber alarmed modem (FAM)-131 intrusion detection optical communications system (IDOCs). US: NSTISSI, 1991.
3. *Erkander R.* Optical Fiber Security System ZAT4 // Ericssonreview. 1987. No 1. P. 35–41.
4. *Попов С. Н., Шубин В. В., Половинкин Ю. И. и др.* Волоконно-оптическая система передачи для комплекса устройств отображения информации ЕС-7920 // Радио и связь. Электросвязь. 1990. № 12. С. 29–30.
5. *Шубин В. В., Поскребетьева В. А.* Устройство контроля оптических линий связи. Авторское свидетельство № 1711341. 1992. www.bd.patent.su.
6. Equipment and Instruments. Fiber Sentinel System. www.opterna.com.
7. *Nair S.* Using a Fiber Sentinel System for Physical Lager Security. www.opterna.com.
8. Oyster Optics Inc. Securing Fiber Optic Communications against Optical Tapping Methods. 2002–2003. www.oysteroptics.com.
9. Secure fiber optic telecommunications system and method. US659055. 15.07.2003. www.google.co.uk/patents.
10. Telecommunications Card for Secure Optical Data Transmission and Installation Method. US7099592. 29.08.2006. www.google.co.uk/patents.
11. Phase-modulated Fiber Optic Telecommunications System. US6476952. 5.11.2002. www.google.co.uk/patents.
12. Dual-mode Fiber Optic Telecommunications System and Method. US6665500. 16.12.2003. www.google.co.uk/patents.
13. Phase-modulated Fiber Optic Telecommunications System. US6469816. 22.10.2002. www.google.co.uk/patents.
14. Fiber Optic Intrusion Detection Systems. Network integrity systems, 2005. www.networkintegritysystems.com.

15. Система сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации № РОСС RU.0001.01БИ00. Сертификат соответствия № 1520. [www.fstec.ru](http://www.fstec.ru).
16. Шубин В. В., Ивченко С. Н., Овечкин С. И. Способ обнаружения медленного вывода оптического излучения через боковую поверхность волоконно-оптической линии связи. Патент № 2251810. 2003. [www.bd.patent.su](http://www.bd.patent.su).
17. Шубин В. В., Ивченко С. Н., Овечкин С. И. Способ обнаружения доступа к оптическому сигналу при передаче по волоконно-оптическим линиям. Патент № 2301497. 2003. [www.bd.patent.su](http://www.bd.patent.su).
18. Шубин В. В. Способ обнаружения вывода излучения с боковой поверхности оптического волокна. Патент № 2350018. 2006. [www.bd.patent.su](http://www.bd.patent.su).
19. Шубин В. В., Овечкин С. И. Способ устранения ложных срабатываний при включении защищенных волоконно-оптических систем. Патент № 2350019. 2006. [www.bd.patent.su](http://www.bd.patent.su).
20. Шубин В. В., Овечкин С. И., Ивченко С. Н. Способ повышения вероятности обнаружения вывода излучения из оптического волокна. Патент № 2349039. 2006. [www.bd.patent.su](http://www.bd.patent.su).

Статья поступила в редакцию 21.01.14.

---