

Ключевые слова: семантическая сеть, учебно-методический комплекс дисциплины, онтология, автоматический процесс, RDF, OWL, SPARQL.

SEMANTIC NETWORK IN THE EDUCATIONAL PROCESS

G. Alkhanova, S. Zhuzbaev

In the article, the educational and methodological complex of the discipline is a set of textbooks used in the educational process and designed to expand, deepen and better assimilate the knowledge provided by the curriculum. The educational and methodological complex of the discipline should be created in such a way as to exclude typical problems of manual processing when processing their content automatically. In order to make the educational and methodological complex of the discipline understandable to machines, it was necessary to create a structure based on the terms used in the educational and methodological complex of the discipline. Automatic and manual methods are integrated for displaying the structure of the educational and methodological complex of the discipline in the semantic network. The semantic network allowed us to describe the educational and methodological complex of the discipline in graphic form. Using semantic network representation, you can turn the network into an ontological model, which will lead to automated processes.

Key words: semantic network, educational and methodological complex of the discipline, ontology, automatic process, RDF, OWL, SPARQL.

МРНТИ: 59.41.71

А.Д. Мехтиев, Е.Г. Нешина, А.Д. Алькина, В.В. Югай

Карагандинский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА СХЕМ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ПЕРИМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы разработки систем охраны периметров распределённого типа на основе волоконно-оптических технологий для специальных объектов и других объектов государственного значения от несанкционированного доступа. Дан анализ существующих систем, которые уже разработаны российскими и зарубежными учеными. Для рассмотрения предлагается два варианта энергопассивных система охраны периметра, имеющих высокие показатели скрытности. Основным сенсором является оптическое волокно. Принцип измерения основан на контроле величины дополнительных потерь на рассеяние при механическом воздействии, измеренных в дБ. Были проведены исследования лабораторных образцов волоконно-оптических системы охраны периметров распределённого типа. В заключение приводятся описания результатов исследования с использованием рефлектометра.

Ключевые слова: система охраны, датчик, оптическое волокно, периметр, волоконно-оптические технологии.

Примерно с 70-х годов прошлого века начинается активное развитие волоконно-оптической техники и технологий, и уже к XX веку производство оптического волокна в мире резко возрастает, а его стоимость значительно снижается. Основным предназначением оптического волокна является передача информации в телекоммуникации и информационных системах. Благодаря своим преимуществам оптические волокна практически полностью вытеснили коаксиальные медные кабели связи и эфирные радиорелейные системы. Активно внедряются технологии, позволяющие подвести оптический кабель непосредственно к абоненту, когда полностью исключается медная пара. Более чем за пятидесятилетнюю историю промышленного развития волоконно-оптической техники и технологий достигнуты значительные успехи, которые позволили многократно снизить стоимость оптического волокна и оборудования, при этом существенно повысить их потребительские качества. Оптическое волокно используется также в приборостроении, для создания нового поколения датчиков на основе оптических технологий.

Одним из перспективных направлений использования оптических волокон является создание энергопассивных охраняемых систем различного назначения, например, для охраны периметров особого назначения. Охраняемые системы на основе волоконно-оптических

технологий имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с уже известными инфракрасными, виброакустическими, магнитометрическими, емкостными, сейсмическими. У каждого типа охранной системы есть положительные и отрицательные стороны и для важных объектов используются комбинированные системы, имеющие основные и резервные системы охраны. Первый обнаруженный патент по охранам системам данного типа был зарегистрирован в США в 1977 году, который стал основой последующих разработок. Основой является источник излучения (лазер), волоконно-оптический сенсор, фотоприемник и устройство обработки данных. Волоконно-оптическая система охраны отличается относительной простотой конструкции и низким энергопотреблением сенсоров. Оптическое волокно (ОВ), используемое в качестве сенсора, является энергетически пассивным, имеет высокую электромагнитную помехозащищенность и коррозионная стойкость, а также не производит электромагнитных полей вокруг себя, что затрудняет его обнаружение. Относительная простота построения различных волоконно-оптических охранных систем (ВООС) не говорит о том, что они не имеют недостатков. При всех её достоинствах, остаются нерешенными ещё ряд важных проблем, проявляющихся при их эксплуатации. Например, возникновение помех при температурном расширении оптического волокна, что приводит к возникновению эффекта «замирания», когда сенсор становится не чувствительным к механическому воздействию. Возникновение помех и ложное срабатывание ВООС создают массу проблем и требуют использования технических решений, способных правильно обрабатывать спектральную составляющую сигнала. Для преодоления данной проблемы требуется использование сложных микропроцессорных устройств предварительной и основной обработки информации, а также оригинального программного обеспечения на основе искусственного интеллекта, что существенно повышает стоимость ВООС. Различные производители ВООС решают технические проблемы по-своему и некоторые достигли положительных результатов, но только стоимость остается достаточно высокой.

Проведенный анализ показал, что на мировом рынке уже имеются производители ВООС, которые уже несколько десятков лет присутствуют на рынке с рядом успешных разработок. Сформировались лидеры в данной области, например, Future Fibre Technologies FFT (Австралия); Remsdaq (Англия); TRANS Security Systems and Technology (TSS) (Израиль); Fiber Sen Sys (США); Magal (Израиль); Senstar-Stellar (Канада). Имеются производители, которые только выходят на рынок, например, НПО Прикладная радиофизика «Ворон» (Россия), «Дунай» (Россия), «Гюрза» (Россия), можно привести еще с десятков примеров в какой-то мере успешных проектов в области волоконно-оптических систем охраны. Отдельно можно отметить успехи разработчиков Yangtze Optical Fibre and Cable Company Ltd из Китая. Естественно, каждый производитель использует свои схемные решения, методы и средства, но при анализе доступных источников, учитывая, что некоторые разработки имеют секретность и недостаточно освещены в открытой печати, можно сделать вывод об определенном сходстве между различными системами охраны, объединяющем их в несколько групп. Есть и более общие характерные сходства, это использование принципа оптического интерферометра [1-3].

Определенные нерешенные известные проблемы распределенных волоконно-оптических охранных систем служат основанием для проведения дополнительных исследований. Также необходимо проведение исследований для их совершенствования и снижения стоимости, что сделает их более доступными. На сегодняшний день фирмами разработчиками применяются разнообразные методы регистрации вибрационного воздействия на волоконно-оптический кабель, например, метод регистрации межмодовой интерференции Fiber SenSys, принцип двухлучевой интерферометрии FOIDS (изготовитель фирма Mason&Hanger, США). Имеется еще одна группа охранных систем, использующая в своей основе эффект решёток Брегга и вызванное ими отражением света или рассеянием, которое улавливается чувствительным фотоприемником. На схожем принципе работают охранные системы, использующие за основу оптический рефлектометр [4-7].

Для удобства описания основы рассматриваемых охранных систем можно использовать классическую теорию оптического интерферометра. Теоретическая основа работы данного устройства известна и является суммой сложения двух световых волн E_1 и E_2 , проявляется в изменении результирующей интенсивности I , которую регистрирует фотоприёмное устройство интерферометра. Как видно на рисунке 1, при механическом

воздействии возникает микроизгиб волокна, что приводит к изменению свойств света (моды), проходящему по нему, соответственно, меняются показатели преломления Δn . [8] Изменение распространяющейся фазы световой волны $\Delta\phi \sim \Delta n$ плюс изменение вектора электромагнитного поля волны E , оказывающего влияние на поляризацию, что и фиксируется интерферометром.

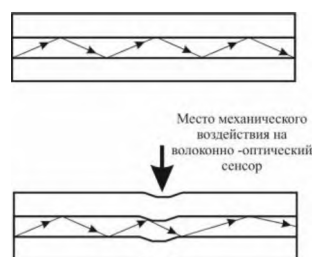


Рисунок 1 – Изменение фазы световой волны при механическом воздействии

На основе известной теории оптического интерферометра составлено выражение для двух когерентных световых волн. Это выражение, связывающее изменение интенсивности $I(t)$:

$$I(t) = E_1 E_2 \cos [\Delta\phi + \Delta\phi(t)] \quad (1)$$

где t – время;

$\Delta\phi$ – начальная и имеющая случайный характер разность фаз интерферирующих световых волн;

$\Delta\phi(t)$ – разность фаз, связанная с изменением условий распространения в оптическом волокне под внешним механическим воздействием и деформации волокна.

В процессе исследований установлено, что использование в чистом виде классического интерферометра Маха-Цандера неприемлемо для ВООС, так как имеется ряд существенных недостатков. Например, разность фаз интерферирующих световых волн $\Delta\phi$ имеет случайный характер и является значительной проблемой в эффективности работы всей системы. Имеется зависимость $\Delta\phi$ от внешних факторов, влияющих на систему в целом, например от температуры, если $\Delta\phi=0$, то $\cos=1$, это обстоятельство изменения начальных условий разности фаз из-за изменения температуры в пределах 1°C , может привести к замиранию системы и ложному срабатыванию, при этом никакого механического воздействия на сенсор не было.

Можно предложить две схемы, которые могут быть использованы для построения волоконно-оптических систем охраны, представленные на рисунках 2 и 3. Первый вариант более технологичный и сложный, соответственно и более дорогой при изготовлении, но позволяет с более высокой точностью определить место вторжения. Второй вариант более прост в компоновке, но требует большего количества оптических волокон в кабеле связи. В качестве сенсора здесь используется одномодовое оптическое волокно, но с некоторыми принципиальными отличиями. Более сложная в техническом оснащении схема, приведенная на рисунке 2, будет иметь значительную стоимость в отношении используемого оборудования, так как в ней реализован метод когерентной оптической рефлектометрии с временным разрешением и используются принципы технологии C-OTDR (Coherent Optical Time Domain Reflectometry). К анализатору подключаются оптические волокна при помощи коннекторов. Через оптический ответвитель луч лазера разделяется на n_x количество лучей. При этом полупроводниковый лазер работает в импульсном режиме. Важная роль отводится оптическому переключателю, который осуществляет переключение волокна с источника излучения на фотоприемник в пределах микро или наносекунд в зависимости от протяженности охраняемого периметра. Возникает известный эффект оптического рассеяния и часть оптического излучения отражается от различного рода неоднородностей обратно. Волоконно-оптический сенсор подключен к оптическому переключателю через оптические коннекторы к кабелю связи.

Это обстоятельство позволяет оценить величину воздействия и точно установить расстояние до точки воздействия. Соответственно можно идентифицировать характерные факторы нарушения охраняемого периметра.

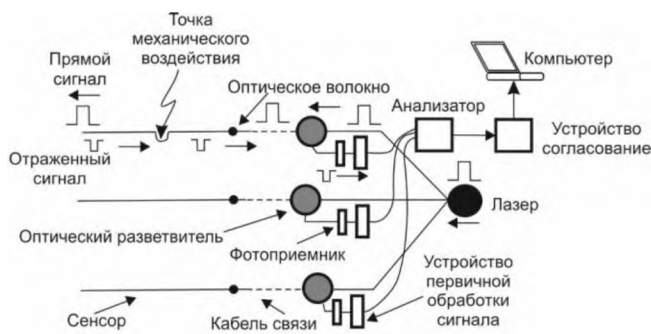


Рисунок 2 – Схема волоконно-оптической система охраны периметров на основе когерентной оптической рефлектометрии с временным разрешением

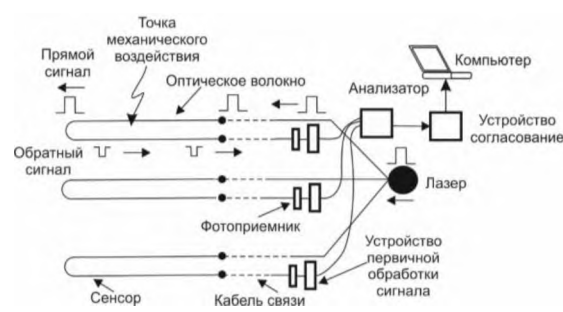


Рисунок 3 – Схема волоконно-оптической система охраны периметров на основе контроля дополнительных потерь в ОВ

Данная схема представлена в многоканальном варианте и может быть использована для охраны нескольких участков одновременно, при этом используется один центр обработки данных, который обрабатывает полученные рефлектограммы и при отклонениях от базовой рефлектограммы выдает сигнал тревоги. Указанная система на основании расчета времени задержки отраженного сигнала способна определить место вторжения от 30 до 50 метров. Расстояние зависит от технического уровня применяемого оборудования. Отраженный свет сначала попадает на фотоприемник, затем проходит предварительную обработку и конвертируется уже в электрический сигнал, далее анализатор производит анализ рефлектограммы с уже имеющейся базой рефлектограмм охраняемого участка. Далее через согласующее устройство информация попадает в компьютер, где визуализируется при помощи программного обеспечения. Эффективность системы существенно повышается, если в волокне специально создаются регулярные неоднородности показателя преломления с пространственным периодом, сравнимым с длиной волны лазерного излучения, необходимо сформировать условия для Брэгговского рассеяния. Изменения свойств света происходит при механическом воздействии на ОВ и выражается в увеличении дополнительных потерь, появлении различного рода рассеяния (Релеевское, Бриллюэновское, Романовское). В данной схеме использовался эффект Релеевского рассеяния. Волоконно-оптический сенсор, для скрытности погружается в землю на глубину от 5 до 8 сантиметров. Он будет чувствительный не только к микроизгибу, но и к различного рода вибрациям, соответственно система охраны может обнаружить нарушителя на определенном расстоянии от сенсора. К примеру, идентифицировать вторжение человека на расстоянии около 3 метров, а тяжелую гусеничную технику в пределах 15-20 метров. Волоконно-оптические сенсоры воспринимают механические вибраций в диапазоне частот от 1 Гц до 1 МГц, например, человек, перелезающий через металлическую ограду, создает вибрации в пределах 8-14 Гц, что находится в зоне чувствительности сенсора. У указанной системы есть ряд недостатков, например, эрозия и размыв почвы могут оголить сенсор, который можно легко повредить в нескольких местах и система будет выведена из строя. Также необходима разработка методов для повышения помехозащищенности системы и не допуске ложных срабатываний. Необходима корреляционная обработка сигналов не менее чем от двух волоконно-оптических сенсоров, это позволяет отфильтровать помехи, которыми могут быть шум дождя, вибрации от рядом проезжающего транспорта и другое, так как необходимо выделить полезный сигнал реального вторжения на их фоне.

На рисунке 3 представлен более упрощенный вариант волоконно-оптической системы. В качестве источника света используется полупроводниковый лазер, мощностью 10-30 мВт, с оптическим разветвителем. К примеру, можно разделить периметр на 8, 16, 32 и 64 зоны, где образуется определенный охраняемый участок длиной 10-30 метров и шириной до 3 метров. При механическом воздействии или вибрации происходит изменение свойств света и значений дополнительных потерь, что и является основанием для срабатывания системы охраны. В остальном анализатор, согласующее устройство и персональный компьютер выполняют те же функции, что и в схеме, рассмотренной ранее на рисунке 2.

На рисунке 4 показано размещение чувствительного сенсора охранной системы. Сенсор выполнен из кварцевого одномодового оптического волокна 9/125 мкм (OS2) Corning SMF-28e+® с низким "водным пиком" (стандарт ITU-T G.652), в защите силиконовой оболочке диаметром 1 мм.

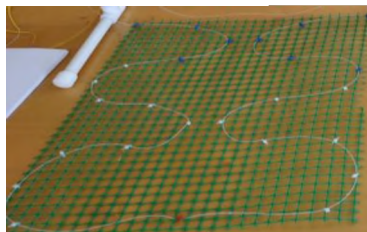


Рисунок 4 – Расположение сенсора на пластиковой сетке

Волокно укладывалось на пластиковую сетку, для создания однородности поверхности, пластиковая сетка закапывается в грунт. Глубина погружения составляет в пределах 5-6 см. Длина волоконно-оптического сенсора составила 500 метров, дополнительно были использованы две компенсационные катушки по 4,7 км, соответственно общая длина составила около 10 километров. Ширина полосы чувствительности сенсора к вибрационному воздействию отмечена в пределах 2 - 3 метров. Отклик на вибрационное воздействие в диапазоне частот от 1 Гц до 10 кГц. Точность определения в пределах 50 метров. Длина волны источника оптического излучения составляла 1550 нм с оптическими потерями примерно 0,3 дБ/км. Система уверено фиксирует проход человека весомо коло 60 кг и более с выдачей сигнала тревоги на пульт оператора.

Кроме этого, чувствительность приемника может быть улучшена путем усреднения сигналов. К примеру, для волоконно-оптического сенсора длиной 20 км, которое контролируется посредством OTDR с коэффициентом преобразования длительность импульса/расстояние, равным 10 мкс/км, степень снижения шума при усреднении сигналов в течение одного этапа измерения, составляющего 1 с и 3 мин, соответственно. Учитывая, что 10% времени будет потеряно, а время, необходимое для прохождения сигнала в прямом и обратном направлениях. Соответственно система будет контролировать охраняемый участок не в режиме реального времени, а периодически посылая импульсы в сенсор и принимая отражения от возникших неоднородностей, усредняя полученные значения в течение определенного периода времени [9-10].

Теоретические исследования показали, что данная система позволяет идентифицировать механические воздействия на значительном от измерительной части расстоянии в пределах 100 км, но на практике получить достаточную чувствительность системы охраны не удалось из-за различного рода помех, которые усиливаются с увеличением расстояния. Опыты показали, что длина сенсора из многомодового оптического волокна эффективна до 1 километра, а одномодового до 20 километров, но теоретические исследования показали, что механические деформации и вибрационные воздействия можно идентифицировать при длине волоконно-оптического сенсора на расстоянии до 100 км. Мномодовое волокно показало более высокую помехозащищенность при изменениях температуры и его лучше использовать на дистанциях до одного километра. Были исследованы зависимости измерений дополнительных потерь от расстояния от источника излучения при длине волны 1550 нм. Наиболее эффективно использовать длительность импульса $t=10$ мкс для сенсоров протяженностью от 30 километров, а длительность импульс $t=10$ мкс для более короткой дистанции.

Можно определить дистанцию до неоднородности оптического волокна, которым может быть микроизгиб, соответственно возникнет эффект места отражения или рассеяния. По разности Δt между двумя пиками, а также провалами, соответствующими сосредоточенным потерям, скорости света в вакууме c_0 и групповому показателю преломления $n_g \approx 1,476$ в стекле сердцевины, можно рассчитать либо длину волокна, либо координаты указанных выше неоднородностей.

$$L_x = \frac{\Delta t}{2} \cdot \frac{c_0}{n_g}, [км],$$

где L_x – измеряемая длина или координата неоднородности ОВ;

Δt – разность времени между пиками начального и конечного импульсов, с;

c_0 – скорость света в вакууме, равная 300 000 км/с;

n_g – действительный групповой показатель преломления стекла сердцевины.

Реализация указанных измерений осуществляется путем выбора режима измерений при этом на устройство отображения выводится результат измерения расстояния. Данная схема помимо своей технологической сложности, еще не обеспечивает точности обнаружения точки вторжения, на практике это значение составило около 50 метров. Если нарушитель обнаружит подземный сенсор, а его глубина залегания незначительная (5-8 см), то он может очень легко перерезать его в нескольких местах, что выведет систему из строя. Такая же проблема, если разместить сенсор на заборе, нарушитель может свободно его перерезать в нескольких местах, например, с разбросом в 500 метров, что тоже сделает невозможным защиту охраняемого периметра. Для этого необходимо помещать сенсор в бронированную оболочку с несущей способностью на разрыв 800-900 кг. Протяженный сенсор более 10 км, расположенный на металлическом заборе будет подвержен нагреву от солнечных лучей или влиянию низкой температуры (1), что вызовет деформацию волокна и ложное срабатывание системы охраны. Поэтому температурная коррекция крайне необходима. Например, охранная система фирмы FiberSenSys имеет ограничение по температуре до -5°C . Охранная система «ВОРОН-3М-К» использует бронированный волоконно-оптический кабель, что существенно повышает ее стоимость. Бронирование кабеля позволит избежать некоторой возможности его повреждения, но требует повышение чувствительности сенсора, а это негативно сказывается на помехозащищенности канала, так как усиливается влияния внешних температурных и вибрационных воздействиях.

Выводы

1. Все представленные схемы при подземном расположении волоконно-оптическими сенсоров обладают высокой скрытностью и трудностью обнаружения, так как сенсоры невосприимчивы к электромагнитным и радиочастотным помехам.

2. При развитии технологии когерентной оптической рефлектометрии с временным разрешением и использованием одномодового волокна в качестве сенсора и направляющей системы связи, необходимо создание эффективных методов защиты от помех и температурной коррекции, а также бронирование кабеля обеспечивают возможность организации весьма протяженных зон охраны (до 60...100 км) при точности обнаружения вторжения до нескольких метров.

3. При открытой прокладки волоконно-оптических сенсоров на ограждениях необходимо бронирование кабеля для предотвращения его умышленного повреждения в нескольких местах, что приводит к полному и длительному выводу системы из строя

4. На основании проведенных опытов выяснилось, что в импульсном режиме работы источника излучения использование в качестве сенсора многомодовое волокно имеет более высокую помехозащищенность при изменениях температуры, чем одномодовое волокно. Рекомендовано использование многомодового сенсора длиной до 1 км и одномодового волокна для связи с пультом системы охраны.

5. Установка подземных волоконно-оптических датчиков периметра, предназначенных для обнаружения идущего нарушителя, предполагает целый ряд мер, обеспечивающих надежную работу системы с оптимальными характеристиками.

6. Во всех случаях рекомендуется избегать установки сенсорных кабелей непосредственно в грунт, т.к. уплотнение почвы со временем может существенно изменять чувствительность системы и снижать вероятность обнаружения нарушителя. Если сенсорный кабель устанавливается непосредственно в грунт или под газоном с травой, то давление грунта слабо передается на сенсор. Нарушитель зачастую может быть обнаружен только тогда, когда он наступает непосредственно на сенсорный кабель.

7. Трасса прокладки подземных сенсоров должна быть снабжена дренажными средствами, предотвращающими образование водяных массивов, которые могут замерзнуть при отрицательных температурах (зимой). Промерзание грунта, так же как и его уплотнение, может снизить чувствительность системы. Сильные ветры и дождевая эрозия почвы могут вызвать обнажение подземных сенсоров или погружение их на глубину, превышающую оптимальную для обнаружения нарушителя. Наиболее эффективное применение –

установка волоконно-оптического сенсора в гравийной подложке в пределах «запретной» зоны между двумя параллельными оградками.

Литература

1. Juarez J.C. and Taylor H.F. Field test of a distributed fiber-optic intrusion sensor system for long perimeters // Applied Optics. – 2007. – Vol.46, No.11. – P. 1968-1971.
2. Shih-Chu Huang and Hermann Lin Counting signal processing and counting level normalization techniques of polarization-insensitive fiber-optic Michelson interferometric sensors // Applied Optics. – 2006. – Vol.45, No.35. – P. 8832-8838.
3. Hashemian, H.M., Black, C.L., and Farmer, J.P.. Assessment of fiber optic pressure sensors. United States: N. p., 1995. Web. doi:10.2172/71391.
4. Введенский Б.С. Волоконно-оптические сенсоры в системах охраны периметра // Мир и безопасность. – 2006. – № 4-5. 7. Polyakov A.V., Ksenofontov M.A. Frequency fiber-optical alarm system // International Conference on Laser, Applications and Technologies (LAT-2007), Minsk, 28 May–1 June 2007. – Minsk, 2007. – P. 93.
5. Мархакшинов А.Л., Спектор А.А. Оценивание траектории движения человека на локальном участке в сейсмической системе охраны // Сборник научных трудов НГТУ. – 2010. – №1 (59). – С. 59-64.
6. Соколова Д.О. Классификация движущихся объектов по спектральным признакам сейсмических сигналов / Д.О. Соколова, А.А. Спектор // Автометрия. – 2012. – № 5. – С. 112-119.
7. Соколова Д.О. Непараметрическое обнаружение сейсмоактивных объектов с непрерывным воздействием на грунт / Д.О. Соколова, А.А. Спектор // Научный вестник НГТУ. – 2012. – № 4. – С. 20-28.
8. Мархакшинов А.Л., Спектор А.А. Оценивание локальных характеристик движения объекта в сейсмической системе охраны // Автометрия. – 2009. – №5 (45). – С. 48-53.
9. A.V. Yurchenko, A.D. Mekhtiev, N.I. Gorlov, A.A. Kovtun. Research of the Additional Losses Occurring in Optical Fiber at its Multiple Bends in the Range Waves 1310nm, 1550nm and 1625nm Long. Journal of Physics: Conference Series 671 (2016) 012001 This content has been downloaded from IOPscience. DOI:10.1088/1742-6596/671/1/012001).
10. A Yurchenko, A. Mekhtiev, A. Alkina, F. Bulatbayev, E. Neshina. The Questions of Development of Fiberoptic Sensors for Measuring Pressure with Improved Metrological and Operational Characteristics. VII Scientific Conference with International Participation "Information-Measuring Equipment and Technologies" (IME&T 2016), MATEC Web of Conferences 79, 01085 DOI: 10.1051/01085/mateconf/201679001085.

ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР НЕГІЗІНДЕ БӨЛІНГЕН ҮЛГІДЕГІ ПЕРИМЕТРЛЕРДІ ҚОРҒАУ ЖҮЙЕСІНІҢ СХЕМАЛАРЫН ӨЗІРЛЕУ

А.Д. Мехтиев, Е.Г. Нешина, А.Д. Алькина, В.В. Югай

Бұл мақалада қол жетімділігі шектеулі объектілерді және мемлекеттік маңызы бар басқа да объектілерді рұқсатсыз қол жеткізуден қорғауды қамтамасыз ету мәселесі қарастырылады. Ресей және шетелдік ғалымдар әзірлеген жүйелерге талдау жасалды. Негізгі элементі оптикалық талшық болып табылатын периметрді қорғаудың пассивті жүйесін қарау ұсынылады. Авторлар айырмашылығы бар схемалардың 2 түрін қарастырады. Өлшеу принципі дБ-мен өлшенген механикалық әсер ету кезінде шашырауға қосымша шығындардың көлемін бақылауға негізделген. Ұсынылған қауіпсіздік жүйесін қолдану арқылы далалық эксперименттер өткізілді. Қорытындыда рефлектметрді пайдалана отырып, зерттеу нәтижелерінің сипаттамасы келтіріледі.

Түйін сөздер: Қауіпсіздік жүйесі, сенсор, оптикалық талшық, периметр, талшықты-оптикалық технология.

DEVELOPMENT OF SECURITY SYSTEM SCHEMES OF DISTRIBUTED TYPE PERIMETERS BASED ON FIBER OPTICAL TECHNOLOGIES

A. Mekhtiev, Y. Neshina, A. Alkina, V. Yugay

This article discusses the development of distributed type perimeter protection systems based on fiber-optic technologies for special facilities and other facilities of national importance against unauthorized access. The analysis of existing systems that are already developed by Russian and foreign scientists is given. For consideration, two options are proposed for an energy-passive perimeter security system with high stealth indicators. The main sensor is optical fiber. The measurement principle is based on the control of the magnitude of additional scattering losses due to mechanical stimulus, measured in dB. Research was conducted on laboratory samples of fiber-optic systems for the protection of distributed type perimeters. In conclusion, descriptions of the results of the study using an reflection-coefficient meter are given.

Key words: security system, sensor, optical fiber, perimeter, fiber optic technologies.