



Ковтун А.А.¹, Бердибеков А.Т.², Мехтиев А.Д.³

¹Военно-инженерный институт радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан

²Национальный университет обороны имени Первого Президента
Республики Казахстан – Елбасы, Астана, Казахстан

³Казахский агротехнический университет им. Сейфуллина, Астана, Республика Казахстан
(E-mail: kovtyn.73@mail.ru)

Волоконно-оптическая система охранной сигнализации распределенного типа

В данной статье рассматриваются вопросы разработки волоконно-оптической системы охраны распределённого типа для объектов ограниченного доступа и других объектов государственного значения от несанкционированного доступа. Приводится анализ существующих систем, разработанных зарубежными учеными. Предлагается к рассмотрению схема пассивной системы охраны периметра, в качестве основного элемента в котором используется оптическое волокно. В основе принципа работы волоконно-оптической системы охраны распределённого типа лежит метод контроля величины дополнительных потерь при механическом воздействии на оптическое волокно для проведения натурных экспериментов для отработки конструкции охранной системы. Результаты исследования позволяют утверждать о перспективе снижения стоимости волоконно-оптической системы охраны за счет новых аппаратно-программных методов обработки данных, полученных от сенсоров, это позволит также увеличить протяженность волоконно-оптической системы охраны и повысить показатели их надежности.

Ключевые слова: датчик, периметр, оптическое волокно, волоконно-оптический сенсор, система охраны, мониторинг периметра, электромагнитные помехи.

Введение

Важным моментом в обеспечении охраны объектов ограниченного доступа и объектов государственного значения или просто частных территорий от несанкционированного доступа является тревожная сигнализация, способная на протяжении всего времени суток непрерывно обеспечивать надежный контроль над охраняемым периметром. Если охраняемый периметр занимает значительные площади в десятки километров, то он, в отличие от локальных объектов, требует больших затрат и сложных коммуникаций для построения системы охраны и мониторинга периметра. Это обстоятельство существенно повышает стоимость систем охраны. Сегодня разработано множество систем



охраны разного технического уровня и ценовой политики, основанных на разных методах: сейсмические, магнитометрические, емкостные и другие [1]. Системы охраны по периметру проводят постоянный мониторинг области пространства вдоль охраняемого объекта по физическому полю. Сигнал тревоги срабатывает при изменениях в параметрах и нарушениях. Системы обычно разделяют на пассивные и активные. Первые отличаются большей стоимостью и могут быть обнаружены нарушителем до их срабатывания. Таким устройствам необходим подвод электрического питания, а также коммуникационной линии для передачи сигналов или беспроводной системы данных по эфиру [2]. К ним можно применить специальные средства, выводящие их из действия. Пассивные менее затратные и в отличие от активных являются скрытными. Например, учеными из Новосибирска разработана пассивная система охраны периметра с использованием сейсмоакустических датчиков (геофонов) [3]. Изменения физического поля колебания грунта или среды контролируются пассивными системами. Их обнаружение усложнено отсутствием излучения энергии в окружающее пространство.

У данных систем имеются множество достоинств, но есть и недостатки. Например, для обработки сигнала требуются сложные алгоритмы и устройства, так как иначе возможны ложные срабатывания и неточные параметры по нахождению нарушителя. Данные системы обеспечивают абсолютную скрытность, поскольку их принцип действия является пассивным, сейсмические датчики и соединительные провода обычно погружаются в грунт. При распространении на большие территории или рубежи этот метод весьма сложный и затратный, так как в первую очередь присутствует затухание электрического сигнала, а также есть сложности во взаимодействиях их между собой в группе, на основании полученных данных.

Методы исследования

Исследования были разделены на две стадии теоретическая и эмпирическая. Теоретическая стадия, связана с проведением научного анализа проблемы и численных методов исследования с использованием компьютерных программ для выполнения численного моделирования процессов распространения световых волн, основанная на методе конечных элементов. эмпирическая стадия, связана с проведением экспериментальных исследований с использованием лабораторного образца, использование модельного метода с постепенным приближением к оригиналу.

Выполнены аналитические исследования оптического спектра светового пятна, падающего на поверхность фотоматрицы при различном воздействии на оптическое волокно; исследования процессов интерференции световых волн,



дифракции, пятен Пуансона, связанных с изменением свойств ОБ в момент возникновения фотоупругого эффекта; применение законов преломления и отражения в ОБ при распространении световой волны по его сердцевине. В работе использованы цифровые и интеллектуальные методы обработки световых пятен и оценки изменения их интенсивности.

Все результаты экспериментов обработаны методом математической статистики и предоставлены в виде диаграмм и графика зависимости, а также математического аппарата для построения графиков зависимости и оценки их точности будут использоваться компьютерной программы Excel.

Основная часть

При механическом воздействии на оптическое волокно изменяются показатели рассеяния энергии моды световой электромагнитной волны, проходящей по оптическому волокну. По данным направлениям проведена значительная работа, выполнен ряд экспериментов и получены оригинальные результаты. При помощи оптического волокна можно измерять множество электрических и неэлектрических параметров параллельно, с достаточно высокой точностью [4]. Ежегодное снижение стоимости оптического волокна на рынке и повышение его потребительских свойств, например, в плане окон прозрачности, делают его весьма привлекательным для использования в системах охраны периметров. Сегодня 1 км одномодового оптического волокна можно купить примерно за 9 долларов, это обстоятельство делает его вне конкуренции с медной парой, которая используется для коммуникации сейсмоакустическими датчиками (геофонами), так как стоимость провода из меди на рынке весьма высока. На оптическое волокно не действуют электромагнитные помехи, поэтому использование оптических волокон для построения пассивных систем охраны периметров и рубежей различных объектов – это крайне перспективное направление. Волоконно-оптические системы охраны (ВОСО) разрабатываются уже более 40 лет и есть мировые лидеры в их разработке и производстве, к примеру, Senstar-Stellar (Канада), Magal (Израиль), Future Fibre Technologies (FFT) и другие. Доступны к применению разнообразные приемы и методы регистрации вибрационного воздействия на волоконно-оптический кабель. Например, в системах охраны производимой фирмой Mason&Hanger используют принцип двухлучевой интерферометрии FOIDS. В России можно выделить НПО Прикладная радиофизика «Ворон», также есть довольно успешные системы под маркой «Дунай» и «Гюрза». Можно отметить высокую добавленную стоимость волоконно-оптических систем охраны периметра, к примеру, охранная система «ВОРОН» (Россия). Периметр объекта разбивается на участки (зоны) охраны протяженностью 250 или 500 м. Используется одинарный или двойной проход



кабеля-датчика по заграждению, но все это влияет на стоимость. Цена одного метра такой системы как «ВОРОН™» составляет примерно от 4000 до 9000 тенге за метр, для периметра в 1-2 км и 5-30 км соответственно. Следовательно, оборудование будет обходиться дешевле при более протяженном участке охраны. Если учесть стоимость системы охраны «ВОРОН™» с волоконно-оптическими кабелями связи, то ее стоимость для периметра протяженностью 20 км будет составлять в пределах 80 млн тенге, а для 30 км уже около 100 млн тенге без стоимости монтажа и других накладных расходов. Стоимость системы растет с увеличением её протяженности. Продукция ведущего мирового производителя Fiber SenSys (США) стоит более чем в два раза дороже. В своих работах нами уже отмечены достоинства и недостатки существующих ВОСО, перспективы их развития, а также собственные разработки в данной области науки и техники [5].

Поиск новых методов и средств, позволяющих снизить стоимость волоконно-оптических систем охраны (ВОСО), увеличение их протяженности и повышение показателей надежности их работы является весьма актуальной задачей. Задачей является создание собственной конструкции ВОСО и аппаратно-программного комплекса по обработке сигналов, полученных от сенсоров.

Основная идея работы связана в первую очередь со снижением стоимости и увеличением протяженности охраняемого периметра, а во вторую очередь с использованием в ВОСО в качестве направляющей системы связи телекоммуникационных оптических волокон стандарта G.652. Сенсор выполнен из многомодового волокна и способен идентифицировать любые механические воздействия. Все полученные измерения распространения фазы световой волны по оптическому волокну в виде измененного оптического сигнала обрабатываются микропроцессорным устройством, после чего возможна идентификация воздействий и определение расстояния до точки предполагаемого нарушения охраняемого периметра. В основе работы кабелей данного типа ВОСО лежит явление фотоупругого эффекта в оптическом волокне. Изменение фазовых характеристик излучения может произойти при малейшем механическом воздействии. В амплитудную модуляцию при помощи преобразователей изменения вначале регистрируются, затем происходит их распознавание и формирование специального сообщения на данном участке.

Для практической реализации разработана полезная модель ВОСО, которая может быть использована как система охранной сигнализации для защиты периметра открытой или огражденной территории, или помещений от несанкционированного доступа. В своей работе система сигнализации использует источник когерентного излучения и волоконно-оптические проводники, разделенные на сенсор, выполненный из многомодового волокна, и направляющий контрольный одномодовый оптический кабель связи для



передачи информации. Полезная модель обеспечивает идентификацию вторжения в охраняемую зону с установлением места проникновения и подачей сигнала тревоги, в ней используется несколько оптоэлектронных каналов измерения, более одного оптоволоконного чувствительного элемента, выполненных из отрезков многомодового волокна, все оптоэлектронные каналы измерения присоединены к контрольному одномодовому кабелю связи. Чувствительный элемент присоединен к контрольному кабелю через оптический преобразователь фазы в амплитуду посредством оптических коннекторов. Участки, создающие распределенную систему охранной сигнализации, образуются при помощи оптоволоконных чувствительных элементов. Комбинация таких чувствительных элементов получается с присоединением порядкового номера чувствительного элемента. Все данные обрабатываются микропроцессором и выводятся на монитор для визуализации на мнемосхеме, при этом вся полученная информация хранится на жестком диске персонального компьютера.

Принципиальным отличием ВОСО от аналогов является использование дублирующих каналов волоконно-оптических сенсоров, выполненных из многомодового волокна, обеспечивающих большую температурную и вибрационную помехоустойчивость измерительному каналу, при этом направляющая система представляет контрольный одномодовый оптический кабель связи для передачи информации, что позволяет построить распределенную систему охранной сигнализации с протяженностью более 2 километров, чего не позволяет направляющая система связи, основанная на многомодовых оптических волокнах. Все данные обрабатываются микропроцессором и выводятся на монитор для визуализации на мнемосхеме, при этом вся полученная информация хранится на жестком диске персонального компьютера. Конструкция отличается тем, что источник излучения и фотоприемник с блоком обработки данных размещены в одном модуле, что обеспечивает возможность установки их в одном месте, а процессорный блок представлен дешифратором и формирователем сигнала тревоги [6]. Имеется возможность дублирования зоны защиты, а также одновременной прокладки волоконно-оптических сенсоров на сетчатом ограждении и в траншее возле нее, что существенно повышает шансы обнаружить нарушителя в зимнее время, когда снежный покров снижает чувствительность подземных сенсоров. Наличие дублирующих каналов, а также разделение ее элементов на кабель связи и сенсоры повышает общую надежность работы сигнализации. Использование оптического преобразователя фазы в амплитуду позволяет перейти с многомодового кабеля на одномодовый и существенно увеличить охраняемую зону до 20 раз. Для снижения стоимости охранной сигнализации выбрана длина световой волны 1310 или 1550 нм, что

позволяет использовать стандартные полупроводниковые лазеры волоконно-оптических линий связи.

Полезная модель ВОСО приведена на рисунке 1 и содержит когерентный импульсный источник лазерного излучения (1), оптический разветвитель (2), оптический коннектор (3), прямая одномодовая волоконно-оптическая линия связи или контрольный волоконно-оптический кабель связи (4), многомодовый волоконно-оптический сенсор (5), оптический преобразователь фазы импульса в амплитуду (6), обратную одномодовую волоконно-оптическую линию связи или контрольный волоконно-оптический кабель связи (7).

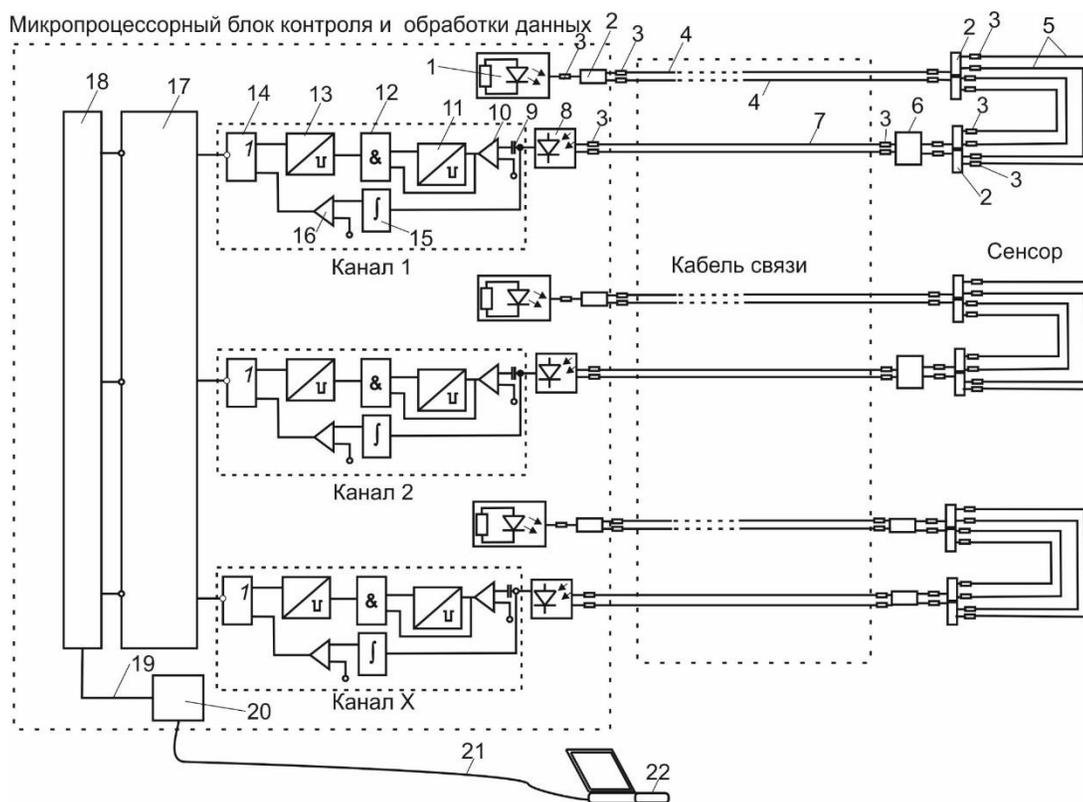


Рис. 1. Принципиальная схема ВОСО

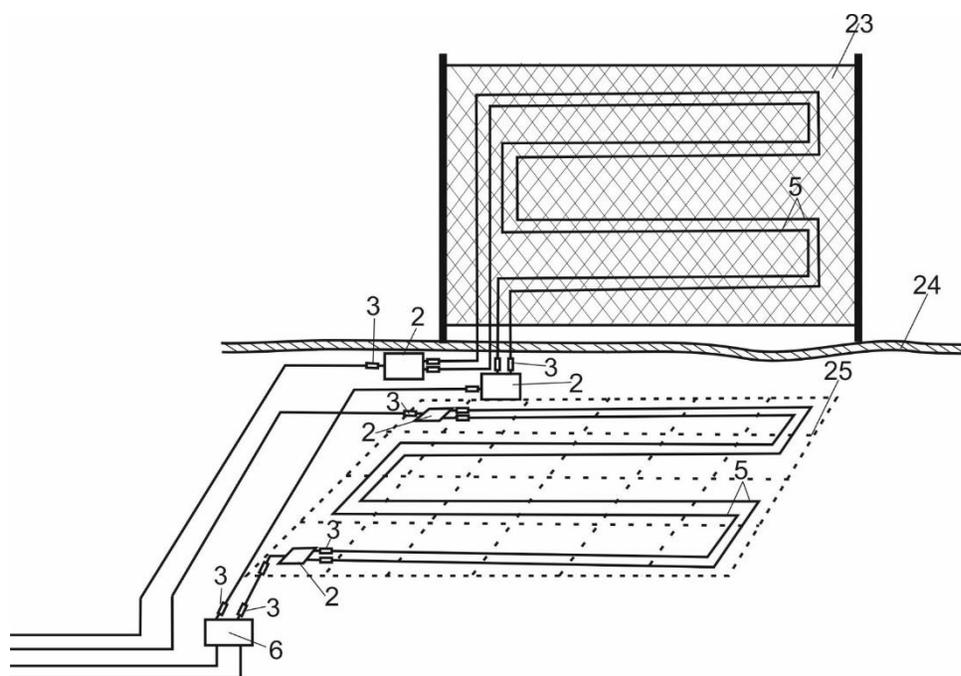
Также имеется фотоприёмник для детектирования изменения спекл-картинки (телевизионная матрица) (8), разделительный конденсатор (9), компаратор (10), элемент счета длительности сигнала (11), элемент «и» логическая часть обработки сигнала (12), формирователь длительности импульсов (13), элемент «ИЛИ» логическая часть обработки сигнала (14), интегратор (15), компаратор цепи интегратора (16), дешифратор (17), микропроцессорное устройство для первичной обработки данных 18, соединительный кабель (19), анализатор (20), цифровой соединительный кабель для подключения персонального компьютера (21), персональный компьютер



(22), забор из металлической сетки со стойками (23), уровень грунта (поверхности земли) (24), прикрепленный к пластиковой сетке сенсор (25), (подземная часть).

Полезная модель волоконно-оптической системы охранной сигнализации работает следующим образом: когерентный импульсный источник лазерного излучения мощностью от 10 до 50 мВт, мощность которого зависит от длины кабеля связи. Длина используемой световой волны 1310 или 1550 нм, что позволяет использовать стандартные полупроводниковые лазеры волоконно-оптических линий связи. При этом максимальное количество каналов (6), а предельная длина охраняемого периметра может достигать 30 км. Для увеличения количества каналов и увеличения длины охраняемого периметра необходим второй комплект заявленной волоконно-оптической системы охранной сигнализации. Источник излучения отправляет импульс с частотой колебания от 50 до 100 Гц через оптический разветвитель оптический разветвитель 2 и оптические коннекторы 3 в прямую одномодовую волоконно-оптическую линию связи или контрольный волоконно-оптический кабель связи 4. В качестве оптических коннекторов 3 используются стандартные оптические телекоммуникационные коннекторы SC и FC, что существенно упрощает процесс коммутации элементов схемы и исключает использование сварки волокна. Использование стандартных оптических телекоммуникационных коннекторов SC и FC, указанных в позиции 3, для коммутации позволяет выполнить все присоединения разъемными и надежными в эксплуатации. Благодаря их использованию все элементы схемы можно быстро скоммутировать в любых условиях, это также упрощает ремонт и замену поврежденных элементов схемы датчика температуры. Оптический разветвитель разделяет импульс световой волны на две равные части, образуя тем самым два прямых канала, которые могут резервировать друг друга. Одномодовое волокно в отличие от многомодового, которое используется в прототипе, способно с низким уровнем затухания сигнала в пределах 0,22 дБ/км передавать импульс на расстояние более 100 км, а многомодовое в пределах 1 км, что дает неоспоримое преимущество по созданию протяженной и распределенной волоконно-оптической системы охранной сигнализации. В нашем случае, ограничения прямой линии связи 4 длиной в 30 км обусловлено большей длиной с температурными помехами и связанным с ними шумом, техническое устранение которых требует весомого повышения стоимости охранной сигнализации, что не оправдано. По прямой одномодовой волоконно-оптической линии связи или контрольному волоконно-оптический кабелю связи 4 оптический импульс от источника поступает на второй оптический разветвитель 2 со стороны многомодовых волоконно-оптических сенсоров 5. По сенсорам передается импульс с частотой колебаний 50-100 Гц, выбор частоты производится при настройке охранной сигнализации. При

механическом воздействии на сенсор 5 с частотой от 10 до 400 Гц происходит изменение свойств света или спектр-картинки, соответственно наблюдается увеличение дополнительных потерь и изменение фазы распространения импульса или моды света. Сенсор 5 выполняется длиной не более 500 метров для сохранения его достаточной чувствительности к любому виброакустическому воздействию низкой частоты. Сенсор 5 выполняется двойным дублированием, что обеспечивает резервирование канала, позволяет достичь более высокой точности фиксации нарушения, снижает влияния различного рода помех, включая температурные. Сенсоры 5 могут размещаться на металлическом заборе или на пластиковой сетке, погруженной в грунт рис. 2.



На рис. 2. показана схема размещения и компоновки сенсоров, выполненных из многомодового волокна

В данной компоновке волоконно-оптическая система охранной сигнализации способна регистрировать нарушения охраняемого периметра, если имеется возможность преодоления сетчатого забора, где частота воздействия составляет примерно 12-18 Гц, то же самое будет при проходе через подземный сенсор, размещенный возле забора. Разделение каналов обеспечивается за счет оптических разветвителей (2). Соответственно, образуются два канала на сетчатом заборе и два подземных, длина каждого составляет до 500 метров. Это позволяет повысить эффективность обнаружения проникновения по отношению к прототипу. После прохождения оптического импульса через многомодовые волоконно-оптические сенсоры (5). каналы объединяются при помощи оптических разветвителей (2). Важным элементом

перехода с многомодового волокна на одномодовый является оптический преобразователь фазы импульса в амплитуду (6). Преобразованный импульс отправляется в одномодовую волоконно-оптическую линию связи или контрольный волоконно-оптический кабель связи (7). Все изменения амплитуды фиксируется фотоприёмником (8) (телевизионная матрица) и детектируется изменение спекл-картинки. Фотоприемник (8) преобразует световой импульс в электрический сигнал, который поступает на разделительный конденсатор 9, который является входом в канал №1. Все каналы выполнены абсолютно идентичными по своей конструкции и функционируют по одинаковым принципам. Формирователь тревоги строится аналогично прототипу и работает по такому же принципу. Он состоит из входного компаратора (10), подключённого через разделительный конденсатор 9, и канала обратной связи с интегратором (15). Элемент (13) предназначен для формирования импульсов определенной длительности T_c , для обеспечения помехоустойчивости системы. Элемент (14) «ИЛИ» предназначен для создания логической части обработки сигнала. Компаратор цепи интегратора срабатывает при изменении входного сигнала и формирует логический уровень «1», соответственно для формирования сигнала тревоги представленного логической «1» на дешифраторе (17) необходимо, чтобы на элемент (14) пришла и логическая «1» от формирователя импульсов (13) Элемент 14 срабатывает при поступлении импульса от компаратора 16 и последовательно соединённого с ним интегратора (15), а также от цепочки последовательно соединённых элементов (10), (11), (12), (13), (14). После формирования сигнала тревоги сигнал от дешифратора поступает на микропроцессорное устройство для первичной обработки данных 18, и далее обработанный сигнал через соединительный кабель (19) поступает на устройство окончательной обработки данных, анализатор (20). Для соединения с персональным компьютером (22) используется цифровой соединительный кабель (21). Персональный компьютер оснащается программным обеспечением, позволяющим визуализировать на своем экране мнемосхему, на которой отражены все участки охраняемого периметра. При механическом воздействии на любой из сенсоров формируется сигнал тревоги, и на экране отражается место проникновения, что позволяет оператору иметь полное представление о конкретной точке вторжения. Сенсоры (5) размещаются на заборе из металлической сетки со стойками (23), который устанавливается на уровне грунта (поверхности земли) (24). Рядом с забором в траншею глубиной 5-8 см укладывается сенсор 5, прикрепленный к пластиковой сетке (25) (подземная часть). Сенсор с пластиковой сеткой сверху засыпается землей для обеспечения скрытности.

На рисунке 3. представлена действующая полезная модель четырехканальной ВОСО с окном программы. Каждый канал имеет свое собственное отображение в окне. На практике проведены работы по отладке

срабатывания волоконно-оптической системы охранной сигнализации при воздействии на сенсоры и выполнены все необходимые настройки, а также подтверждаются ее работоспособность на практике и заявленные ранее характеристики. Для обработки приходящих от сенсоров данных разработано программное обеспечение, которое позволяет распознавать характер изменения дифракционного пятна света и идентифицировать механическое воздействие. Программа сравнивает изменения картинки пятен с уже имеющимися в базе данными и выдает в случае изменения картинки пятна сигнал тревоги в одной из зон или сразу в нескольких, если воздействие было сразу на несколько сенсоров. Результатом является то, что более высокую помехозащищенность



при изменениях температуры имеет использование в качестве сенсора многомодового волокна.

Заключение

С помощью компьютерной программы можно сравнивать образы световых пятен с оригиналом и фиксировать их изменения при соответствующем его изменении. Аппаратно-программный – комплекс для обработки данных использует программное обеспечение – Neural Excel – это аналитическая надстройка для Microsoft Excel [7], позволяющая работать с нейронными сетями, что обеспечивает возможность анализа и одновременной оценки



нескольких десятков факторов изменения светового пятна на поверхности фотоприемника. При изменении светового пятна программа принимает решение о выдаче сигнала тревоги, но сначала оценивает его для исключения ложного срабатывания.

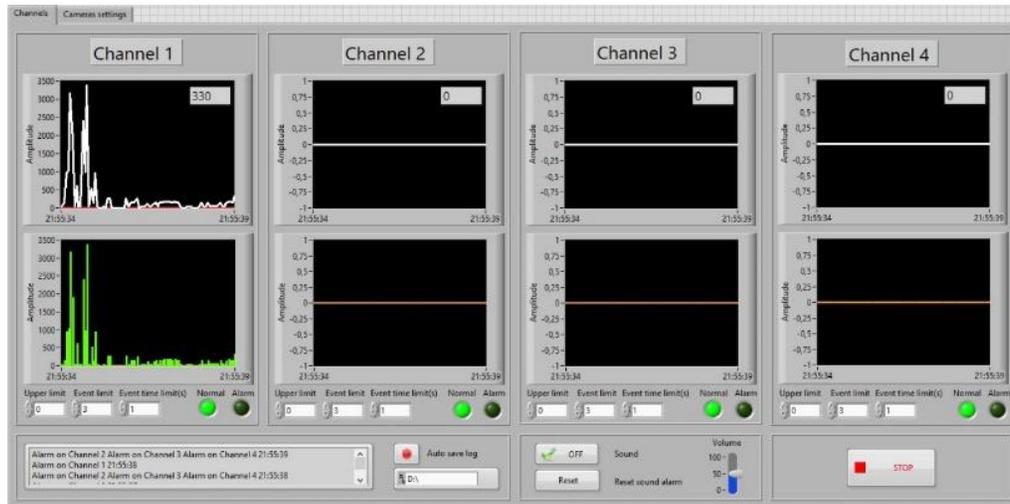


Рис.3. Опытный образец волоконно-оптической системы охраны

В данном случае получается более простая система оценки помех. В качестве фотоприемника можно использовать телевизионную матрицу с подачей приходящего от сенсора светового пятна. Изображение пятна передается на экран компьютера и обрабатывается. Апертура проходящего света изменяется при воздействии на волокно, а дифракционная картина изменяется и фиксируется чувствительной к таким изменениям матрицей.

Выводом является, что полученные результаты исследования полезной модели ВОСО позволяют утверждать о перспективе снижения стоимости снизить стоимость ВОСО, за счет новых аппаратно-программных методов обработки данных полученных от сенсоров, это позволит также увеличить протяженности ВОСО и повысить показатели их надежности.

References:

1. Juarez J.C. and Taylor H.F. (2007). Field test of a distributed fiber-optic intrusion sensor system for long perimeters // *Applied Optics*. Vol. 46. No.11. – P. 1968–1971.
2. (2006). Shih-Chu Huang and Hermann Lin Counting signal processing and counting level normalization techniques of polarization-insensitive fiber-optic Michelson interferometric sensors // *Applied Optics*. – Vol.45. No.35. – P. 8832–8838.
3. (1995). Hashemian, H.M., Black, C.L., and Farmer, J.P. Assessment of fiber optic pressure sensors. United States: N. p. Web. [in Engl].
4. Jonas H. (2017). «Simplifying the Design of Microstructured Optical Fibre Pressure Sensors», *Scientific Reports*, 7.



5. S. Poeggel (2015). «Optical Fibre Pressure Sensors in Medical Applications», Sensors 15(7), 17115–17148.
6. (2008). Numerical and Experimental Studies for a High Pressure Photonic Crystal Fiber Based Sensor Juliano G. Hayashi, Cristiano M. B. Cordeiro, Marcos A. R. Franco, and Francisco Sircilli Citation: AIP Conference Proceedings 1055, 133; doi: 10.1063/1.3002521 View online: <https://doi.org/10.1063/1.3002521> [in Engl].
7. (2010). Frantisek Urban et al, Design of a Pressure Sensor Based on Optical Fiber Bragg Grating Lateral Deformation, 10, 11212-11225.

А.А. Ковтун, А.Т. Бердібеков, А.Д. Мехтиев

Бөлінген түрдегі талшықты-оптикалық дабыл жүйесі

Бұл мақалада рұқсат етілмеген қолжетімділіктен шектелген объектілер мен мемлекеттік маңызы бар басқа да объектілер үшін бөлінген үлгідегі талшықты-оптикалық күзет жүйесін әзірлеу мәселелері қарастырылады. Шетелдік ғалымдар әзірлеген қолданыстағы жүйелерді талдау келтіріледі. Оптикалық талшық пайдаланылатын негізгі элемент ретінде периметрді қорғаудың пассивті жүйесінің схемасы қарауға ұсынылады. Сенсорлардан алынған деректерді өңдеудің жаңа аппараттық-бағдарламалық әдістері есебінен қорғаудың талшықты-оптикалық жүйесінің құнын төмендету перспективасы туралы бекітуге мүмкіндік береді, бұл сондай-ақ қорғаудың талшықты-оптикалық жүйесінің ұзақтығын арттыруға және олардың сенімділік көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: сенсор, периметр, оптикалық талшық, талшықты-оптикалық сенсор, қорғау жүйесі, периметр мониторингі, электромагниттік кедергілер

А.А. Kovtun, А.Т. Berdibekov, А.Д. Mehtiyev

Fiber-optic security alarm system of distributed type

This article discusses the development of a distributed fiber-optic security system for restricted access objects and other objects of state significance against unauthorized access. The analysis of existing systems developed by foreign scientists is given. It is proposed to consider the scheme of a passive perimeter security system, which uses optical fiber as the main element. The principle of operation of a distributed fiber-optic security system is based on the method of controlling the amount of additional losses during mechanical action on the optical fiber for conducting full-scale experiments to test the design of the security system. The results of the study suggest the prospect of reducing the cost of the fiber-optic security system due to new hardware and software methods for processing data received from sensors, this will also increase the length of the fiber-optic security system and increase their reliability indicators.

Key words: sensor, perimeter, perimeter, optical fiber, fiber-optic sensor, security system, perimeter monitoring, electromagnetic interference



| | |
|------------------------------|---|
| Ковтун Александр Анатольевич | полковник, радиоэлектроника және байланыс әскери инженерлік институтының оқытушысы, Алматы, Қазақстан |
| Ковтун Александр Анатольевич | полковник, преподаватель военно-инженерного института радиоэлектроники и связи, Алматы, Казахстан |
| Kovtun Alexander | colonel, Military institute of radio electronics and liaison, Almaty, Kazakhstan |

| | |
|-------------------------------|--|
| Бердібеков Айдар Тохтамысұлы | Ұлттық қорғаныс университеті Тұңғыш Президент атындағы Елбасы, Астана, Қазақстан |
| Бердибеков Айдар Тохтамысович | Национальный университет обороны имени Первого Президента Республики Казахстан – Елбасы, Астана, Казахстан |
| Berdibekov Aidar | National Defense University named after the first President of the Republic of Kazakhstan - Elbasy, Astana, Kazakhstan |

| | |
|---------------------------|--|
| Мехтиев Али Джаванширович | С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университет, Астана, Қазақстан |
| Мехтиев Али Джаванширович | Казахский агротехнический университет им. Сейфуллина, Астана, Казахстан |
| Mehtiev Ali | Kazakh Agro Technical University named after S. Seifullin, Astana , Kazakhstan |