

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ

В. Масенков
главный эксперт НИКИРЭТ

Для защиты периметров охраняемых объектов используются технические средства обнаружения на основе различных физических принципов, среди которых особое место занимают вибрационные средства обнаружения (ВСО).

Эти средства предназначены для организации сигнализационного рубежа на инженерных заграждениях на основе фиксации механических колебаний, вызываемых воздействием нарушителя при разрушении или преодолении физического препятствия. Особенность ВСО заключается в том, что чувствительный элемент системы располагается непосредственно на инженерном заграждении, поэтому не требуется зоны отчуждения для организации рубежа охраны в отличие, например, от радиолучевых средств обнаружения. Несомненными достоинствами ВСО является возможность совмещения сигнализационного рубежа и физического препятствия, а также пассивный принцип действия, характеризующийся отсутствием электромагнитных излучений в пространстве. Специфической особенностью ВСО является то, что их помехоустойчивость (период ложных срабатываний) определяется не только видом чувствительного элемента и алгоритмом обработки сигналов, но также и конструкцией инженерного заграждения и его состоянием, качеством крепления чувствительного элемента. Это объясняется тем, что колебания элементов заграждения или удары по нему посторонних предметов вызывают такие же механические колебания, что и при воздействии нарушителей.

Особое место среди ВСО занимают противоподкопные средства, принцип действия которых основан на фиксации механических колебаний грунта (в непосредственной близости от чувствительного элемента), возникающих при попытках подкопа под инженерные заграждения. В отличие от сейсмических средств обнаружения, они не предназначены для решения задачи обнаружения нарушителя, пересекающего охраняемый рубеж шагом, бегом или ползком.

Рассмотрим особенности применения ВСО для охраны периметров объектов, в том числе и то, на что рекомендуется обратить внимание при выборе марки изделия.

ВСО состоит из линейной части и блока электронного. Блок электронный располагается на периметре, на открытом воздухе, крепится на инженерное заграждение или располагается в защитном кожухе (шкафе). В качестве линейной части используются кабельные или дискретные чувствительные элементы, расположенные непосредственно на инженерных заграждениях.

Чувствительный элемент. Наиболее важная составная часть ВСО – чувствительный элемент (ЧЭ). В качестве ЧЭ используются специальные трибоэлектрические кабели, а также коаксиальные и телефонные кабели (в основном разновидность ТПП), в которых присутствует эффект контактной электризации.

В отечественных специальных трибоэлектрических кабелях типа КТВУ, КТВ-Мф центральный проводник выполнен в виде двойной медной спирали, которая находится внутри диэлектрической трубки. Виброчувствительный кабель преобразует амплитудный частотный спектр колебаний заграждения в собственный частотный спектр сигналов, определяемый продольными и поперечными колебаниями спирального проводника. Спектр сигналов с кабеля обладает высокой информативностью, позволяющей надежно идентифицировать попытки преодоления или разрушения заграждения, и обеспечивает возможность применения ВСО как на «легких» типах заграждений (сеточных, спиральных), так и на «тяжелых» (арматурные и литые решетки, железобетонные плиты).

Значительное число производителей ВСО используют в качестве чувствительного элемента обычные телефонные или коаксиальные кабели, обладающие ярко выраженным трибоэлектрическим эффектом. В подобных кабелях трибоэлектрический эффект является паразитным, мешающим фактором. Его величина существенно зависит от материала (марки) диэлектрика, примененного в кабелях. При многих марках диэлектриков, допустимых техническими условиями для производства кабеля, трибоэлектрический эффект может и отсутствовать. Для партий кабеля, выпускаемых для охранной сигнализации, производители средств обнаружения вынуждены производить отборку кабеля либо применять кабель, в

котором по конструктивным параметрам трибоэлектрический эффект присутствует постоянно. Цена отобранного кабеля значительно выше цены обычного стандартного кабеля. Производители ВСО с подобными чувствительными элементами зачастую не обращают внимание потенциальных потребителей на специфичность кабеля, и последние совершают ошибку, приобретая стандартные телефонные кабели, в которых, как уже отмечалось, трибоэлектрический эффект может быть весьма слабо выражен. Поэтому при приобретении ВСО у изготовителя рекомендуется делать это только в комплекте с чувствительным элементом.

Специальные трибоэлектрические и стандартные телефонные кабели друг от друга отличаются не только различной чувствительностью к деформационным воздействиям на них, но и спектральными характеристиками формируемого в них сигнала. Некоторые производители ВСО в эксплуатационной документации на изделия указывают на возможность применения в изделиях в равной мере трибоэлектрических и телефонных кабелей без учета их особенностей при вводе изделий в эксплуатацию. Однако это говорит о том, что производитель не использует в алгоритме обработки сигналов специфические свойства специальных кабелей, позволяющие повысить помехоустойчивость ВСО.

Независимо от типа ЧЭ, обнаружительные характеристики создаваемого рубежа охраны зависят от способа и надежности крепления ЧЭ к полотну заграждения. Часто совершаемая монтажными организациями ошибка состоит в том, что крепление ЧЭ к полотну заграждения, особенно сетчатому или из колючей проволоки, производится пластиковыми хомутами, а не металлическими стяжками или вязальной проволокой. Это сокращает сроки монтажа и снижает его стоимость. Но пластиковые стяжки -не стойки к воздействию холода и солнечной радиации, а главное, их легко разрушить при совершении противоправных действий и тем самым снизить степень передачи колебаний заграждения на ЧЭ. Способ крепления ЧЭ к заграждению должен быть таким, при котором исключается возможность демонтажа ЧЭ без выдачи сигнала тревоги. Чувствительность к деформации и вибрациям у специализированного трибоэлектрического кабеля является нормированным параметром, она значительно выше и стабильнее в долгосрочной перспективе, чем у телефонного кабеля. Это достоинство позволяет по сеточным сварным заграждениям высотой 2÷3 м в отдельных ВСО («Годограф-СМВ-1С») осуществлять прокладку ЧЭ в один проход с его непосредственным креплением к заграждению или в стандартном металлическом коробе. При прокладке в коробе повышается вандалоустойчивость как ВСО, так и системы охраны в целом, так

как в этом же коробе допускается прокладка и кабелей связи, и электропитания технических средств охраны.

Для ВСО с телефонными и коаксиальными кабелями в руководствах по эксплуатации рекомендуют многопроходную (до 6 проходов) или «синусоидальную» прокладку ЧЭ по полнопрофильному заграждению высотой 2,5÷3 м. Допустимая длина кабельного ЧЭ ограничена (как правило, до 500 м) из-за наличия шумов во входном сигнале, поэтому максимальная длина участка блокирования полнопрофильного заграждения телефонными и коаксиальными кабелями может быть всего, например, 100...160 м. Учитывая, что стоимость ЧЭ близка к стоимости электронного блока, а для ряда ВСО превышает ее, многопроходная прокладка ЧЭ приводит к существенному увеличению удельной стоимости оборудования рубежа охраны, повышению трудоемкости монтажа и величины эксплуатационных затрат. Длина блокируемого участка может быть равной длине ЧЭ в случае однопроходной прокладки ЧЭ по сеточному козырьку высотой до 1 м.

Учитывая высокую стоимость кабельной продукции, рекомендуется при заказе ВСО оговаривать требуемую длину ЧЭ, от этого зависит цена на поставляемые изделия. Длина ЧЭ должна быть несколько больше длины участка, что позволит скомпенсировать неизбежную разницу длины проектируемого и реального заграждения, а избыток длины ЧЭ может пригодиться при выполнении ремонтных работ при повреждении кабеля в процессе эксплуатации. Рекомендуется избыток ЧЭ заводить на соседний участок или сматывать в бухту и надежно крепить ее к заграждению.

Виды инженерных заграждений.

Инженерные заграждения могут быть выполнены из:

- сварной оцинкованной сетки типа ССЦП с диаметром прутка 2...2,9 мм;
- сварной сетки с полимерным покрытием с диаметром прутка 5...6 мм;
- проволочной сетки типа «рабица»;
- сварной решетки из металлических прутьев или уголков;
- массивных (кованых) металлических элементов;
- гофрированных или профилированных металлических листов;
- железобетонных плит или кирпича;
- колючей проволоки КЦП или режущей ленты типа АКЛ или АСКЛ в виде полнопрофильного барьера или козырька на заграждении.

Рассмотрим особенности применения ВСО на ряде перечисленных типах заграждений.

Защита сеточных сварных заграждений. В ВСО обработка сигналов, образующихся в ЧЭ, производится в нескольких частотных диапазонах от единиц до нескольких сотен герц. Наиболее часто

ВСО устанавливаются на заграждения, выполненные из сварной сетки типа ССЦП50*250 с толщиной прутка 2,9 мм и на заграждения из сетки с полимерным покрытием с толщиной прутка 5...6 мм. Сигнал от перелазы нарушителя через такие заграждения смещен в низкочастотную область, а от разрушения, особенно путем перекуса нитей сетки, смещен в высокочастотную область. ЧЭ на основе телефонных кабелей имеют низкую чувствительность к деформационным воздействиям, поэтому верху



заграждений необходимо конструктивно придать определенную гибкость для увеличения амплитуды механических вибраций, возникающих в результате воздействия на него нарушителя. Для обеспечения равномерной сигнализационной надежности к перелазу и разрушению заграждения применяют прокладку подобных ЧЭ в два и более проходов или синусоидально. Однако это повышает стоимость оборудования рубежа и эксплуатационные расходы.

Применение специальных трибоэлектрических кабелей позволяет снизить требования по гибкости к конструкции верха ЗГР и осуществлять прокладку ЧЭ по ЗГР высотой до 2,5÷3 м в один проход. Отметим, что при заглублении сеточного полотна в землю некоторые ВСО позволяют обнаруживать и попытки подкопа под заграждение с разрушением ЗГР.

Далеко не все ВСО обеспечивают сравнимые сигнализационные характеристики при блокировании ЗГР из сетки ССЦП и из сетки с полимерным покрытием. При выборе марки ВСО необходимо обращать внимание на наличие в эксплуатационной документации рекомендаций по настройке изделий на конкретный вид ЗГР. Для обеспечения надежных сигнализационных характеристик ряд производителей может осуществлять комплектную поставку ВСО и ЗГР.

При выборе типа ВСО рекомендуется внимательно изучить эксплуатационную документацию с целью определения вида фиксируемых ВСО воздействий на ЗГР. Ряд ВСО уверенно формирует сигнал срабатывания только при наличии прогиба (перемещения) полотна ЗГР, а это означает, что вероятность обнаружения разрушения ЗГР путем перекусывания его нитей мала.

Рекомендуется обращать внимание на способ крепления сеточного полотна на опорах. Наиболее оптимальный способ – использование болтового соединения. В некоторых видах импортных ЗГР для крепления сетки с полимерным покрытием к опорам применяются различные захваты или клипсы, позволяющие снизить трудоемкость монтажа ЗГР. Но при этом не обеспечивается жесткость крепления сетки к опоре, что влечет возникновение ложных срабатываний при порывах ветра.

Защита заграждений из сетки «рабица». В эксплуатационной документации на многие ВСО указывается возможность блокирования ЗГР из сетки «рабица», при этом не заявляется о снижении сигнализационной надежности по сравнению с блокированием ЗГР из сварной сетки. В большинстве случаев сетка «рабица» закрепляется в рамках из металлического уголка, а рамы крепятся к опорам самой разнообразной конструкции – из труб, железобетона, швеллера. Для обеспечения равномерной чувствительности по всей длине участка необходимо

обеспечить равнозначную реакцию ЧЭ на преодоление ЗГР разрушением и перелазом как в середине рамы, так и по опоре. Натяжение сетки от рамы к раме далеко не одинаково. В тех редких случаях, когда монтажной организации при оборудовании объекта удается обеспечить приблизительно одинаковое натяжение сетки в каждой раме и по всему участку, – все усилия пропадают даром с изменением сезона года. Из-за температурных перепадов происходит деформация сетки и изменение ее натяжения, что увеличивает частоту ложных срабатываний ВСО. Потребитель будет вынужден производить сезонную подтяжку сетки, что очень трудоемко и реально малоосуществимо.

Невозможность практической реализации одинакового натяжения сетки в пролетах ЗГР обуславливает неравномерность значения вероятности обнаружения по длине участка. Кроме того, задачи вибрационных колебаний на ЧЭ при преодолении ЗГР перелазом через раму и опоры будут совершенно различны. В итоге обеспечить приемлемую вероятность обнаружения и помехоустойчивость на ЗГР из сетки «рабица» удается далеко не всегда. Иногда более или менее удовлетворительную работу изделий на заграждениях из сетки «рабица» удается обеспечить путем наваривания в рамках дополнительных прутков из арматуры и крепления к ним сетки.

Защита заграждений из металлических прутьев или уголков, массивных (кованых) металлических элементов, железобетонных плит или кирпича. Эти ЗГР обладают наибольшей жесткостью. При их блокировании, возможно, придется решать три задачи. Это фиксация попыток разрушения ЗГР, попыток перелазов через него и попыток подкопа под ЗГР. В технических обзорах не встретилось ВСО, способное решить все эти задачи, поэтому для защиты от подкопа приходится применять отдельное ВСО. Фиксация попыток разрушения таких ЗГР не представляет труда, а вот для обнаружения перелазов необходима повышенная чувствительность ВСО к деформациям ЗГР.

Для защиты от перелазов в основном используются различные виды козырьков из плоской или объемной спирали, сварных сеток. Применение для обнаружения перелазов козырьков в виде различных пружинящих прокладок под чувствительный элемент малоэффективно, особенно в зимний период.

Имеется ВСО («Годограф-СМВ-1Б»), обладающее высокой чувствительностью к деформациям, возникающим при перелазе через ЗГР, и обеспечивающее хорошие маскирующие свойства. ЧЭ в виде специального трибоэлектрического кабеля прокладывается по вертикальной поверхности ЗГР в верхней части. Основной особенностью применения, которую необходимо строго соблюдать при монтаже, является требование жесткого со-

единения элементов ЗГР (плит) между собой в верхней части, например, с помощью сварки, так как их взаимное перемещение из-за подвижки грунта, изменения метеоусловий будет приводить к ложным срабатываниям. Зачастую опоры ЗГР массивные или обладают значительно большей жесткостью, чем само полотно. Для обеспечения равномерной сигнализационной надежности рекомендуется попытаться проложить ЧЭ на опоре в виде петли или надстроить над опорой декоративный козырек, по которому и проложить ЧЭ.

Блокирование кирпичных ЗГР эффективно только при установке по верху различных типов козырьков.

Защита заграждений из металлопрофиля. Если конструкцию заграждения из сварных сеток некоторые производители оптимизируют для создания надежной сигнализационной системы «заграждение – средство обнаружения», то ЗГР из металлопрофиля специально под средства обнаружения не производятся и имеют самые непредсказуемые конструкции. Этим объясняется тот факт, что в эксплуатационной документации на ряд известных ВСО нет указаний по их применению на ЗГР из металлопрофиля. На таких ЗГР сложно обеспечить приемлемую вероятность обнаружения факта перелазов и высокую помехоустойчивость. Можно попытаться проложить ЧЭ в верхней части ЗГР для фиксации попыток перелазов и в нижней части ЗГР для фиксации попыток отогнуть листы металлопрофиля, при этом рекомендуется применять изделия, обеспечивающие возможность независимой настройки верхнего и нижнего ЧЭ. Или использовать одно ВСО для блокирования верха, а второе – низа ЗГР. Особенностью ЗГР из металлопрофиля является и то, что из-за температурных изменений окружающей среды и большой парусности происходят деформация ЗГР и сдвиг металлических листов друг по другу, опорам и элементам заграждения, что вызывает рост числа ложных срабатываний ВСО.

Защита заграждений из колючей проволоки и ленты типа АКЛ. Ряд производителей заявляют о надежной работе ВСО на заграждении из колючей проволоки. Однако эти ЗГР, как и любые другие, имеют свои особенности, которые следует учитывать при принятии решения о размещении на них ВСО. В частности, колючая проволока должна быть натянута с определенным усилием так, чтобы не происходил ее обрыв в сильные морозы и не образовывался недопустимый провис в жаркие дни, приводящие к ложным срабатываниям и к пропуску нарушителя. Невыполнение потребителем требований по усилию натяжения лишает его возможности предъявить претензии к изготовителю при неудовлетворительной работе СО. Потребителю надо учитывать и то, что продольная нить колючей проволоки типа КЦП не глад-

кая, а ребристая. От взаимного перемещения проволоки и кабеля будет происходить повреждение его оболочки, поэтому на кабель в местах крепления к проволоке необходимо будет надевать, например, отрезки ПВХ трубки, что, учитывая множественность точек крепления кабеля к проволоке, значительно увеличивает трудоемкость монтажа и технического обслуживания.

Особый случай – ЗГР из колючей армированной ленты. Необходимо строго соблюдать прописанные в эксплуатационной документации требования к конструкции ЗГР, по креплению плоской или объемной спирали к элементам конструкции для предотвращения перемещения спирали под воздействием ветра, по способу прокладки ЧЭ по спирали (он не должен повреждаться шипами спирали). В настоящее время весьма широкое применение находят козырьки из объемной спирали типа АКЛ. Для использования ВСО необходимо выполнение следующих требований:

- на опорах ЗГР должны быть установлены V-образные кронштейны с 3 или 4 продольными нитями стальной проволоки (две по бокам и одна или две внизу), которые являются опорой для спирали АКЛ на пролетах ограждения между V-образными кронштейнами;
- нити проволок должны быть натянуты с усилием, исключающим провисы и возможность касания спиралью АКЛ верхней кромки ограждения;
- каждый виток спирали должен быть закреплен в трех-четыре места к продольным несущим нитям;
- ЧЭ устанавливается с внутренней стороны ограждения (внутри охраняемой зоны) непосредственно на боковой нити несущей проволоки;
- для исключения повреждения ЧЭ об острые кромки АКЛ необходимо в местах их соприкосновения откусить шипы АКЛ или подогнуть плоскогубцами выступающие острые кромки.

Отметим, что качество спирали АСКЛ по конструктивным признакам значительно хуже спирали АКЛ, и применение ее для целей сигнализационного блокирования не рекомендуется.

Защита участков ворот. При распределении по периметру участков рекомендуется границу участка начинать и заканчивать не ближе 9...12 м от опор ворот с тем, чтобы исключить передачу вибраций при открывании ворот на прилегающие участки и возможные при этом ложные срабатывания. Основной проблемой при блокировании ворот является переход ЧЭ с ограждения на створки ворот, где кабель подвергается значительным изгибам, что в сильные морозы может привести к выходу его из строя. Можно, конечно, сделать в ЧЭ вставки из эластичного кабеля, но для этого требуется

резка в ЧЭ восьми соединительных муфт. На любом объекте существует не менее двух ворот – основных и аварийных. Аварийные ворота, как правило, в течение года открываются редко, поэтому их можно заблокировать без выделения в отдельный участок, применив способ прокладки ЧЭ на переходе «участок – створка» в виде торсиона и не подвергая ЧЭ при открывании ворот значительным изгибам. Участок основных ворот с прилегающими к ним участками ограждения по 9...12 м рекомендуется выделять в отдельный участок и блокировать его радиоволновыми или оптоэлектронными средствами обнаружения.

Грозозащита. Корпус ВСО может позволять эксплуатацию средства на открытом воздухе, при этом в нем должны находиться элементы грозозащиты, которые обеспечивают защиту всех цепей ВСО, входящих из корпуса, от опасных наводок проходящих рядом ЛЭП, от грозы и пр. Для многих присутствующих на рынке ВСО понадобится приобретение дополнительного кожуха (шкафа) для защиты от атмосферных осадков, солнечной радиации, установки элементов грозозащиты. Для снижения влияния электромагнитных наводок, особенно мощных при грозовых разрядах, необходима установка возле каждого ВСО заземления. Вполне достаточно использование в качестве заземлителя металлического уголка 45х45 мм с заглублением его в грунт на глубину не менее глубины промерзания.

Настройка изделий при эксплуатации может быть простейшей, в ходе которой выставляется порог превышения сигналом некоторого фиксированного уровня. Нароботка на ложный сигнал тревоги в таких средствах не может быть высокой, что особенно ярко проявляется на длинных периметрах. В более продвинутых изделиях введена цифровая обработка поступающих от усилительного каскада сигналов по максимально возможному количеству информационных признаков с целью селекции сигналов тревог от ложных сигналов. Возможность точной (фиксированной) настройки СО по нескольким информационным признакам (не только порогового превышения) на конкретном ограждении позволяет в несколько раз повысить сигнализационную надежность изделий. В ряде изделий такая настройка осуществляется с использованием встроенных в них или входящих в комплект поставки специальных пультов контроля (ПК), подключаемых к СО на время проведения этой операции. При наличии ПК обеспечиваются:

- визуальные наблюдения на экране ПК реальных сигналов с чувствительного элемента для оперативной настройки изделий на местности (режим «эквалайзера»);
- контроль работоспособности изделия с указанием состояния чувстви-

тельного элемента;

- отображение текущей информации и протокола событий в символической форме на экране ПК.

Вид интерфейса. Все ВСО имеют выход в виде «сухих» контактов реле либо электронный ключ, что позволяет сопрягать их, практически, с любой системой сбора и обработки информации (ССОИ). Ряд ВСО позволяет работу с компьютеризированными ССОИ, поддерживающими цифровой промышленный интерфейс RS-485. При подключении ВСО к системе сбора информации по интерфейсу RS-485 полную настройку и тестирование изделия можно осуществлять с центральной станции. С помощью протокола обмена данными пользователь на центральной станции может получать подробную информацию о состоянии каналов и чувствительного элемента, включая цифровые значения сигналов тракта усиления и контроля исправности ЧЭ в реальном времени (диаграмму). Существенным ограничением реального применения интерфейса RS-485 является то, что для каждого средства обнаружения необходим свой, согласованный с ССОИ, протокол обмена данными, а широко распространенные драйверы не могут обеспечить надежную связь на относительно больших скоростях и расстояниях до нескольких километров.

В заключение рассмотрим некоторые особенности применения противоподкопных ВСО. Задача защиты от подкопа особенно характерна для ЗГР из железобетонных плит, так как они зачастую устанавливаются на насыщенном грунте и нарушителю проще совершить подкоп, чем перелезть через ЗГР, а тем более разрушить ЗГР. Схемы построения противоподкопных ВСО и алгоритмы обработки сигналов, как правило, рассчитаны на обнаружение «грубого» проникновения на объект, что позволяет отстроиться от влияния транспорта, движущегося вблизи ЗГР. Основное, на что рекомендуется обращать внимание при монтаже средств, это аккуратность при выполнении земляных работ с целью исключить повреждение ЧЭ шанцевым инструментом и содержащимися в грунте камнями с острыми кромками. Рекомендуется послойная утрамбовка грунта и повторная настройка ВСО через 30...40 дней с момента установки ЧЭ с целью восстановления естественной структуры грунта. Для защиты от поврежденных, а также от возможных грызунов, в некоторых ВСО ЧЭ помещен в металлоркав. Замечено, что разрушение металлоркава (со временем, из-за окислительных процессов в грунте) не влияет на обнаружительные характеристики ВСО.

Надеюсь, что изложенные в данной статье материалы облегчат устанавливающим организациям сделать выбор ВСО для применения на конкретном объекте.