

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХПОЗИЦИОННЫХ ПЕРИМЕТРОВЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

**Е. Андрианов**  
зам. директора по научной работе НПЦ «Омега-микродизайн»  
**В. Гурич**  
курсант Воронежского института МВД РФ

**П**ериметровые двухпозиционные извещатели на протяжении многих десятилетий являются основными извещателями первого рубежа охраны в системе безопасности объектов. Относительно невысокая себестоимость, надежность работы, широкий выбор форм и свойств объемной зоны обнаружения, простота монтажа и эксплуатации сделали их подлинными лидерами среди периметровых извещателей. Под двухпозиционными, как правило, подразумевают активные извещатели, которые имеют в своем составе два блока: генерирующий и приемный. В настоящее время в основном используется несколько типов двухпозиционных извещателей: инфракрасные, радиоволновые, проводно-волновые и акустические. Наибольшее распространение в системах охраны периметров получили радиоволновые извещатели СВЧ-диапазона. Они довольно просты в монтаже и настройке, имеют хорошие обнаружительные характеристики, стабильно работают в течение всех сезонов, в любых климатических условиях. При правильном применении данные извещатели не доставят хлопот. К тому же, их отличает многообразие конструктивных характеристик: малогабаритные и больших размеров, с параболическими или полосковыми антеннами, с транзисторными или диодными генераторами и детекторами, с аналоговой или цифровой обработкой, в пластиковых или металлических корпусах, маскируемые или камуфлированные под элементы ландшафтной архитектуры и многое другое.

К основным показателям охранных извещателей относятся:

- 1) Возможность получения зоны обнаружения необходимой конфигурации и размеров.
- 2) Обнаружительная способность в определенных условиях эксплуатации.
- 3) Нарботка на ложное срабатывание, включая срабатывания от допущенных биологических и атмосферных влияний, при необходимой чувствительности.
- 4) Нарботка на отказ и возможность быстрого восстановления работоспособности.
- 5) Живучесть, способность выдерживать

критические воздействия (прочность и стойкость корпусов, надежность элементной базы и т. п.).

- 6) Наличие сертификатов, подтверждающих заявленные характеристики и свойства.
- 7) Удобство монтажа, юстировки и настройки.
- 8) Наличие стандартных интерфейсов и достаточного диапазона питания.
- 9) Расходы на поддержание в рабочем состоянии и обслуживание.
- 10) Электромагнитная совместимость с ранее установленными средствами обнаружения и другими приемными и передающими устройствами, включая связь и т.п.
- 11) Соответствие экологическим нормам и минимальное влияние на окружающую среду.
- 12) Обеспечение безопасности обслуживающего персонала.

## Немного о технике радиоволновых извещателей

В основе конструкции радиоволновых двухпозиционных извещателей лежит излучающая СВЧ-энергию передающая антенна (ПРД) и приемная антенна (ПРМ). Между антеннами образуется электромагнитное поле (чувствительная зона) в форме эллипсоида вращения (рис. 1). Для направленных антенн мы рассматриваем только главный лепесток диаграммы направленности, хотя боковые лепестки также участвуют в формировании электромагнитного поля, искажая чувствительную зону. Для ненаправленных антенн влияние отражающих предметов значительно возрастает и, для обеспечения приемлемой длины блокируемого участка, приходится значительно увеличивать мощность излучения передающего блока и бороться с отраженными сигналами с помощью усложнения алгоритмов обработки и сокращения длины участка. Для избежания влияния соседних участков приходится синхронизировать работу всех участков не только на охраняемом объекте, но и на чужом (соседнем), что часто затруднено или просто невозможно. Поэтому ненаправленные (малоапертурные) антенны могут применяться

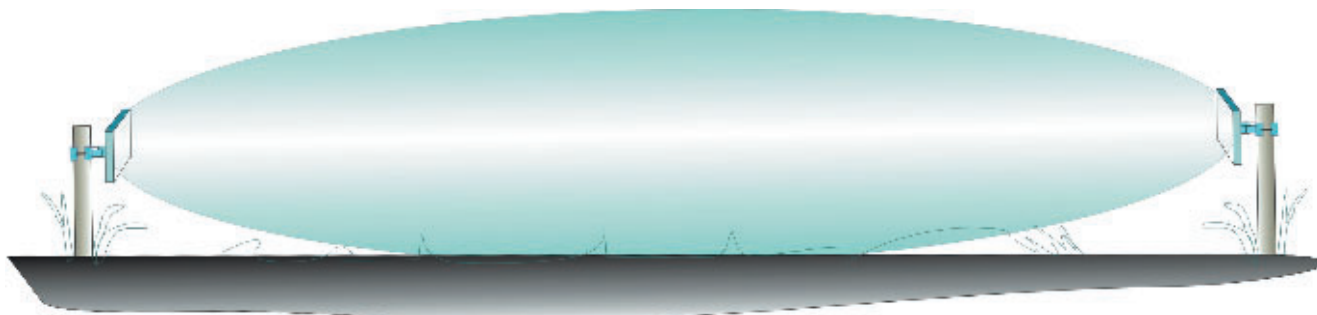


Рис. 1

только для блокирования коротких отрезков (до 50 м), при этом все участки необходимо синхронизировать по проводам. Ширина и высота чувствительной зоны определяются выбранной рабочей частотой (как правило, от 1 до 28 ГГц и выше), длиной участка (расстоянием между ПРД и ПРМ), алгоритмом обработки сигналов, включением в обработку высших (2, 3, ...) «зон Френеля», величинами порогов и боковыми лепестками антенн. Для направленных антенн с углом «раскрытия» до  $10^\circ$  и рабочей частотой  $\sim 10$  ГГц диаметр чувствительной зоны (эллипсоида) в середине 250-300-метрового участка примерно равен 5 м.

При попадании объектов в чувствительную зону часть электромагнитной энергии рассеянной поверхностью объекта переизлучается в приемную антенну с фазой, определяемой разностью хода прямого (ПРД) и отраженного от объекта (ПРД объект ПРМ) лучей электромагнитной волны и количеством переотражений (ПРД объект 1... объект N ПРМ). Объекты могут быть как статическими, так и подвижными. Реально в сигналообразовании могут принимать участие не более 2, 3 отражающих объектов, так как каждое последующее рассеяние значительно снижает энергию отраженной волны (не считая специальных отражающих устройств). Однако при наличии препятствий на пути следования прямого луча (ПРД ПРМ) отраженные волны могут играть главную роль и сводить на «нет» все усилия по обеспечению надежной работы извещателя. Отражающие поверхности (земля, заграждение и т.п.) также играют большую роль в сигналообразовании и, как следствие, значительно ухудшают характеристики извещателей из-за нестабильности отражающих поверхностей при изменении метеоусловий (изменение отражающих свойств при намокании поверхности при дожде, качающаяся под действием ветра растительность, изменение снежного покрова и т.п.). Это усложняет использование радиоволновых извещателей вблизи различных заграждений и поверхностей. Отраженная от заграждения или земли электромагнитная волна (рис. 2) вычитается из прямой (основной) волны и снижает суммарный сигнал

на приемной антенне до уровня шумов или сильно изменяет его при суммировании. Это приводит к значительному влиянию «незначительных» воздействий (изменение уровня подстилающей поверхности при дожде или снегопаде, положении поверхности заграждения при ветре и других метеофакторах, при движении мелких животных, птиц и т.п.), что вызывает ложные тревоги и сводит на «нет» качественные показатели извещателей.

Одной из возможностей сколько-нибудь снизить влияние отраженных сигналов является увеличение апертуры антенн (D) в плоскостях, перпендикулярных к прилегающим поверхностям (земля, заграждение, стена здания и т.п.), что позволяет уменьшить угловую ширину к главным лепесткам ( $\sim 1/D$ ), но приводит к необходимости увеличения габаритных размеров блоков извещателей.

При сохранении габаритов можно уменьшить длину волны ( $\lambda$ ), но это усиливает влияние незначительных на первый взгляд факторов (осадков, листопада и т.п.). К тому же, указанные действия только ограниченно расширяют возможности извещателей, достаточно приблизить чувствительную зону ближе к прилегающей поверхности, и все повторяется.

В 2007 году был предложен новый способ обнаружения объектов, с помощью которого удалось решить проблему переотражений, не уменьшая длины волны и не увеличивая габаритных характеристик. По данному способу получен патент РФ на изобретение (авт. Е.Ю. Андрианов).

Смысл изобретения заключен в формировании плоскополяризованного электромагнитного поля с вектором поляриза-

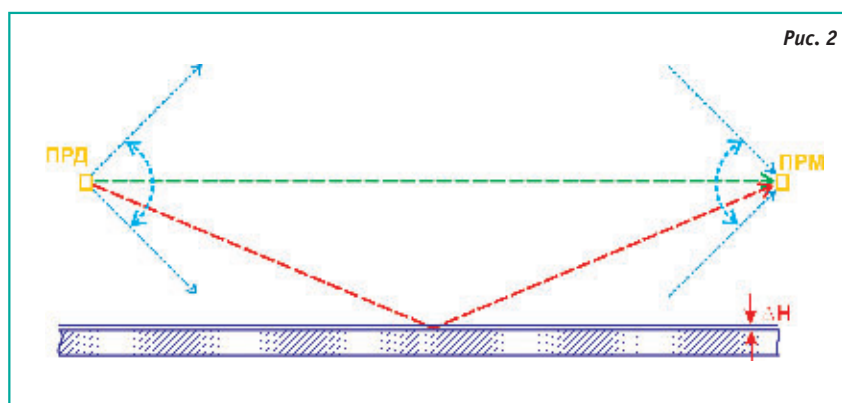


Рис. 2

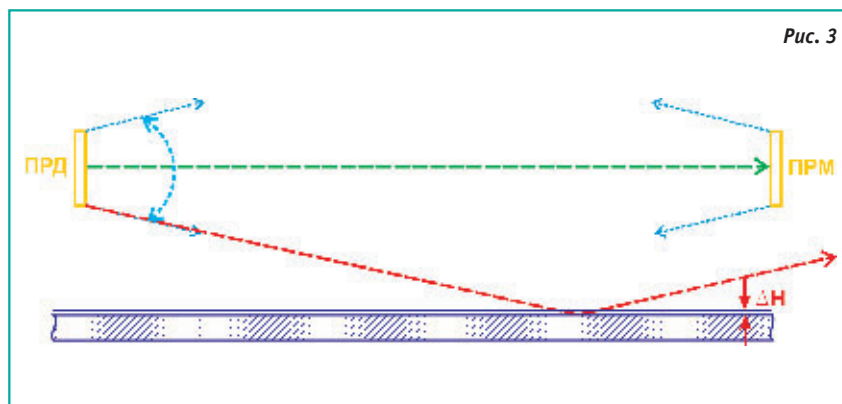


Рис. 3

ции АВ, формируемый под углом  $\approx 45^\circ$  по отношению к прилегающим поверхностям (земле, заграждению и т.п., рис. 4). Вектор, отраженный от поверхности волны (вектор  $A_2B_2$ ), попадает на приемную антенну ПРМ под углом  $\approx 90^\circ$  по отношению к ее вектору поляризации АВ. В результате вклад отраженного сигнала в суммарный сигнал на выходе приемной антенны ПРМ ничтожно мал, т.е. заграждение или другая прилегающая поверхность не оказывают заметного влияния на сигналообразование. Данный способ реализован в извещателях «Призма-2», которые можно устанавливать рядом с заграждениями, не опасаясь ложных тревог или потери работоспособности.

Излучающие и приемные антенны или СВЧ-модули могут иметь различные исполнения.

Выбор рабочей частоты и размеров антенн определяет направленность излучения и приема СВЧ-энергии, чем лучше направленность, тем больше дальность и меньше ширина зоны обнаружения и, как следствие, меньше влияние окружающих негативных факторов. Минимизация габаритов антенн противоречит их направленности, а увеличение частоты, наоборот, положительно отражается на этом свойстве. Однако увеличение частоты умножает влияние метеофакторов, мелких предметов и животных, попадающих в зону обнаружения, снижает информативность сигналов, повышает вероятность ложных тревог, расширяет зоны нечувствительности вблизи антенн и облегчает возможность бесконтрольного преодоления рубежа охраны. Поэтому большинство разработчиков и производителей находят золотую середину (около 10 ГГц) и определяют параметры антенных устройств, исходя из компромисса между направленностью излучения (косвенно шириной зоны обнаружения), информативностью детектированного сигнала и конструктивно-ценовыми характеристиками для получения высоких качественных показателей при невысокой стоимости.

Ранние конструкции извещателей содержали объемные волноводы, щелевые излучатели со встроенными СВЧ-генера-

торными и детекторными камерами, а также параболические отражатели. Применялись отражатели различных форм и размеров, хотя значительный рост в размерах прибавлял габариты изделиям и не приводил к пропорциональному увеличению сигнала на приемной антенне, ввиду снижения эффективности отражателя при удалении от центра излучателя.

Позднее стали применяться полосковые печатные антенны, которые снизили габаритные размеры блоков, упростили сборку и настройку СВЧ-узлов и сделали их более надежными и долговечными.

Увеличение апертуры (одного или двух линейных размеров излучающей поверхности) антенных устройств, при условии обеспечения их эффективности, позволяет значительно снизить влияние прилегающих к зоне обнаружения поверхностей (земли, стены, заграждения и другой, перпендикулярной к увеличиваемому размеру антенны). И наоборот, уменьшение какого-либо размера антенны значительно увеличивает влияние поверхности, перпендикулярной к уменьшаемому размеру. Это хорошо проявляется при изменении отражающих свойств поверхности, например, при намолении, во время дождя, могут появиться флуктуации сигнала, вызывающие необъяснимые срабатывания извещателя. Для примера рассмотрим извещатели, антенные устройства которых имеют небольшую апертуру в вертикальной плоскости и увеличенную в горизонтальной. В результате в вертикальной плоскости их можно представить как «точечные» источник и приемник электромагнитных волн, а в горизонтальной – как интегрирующие. Зона обнаружения формируется в виде вертикальной «шторы» с горизонтальной шириной («толщиной»), зависящей от частоты излучения. Такая конструкция позволяет обеспечить снижение зависимости сигналов от заграждений, стен и других вертикальных поверхностей за счет интегрирования в перпендикулярной к заграждению плоскости. Однако очень сильное влияние при этом оказывают горизонтальные плоскости (земля и др.), так как точечный источник излучает электромагнитные волны не только

в направлении приемника, но и «вверх» и «вниз», в направлении неба и земли. Отраженные от земли волны (рис. 2) попадают в приемник и влияют на сигналообразование. Из-за нестабильности отражающих свойств поверхностей при воздействии метеофакторов, а также при движении травы и других предметов отраженный сигнал меняет свои характеристики (амплитуду и фазу) и очень сильно изменяет суммарный сигнал на приемной антенне, что может приводить к снижению периода ложных тревог и даже к временной потере работоспособности извещателя.

Методы и устройства обработки также значительно различаются: от простых аналоговых пороговых обнаружителей до сложных цифровых или аналого-цифровых, реализующих алгоритмы различных преобразований сигналов. Практически во всех выпускаемых извещателях поддерживается баланс аналогового преобразования и цифровой обработки, а производители микросхем и процессоров для обработки сигналов все чаще включают в их состав сложные аналоговые схемы.

Что касается вероятности обнаружения и других характеристик по назначению, то нижние доверительные границы вероятности обнаружения варьируют в основном в интервале  $0,95 \div 0,98$ , при выборе доверительной вероятности из интервала  $0,9 \div 0,8$ . Период наработки на ложное срабатывание в среднем составляет около 1000 часов, что, как правило, подтверждено испытаниями при сертификации. Более продолжительные периоды наработки потребуют длительности испытаний, выходящей за пределы разумной и достижимой. Как правило, даже 1000 часов подтверждается ускоренными испытаниями при значительном снижении (до 0,8 и ниже) доверительной вероятности.

Питание извещателей самое разнообразное: постоянное или переменное, в широких или узких диапазонах, с небольшой или даже супермалой потребляемой мощностью. Ранее существовали два требования к диапазонам питания: 1)  $20 \div 30$  В и 2)  $10 \div 30$  В. В настоящее время диапазонов гораздо больше. Среди инсталляторов существует не совсем правильное мнение о необходимости применения извещателей с расширенным диапазоном питающего напряжения ввиду больших потерь в линиях связи и разницы напряжений для питания вблизи и на удалении от блоков питания. К сожалению, почти все извещатели при уменьшении напряжения питания значительно увеличивают ток потребления, хотя при этом потребляемая мощность и остается практически неизменной (при высоком КПД). Поэтому все же лучше предпринять меры по снижению сопротивления линий питания, чем бороться со все увеличивающимися потерями с помощью расширения диапазона питания

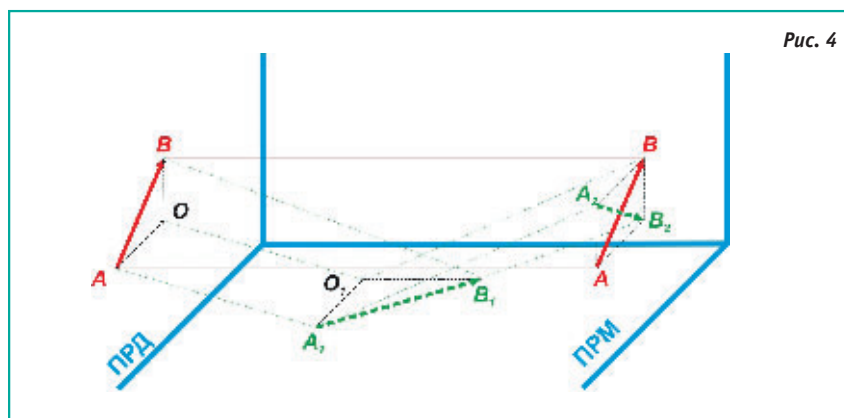


Рис. 4





Рис. 5

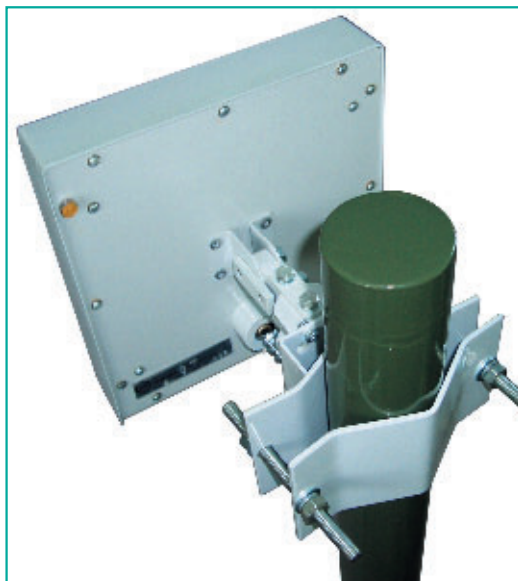


Рис. 6

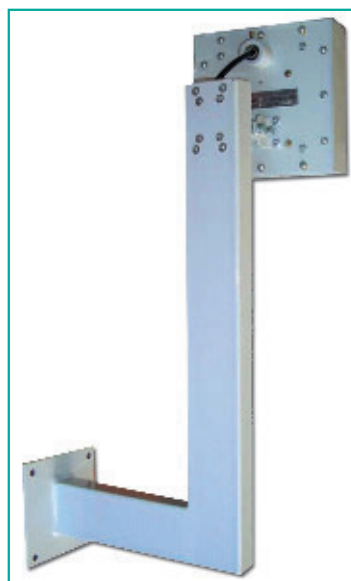


Рис. 7

извещателей. Данная «битва» может закончиться не в вашу пользу и привести к значительным переделкам линий питания.

Конструкции извещателей обеспечивают характеристики, необходимые для заданных условий эксплуатации. Для работы внутри помещений или на улице в благоприятных «мягких» климатических зонах используются пластмассовые (термопластичные) корпуса блоков. Покраска таких блоков или применение светостабилизирующих добавок в пластмассу при прессовании уменьшает влияние солнечной радиации и снижает возможность коробления или растрескивания корпусов. Пластичность материала позволяет прессовать блоки любой формы и выбирать дизайн. Та же термопластичность ограничивает применение данных корпусов в климатических зонах с широким диапазоном изменения температур, однако для помещений, где требуются эстетичные конструкции, у них нет конкурентов. Для работы в сложных климатических условиях, в которых находятся практически все «некурортные» территории, применение термопластичных корпусов является проблематичным, поэтому альтернативы металлическим корпусам пока нет, хотя они и дороже пластмассовых. Мороз и солнце приводят к растрескиваниям и короблениям пластиковых корпусов, снижению их защитных функций. Металлические корпуса (рис. 5) еще долго будут основным материалом, обеспечивающим надежную защиту внутренних узлов блоков извещателей.

Существуют различные варианты внешнего исполнения корпусов передающих и приемных блоков. Обязательным условием является наличие радиопрозрачных лицевых поверхностей, обеспечивающих хорошее пропускание радиоволн в направлении от передающей антенны к приемной, располагающихся

внутри корпусов. Радиопрозрачные поверхности могут выполняться из тонких термопластичных материалов для «легких» условий эксплуатации или из стеклопластиковых для «тяжелых» условий. Габариты блоков определяются размерами антенн, электронных модулей и выбранной конструкцией.

Элементы крепления извещателей, выпускаемых в настоящее время, позволяют монтировать их как на плоские поверхности (заграждения или стены), так и на трубы или столбы (рис. 6), как вдоль поверхности земли, так и в верхней части заграждений (рис. 7). Все они, как правило, выполнены из металла и достаточно надежны.

Сегодня применяются различные варианты электронных модулей управления и обработки сигналов – от аналоговых до цифровых и микропроцессорных, включая ЦСП (цифровой сигнальный процессор). Каждый производитель выбирает вариант для получения как можно лучших характеристик, исходя из проведенных исследований, возможностей освоения элементной базы и квалификации сотрудников.

#### Особенности применения двухпозиционных радиоволновых извещателей

Применение данных извещателей ограничено в основном прямолинейными участками периметра вдоль земли или верха заграждения. С помощью специальных отражателей можно осуществить поворот чувствительной зоны, но изготовление отражателя требует приличных материальных затрат, а его большие габариты и значительное уменьшение длины контролируемого участка делает применение отражателей нецелесообразным. Форму зоны обнаружения определяет эллипсоид вращения (рис. 1), поэтому ни о

какой равномерности вдоль участка не может быть речи. Мы должны всегда учитывать эллипсоид при расчете ширины зоны обнаружения (вдоль оси) и попадании в нее предметов, людей и животных, движущихся вдоль рубежа охраны. Всегда при проектировании и установке необходимо учитывать требуемую ширину зоны отчуждения, которую можно определить из руководств по монтажу, паспортов и описаний, например, в руководстве по монтажу извещателя «Призма...» приведены графики зависимости ширины чувствительной зоны от длины контролируемого участка (см. [www.tso-perimetr.ru](http://www.tso-perimetr.ru), «КАТАЛОГ», «Призма...», «Подробнее...»). В случае необходимости обеспечения ограниченной по ширине зоны обнаружения, даже на небольших по протяженности участках, лучше использовать извещатели с большей апертурой антенн, а большие участки разбивать на несколько отрезков.

Рабочие частоты извещателей определяют их свойства, так извещатели с более низкой частотой менее подвержены влиянию осадков, но имеют более широкую зону обнаружения, в которую могут попадать качающиеся при ветре растительность и другие посторонние предметы. Более высокая частота сужает зону обнаружения, но увеличивает влияние мелких животных птиц и метеосадков. К тому же, увеличиваются зоны нечувствительности, и необходимо больше заботиться о блокировании образующихся «проходов».

Применение извещателей с диаграммой типа «штора» значительно ограничивает длину блокируемого участка из-за сильного влияния отражающих поверхностей (земли и т.п.).

Нужно также помнить, что большинство радиоволновых извещателей нежелательно устанавливать близко к расположенным вдоль оси зоны обнару-



Рис. 8

жения отражающим поверхностям. Исключение составляют извещатели «Призма-2», которые могут устанавливаться,

практически, вплотную к заграждениям (рис. 8) без сокращения длины контролируемого участка.

Не нужно пытаться «пропустить» зону обнаружения между близко расположенными друг к другу предметами (падающими в зону обнаружения), например, между заграждением и рядом стоящими столбами (освещения или др.).

Бугры, посторонние предметы и ямы на участке не должны позволять нарушителю проходить «незамеченным» (под зоной обнаружения), поэтому, возможно, придется немного «подправить» ландшафт, убрав «лишние» предметы и оставляя неровности не более 30...40 см, а при необходимости обнаружения нарушителей, движущихся ползком, придется выравнивать поверхность. То же относится и к растительности – большая часть тела обнаруживаемого нарушителя не должна скрываться за ней. При обнаружении нарушителей, движущихся в положении стоя или согнувшись, высота растительности допускается не выше 30...40 см, а при обнаружении нарушителей, движущихся ползком, придется косить растительность, практически, под ноль.

Как уже было отмечено, зона обнаружения (рис. 1) является неравномерной и имеется возможность бесконтрольно-

го пересечения рубежа вблизи блоков извещателя, поэтому нужно учесть данное обстоятельство и прикрыть образовавшиеся проходы либо зоной обнаружения смежного участка (перекрытие зон), либо с помощью физических препятствий.

Оптимальной при установке блоков извещателей над поверхностью земли является высота 0,8...1,1 м. При данной высоте центр тела человека, движущегося в положениях в рост и согнувшись, почти пересекает ось зоны обнаружения, что обеспечивает максимальную амплитуду полезного сигнала на выходе приемника и, как следствие, наилучшее соотношение «сигнал/шум». При более «низкой» установке в зону обнаружения попадают только ноги, а при более высокой – низко движущийся нарушитель и вовсе может пройти «незамеченным».

Оптимальный выбор инсталлятора позволит обойтись без экспериментов на объекте заказчика, только правильный выбор извещателей с учетом особенностей рубежа и тактико-технических требований к системе безопасности решит все поставленные задачи.

*Продолжение в следующих номерах журнала «Алгоритм безопасности».*