

## **К ВОПРОСУ О ЗАРУБЕЖНЫХ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ ОБНАРУЖЕНИЯ**

**Курбанбаев Дауылбай Жайлаубаевич**  
курсант Университета Общественной Безопасности  
Республики Узбекистан

**Kurbanbayev Dauylbay Jailaubaeovich**  
cadet of the University of Public safety  
of the Republic of Uzbekistan

**Kurbonboyev Daulbay Jaylaubayevich**  
O‘zbekiston Respublikasi  
Jamoat Xavfsizligi Universiteti kursanti

**Булычева Маргарита Фаритовна**  
доцент Университета Общественной Безопасности  
Республики Узбекистан

**Bulicheva Margarita Faritovna**  
associate professor of the University of Public Safety  
of the Republic of Uzbekistan

**Bulicheva Margarita Faritovna**  
O‘zbekiston Respublikasi  
Jamoat Xavfsizligi Universiteti dotsent

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассматриваются средства обнаружения зарубежных и российских производителей, представлена сравнительная таблица технических показателей вышеуказанных средств обнаружения, применяемых на сегодняшний день в сфере обеспечения территориальной безопасности, выявлены отрицательные и положительные факторы, влияющие на эффективность применения многих современных средств обнаружения, даны рекомендации по применению магнитометрических средств охраны.

**Ключевые слова:** эффективность охраны, магнитометрические средства обнаружения, охраняемая область пространства, технические характеристики, энергопотребление, периметровые средства охраны, сравнительные показатели.

## ON THE ISSUE OF FOREIGN MAGNETOMETRIC DETECTION TOOLS

### ABSTRACT

The article discusses the detection tools of foreign and Russian manufacturers, presents a comparative table of technical indicators of the above-mentioned detection tools used today in the field of territorial security, identifies negative and positive factors affecting the effectiveness of many modern detection tools, provides recommendations on the use of magnetometric security tools.

**Keywords:** security effectiveness, magnetometric detection means, protected area of space, technical characteristics, energy consumption, perimeter security means, comparative indicators.

## XORIJIY MAGNITOMETRIK ANIQLASH VOSITALARI MASALASIGA

### ANNOTATSIYA

Maqolada xorijiy va rus ishlab chiqaruvchilarini aniqlash vositalari ko'rib chiqiladi, hududiy xavfsizlikni ta'minlash sohasida bugungi kunda qo'llanilayotgan yuqorida aytib o'tilgan aniqlash vositalarining texnik ko'rsatkichlarining qiyosiy jadvali keltirilgan, ko'plab zamonaviy aniqlash vositalaridan foydalanish samaradorligiga ta'sir qiluvchi salbiy va ijobiy omillar aniqlangan, magnetometrik himoya vositalaridan foydalanish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

**Kalit so'zlar:** xavfsizlik samaradorligi, magnitometrik aniqlash vositalari, muhofaza qilinadigan makon maydoni, texnik tavsiflar, energiya sarfi, perimetrni himoya qilish vositalari, qiyosiy ko'rsatkichlar.

В мире с каждым годом проблема обеспечения безопасности становится все более актуальной. В настоящее время в целях повышения уровня безопасности внедряются в практику интегрированные системы обеспечения безопасности, в состав технических средств которых включаются охранная и пожарная сигнализация, системы тревожного оповещения для обеспечения территориальной безопасности на военных объектах (в воинских частях), а также системы контроля управления доступом.

Президент Республики Узбекистан Ш.М.Мирзиёев неоднократно в своих выступлениях отмечал, что существует ряд угроз, которые могут дестабилизировать обстановку в регионе такие как: экстремизм, терроризм, радикализм и другие.

Данная статья призвана познакомить заинтересованную в вопросах обеспечения территориальной безопасности аудиторию с обзором зарубежных магнитометрических средств обнаружения. И начать свой обзор следует с периметровых средств обнаружения (далее по тексту – средства обнаружения, СО). СО предназначены для повышения эффективности охраны рубежей промышленных, военных и гражданских объектов, они занимают особое место в отрасли специальной техники. Наблюдающийся с середины 60-х годов непрерывный рост мирового рынка средств обнаружения обусловлен: увеличением угрозы терроризма по отношению к ядерно-опасным, химическим, энергетическим и другим большим по площади объектам; высокой эффективностью применения таких средств в локальных военных конфликтах (Ближний Восток, Афганистан); возрастанием угрозы распространения религиозного и национального экстремизма через границы государств, нелегальной миграции, контрабанды оружия, наркотиков. Чем больше протяженность периметра, тем выше сравнительная эффективность использования технических средств по отношению к человеческому фактору охраны.

СО выявляют вторжение нарушителей (люди, транспортные средства, военная техника) в охраняемую область пространства – зону обнаружения (ЗО) по характерным возмущениям физического поля, которые регистрируются чувствительным элементом (ЧЭ) средства. Вид ЧЭ определяет геометрию зоны обнаружения, распределенную вдоль охраняемого рубежа, в отличие от более компактных точечных средств обнаружения, у которых зона распространяется вокруг и вблизи их места (точки) установки. В соответствии с физическим принципом регистрации вторжения, существуют различные типы периметровых СО: сейсмические, вибрационные, радиотехнические и другие, которые могут быть разделены на классы:

- ✓ маскируемые или заградительные (немаскируемые), в зависимости от скрытности (или видимости) составных частей средства, преимущественно ЧЭ;
- ✓ пассивные или активные.

Маскируемые СО, чувствительный элемент которых размещен в грунте на глубине до 50 см, имеют тактическое преимущество в том, что идентификация зоны обнаружения для нарушителя затруднена. Это делает маловероятным ее преодоление ухищренными способами, при которых резко уменьшается способность обнаружения заградительного средства. Для маскируемых СО, как правило, перечень источников значимых помех существенно меньше, средства не требуют регулярного технического обслуживания, сужается диапазон воздействующих температур. С другой стороны, заградительные СО в целом более дешевые и практичные, их монтаж и замена в случае повреждений не представляет затруднений.

При применении активных СО нарушитель обнаруживается на основе регистрации его взаимодействия со специально создаваемым физическим полем (например, радиолуч); в пассивных он обнаруживается по вносимому возмущению в существующее поле (например, магнитное поле Земли). К преимуществам пассивных СО можно отнести, как правило, существенно меньшие массогабаритные характеристики и энергопотребление, удовлетворение требованиям радиомаскировки. К преимуществам активных можно отнести в целом большую способность обнаружения, более широкие возможности по совершенствованию изделий.

В таблице 1 приведена классификация и примеры известных отечественных и зарубежных периметровых СО. Безусловными лидерами среди разработчиков в мире являются Россия СНПО “Элерон” и его дочерние предприятия НИКИРЭТ (г. Заречный), “Дедал” (г. Дубна); США (Sandia, Honeywell, Sylvania, Southwest Microwave), Израиль (Magal S.S., Galdor-Secotec, G.M. Advanced Security Technologies) и Великобритания (Geoquip, Remsdaq L.T.D.), в меньшей степени Швейцария (Alarmcom), Япония (Optex), Канада (Senstar-Stellar), Франция.

**Таблица 1. Классификация периметровых средств обнаружения**

АКТИВНЫЕ	ПАССИВНЫЕ
<b>МАСКИРУЕМЫЕ</b>	
1. Радиоволновое на основе принципа линии вытекающей волны: “Бином”, “Табион” (СНПО “Элерон”); H-FIELD (Senstar), RAFID (Geoquip).	1. Сейсмические 1.1. Сейсмическое трибоэлектрическое: “Амулет” (“Дедал”), SSCS (Sandia).
	1.2. Сейсмическое с “сейсмокосой”: PSICON (Geoquip), S-103 (STI).

	1.3. <b>Сейсмическое</b> с датчиком давления в виде “шланга” с жидкостью: GPS, BPS (США).
	2.1. <b>Магнитометрическое</b> : “Гепард” (“Дедал”), MCID, MAID (Sandia), MULTIGARD-2000 (Galdor-Secotec).
	3.1. <b>Сейсмомагнитометрическое</b> : “Дуплет” (Дедал), MILES (Sandia).
<b>НЕМАСКИРУЕМЫЕ</b>	
1. <b>Емкостное</b> : “Радан-14”, (СНПО “Элерон”), E-FIELD (Senstar).	1.1. <b>Вибрационное</b> трибоэлектрическое: “Дельфин” (Дедал).
2. <b>Инфракрасное</b> лучевое двухпозиционное: “Вектор-СПЭК”, “МАК-1”	1.2. <b>Вибрационное</b> со специальным кабельным ЧЭ: DEFENSOR, GARDWIRE (Geoquip), FPS-2-2 (Sylvania), E-FLEX (Франция).
3. <b>Радиоволновое</b> : “Уран”, “Газон” (НИКИРЭТ).	1.3. <b>Вибрационное</b> с сейсмокозой из геофонов, пьезоэлектриков: BARRICADE 500 (Magal), GEONET 600 (Southwest).
4.1. <b>Радиолучевое</b> двухпозиционное (СВЧ): “РЛД-94” (НИКИРЭТ); “Радий-2”, “Барьер-300” (Юмирс).	2. <b>Вибромагнитометрическое</b> : “Дрозд” (Дедал).
4.2. <b>Радиолучевое</b> однопозиционное (на эффекте Допплера, СВЧ): “Агат-СП” (Юмирс).	3. <b>Инфракрасное</b> однопозиционное: LX-80 (Optex), IS402 (Alarmcom).
5. <b>Оптоволоконное</b> (вибрационное): SABREFONIC (Remsdaq), F-5000 (TSS).	
6. <b>Комбинированное ИК+СВЧ</b> : DT 8120S (S and K).	

Особое место среди СО занимают магнитометрические средства обнаружения (МСО), основанные на регистрации полезных сигналов (ПС) – изменений потока магнитной индукции, вызванных перемещающимися объектами-нарушителями из-за наличия у них ферромагнитных предметов. Чувствительный элемент МСО представляет собой распределенную вдоль зоны

обнаружения кабельную линию и является петлевым индукционным контуром с дифференциальной структурой, образованным витками кабеля. Кабель укладывается в грунт на глубину 25...50 см вдоль охраняемого рубежа в 1...3 траншеи. Ослабление удаленных электромагнитных помех в ЧЭ (на 30...60 дБ) происходит практически без ослабления полезных сигналов.

Объектами обнаружения – нарушителями являются транспортные средства и боевая техника, а также люди, имеющие при себе оружие (нож, пистолет, автомат), ручной инструмент (пассатижи, кусачки), различные бытовые предметы (ключи, очки), различные ферромагнитные предметы в обуви, одежде, поклаже (гвозди, супинаторы, пуговицы, застёжки и т.д.).

**Магнитометрические СО менее распространены, чем, например, сейсмические, в основном по двум причинам:**

✓ вследствие невозможности обнаружения так называемых “магниточистых” нарушителей (предпринявших меры по удалению ферромагнитных предметов из своего снаряжения);

✓ вследствие ограничения применения вблизи источников промышленных электромагнитных помех.

✓ Второе ограничение является существенным, а первое, как показывает практика, несущественным:

✓ доля “магниточистых” нарушителей из общего объема (невооруженных, вооруженных людей и т.д.) не превышает долей % (в зависимости от специфики объекта), а их потенциальная угроза минимальна;

✓ нарушителю чрезвычайно трудно определить принцип работы пассивного и маскируемого чувствительного элемента и конфигурацию зоны обнаружения.

Проблема подготовленного нарушителя свойственна всем без исключения СО. Решение этой проблемы лежит на путях комплексирования нескольких средств с различными физическими принципами обнаружения, либо применения комбинированного СО с несколькими принципами обнаружения – например, сейсмо-магнитометрического средства “Дуплет”.

Магнитометрические средства, в отличие от сейсмических, нечувствительны к агрегатному состоянию грунта и большинству природно-климатических факторов (за исключением молний и магнитных бурь), что определяет их относительно высокую потенциальную помехоустойчивость. Отстройка от импульсных электромагнитных помех достигается построением отдельного помехового канала, а также алгоритмическим путем. Известны МСО,

способные работать под бетонным покрытием взлетно-посадочных полос, под водой и т.д.

МСО “направлено” на предметы человеческой деятельности (черный металл), что позволяет наиболее достоверным способом различать людей и крупных животных, которые, в некоторых случаях, являются основными источниками помех для других типов СО. Маловероятное и относительно слабое воздействие источника механической помехи, изменяющее конфигурацию ЧЭ в магнитном поле Земли, является побочным, в отличие от заградительного вибромагнитометрического СО, где этот эффект существенно больше и является определяющим. Отличительной чертой МСО также является возможность организации дистанционного контроля работоспособности с полной глубиной, недоступной в других средствах. Зона обнаружения средства однородная вдоль всего рубежа, без “мёртвых” зон, свойственных, например, для периметровых СО на физическом эффекте линии вытекающей волны или для распространенных радиолучевых СО.

**Как показывает практика, эффективность МСО очень высока в случаях:**

- ✓ когда возведение заграждений на рубеже охраны нецелесообразно или невозможно (например, на склонах гор, заливных берегах рек и т.д.), при интенсивной естественной и сезонной миграции животных через рубеж охраны;
- ✓ с тактической целью маскировки рубежа, в случае организации второго рубежа охраны и комплексирования с заградительным СО первого рубежа;
- ✓ в сложных почвенно-геологических условиях, когда эффективность других СО резко снижается (например, болотистый грунт, зыбучие пески – для сейсмических СО).

МСО выгодно отличается от других средств тем, что математическое моделирование процесса обнаружения с большей достоверностью соответствует реальности :

- ✓ В зоне обнаружения происходит векторное суммирование индукций магнитных полей от нарушителя и помех, которое можно считать квазистатическим, мгновенным, без искажений и поглощения. В других средствах полезные сигналы на пути своего распространения испытывают нелинейные искажения, затухание зависит от ряда случайных факторов.

- ✓ Среда формирования и передачи магнитометрических сигналов – магнитное поле в зоне обнаружения – определяется главным (постоянным)

магнитным полем Земли. Флуктуационный магнитный шум магнитного поля Земли достаточно стабилен, описывается спектральными функциями, пространственный градиент его ничтожен и может быть подавлен дифференциальным способом. В других СО влияние физической среды носит нестационарный характер, шум зависит от природно-климатических факторов и места установки, и исключить его дифференциальным способом нельзя.

✓ Нарушитель в МСО фактически обнаруживается непосредственно, по наличию у него эквивалентного магнитного момента. В других СО он обнаруживается, как правило, опосредованно, по “следам” в среде распространения сигналов, что вносит большую неопределенность в процесс сигналообразования. Поэтому при разработке МСО и прогнозировании их тактико-технических характеристик (ТТХ) можно успешно использовать методы математического моделирования.

Основными тактико-техническими характеристиками, определяющими эффективность МСО, являются вероятность  $P_0$  обнаружения нарушителей и средняя наработка  $T_{лс}$  на ложное срабатывание. Величина  $P_0$  определяется не только чувствительностью средства – порогом обнаружения  $\Pi_0$ , но и полезной характеристикой нарушителей – магнитным моментом  $M$ . Величина  $T_{лс}$  определяется не только построением МСО, но и интенсивностью, частотой следования значимых помех.

### **Методы построения МСО**

В любом МСО можно выделить четыре последовательно включенных функциональных узла:

- ✓ ЧЭ – распределенный магнитометрический преобразователь магнитной индукции в электрический сигнал дифференциального типа;
- ✓ усилитель-фильтр (УФ);
- ✓ аналого-цифровой преобразователь (АЦП) или его простейший аналог – пороговое устройство (ПУ);
- ✓ блок обработки сигналов (БОС), который в соответствии с заданным алгоритмом обработки выдает (или не выдает) сигнал обнаружения.

Последовательное соединение чувствительного элемента, усилителя-фильтра и порогового устройства носит название магнитометрический обнаружитель (МО), который является простейшим магнитометрическим средством обнаружения, обладающим (при прочих равных условиях) наивысшей способностью обнаружения и минимальной помехоустойчивостью.

Совокупность нескольких МО, подключенных к блоку обработки сигналов, образует, по сути, реальное МСО.

Методы построения магнитометрических средств обнаружения подразделяются на методы построения МО и БОС. Первые подразделяются на методы построения:

- ✓ ЗО;
- ✓ ЧЭ;
- ✓ тракта первичной дискриминации полезных сигналов и помех.

Вторые подразделяются на методы повышения помехоустойчивости и информативности сигналов.

Трассировка ЧЭ вдоль рубежа охраны должна быть максимально точной (по ширине и длине соседних встречно включенных участков), чтобы обеспечить максимальный коэффициент подавления удаленных магнитных помех.

Двухрубежное обнаружение позволяет существенно повысить помехоустойчивость МСО, основываясь на временной корреляции помех, одновременно и примерно с равной интенсивностью воздействующих на оба магнитометрических обнаружителя, разнесенных вглубь рубежа, в то время как воздействие нарушителя на них носит последовательный во времени характер. По сравнению с однорубежными (при одинаковой способности обнаружения) достигается выигрыш в помехоустойчивости в несколько раз. Недостатки такого решения: двойное увеличение массогабаритов и стоимости, проигрыш в тактике применения (расширение зоны обнаружения).

Двухфланговое построение периметрового МСО позволяет в 3-5 раз повысить помехоустойчивость к импульсным электромагнитным помехам. Принцип основан на том, что вероятность одновременного, в пределах интервала неопределенности, пересечения двух флангов скрытого рубежа двумя нарушителями ничтожно мала. Магнитная помеха действует на оба фланга одновременно, а интервал неопределенности служит для устранения эффектов, связанных с неидентичностью МО и пространственным градиентом помехи. Недостатком такого решения, по сравнению с однофланговым, является возрастание массогабаритов, энергопотребления, стоимости. Однако, если на длину зоны обнаружения накладываются ограничения (связанные, например, с уровнем магнитного шума), тогда ее разбивка на два фланга является оптимальным.

Имеется три способа первичной дискриминации сигналов и помех, позволяющих реализовать их отличительные признаки:

- ✓ отдельный (на уровне ЧЭ) датчик помехи;
- ✓ оптимальная фильтрация полезных сигналов на фоне помех и наоборот;
- ✓ выбор оптимального порога обнаружения  $P_0$ .

Введение отдельного датчика помехи (распределенный вдоль ЗО имеет преимущество перед сосредоточенным) является исключительно важным в периметровых МСО и позволяет повысить их помехоустойчивость более чем в 10 раз. Датчик помехи может также использоваться для осуществления дистанционного контроля работоспособности МСО.

Выбор оптимального порога обнаружения  $P_0$  является важнейшим. Для распределенного индукционного ЧЭ имеется три постоянно действующих ограничивающих фактора:

- ✓ магнитный шум магнитного поля Земли;
- ✓ тепловой шум ЧЭ;
- ✓ собственный шум усилителя-фильтра.

Их совокупное влияние, как показывают исследования, ограничивает предельно достижимый порог обнаружения (при длине зоны обнаружения до 500 м) величиной  $P_0 = 1,5 \dots 2,0$  нВ/вит. Если МСО располагается вблизи источников мощных индустриальных помех, например в городе,  $P_0$  должен быть увеличен: его величина должна превышать пиковый уровень суммарного шума не менее, чем в 2,5 раза.

Методы повышения помехоустойчивости МСО подразделяются на обработку сигналов путем:

- ✓ дискриминации по амплитудно-временным признакам;
- ✓ накопления;
- ✓ корреляционной обработки с нескольких МО.

По существу они направлены на выявление и закрепление в алгоритме БОС совокупности признаков различения полезных сигналов и помех, таких как длительность, межсигнальная (межимпульсная) пауза, полярность экстремумов, их чередование и др. Аналоговое (интегрирование) или цифровое (счет импульсов) накопление сигналов есть эффективный критерий различения, основанный на том, что, как правило, длительность и величина ПС больше, чем у помехи.

**Корреляционная обработка ПС и помех подразумевает их анализ по:**

- ✓ величине;
- ✓ совпадению времени появления;

✓ последовательности импульсов на выходах соответствующих МО.

Методы сводятся к идентификации помеховой ситуации, когда вырабатывается запрет на сигнал обнаружения. С увеличением времени запрета увеличивается помехоустойчивость, однако возрастает вероятность пропуска нарушителя, появление которого в ЗО может совпасть с действием помехи.

Методы повышения информативности ПС основаны на математическом моделировании процесса магнитометрического обнаружения и являются своего рода “ноу-хау” разработчиков.

Существует три типа построения МСО: однолинейные, двухлинейные и трехлинейные, в зависимости от количества кабелей вдоль рубежа охраны, образующих индукционный ЧЭ. В однолинейных средствах ЧЭ образует проводник, намотанный посекционно вокруг пермаллового сердечника (диаметром  $\sim 8$  мм), с изменением направления намотки через базу  $A = 1,8 \dots 3$  м так, чтобы количество секций с одинаковым направлением было равным. Двухлинейный ЧЭ образуется кабелем, который на пути своего распространения вдоль зоны обнаружения (длиной  $L_0$ ) через расстояние  $A$  “перекрещивается” из одной в другую параллельные траншеи, образуя четное число попарно равных по площади “открытых” контуров, включенных встречно. Трехлинейный ЧЭ образуют с помощью коммутационных коробок три параллельных кабеля, идущих на равном расстоянии  $A$  друг от друга вдоль рубежа; виток ЧЭ охватывает два открытых, встречно включенных индукционных контура, лежащих рядом на расстоянии  $A$ .

В однолинейных ЧЭ при изготовлении обеспечивается максимальный коэффициент подавления “дальней” электромагнитной помехи  $K_n = 50 \dots 60$  дБ. Стоимость ЧЭ относительно высокая (за счет применения пермаллоя или другого магнитного наполнителя с высоким  $m$ ), технология изготовления достаточно уникальна, длина  $L_0$  не превышает  $100 \dots 150$  м. Все это определяет его ограниченное применение, несмотря на тактические и технические преимущества. Созданный и испытанный на рубеже 80 – 90-х годов (“Дедал”) опытный образец подтвердил декларируемые за рубежом высокие ТТХ однолинейного МСО. В настоящее время отечественная технология изготовления такого ЧЭ утрачена.

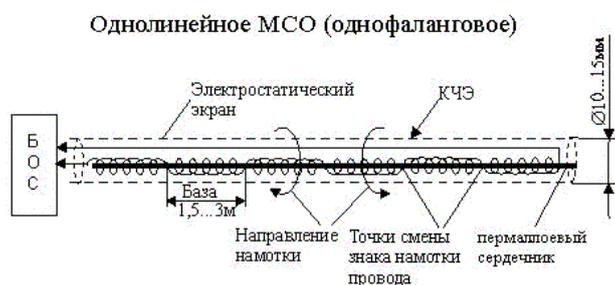
В двухлинейных ЧЭ коэффициент подавления достигает  $35 \dots 40$  дБ, что обеспечивается точностью монтажа на местности. Ширина “петли” ЧЭ ( $1,2 \dots 2,4$  м) оптимизируется в зависимости от модели нарушителя. Величина базы  $A = 2 \dots 50$  м, которая может изменяться вдоль ЗО (длиной до  $500 \dots 700$  м), зависит от

электромагнитной обстановки и изгибов трассы. Данный тип является наиболее распространенным несмотря на то, что его главными недостатками являются:

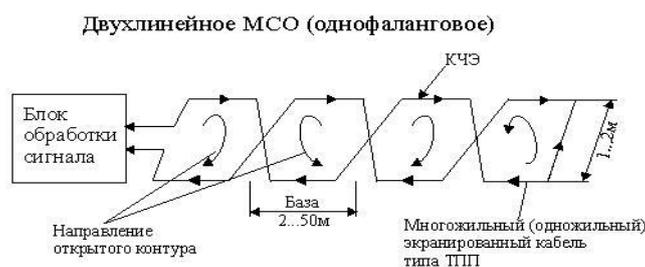
- ✓ достаточно жесткие требования к качеству монтажа (смежные отрезки “петли” должны быть симметричными);
- ✓ незначительное уменьшение величины  $P_0$  и большая сейсмическая чувствительность МСО в местах перекрестий;
- ✓ невозможность организации датчика помехи (открытого контура) в едином конструктиве с ЧЭ.

В трехлинейных ЧЭ (ширина, база “петли”  $A = 1...1,2$  м), несмотря на максимальное количество кабелей и меньшую достижимую длину ЗО (не более 300 м), за счет меньшей базы коэффициент подавления “дальней” помехи достигает 45...50 дБ. При этом необходимы концевые коммутационные коробки, с помощью которых в едином кабельном конструктиве формируется дифференциальная структура ЧЭ и открытый контур распределенного датчика помехи.

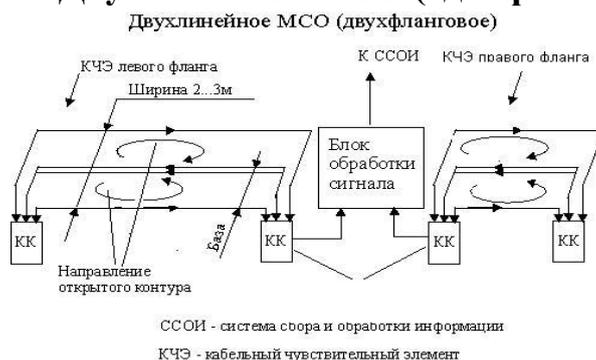
Используемый для двух-, трехлинейных ЧЭ (ниже рассматриваются только такие) экранированный кабель (для предотвращения электростатических наводок) может быть одножильным или многожильным, причем с увеличением числа витков  $W$  в целом возрастает способность обнаружения МСО и снижаются требования (по шумам) к усилителю-фильтру. В то же время уменьшается надежность ЧЭ, возрастают его собственные шумы, усложняется конструкция (за счет появления распаечных узлов), поэтому выбор типа кабеля представляется альтернативным.



**Рис. 1. Однолинейное магнитометрическое средство обнаружения (однофланговое)**



**Рис. 2а. Двухлинейное МСО (однофланговое)**



**Рис. 2б. Двухлинейное МСО (двухфланговое)**

### Объекты обнаружения

Характеристикой, адекватно отражающей магнитные полезные свойства нарушителя на расстояниях, превышающих линейные размеры присущего ему намагниченного объема, является дипольный магнитный момент  $M$ , величина которого прямо коррелирована с массой ферромагнитного материала. Возможность классификации нарушителей по величине  $M$  в определенной степени отражает их потенциальную угрозу охраняемому объекту.

В таблице 2 приведены усредненные значения магнитного момента  $M$  для различных типов нарушителей. Распределение моментов у однотипных нарушителей (реальный диапазон – около 20 дБ) подчиняется сложной зависимости, которая может быть экстраполирована законом Релея.

**Таблица 2 Средние величины магнитных моментов у нарушителей**

Нарушитель	$M, \text{Am}^2$	Примечание
Невооруженный человек	0,045	Обычный среднестатистический человек без поклажи и инструментов
Невооруженный человек с поклажей, инструментами	0,1...0,2	Сумка, рюкзак, отвертка, пассатижи
Вооруженный: нож, пистолет	0,1	ПМ

штык-нож	0,15	
автомат	0,6	АК-74
гранатомет	1,4	РПГ-7
пулемет	2,7	РПК
Велосипед	4	
Мотоцикл	20	
Легковой автомобиль	130	Жигули, Москвич, Запорожец
Грузовой автомобиль	330	ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ

Нарушитель, обладающий магнитным моментом  $M$ , перемещающийся над плоскостью двух-, трехлинейного ЧЭ со скоростью  $V_0$  и высотой траектории  $h_0$ , в соответствии с законом электромагнитной индукции генерирует полезный сигнал, средняя величина которого  $\bar{U}$  (при выполнении условия  $A \geq h_0$ ) может быть оценена по формуле:  $\bar{U} / W \cong 150 (M * V_0) / h_0^2$ , [нВ / вит].

При подстановке типичных значений модели невооруженного нарушителя без поклажи ( $M_1 = 0,045 \text{ Ам}^2$ ,  $V_0 = 1,0 \text{ м/с}$ ,  $h_0 = 1,5 \text{ м}$ ), получим:  $\bar{U}_1 / W @ 3 \text{ нВ/вит}$ ; в тоже время для вооруженного пистолетом или автоматом нарушителя соответственно имеем  $\bar{U}_2 / W @ 7 \text{ нВ/вит}$ ;  $\bar{U}_3 / W @ 30 \text{ нВ/вит}$ . Как видно из (1) и в соответствии с экспериментальными данными, влияние гвоздей или супинаторов в обуви человека ( $M \sim 0,003 \text{ Ам}^2$ ,  $h_0 = 0,3 \text{ м}$ ), сравнимо с влиянием ножа или инструментов.

Зарубежным разработкам МСО, по сравнению с отечественными, характерен более прагматический подход к оценке магнитной модели человека:

- ✓ “магниточистый” нарушитель не является объектом обнаружения МСО, поскольку не представляет опасности в условиях применения средства;
- ✓ невооруженный человек-нарушитель, перемещающийся в ЗО, обут в “тяжелые” ботинки и одет в одежду для холодной погоды, несет складной нож и кусачки для проволоки, другие ферромагнитные предметы, т.е. обладает эквивалентным моментом не менее  $0,1 \text{ Ам}^2$ ;
- ✓ модель вооруженного человека предполагает наличие огнестрельного оружия по меньшей мере автомата, а стандартной оценкой является магнитный момент  $M = 1,4 \text{ Ам}^2 [8]$ , что соответствует нарушителю с усиленным стрелковым оружием (гранатомет, пулемет), либо имеющим при себе полный боезапас, радиостанцию. Такой нарушитель даже при минимальной скорости движения  $\sim 0,5 \text{ м/с}$  генерирует в ЧЭ полезные сигналы свыше  $40 \text{ нВ/вит}$ .

### *Помехи*

В таблице 3 приведены значимые источники промышленных электромагнитных и сейсмических помех, среднестатистические оценки их допустимого приближения к МСО с зоной обнаружения длиной  $L_0 = 500$  м, при минимальном известном пороге обнаружения  $\Pi_0 = 2,5$  нВ/виток (т.е. максимальной чувствительности) и эффективность подавления электромагнитных помех  $\sim 40$  дБ, которая вполне достижима на практике при качественном монтаже кабельного ЧЭ с помощью рулетки.

**Таблица 3. Значимые источники промышленных помех для МСО**

Источники помех	Допустимое расстояние от МСО, м	Примечание
1. ЭЖД	500...800	Токи растекания
2. Железная дорога (неэлектрифицированная)	80...120	$M \sim 20000 \text{ Ам}^2$
3. ЛЭП 220/380 В	2...5	В зависимости от нагрузки, точности монтажа ЧЭ
— до 10 кВ	50 ... 100	
— до 110 кВ	100 ... 150	
— свыше 110 кВ	200 ... 300	
4. Подземные силовые кабели до 10 кВ	5 ... 10	
5. Городской электрифицированный транспорт	300 ... 500	
6. Автомагистраль	30 ... 70	
7. Речной и морской транспорт	200 ... 500	$M \sim 500000 \text{ Ам}^2$
8. Пролет самолетов	80 ... 100	$M \sim 3000 \text{ Ам}^2$
9. Пролет вертолетов	50	$M \sim 500 \text{ Ам}^2$
10. Линии связи, сигнализации	2 ... 5	В зависимости от нагрузки
11. Одиночный автотранспорт вдоль ЗО	7 ... 10	$M \sim 200 \text{ Ам}^2$
12. Группы людей вдоль ЗО	2 .... 3	$M \sim 2 \text{ Ам}^2$

13. Крупные деревья (высотой более 10 м)	3 ... 5	Корни при ветре
14. Деревья, кусты	1 ... 3	Корни при ветре

**Степень влияния магнитных помех на МСО зависит от:**

- ✓ вида пространственного распределения источника (“однородные”, “однопроводные” $\sim 1/r$ , “двухпроводные” $\sim 1/r^2$ , “дипольные” $\sim 1/r^3$ , где  $r$  – расстояние до источника);
  - ✓ дисбаланса  $\epsilon$  – величины несбалансированной площади соседних, дифференциально включенных элементов ЧЭ;
  - ✓ габаритов чувствительного элемента;
  - ✓ мощности и ориентации источника относительно чувствительного элемента;
  - ✓ спектра помехи относительно полосы регистрируемых частот ПС.
- Для обеспечения наибольшей помехоустойчивости МСО перед установкой возможен поиск значимых источников помех с помощью сканнера.

Влияние помех пропорционально ширине чувствительной площади ЧЭ, поэтому при прочих равных условиях необходимо стремиться к ее уменьшению до предела, когда ПС начинает уменьшаться. С увеличением  $L_0$  влияние всех помех также возрастает пропорционально, а увеличение внутреннего шума МП происходит  $\sim (L_0)^{1/2}$ , что позволяет прогнозировать достижимую помехоустойчивость МСО с любой длиной зоны обнаружения. Влияние “однородной” помехи (например, магнитной бури) пропорционально точности  $\epsilon / A$ , с которой на местности устанавливается МП, и не зависит от количества  $N$  секций или длины базы  $A$ . Точность реально не изменяется с увеличением  $L_0$ , поэтому влияние других видов помех на практике обуславливается величиной базы  $A$ : с ее уменьшением помеха примерно пропорционально уменьшается вплоть до определенного предела  $A_{\min}$ , который определяется как:

$$A_{\min} = \frac{A}{k * r * \epsilon}, \quad (2)$$

где  $k=1, 2, 3$  соответствует “однопроводному”, “двухпроводному” и “точечному” источнику помехи.

Дальнейшее уменьшение  $A$  практически не приводит к уменьшению помехи, поэтому зная вид ( $k$ ) и примерное расстояние  $r_i$  от всех  $N$  значимых источников до ЧЭ, можно вычислить  $A_i$  согласно (2) и определить  $\min_N\{A_i\}$ , который будет являться оптимальной величиной.

Из помеховых факторов природного происхождения выделяются грозы. Возникающие при ближней грозе (на удалении не более 3...5 км) молнии являются источниками мощных импульсных электромагнитных полей – атмосфериков, которые есть главный, постоянно действующий (с сезонным интервалом) фактор, определяющий помехоустойчивость МСО. Статистические данные позволяют оценить количество атмосфериков в году, например, для средней полосы России ~ 4400. Другим естественным фактором являются магнитные бури, связанные с солнечной активностью, однако при точном монтаже их влияние существенно меньше (они “однородные”), кроме того, их спектр лежит в основном ниже полосы регистрируемых частот. Корни крупных деревьев, заграждения, неустойчивые строительные конструкции при сильном ветре (свыше 10...15 м/с), раскачиваясь, производят низкочастотные колебания верхнего слоя грунта, являющиеся значимой помехой для маскируемых МСО. Удаление от ствола дерева, при котором помехи не превышают уровня флуктуационного шума магнитного поля Земли, приблизительно соответствует среднему радиусу кроны дерева, что связано с корреляцией между развитием корневой системы и кроны деревьев.

**Известны способы уменьшения действия сейсмо-магнитных помех:**

- ✓ ограничение области применения путем возможного удаления от источников;
- ✓ уменьшение длины зоны обнаружения: зависимости величины магнитной и сейсмической помехи имеют вид  $\sim L_0$  и  $\sim \square L_0$  соответственно;
- ✓ >инженерная подготовка местности: рытье канав глубиной до 50 см вдоль ЗО (которые потом могут быть заполнены мягким грунтом, дерном) для отвода вод и ослабления сейсмических поверхностных волн от мощных источников помех; утрамбовка грунта после закладки ЧЭ (в том числе с помощью автотранспорта), чем также уменьшается вероятность появления в зоне обнаружения роющих норы животных.

**ПРИБОР ПРИЕМНО–КОНТРОЛЬНЫЙ ОХРАННЫЙ ППКО «АГАТ–СТ8»**

Прибор приемно-контрольный охранный «АГАТ-СТ8» ЮКСО 24.01.000 предназначен для организации централизованной и автономной охраны объектов, оборудованных охранными извещателями различных типов, имеющих на выходе «сухие» контакты реле.

Прибор рассчитан на круглосуточную работу в условиях закрытого помещения при:

- температуре окружающей среды от минус 40 до +65 С;
- относительной влажности до 80% при температуре +25 С.

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

#### **Шлейфы сигнализации:**

Количество, шт	8
Максимальное сопротивление проводов ШС, кОм	1
Минимальное сопротивление утечки между проводами ШС, кОм	20
Сопротивление выносных резисторов, кОм	1,5
Длительность нарушения ШС, мс, не менее	560
Количество выходов на ПЦН	1
Напряжение питания, В	
Ток потребления (без учета ОЗ), мА, не более	150
<b>Параметры подключаемой ОЗ:</b>	
Ток потребления, мА, не более	100
Напряжение питания, В	12,0...15,0
<b>Параметры контактов исполнительного реле:</b>	
Коммутируемый ток, мА, не более	100
Коммутируемое напряжение, В, не более	50
<b>Параметры выходных сигналов управления:</b>	
<b>Замыкание контакта выходного разъема на «общий»;</b>	
Коммутируемый ток, мА, не более	70
Коммутируемое напряжение, В, не более	25 3,9
Габаритные размеры прибора, мм, не более	182x138x46 3,10
Масса прибора, кг, не более	0,3

**Принцип действия прибора.** Прибор позволяет принимать тревожные извещения по восьми независимым двухпроводным шлейфам в виде обрыва или замыкания (в дальнейшем - нарушение) шлейфов сигнализации (ШС), выдавать сигнал тревоги дежурному персоналу и транслировать его по линии связи на пульт центрального наблюдения (ПЦН) и на выносной звуковой оповещатель (ОЗ). Прибор может работать с ШС, расположенными как внутри, так и вне помещений, что обеспечивается использованием защиты входных цепей прибора от кратковременного перенапряжения (амплитудой до 900 В), вызванного наводками в результате воздействия электромагнитных импульсов

(грозовые разряды, коммутационные помехи и т.п.). **Органы управления и индикации.** Постановка на охрану и снятие с охраны какого-либо канала осуществляется кратковременным нажатием соответствующей кнопки. Кнопка «СБРОС» предназначена для сброса тревоги по всем каналам. Световой индикатор «ПИТ.ВКЛ.» отображает наличие электропитания на приборе.

Световые индикаторы каналов обеспечивают индикацию режимов работы прибора:

- ✓ канал «снят» с охраны – соответствующий индикатор отключен;
- ✓ канал находится в режиме охраны – соответствующий индикатор постоянно включен;
- ✓ канал находится в режиме «Тревога» – соответствующий индикатор мигает.

Режим «Тревога», кроме световой индикации, может сопровождаться прерывистым звуковым сигналом ЗС и ОЗ (при его использовании).

Отключение и включение ЗС осуществляется нажатием и удержанием кнопки «СБРОС» в течении 10 секунд. Индикация времени удержания кнопки «СБРОС» отображается на СТ, начиная со второй секунды. При включении/отключении ЗС издает длительный звуковой сигнал.

Включенное состояние ЗС отображается свечением точки на индикаторе СТ, при отключенном ЗС точка не светится.

Счетчик тревог СТ отображает общее количество нарушений ШС. При каждой тревоге его значение увеличивается на единицу.

Для отображения информации о количестве тревог по определенному каналу, необходимо нажать и удерживать кнопку соответствующего канала. По истечении 2 с на индикаторе СТ отобразится количество тревог по данному каналу, при этом точка в правом нижнем углу СТ будет мигать. При отпускании кнопки СТ возвратится к отображению общего количества тревог по всем каналам.

### **Работа прибора.**

Приведение ППКО в рабочее состояние осуществляется в следующем порядке:

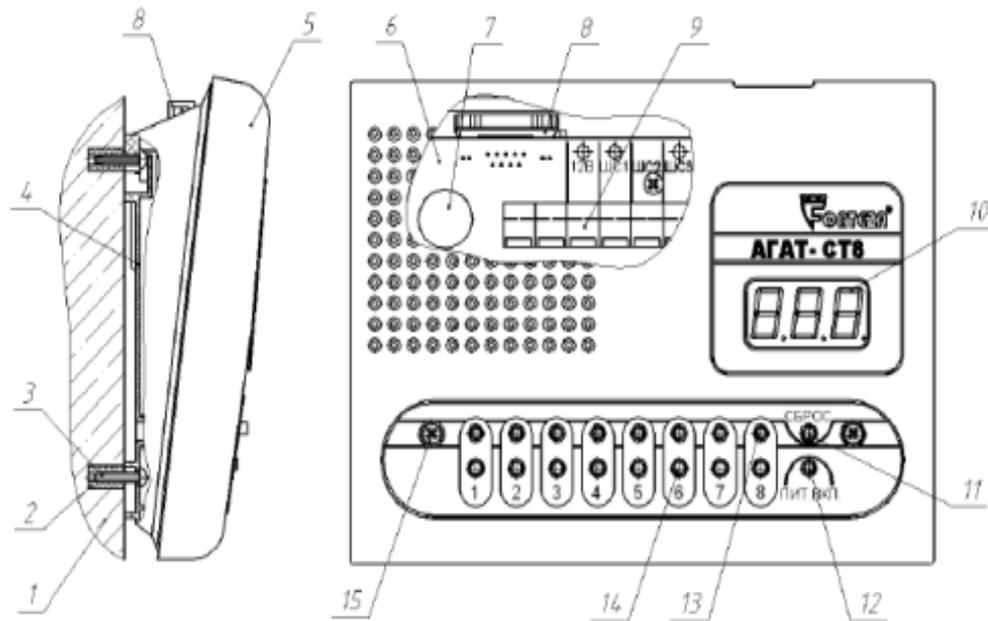
- ✓ выбор места установки;
- ✓ установка прибора;
- ✓ подключение ШС, цепей питания, ОЗ и ПЦН;
- ✓ настройка прибора;
- ✓ проведение опытной эксплуатации.

Для контроля целостности ШС последовательно с нормально замкнутыми или параллельно нормально разомкнутым контактам реле извещателя включает окончательный резистор сопротивлением 1,5 кОм.

Выдача тревожного извещения на ПЦН при нарушении любого ШС формируется размыканием контактов исполнительного реле прибора.

Конструкцией прибора предусмотрен выход для подключения аппаратуры видеонаблюдения, управление которой осуществляется выходным сигналом через соответствующий контакт специального разъема. Сигналы управления формируются восемью выходными ключами с открытым коллектором, в режиме охраны они разомкнуты, а в режиме тревоги дублируют тревожное извещение, замыкая соответствующий контакт разъема на «общий».

- 1 – опора (стена);
- 2 – пробка под шуруп – 4 шт.;
- 3 – шуруп 3×20 – 4 шт.;
- 4 – основание – 1 шт.;
- 5 – крышка – 1 шт.;
- 6 – плата печатная – 1 шт.;
- 7 – звуковой сигнализатор – 1 шт.;
- 8 – разъем DRB-9MA – 1 шт.;
- 9 – колодка контактная – 11 шт.;
- 10 – счетчик тревог – 1 шт.;
- 11 – кнопка «СБРОС» – 1 шт.;
- 12 – световой индикатор зеленого свечения – 1 шт.;
- 13 – световой индикатор красного свечения – 8 шт.;
- 14 – кнопка – 8 шт.;
- 15 – винт – 2 шт.



### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Hant A.R. Detection and assessment requirements definition for the ICBM physical security system // Proc. Carnahan Conf. on security technology.-Lexington: Univ.of Kentucky, 1985, UKY BU137, p. 104 – 109.
2. Allen R.L. et al. Buried line sensor evaluation for BISS // Proc. Carnahan Conf. on crime countermeasures. Lexington: Univ.of Kentucky, 1974, UKY BU105, p .9 – 21.
3. Perimeter defence // Defence: London, 1990, June, p. 279 – 284.
4. Свирский Ю.К. Рынок периметровых средств охранной сигнализации на пороге третьего тысячелетия // Системы безопасности, 2000, № 38, с. 26 – 30.
5. Яроцкий В.А. Методы обнаружения и определения местоположения объектов по их постоянному магнитному полю // Зарубежная радиоэлектроника, 1984, № 7, с. 45 – 56.
6. Магнитометрическое устройство для охранной сигнализации // Патент РФ № 2075905 от 20.03.96.
7. Haben J.F., Scarzello J.F. Law enforcement application of magnetic sensors // Proc. Carnahan Conf. on electronic crime countermeasures.-Lexington: Univ.of Kentucky, 1972, UKY BU98, p. 90 – 94.
8. Rashidova Munavvar Xaydarovna, Namozova Dilnoza Berdimurotovna. Effective methods of teaching. Materials of the republican 33-multidisciplinary online distance conference on “Scientific and practical research in Uzbekistan. Part 10. 2021. p. 23
9. Rashidova Munavvar Xaydarovna, Namozova Dilnoza Berdimurotovna. Teaching technical subjects through English. Ўзбекистонда миллий тадқиқотлар: даврий анжуманлар: 10-қисм. 32-б.
10. Rashidova Munavvar Khaydarovna. 2023. Techniques for improving cadets’ conversational skills. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. Oriental renessans. 3.(3) pp.637-640.
11. Rashidova Munavvar Xaydarovna. 2022. Recommendations on the use of scaffolding technology in English classes. Science and education. 3 (9) pp. 459-461.
12. M.X.Rashidova, D.B.Namozova. Teaching technical subjects through English. Ўзбекистонда миллий тадқиқотлар: даврий анжуманлар: 10-қисм. 32-б.
13. M.X.Rashidova. 2023. The importance of oral communicative tasks in developing communicative competence. Science and education. 3 (9) pp. 459-461.
14. Rashidova Munavvar Xaydarovna. 2023. Instructional scaffolding to improve learning. Innovative development in educational activities. 2 (7) pp. 135-140.

15. D.A.Akhmedov, D.I.Xashimov, M.X.Rashidova, D.B.Namozova. 2020. Simulation of the effect of turning steering wheel intensity on the vehicle stability. International journal of recent technology and engineering (IJRTE). 9 (2) pp. 242-247.
16. LeBlanc E.A. Remotely monitored, multichannel magnetic and IR intrusion sensors // Proc. Carnahan Conf. on security technology.-Lexington: Univ.of Kentucky, 1982, UKY BU127, p. 43 – 52.
17. Underground passive perimeter detection system // Secotec Technology LTD.- Technical description #8-157-98, 1998.
18. ГОСТ 19179-73. Гидрология суши. Термины и определения. –Введ. 1975-01-01. – Москва: Изд-во стандартов. 1975.
19. ГОСТ Р 22.0.02-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий. – Введ. 1996-01-01. – Москва: Изд-во стандартов. 1996.
20. ГОСТ Р 22.1.02-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Термины и определения. – Введ. 1997-01-01. – Москва: Изд-во стандартов. 1997.
21. ГОСТ Р 22.0.03-97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Введ. 1996-07-01. – Москва: Изд-во стандартов. 1996.
22. Попова Н. Н. Административно-правовые режимы особых территорий в Российской Федерации : дисс. ... канд. юрид. наук : 12.00.14 / Н. Н. Попова. – Москва, 2004. – 26 с.
23. Федулов Г. В. Защита населения от чрезвычайных ситуаций в РФ: конституционно-правовое регулирование : дис. ... канд. юрид. наук : 05.26.02 / Г. В. Федулов. – Москва, 2017. – 157 с.
24. Ильичев И. Е. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на муниципальном уровне / И. Е. Ильичев // Вестник Белгородского юридического института МВД России. – 2014. – №2. – С. 14-19.
25. Ковтун О. Б. Методические подходы к созданию комплексной системы безопасности жизнедеятельности населения в субъектах РФ / О. Б. Ковтун // Технологии гражданской безопасности. – 2016. – №4. – С. 63-68.