

# Средства обнаружения нарушителей

## для сигнализационного блокирования подкопов под заграждение и решеток водопрпусков

Окончание – аналитический обзор зарубежных и российских технических решений для сигнализационного блокирования подкопов и водопрпусков.

Начало – в № 3 – 2020.

Итак, стандартными техническими решениями для сигнализационного блокирования подкопов и водопрпусков является применение:

- вибрационных средств обнаружения (ВСО) для регистрации и дискриминации (на полезные и помеховые) вибраций защитных заграждений, которые могут быть вызваны нарушителем;
- сейсмических средств обнаружения (ССО) для регистрации и дискриминации сейсмических колебаний грунта вблизи основного периметрального заграждения объекта, которые могут быть вызваны нарушителем.

Разница между ВСО и ССО заключается в среде распространения полезных сигналов – заграждении (твердой структуре) и грунте (мягкой структуре) соответственно. В литературе применяется термин вибротсейсмические СО, что в данном случае логично отражает физику сигналообразования, – значимые сейсмические колебания грунта вызывают вибрации близкорасположенного заграждения через механический контакт его полотна, стоек или фундамента (например, вследствие работы строительной техники). Этот эффект имеет обратный характер – «качание» заграждения вызывает в грунте сейсмические волны. В американской литературе можно встретить термин сейсмоакустическое СО – когда сейсмические датчики регистрируют, в том числе, пролет авиации на низкой высоте, что вызывает значимые акустические волны, воздействующие на поверхность грунта, обуславливающие сейсмические колебания.

Кроме двух основных путей, существуют и нестандартные решения, связанные с использованием СО контактно-обрывного (или электромеханического) принципа действия, осуществляющего распределенный омнический контроль линейной и площадной целостности защитных сеток и решеток (от их разрушения). Хотя этот принцип известен давно и широко применялся в нашей стране еще 60 лет назад (прежде всего во вневедомственной охране), современные технологии «вдохнули» в него новую жизнь и уже реализованы в зарубежных изделиях.

Станислав ЗВЕЖИНСКИЙ,  
д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник  
отдела НИОКР, АО «НПК «Дедал»

Денис ЛЬВОВ,  
начальник отдела НИОКР, АО «НПК «Дедал»

Игорь ПАРФЕНЦЕВ,  
к.т.н., доцент, сотрудник АО «Группа Защиты-Ютта»

### СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ КОНТАКТНО-ОБРЫВНЫЕ СО ДЛЯ ЗАЩИТЫ ВОДОПРОПУСКОВ И ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДКОПОВ

Мировой лидер в области охранных технологий концерн Magal Security Systems (Израиль, образован в 1969 г.) предлагает изделие MagVar, которое выпускается уже около 20 лет в различных спецификациях и предназначено для защиты решеток водопрпусков, проходов под дорогами, трубопроводов и вообще разных проемов [18,19]. По сути, это пассивное СО с размещением кабельного (проводного) ЧЭ внутри полых стальных гальванизированных труб, образующих разнообразные конструкции защитных решеток, примеры которых показаны на рис.4.



Рисунок 4 –  
виды решеток  
водопрпусков,  
защищаемых СО  
«MagVar»

НЕМНОГО ИСТОРИИ

**Взрыв  
немецкого  
укрепления**



7 июня 1917 года англичане провели локальную наступательную операцию на Западном фронте, возле бельгийского городка Мессин. Расположенные на возвышенности немецкие позиции на несколько километров врезались в глубину британской обороны и грозились долго отравлять жизнь англичанам.

Чтобы избежать повторения «мясорубок» Вердена и Соммы, британцы разработали сложный план, требующий больших усилий и времени. Более 20 тысяч солдат за 15 месяцев прорыли в сторону немецких окопов 20 глубоких тоннелей общей протяженностью около 7,5 километров. Самый крупный из них имел длину 650 метров. На концах тоннелей были оборудованы 25 взрывных камер (в некоторых тоннелях — по две), в которые уложили в общем счете 542 тонны взрывчатки.

Для обеспечения скрытности все работы велись вручную. На конечном этапе саперы трудились без обуви, чтобы не привлекать внимание стуком каблуков о дощатый настил. Глубина заложения тоннелей составляла от 25 до 50 метров, что даже для метрополитена является солидной величиной. Весь вынутый грунт под землей насыпали в мешки, которые поднимали на поверхность и вывозили в глубокий тыл только ночью, когда не работали германские воздушные наблюдатели.



**Приемы работы  
саперов в минных  
шахтах Мессина**

Используется два вида ЧЭ, обуславливающих две модификации изделия, различающихся чувствительностью:

- 1) CAST-MagVar с проводным ЧЭ: по сути, это — контактно-обрывное СО для обнаружения «грубых» попыток вторжения, связанных с резкой труб и демонтажем решетки (обрыв микропровода);
- 2) более чувствительная OPTI-GRID-MagVar с кабельным оптоволоконным ЧЭ: по сути, это — вибрационное СО, чувствительное к взлому решетки и малым ее деформациям.

Срок эксплуатации СО MagVar — не менее 5 лет, диапазон рабочих температур от -40 до +70° С, электропитание осуществляется от источника постоянного тока напряжением 12 — 30 В, потребляемая мощность составляет 10 или 800 мВт — соответственно для 1-й или 2-й модификации. Интеграция в ССОИ осуществляется посредством сухих контактов или интерфейса RS-422. Производитель указывает на практическое отсутствие ложных тревог при высокой обнаружительной способности в рамках

описанной модели вторжения. Основное ноу-хау MagVar связано с технологией изготовления массивных решеток из полых металлических труб с размещенным и скоммутированным внутри микропроводом.

Стальные решетки со встроенным ЧЭ изготавливаются индивидуально Magal для каждого проекта; могут размещаться как на воздухе, так и быть постоянно погруженными в воду. В изделии реализуется важная процедура технического обслуживания — очистка решетки от наносного мусора и ила, которые могут заблокировать водоток. Имеются два варианта очистки: ручной и автоматический, когда решетка по направляющим поднимается вручную при помощи лебедок и электродвигателя, если уровень воды превышает определенную высоту. Третий вариант очистки: если решетка имеет вид распашных ворот, то под избыточным давлением воды (связанным с появлением мусора) она автоматически распаивается и затем закрывается.

Концерн OREP (образован в 1972 г.) является ведущей французской фирмой в области охранно-защитных технологий [20]. Его изделия охраняют особо важные объекты — Евротуннель, атомные электростанции. В линейке продукции OREP главное место занимает система Peristor — фактически контактно-обрывное СО, смонтированное в специальное металлическое ограждение в виде плетеной сетки. Стандартный размер ячейки сетки составляет 17х17 см, она плетется из уникальной металлической трубки диаметром 3 мм (B-wire), внутри которой распространяется сигнальный провод. Размеры и конфигурация сетки — любые (по желанию заказчика), она закрепляется на опорах и может быть закопана в грунт, опущена в воду, — трубка при плетении сохраняет герметичность (рис.5).



**Рисунок 5 —  
внешний вид  
систем Peristor,  
Франция**

Чтобы проникнуть внутрь охраняемого рубежа, необходимо разрушить сетку-трубку (и оборвать сигнальный провод), поскольку плетение не позволяет ее раздвинуть. Прочность трубки контролируется и может варьироваться при изготовлении. Для защиты от контактных врезок электронный модуль системы постоянно контролирует сопротивление провода. Поскольку внешняя трубка сделана из нержавеющей стали, сетку можно закапывать в землю, создавая неглубокий противоподкопный рубеж [20, 21].

Разработчик гарантирует работоспособность системы Peristor в течение 10 лет в самых тяжелых условиях эксплуатации (химическое производство, полное погружение в воду), срок службы превышает 20 лет. В случае блокирования водопропуска достаточно крупная ячейка Peristor не позволит сетке быстро забиваться сором, илом или мусором, и ее очистка не будет дорогостоящим делом.



Особенностью системы Peristor является экстремально низкая средняя наработка на ложную тревогу  $T_L$ , превышающая 5000 час на участок протяженностью 1000 м [21].

Другие изделия OREP по аналогичной технологии дополняют необходимые сегменты СФЗ объекта:

- PeriGate — защищенные раздвижные (распашные) ворота;
- PeriSas для усиленной физической защиты решеток, в том числе полноростовых турникетов, водопропусков, искусственных проходов;
- PeriFence Double (увеличенной чувствительности) обеспечивает обнаружение преодоления козырькового ограждения путем перелаза с подручными средствами.

## ВИБРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ СО ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДКОПОВ

### Сейсмическая система обнаружения глубоких подкопов 3-го типа

Сейсмическая система TunnelGuard (ТГ в переводе — «охранник туннелей») производства MAGAL регистрирует и распознает сейсмические «следы» различной деятельности человека или машин при подкопах [18, 22]. Система состоит из совокупности базовых сенсорных модулей (TG Sensor Unit, TGSU), подключенных к ближайшим концентраторам по интерфейсу RS-232; концентраторы подключены по интерфейсу RS-485 к центральному процессору, выполненному на базе промышленного компьютера (рис.6).

Каждый модуль TGSU содержит 4 идентичных геофона — преобразователей сейсмических вибраций в электрические сигналы, он запитывается от концентратора. Основная обработка 4-х коррелированных сигналов осуществляется в модуле TGSU и основана на методах интеллектуального анализа данных. При этом происходит фильтрация неугрожающих сейсмических помех, вызванных, например, движением транспорта на близлежащих дорогах и подземном метро, работой строительной техники; в то же время, обнаруживая на фоне помех слабые полезные сейсмические сигналы, вызванные подозрительной деятельностью человека — копанием, бурением, действием отбойного молотка и пр. Заметим, что в качестве ЧЭ используются геофоны — наиболее чувствительные из всех известных (пьезоэлектрики, электретные, микромеханические, трибоэлектрические и пр.) сейсμοпреобразователи.

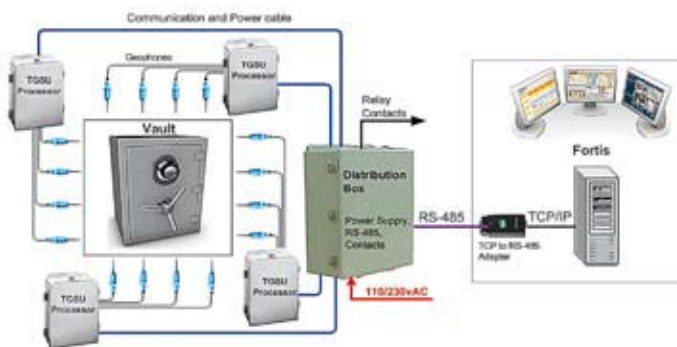


Рисунок 6 — Структурно-функциональная схема системы TunnelGuard

Система TunnelGuard используется, в том числе, для защиты банковских хранилищ, тюрем, музеев и других объектов городской инфраструктуры от «туннельных» вторжений, в условиях повышенного помехового фона. TGSU устанавливается рядом с защищаемым сектором, при этом геофоны предназначены для работы практически на всех типах почв (исключая зыбучие пески, болото). Центральный процессор собирает данные с каждого сенсорного модуля, осуществляет их совместную обработку и с помощью специального программного обеспечения Fortis обеспечивает отображение информации на мониторах оператора СФЗ.

Известны некоторые технические характеристики компонентов системы, работоспособной в интервале температур от -40 до +70°С. Для геофона: собственная частота 10 Гц, полоса пропускания более 250 Гц; собственное сопротивление 395 Ом; чувствительность 0,20 В/см/с; вес 86 гр., диаметр 25 мм, защита по IP67. Сенсорный модуль: защита по IP66, питание 6 В постоянного тока, потребляемая мощность не более 90 мВт. Концентратор: защита по IP66, подключение до 4-х TGSU, питание 110/220 В плюс внутренний аккумулятор на 3 дня автономной работы [22].

Численные значения основных сигнализационных характеристик ( $P_0$ ,  $T_L$ ), а также глубине Н обнаружения возможного подкопа (или радиусу действия) по TunnelGuard не раскрываются, а обозначаются качественно — «на очень высоком уровне».

### Отечественные вибросейсмические СО для обнаружения траншей и лазов (неглубоких подкопов 1-го и 2-го типа)

В АО «Юмирс» разработано и производится вибросейсмические СО «Мурена» и «Мурена-02» для обнаружения неглубоких подкопов под сигнализационное ограждение [23-25]. Изделия состоят из 2-х основных частей — блока обработки сигнала (БОС), к которому подключается ЧЭ — два отрезка трибоэлектрического кабеля специальной конструкции, заглубляемых в грунт на глубину 0,3 м вблизи ограждения.

У кабельного ЧЭ центральный проводник в виде медной спирали относительно свободно перемещается под действием сейсмических колебаний грунта. Посредством трибоэффекта это обуславливает появление электрических сигналов, которые регистрируются и обрабатываются. Грунт после установки ЧЭ утрамбовывается и досыпается в течение месяца. Имеется возможность интегрировать в СО датчик температуры, что исключает надобность в сезонной подстройке параметров.

Сравнительные характеристики изделий линии «Мурена» приведены в табл. 1. Настройка изделий осуществляется по 3-м и более параметрам с помощью присоединяемого/отсоединяемого прибора приемно-контрольного, используя интерфейс RS-232, либо — дистанционно посредством интерфейса RS-485 с компьютера, где установлено специальное программное обеспечение (СПО).

АО «НПК «Дедал» (г. Дубна Московской обл.) производит вибросейсмическое СО «Амулет-М», предназначенное для сигнализационного блокирования неглубоких подкопов — траншей [26, 27]. В качестве ЧЭ используется промышленный бронированный кабель связи ТППЭБШл 10х2х0,4, обладающий устойчивым трибоэффектом. Его конструкция компактна, что обеспечивает высокую помехоустойчивость к трафику (авто-, ж/д-, авиатранспорт) и вообще индустриальной активности, но меньшую чувствительность к подкопу (радиус 30). Положительным является отсутствие здесь зависимости трибочувствительности от температуры.

Основные ТТХ «Амулет-М» показаны в табл. 1. Изделие отличают:

- минимальное энергопотребление, простая настройка;
- высокая помехоустойчивость, подтвержденная сотнями инсталляций на важных объектах, государственной границе;
- резко ограниченная ЗО, позволяющая индустриальную и природную активность в непосредственной близости от ограждения;
- работоспособность во всех климатических зонах, во всех грунтах, кроме болотистого и скального;

- повышенная устойчивость к электромагнитным помехам индустриального и природного происхождения.

СО «Гюрза-038ПЗ» производства АО «НПП «СКИЗЭЛ» предназначена для противодействия подкопу под заграждением [28, 29], имеет структуру (БОС и кабельный ЧЭ), аналогичную вышерассмотренным изделиям. Его отличительные черты:

- минимальное энергопотребление;
- формирование ЧЭ из 2-х последовательно соединенных, рядом лежащих ка-

белей с различным механизмом трибоэффекта – достаточно «плотного» кабеля связи ТППэл10х2х0,32-315 со стабилизированным трибоэффектом и «подвижного» кабеля КТВУ-М (внутренний проводник – медная спираль). Последний имеет экран в виде обмотки или оплетки из медной проволоки, защиту в виде стальных проволок, наружную полиэтиленовую оболочку. ТТХ СО «Гюрза-038ПЗ» показаны в табл. 1.

**Таблица 1 – Тактико-технические характеристики вибротехнических средств обнаружения неглубоких подкопов 1-го и 2-го типа**

Характеристики	Значения параметров						
	Мурена	Мурена-02	Амулет-М	Гюрза-038ПЗ	Крот-В	Микрос-102МП	Годограф-Универсал
Название СО	Мурена	Мурена-02	Амулет-М	Гюрза-038ПЗ	Крот-В	Микрос-102МП	Годограф-Универсал
Протяженность зоны обнаружения, м, макс	2х150 =300	2х250 =500	2х250 =500	1000	100...150	2х200 =400	2х250 =500
<b>Декларируемые основные ТТХ:</b>							
Вероятность обнаруж., не менее	-	0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	
Средняя наработка на ложную тревогу, час, не менее	-	-	3000	2400	240	2000	
Диапазон рабоч. температур, °С	-45...+50		-50...+50	-60...+50	-45...+50	-50...+50	-40...+50 -50...+50 (подогрев)
Кабель для формирования ЧЭ	Специальный трибо-кабель КТВУ-М		Кабель связи ТППэлББШп	Кабели: КТВУ-М, ТППэл-10х0,32 SKICHEL	Кабель КТВ-МЭП или КТВУ	Кабель связи ТППэлБ-бШп	Защита кабеля металло-рукавом
Зависимость чувствительности СО от температуры	Да		Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Глубина установки ЧЭ, м	0,5	0,3 (не менее)	0,3...0,5	0,2	0,5-0,7	0,3	0,3...0,6
Глубина обн. подкопа, м, макс	1,0	2,0	0,7	1,2	2,5	0,6	0,7...1,0
Устойчивость к источникам помех, удаление, м, мин.							
- группа людей	3		0	2	3	Нет данных	1
- автотранспорт	20		1	10	20	Нет данных	5...10
- ж/д транспорт	50		10	15	50	Нет данных	100
- низколетящий авиатранспорт	100		50	Нет данных	200		300
- ЛЭП 110 кВ	15		3	5	Нет данных	5 (35 кВ)	1,5 (220 В)
Ограничения по травяному и снежному покровам			Нет				Нет
Напряжение пит. пост. тока, В	9...36		10...30	8...36	12...36	9...40	20...30 20...30 обогрев
Потребляемая мощность, Вт							
- дежурный режим							0,25;0,5
- при настройке (пульт, индик.)	0,5	0,5	0,2	0,05	0,7	0,6	RS-485
- цепь подогрева			0,2	0,11	0,7		2,4 5,0
Число регулир. параметров, способ	3, откл. пульт		1, переключ.	3, микроки	1, подстр. рез.	Нет, АРП	6 встр. пульт упр.
Регулировка чувствительности (регламентное обслуживание)	Да, не менее 2-х раз в год		Нет	Нет	Нет	Нет	Да, сезонное
Спец. требование к установке	Нет		Нет	Нет	Нет	Траншея 0,6 м с щебнем	Траншея 0,6 м с щебнем
Выход: сухой контакт (СК), удаленный интерфейс	СК, RS485		СК	СК	СК	СК	СК, RS485

Ручной (РК) и дист. (ДК) контроль работы, индикация сработки и неисправности	+ Встроенный дисплей		+	+	РК и ДК нет	РК и ДК нет, встр. диагн. по RS-232	+
Требования к сопротивлению заземления БОС, Ом, не более	40	10	20	Не предъявл.	Не предъявл..	4	40
Класс защиты БОС	IP65		IP56 (треб. кожух)	IP55 (треб. кожух)	IP65	IP66	IP65
Срок службы, лет	10	8	8	8	8	10	8

ООО «НПП «ИНПРОКОМ» (Владимирская обл.) производит противоподрывное СО «Крот-В» на основе трибоэлектрического кабеля [30, 31]. Его отличительные черты – повышенная чувствительность, но в тоже время минимальная (из известных СО) помехоустойчивость – регламентируется средняя наработка на ложную тревогу 240 час. С другой стороны, это довольно простое изделие, его чувствительность регулируется с помощью подстроечного резистора, отсутствует возможность ручного и дистанционного контроля работоспособности.

АО «МИКРОС» (г. Ногинск Московской обл.) производит противоподрывное СО «Микрос-102 МП» [32, 33]. В качестве ЧЭ используется кабель ТППЭпББШп. Его основная особенность – применение функции автоматического регулирования порога (АРП), когда чувствительность СО зависит от уровня окружающего сейсмического шума. При установке требуется подготовка траншеи (глубиной 0,6 м) для укладки ЧЭ (посередине) – засыпка щебнем для обеспечения равномерной и устойчивой чувствительности при различном агрегатном состоянии грунта. Имеется функция АРП. Для дистанционного контроля работоспособности используется переносной компьютер с предустановленным СПО.

В НИКИРЭТ (филиал АО «ФНПЦ «ПО «Старт», г. Заречный Пензенской обл.) разработано и выпускается универсальное СО «Годограф-Универсал», которое используется для сигнализационного блокирования различных видов заграждений, а также для обнаружения неглубоких подкопов [34, 35]. СО «Годограф-Универсал» пришло на смену изделию «Вереск» и состоит из 2-х основных частей: блок электронный; двухфланговый вибрационный кабельный ЧЭ, зарываемый в грунт около заграждения. В БОС встроена панель управления с ЖК-дисплеем, предназначенная для настройки изделия (в дежурном режиме отключается, снижая энергопотребление).

ЧЭ изготавливается на базе специального виброчувствительного кабеля КТВ-Мф ТУ16.К18-062-2002 (внутренний проводник – медная спиральная проволока, изоляция – трубка из полиэтилена, экран – фольгированная пленка, оболочка – полиэтилен). Кабель снабжается оболочкой из металорукава ТУ 22-5570-83. ЧЭ используется в различных грунтах, кроме болотистого, песчаного или скальных пород.

ТТХ изделия показаны в табл. 1. Для обеспечения сигнализационной надежности необходимо проведение регламентных работ и перенастройка изделия не менее 2-х раз в год:

- 1) при наступлении устойчивых морозов, промерзания грунта (среднесуточная температура ниже -5° С);
- 2) после таяния снега, оттаивания грунта (среднесуточная температура выше 10° С).

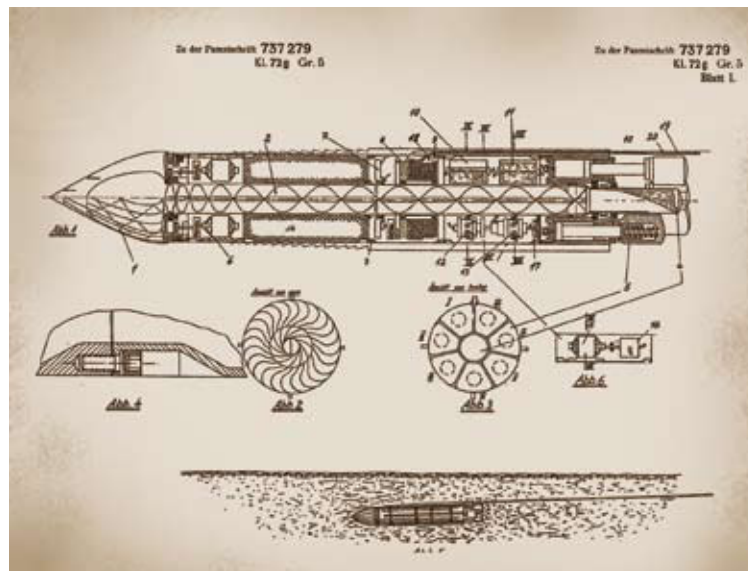
Для удовлетворения требованиям военного ГОСТ по рабочей температуре (вплоть до -50° и ниже), осуществляется подогрев БОС по отдельной линии.

Следует упомянуть и изделие «Ворон-ГЕО-3» компании «Прикладная радиофизика» (г. Черноголовка Московской обл.), предназначенного для обнаружения сейсмической активности в 30 шириной 10–12 м в условиях повышенной индустриальной активности. В прямой постановке задачи – это не обнаружение подкопа, но изделие может быть переориентировано и на это. «Ворон-ГЕО-3» – это не средство, а система (комплекс) обнаружения, где ЧЭ представляет собой волоконно-оптический кабель длиной до 16 км, протяженность отдельной 30 не превышает 250 м, число контролируемых зон – до 64. ЧЭ «накачивается» когерентным ИК-излучением, сейсмические сигналы приводят к фазовым изменениям, которые детектируются и распознаются позонно. В качестве БОС в системе выступает промышленный компьютер, размещаемый на КПП. Изделие характеризуется полной электромагнитной совместимостью – невосприимчивостью к электромагнитным помехам.

Таким образом, все известные вибросейсмические средства обнаружения неглубоких подкопов используют ЧЭ на основе кабелей связи или специальной конструкции с выраженным «паразитным» трибоэлектрическим эффектом. В целом невысокая чувствительность кабельных ЧЭ (по сравнению, например, с геофонами) определяет диапазон обнаруживаемых подкопов на глубинах 0,6 – 2,5 м. Изделия или не требуют сезонной регулировки, или нуждаются в ней 2 раза в год – при изменении агрегатного состояния грунта.

### НЕМНОГО ИСТОРИИ

Про боевые подземные машины известно многое, но о реализованных проектах никто не пишет и не снимает. Тем не менее, такие аппараты разрабатывали и даже патентовали. На патентном листе изображена подземная торпеда (так и называется), изобрел ее немецкий инженер Райнхольд Экебрехт в 1940 году. Сама идея вполне оригинальная, сумрачный немецкий гений породил и не такое, но с реализацией, слава богу, дело не задалось.



### Вибрационные СО для сигнализационного блокирования полотна полноростового заграждения, заглубленного в грунт

С 1970-х годов известен способ противодействия вторжению нарушителя путем проделывания неглубокой траншеи (некоторое заглубление полотна металлического заграждения и создание определенной преграды). При этом целостность полотна на «перекус» в дальнейшем стала контролироваться вибрационными СО, ЧЭ которых размещался на воздушной части заграждения. Тем самым одновременно решались 3 задачи:

- защита от неглубокого подкопа – траншеи глубиной до 0,5 м;
- экономия на стоимости специализированных противоподкопных ЧЭ или СО, рассмотренных выше;
- экономия на классе защиты (и стоимости) ЧЭ, который размещается не в грунте (подвержен действию грызунов, напряжениям и разрывам в почве и пр.), а на воздухе.

Недостаток такого решения один, но весьма серьезный – подготовленный (осведомленный) нарушитель, зная о таком способе применения в данном месте, проделав канаву глубиной более 0,5 м, может бесконтрольно вторгнуться на объект охраны. Тем не менее, многие производители предлагают такое решение для вибрационных СО:

- «Дельфин-М» и «Дельфин МП» (АО «НПК «Дедал»);
- «Квартет-А» (АО «СНПО «Элерон»);
- «Сечень-02» (ООО «СТ-Периметр»);
- «Трезор-В04» (ООО «НПЦ «Трезор»);
- «Точка» (ООО «Старт-7») и др.

Эти типовые решения могут использоваться при охране многих территориально распределенных объектов, исключая особо и критически важные, где необходимы специализированные СО против подкопов.

**Таблица 2 – Тактико-технические характеристики виброрейсмических средств сигнализационного блокирования решеток водопропусков**

Характеристики	Значения параметров		
	Гавот-МП	Виброн-01	Паутина
Название СО	Гавот-МП	Виброн-01	Паутина
Габариты или площадь зоны обнаружения (решетки), макс	15x3 м (2 м под водой)	900x2 100x2=200 ДВ на один БОС	9 м <sup>2</sup> на один ДВ 48 ДВ на один БОС
<b>Декларируемые основные ТТХ:</b>			
Вероятность обнаружения, не менее	0,95	0,98	-
Средняя наработка на ложную тревогу, час, не менее	2000	-	-
Диапазон рабочих температур, °С	-50...+50	-40...+60 -60...+65 (арктический)	-60...+50
Чувствительный элемент, датчик вибраций	Специальный трибокабель ТППЭп	Адресный точечный датчик-акселерометр	Адресный точечный датчик MEMS
Зависимость чувствительности СО от температуры	Нет	Нет	Нет
Допустимая скорость водного потока, м/с, макс	2,0	2,0	-
<b>Устойчивость к помехам, удал., м, мин.</b>			
- автотранспорт (легковой – грузовой)	3	1-3	-
- ж/д транспорт	10...20 (электро)	25	-
- низколетящий авиатранспорт	-	-	-
- ЛЭП 10 кВ	5	5	30 (35 кВ)
- ЛЭП 220 кВ	100	25	50
Устойчивость к одиночным ударам плавущих предметов	Да	Да	Да
Напряжение пит. пост. тока, В	10...30	10,2...30	21...27
<b>Потребляемая мощность, Вт</b>			
- дежурный режим	0,15	4,8	1,5 БОС + 0,05 на ДВ
- при настройке (пульт, индикация)	0,15	-	-
- цепь подогрева (арктический вариант)	отсутствует	6,0	-

### Вибросейсмические СО для сигнализационного блокирования водопропусков

Известные технические средства предназначены не для прямого, а косвенного контроля и защиты водопропусков при установке на них защитных металлических решеток, и это решение является повсеместным.

АО «НПК «Дедал» (г. Дубна Московской обл.) производит СО «Гавот-МП» для сигнализационного блокирования металлических заградительных решеток и заграждений водопропусков [26, 38]. СО традиционно состоит из 2-х основных частей. Кабельный ЧЭ жестко закрепляется на надводной части решетки по всей длине в два прохода и регистрирует вибрации при попытках ее разрушения, а также демонтажа ЧЭ. БОС воспринимает и дискриминирует электрические сигналы с ЧЭ (рис.7).

Типовая решетка для водопропуска имеет габариты 1x2 м и ячейку 0,1x0,1 м, изготавливается из уголка 50x50 мм, заполненного арматурным прутком диаметром 10 мм. ТТХ изделия «Гавот-МП» (рис.2) показаны в табл.2. Его отличительными особенностями являются [38]:

- контроль любых типов решеток водопропусков (определяется проектной документацией после обследования объекта);
- высокая сигнализационная и эксплуатационная надежность;
- устойчивость к воздействию промышленных помех и трафику;
- малое потребление электроэнергии;
- легкость монтажа и настройки, неприхотливость в ТО.



Число регулируемых параметров, способ	1, переключатель	4, дистанционно по RS-485	2, перекл. в ДВ
Регламентная регулировка чувствительности	Нет	Нет	Нет
Спец. требование к установке	-	ДВ на каждой секции заграждения, исключать контакт с водой	ДВ на каждой секции заграждения
Выход БОС: сухой контакт (СК), удаленный интерфейс	СК	СК, RS-485	СК, RS-485
Ручной (РК) и дистанционный (ДК) контроль работы, индикация сработки и неисправности	+	+	+
Требования к сопротивлению заземления БОС, Ом, не более	20	Не предъявляются	10
Класс защиты БОС	IP65	IP54 (треб. кожух)	IP65
ЧЭ (ДВ)	IP67	IP54	IP65
Срок службы, лет	10	8	8

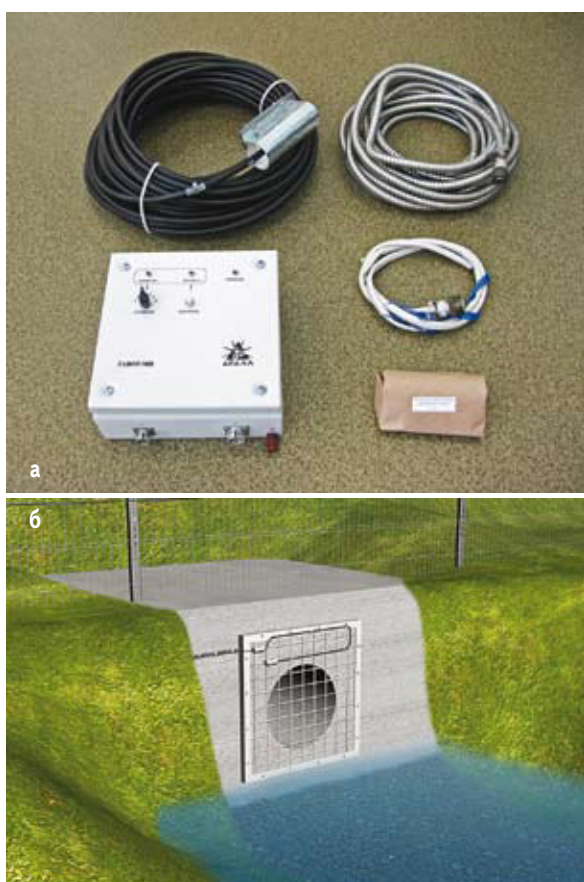


Рисунок 7 – Вибрационное СО «Гавот-МП»: а) состав; б) применение

В ООО «СТ-Периметр» (г. Пенза) разработано вибрационное СО «Виброн-01», предназначенное, в том числе, для сигнализационного блокирования решеток водопропусков [37, 39]. Функционально СО состоит из БОС и 2-х сигнальных шлейфов (две витые пары – питание и сигнальная) длиной до 900 м, к которым подключаются до 100 адресных точечных датчиков виброчувствительных (ДВ). Каждый ДВ «отвечает» за секцию заграждения, где установлены микропреобразователь-акселерометр и встроенный микропроцессор (рис.8). Датчик, закрепляемый в верхней части секции заграждения, регистрирует «полезные» вибрации, связанные с разрушением всей секции путем «выкусывания» или перепиливания прохода, отгибанием части полотна, перепиливанием прутьев и пр. Микропроцессор

обрабатывает сигналы с MEMS-акселерометра и формирует выходной сигнал, который передается на БОС посредством интерфейса RS-485. Масса ДВ около 0,2 кг, габариты Ø88х25 мм.



Рисунок 8 – Адресный вибродатчик-акселерометр фирмы «СТ-Периметр»

Характеристики СО «Виброн-01» показаны в табл.2. Для арктических условий предназначена модификация «Виброн-01А», обеспечивающая соответствующую рабочую температуру «по минусу» путем подогрева БОС. Четыре параметра алгоритма обработки информации регулируются с помощью присоединяемого прибора контроля для каждой отдельной секции решетки, защищаемой одним адресным ДВ.

В АО «Юмирс» разработано и производится вибрационное СО (комплекс) «Паутина» [23, 40]. Изделие предназначено для обнаружения попыток разрушения или деформации металлических заградительных конструкций, в том числе металлических решеток водопропусков с диаметром прутка до 16 мм. К БОС по 4-м двухпроводным шлейфам подключаются до 12-и адресных датчиков вибраций (ДВ), каждый из которых блокирует площадь не менее 9 м<sup>2</sup>. Сечение провода шлейфа (не менее 0,2 кв. мм) должно быть таким, чтобы напряжение на самом удаленном ДВ было не менее 10 В.

ДВ построен на базе MEMS-акселерометра, его габариты 120х100х36 мм. В нем расположен ДИП-переключатель для установки адреса, а также 2-х параметров алгоритма – т.н. временного и амплитудного порогов (4 положения). Сигнальная обработка осуществляется в ДВ с помощью встроенного микропроцессора. Сигнал «тревога» с ДВ по 2-проводному шлейфу передается в БОС и далее по интерфейсу RS-485/USB на компьютер с предустановленным СПО, с помощью которого можно получить полную информацию о состоянии СО, провести его настройку и тестирование. В табл.2 показаны характеристики СО «Паутина».

Таким образом, рассмотренные технические решения для блокирования решеток водопропусков отражают две основные тенденции в построении соответствующих СО, использующих:

- 1) кабельный трибоэлектрический ЧЭ, простирающийся в 1 или несколько проходов на всю длину (ширину) решетки, контролируя ее целостность;
- 2) один или несколько адресных акселерометрических точечных датчика, воспринимающих вибрации одной секции ограждения.

Основные преимущества первого варианта — минимальное энергопотребление, повышенная помехоустойчивость, низкая стоимость, простота настройки и технического обслуживания. Преимущества второго варианта — практически неограниченные возможности по одновременному блокированию множества водостоков, адресный характер тревог (идентификация вплоть до секции, где расположен соответствующий точечный вибродатчик), повышенная чувствительность к различным видам воздействий на решетку, возможности дистанционного регулирования.

## ВЫВОДЫ

1. Подкопы и водостоки — исторически слабые места в системе охраны объекта, защищаемой ограждением, которое контролируется охранной сигнализацией. Подготовленный (осведомленный) нарушитель, зная эти уязвимости, может планировать вторжение именно там.
2. Подкопы под сигнализационное ограждение возможно классифицировать на 3 типа:

- 1) открытый подкоп или траншея, откапываемая быстро, а однократное вторжение осуществляется сразу без маскировки следов; такие траншеи имеют глубину до 1 м;
- 2) неглубокий скрытый подкоп или лаз на глубине 1 — 5 м от поверхности, который откапывается скрытно в течение нескольких недель (месяцев) и маскируется; длина лаза может составлять до 120 м;
- 3) глубокий скрытый подкоп — туннель, на глубине от 5 м до 27 м, который откапывается на протяжении нескольких месяцев, оборудованный примитивными

## НЕМНОГО ИСТОРИИ

В 1957 году, нелегальный переход границы был объявлен в ГДР уголовным преступлением. Но восточные немцы продолжали бежать. Многие перебирались на Запад под Стеной. Подкопы рыли студенты и пенсионеры, целые семьи и даже школьные классы... Их было столько, что эти подкопы чаще всего называют по числу «копателей», сумевших перебраться на Запад: «подкоп 28-ми», «подкоп 22-х», «подкоп 29-ти». В книге Бодо Мюллера «Притягательная сила свободы» особенно подробно описан «подкоп 57-ми».

Он был уникальным и по размаху, с которым действовали западноберлинские организаторы побега, и по количеству бежавших, и по драматизму ситуации, ведь в ходе него был убит пограничник ГДР. Почти сорок человек, живших на Западе, в течение нескольких месяцев рыли лаз под Стеной на глубине двенадцати метров. В октябре 1964 года они вышли на поверхность во дворе одного из полузаброшенных домов на восточной стороне. Общая длина этого подземного туннеля, начинавшегося в подвале западноберлинской булочной, составила 140 метров. В течение двух дней (точнее, ночей) по нему почти без перерыва выбирались на Запад беглецы: 57 человек. Но о существовании подкопа узнал стукач, и во двор на территории Восточного Берлина ворвались гэдэровские солдаты. Завязалась перестрелка (у западноберлинских студентов, дежуривших у входа в туннель на восточной стороне, были с собой пистолеты). Один из восточногерманских пограничников был убит.

В ГДР он был объявлен героем, погибшим от рук «империалистических диверсантов». Его именем называли школы и улицы, пионерские лагеря и пароходы. Лишь после воссоединения Германии, когда стали доступны архивы министерства госбезопасности ГДР, выяснилось, что тот пограничник в действительности погиб от пуль своих же товарищей.



Участник «подкопа 57-ми».  
Участок берлинской стены

системами жизнеобеспечения; длина составляет в среднем порядка 300 м, однако может достигать и 1,5 км.

3. Подкопы 1-го типа — траншеи — достаточно надежно обнаруживаются как специализированными сейсмическими и вибро-сейсмическими СО, использующими кабельные чувствительные элементы, установленные в грунт, так и вибрационными СО, блокирующими полотно ограждения, заглубленного в грунт на 0,3...0,5 м. Выбор на рынке таких изделий достаточно широк, они отличаются функционалом, надежностью, чувствительностью.
4. Подкопы 2-го типа — лазы — обнаруживаются только специализированными СО, выбор которых невелик, да и их сигнализационная надежность ниже, особенно в условиях сильного индустриального сейсмического шума.
5. Глубокие подкопы 3-го типа — туннели — типовыми сейсмическими СО не обнаруживаются, а оценить эффективность нестандартных решений, известных по зарубежным источникам, не представляется возможным.
6. На отечественном рынке имеются изделия, осуществляющие сигнализационное блокирование решеток водопропусков; они относятся к двум типам, выбор которых является альтернативным.

## Литература

18. <https://magalsecurity.com/>.
19. MagBar: Technical Specification DS-MAGBAR-V6.0/E-11/11. — Magal S3, 2011.
20. Ларин А.И. Охранная система Орег: надежная защита протяженных периметров. Каталог «Системы безопасности», 2012.
21. <https://www.orep-securite.com/home1>.
22. TunnelGuard: Technical Specification DS-Tunnelguard-V2/E-09/12. — Magal S3, 2012.
23. <https://www.umirs.ru>.
24. Вибрационное средство обнаружения «Мурена»: Руководство по эксплуатации ЮСДП.425119.001 РЭ. — Пенза: ЮМИРС, 2012.
25. Вибрационное средство обнаружения «Мурена-02»: Руководство по эксплуатации ЮСДП.425119.001-02 РЭ-ЛУ. — Пенза: ЮМИРС, 2017.
26. <https://dedal.ru>.
27. Прибор «Амулет-М»: Руководство по эксплуатации ГКАЖ.42514.003 РЭ. — Дубна: АО «НПК «Дедал», 2010.
28. <https://www.skichel.ru>.
29. Извещатели охранные периметровые трибовибрационные «Гюрза-038ПЗ» и «Гюрза-038ПЗ-1»: Руководство по эксплуатации ФРКМ.425160.038-02 РЭ. — Серпухов: СКИЗЭЛ, 2012.
30. <https://inprokom.ru>.
31. Датчик обнаружения противоподкопный «Крот-В»: Руководство по эксплуатации НПК.425116.006 РЭ. — п. Балакирево Владимирской обл.: ООО «НПП «ИНПРОКОМ», 2015.
32. <http://www.mikros.ru>.
33. Датчик обнаружения трибоэлектрический «Микрос-102МП» (противоподкопный): Инструкция по эксплуатации ЕИЯГ.425121.006-05 ИЭ. — Ногинск: АО «Микрос», 2013.
34. <https://nikiret.ru>.
35. Изделие «Годограф-Универсал»: Руководство по эксплуатации БАЖК.425118.004 РЭ, РЭ1. — Заречный: НИКИРЭТ, 2016.
36. <http://www.neurophotonica.ru>.
37. <http://st-perimetr.ru>.
38. Средство обнаружения «Гавот-МП»: Руководство по эксплуатации ГКАЖ.425114.113 РЭ. — Дубна: АО «НПК «Дедал», 2013.
39. Извещатель охранный вибрационный «Ввиброн-01»: Руководство по эксплуатации СПМТ.425132.001 РЭ. — Пенза: ООО «СТ-Периметр», 2016.
40. Комплекс защиты решеток от деформации и разрушения «Паутина»: Руководство по эксплуатации ЮСДП.425318.001 РЭ.- Пенза: «Фирма «Юмирс», 2016. 