

Слайд 1

Уважаемый председатель, уважаемые члены государственной аттестационной комиссии!

Тема моей выпускной квалификационной работы – **«Радиолокационный параметрический метод обнаружения подповерхностных объектов, типа мин».**

Слайд 2

Итак, **целью** работы является теоретическое и экспериментальное обоснование параметрического радиолокационного метода и возможная реализация поискового комплекса.

Задачи исследования представлены на слайде.

Слайд 3

Итак, вертикальная компонента всегда превосходит по амплитуде горизонтальную компоненту. Наглядное представление о характере колебаний в волне Релея можно получить из данных, приведенных на рисунке. Во внутренних точках среды при увеличении глубины размеры осей эллиптической орбиты уменьшаются. Начиная с некоторой глубины ($z=0.2\lambda R$), горизонтальная компонента вектора смещения меняет свой знак, а направление движения частиц по эллипсу меняется на противоположное. Обе компоненты вектора смещения быстро затухают по мере увеличения координаты z .

Слайд 4

На рисунке приведены кривые распределения средней по времени плотности энергии в релеевской волне по глубине для сред с коэффициентом Пуассона в пределах $0 \div 0,5$ (все реальные среды). Средние плотности энергии отнесены к средним плотностям энергии у поверхности ($z=0$). Как видно из графика, для всех твердых сред плотность энергии сначала быстро убывает при удалении от свободной поверхности, затем убывание замедляется (при $\sigma < 0,1$) или сменяется максимумом (при $\sigma > 0,1$), после чего наступает плавный экспоненциальный спад плотности энергии с глубиной.

Слайд 5

Вынужденные колебания корпусов объектов поиска на определенных частотах, дистанционно влияют на отраженный радиолокационный сигнал, создаваемый РЛС. Анализируя принятый радиолокационный сигнал, мы можем выделить модуляцию его фазы, вызванную механическими колебаниями корпуса объекта. Частота и амплитуда промодулированного отраженного сигнала является дополнительным информационным признаком

объекта. Способ реализуется следующим образом: приемопередатчик радиолокатора 5 сканирует поверхность земли 1 качающимся лучом 7 впереди транспорта - носителя поисковой установки, 6 антенна радиолокатора. Поверхностная волна Релея 3 распространяется от сейсмического излучателя 4 и возбуждает механические колебания во всех приповерхностных неоднородностях, включая объект поиска 2. Последние существенно отличаются по частоте и амплитуде вибраций от других объектов поиска, что и является информационным признаком распознавания объекта поиска.

Слайд 6

Исследуем энергетические соотношения радиолокационного канала для двух вариантов реализации комплекса с совмещенным приемопередатчиком РЛС размещенным на базовой машине, так и с разнесением передатчика и приемника, где РЛС подсветки находится на базовой машине, а отраженный сигнал принимается на выносных подвижных блоках.

На рисунке представлены геометрия расположения радиолокатора в точке Q₁ (для совмещенного приемопередатчика), и разнесенного варианта с размещением передатчика в точке Q₁ и приема отраженного сигнала в точке Q₂. Объект поиска расположен в точке М на наклонном расстоянии R₁ между двумя объектами.

Слайд 7

Первый этап натурных испытаний был посвящен анализу спектральных характеристик как объектов поиска, так и объектов, имитирующих ложные цели (пустотелой алюминиевой фляжки и камней). В качестве объекта исследования рассматривался пластиковый наполненный цилиндр диаметром 500 мм и высотой 120 мм. Объекты располагались на поле покрытым травой с достаточно плотным грунтом. Схема эксперимента представлена на рисунке. Для излучения сейсмических волн использовался невзрывной электромагнитный источник «Енисей 1.6», с силой удара 1500 кг, а также удары кувалдой весом 10 кг.

Слайд 8

Продолжением дальнейших экспериментальных исследований стало получение информации о смещении объекта под действием сейсмических волн с помощью радиолокатора. Схема эксперимента приведена на рисунке. Объект исследования размещался в двух положениях, на поверхности грунта и заглубленной в землю на 0,1 м. Так же были получены измерения для пустой поверхности.

Слайд 9

Проведя анализ полученных данных видим, что положения объекта отличаются друг от друга на частотах $f > 40$ Гц по параметру ширины полосы частот в спектре сигнала. Из этого можно сделать вывод, что искусственный

объект под воздействием сейсмической волны представляет собой избирательный фильтр, который в свою очередь сужает полосу частот механических колебаний своего корпуса. Полученные результаты на частотах до 40 Гц могут трактоваться как неопределенность, связанная с неоднородностью сейсмического воздействия.

Слайд 10

На рисунке изображена схема экспериментальной установки для проверки чувствительности радиолокационного метода к амплитуде вибрации объекта поиска.

Использовались экспериментальные локаторы автодинного типа на рабочие частоты 2,5 и 10 ГГц с мощностью излучения около 1 мВт. В качестве мишени объекта применялся диффузор громкоговорителя, амплитуда вибрации которого предварительно измерялась микрометром.

Слайд 11

Возможный вариант подобного комплекса, включающий базовую машину с командой операторов и несколько управляемых на расстоянии подвижных блоков-роботов (БР) с навесными сенсорами различных классов изображен на рисунке. На данный поисковой комплекс автором был получен патент. На базовой машине, кроме команды операторов, управляющих индивидуально каждым из БР, размещены передатчик радиолокатора с дальностью действия 100-200 м и навесной сейсмический вибратор с рабочим диапазоном частот в пределах механических резонансов корпусов поисковых объектов.

Слайд 12

Поисковыми элементами на борту БР являются набор приёмников, с антеннами для приема отраженных от почвы радиолокационных сигналов, излучаемых передатчиком РЛС с базовой машины и радиоволновые датчики. Система синхронизации обеспечивает временное разделение сигналов комплекса, при котором в начале используется параметрическая система с передатчиком РЛС и затем радиоволновые датчики. Примерная конструкция блока-робота приведена на рисунке.

Слайд 13

Количество периферийных роботов-носителей может составить 5-6 на борт, с соответствующим числом операторов. Управление производится по видеоканалу с размещением видеокамер как на самом роботе-носителе, так и на машине операторе. Представляет интерес конструкция периферийных управляемых роботов-носителей оснащенными датчиками различного типа. Это могут быть высокопроходимые самодвижущиеся машины, массой 10-50 кг, для обработки открытых площадей. Поскольку масса полезного груза используемых сенсоров небольшая 1-2 кг, возможна установка на БПЛА типа квадрокоптеров. Процесс сканирования местности обеспечивает оператор.

Поскольку освещение поверхности грунта будет производится в инфракрасном диапазоне с длиной волны 3мкм , то чувствительность одного поискового элемента будет существенно выше, чем при облучении радиоволнами. Полученная информация должна передаваться по радиоканалу на базовую машину.

Описанный аппаратный комплекс может быть использован в первую очередь для гуманитарного разминирования больших площадей, а так же для проведения работ по поиску инженерных коммуникаций. Двухканальный принцип построения поискового элемента в сочетании радиоволнового искателя и параметрического, с привлечением дополнительного признака распознавания механического смещения корпуса под действием сейсмических ударов позволяет снижать число ложных тревог, увеличив вероятность верного обнаружения цели и тем самым ускорить процесс поиска.

Слайд 14

Таким образом, Цель работы достигнута.

Спасибо за внимание! Доклад окончен.