МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи

УДК 621.365.52

БАКУМЕНКО Алексей Виюх>рович

Обнаружение

противопехотных мин в почве

с использованием теплового воздействия

СВЧ энергии

диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

(Специальность 01.04.03.-радиофизика)

Научный руководитель Кандидат физико-математических наук, Старший научный сотрудник А.Б. Киселев

г. Москва-2000

з

Оглавление Стр.

Введение. 5

Главаї. Обзор литературы. 16

1.1. Методы обнаружения объектов под поверхностью почвы. 16

1.2. Мины как вид вооружения. 17

1.3. Методы обнаружения мин, основанные на различии физических и химических свойств почвы и объекта. 25

1.3.1. Индукционные детекторы металлических предметов в почве. 25

1.3.2. Детекторы испаренных миной веществ. 26

1.3.3. ИК детекторы. 28

1.3.4. Акустические методы обнаружения мин. 29

1.3.5. Радиолокационные методы. 29

1.4. Метод Воскобойника-Морозова. 31

1.5. Выводы по обзору литературы. Постановка задачи. 35

Глава 2. Формирование температурного поля на

поверхности почвы при облучении ее СВЧ энергией. 36

2.1. Обнаружение неметаллической мины. 36

2.1.1. Обоснование модели расчета. 3 6

2.1.2. Математическая модель и результаты расчетов

для однородной среды. 38

2.1.3. Математическая модель и результаты расчетов

для двухслойной среды. 43

2.2. Обнаружение металлической мины. 53

2.2.1. Обоснование модели расчета. 53

2.2.2. Математическая модель и результаты расчетов. 55 Глава 3. Экспериментальные исследования. 63

3.1. Обоснование выбора частотного диапазона. 63

3.2. Экспериментальное оборудование. 67

4

3.2.1. Источники излучения на частоте 2,45 ГГц. 67

3.2.2. Источники излучения на частоте 5,8 ГГц. 67

3.2.3. Регистратор теплового (ИК) излучения. 67

3.2.4. Ящик с песком. 70

3.3. Исследования нагрева почвы. 70

3.4. Исследования скорости нагрева почвы в двухслойной модели. 71

3.5. Эксперименты по обнаружению реальных мин. 87

Глава 4. Военно-технические аспекты разработанного метода. 91

4.1. Требования к аппаратуре миноискания. 91

4.1.1. Требования к частоте излучения. 91

4.1.2. Требования к выходной мощности. 91

4.1.3. Однородность излучения по площади. 95

4.1.4. Специфические требования. 96

4.1.5. Требования к ИК индикатору. 96

4.1.6. Требования к обработке результатов. 98

4.1.7. Требования к аппаратуре в целом. 99

4.1.8. Требования к аппаратуре по защите сапера

от СВЧ излучения. 99

4.2. Организационно-технические мероприятия. 100

4.2.1. Необходимость сочетания методов поиска. 100

4.2.2. Обучение саперов. 102 Заключение. 104 Литература. 107 Приложение. Технические задания на разработку миноискателя. 118

5 Введение.

Одним из видов вооружения в настоящее время являются мины, укрытые под поверхностью почвы. Имеющие малую цену, легко изго-товляемые, легко устанавливаемые они наносят ощутимый урон живой силе и технике наступающего противника. Как оборонительное оружие мины используются для защиты своих позиций, для противодействия перемещению противника по коммуникациям, когда он вынужден тра¬тить время на разминирование. В наступательной операции необходимо взламывать оборону противника, нейтрализуя при этом не менее 90 % мин на узких направлениях. После окончания боевых действий такое разминирование становится недостаточным. Согласно данным ООН, в настоящее время в 65 странах мира в земле установлено около 110 млн. мин, и ежегодно устанавливается от 2 до 5 млн. мин и взрывоопасных предметов, а обезвреживается в год в лучшем случае 100 тысяч. Более 95 % составляют мины противопехотные. На неочищенной от мин тер¬ритории уже в мирное время гибнут гражданские лица, в том числе женщины и дети.

Известные способы обнаружения посторонних предметов под по¬верхностью почвы, в частности мин, основаны на измерении искажения статических характеристик почвы (магнитных, электростатических, теп¬ловых, запаха и др.), обусловленного наличием в ней посторонних пред¬метов. Эти способы сложны, громоздки по оборудованию и, тем не ме¬нее, недостаточно надежны, не обеспечивают 100%-го выявления. Эф¬фективность средств обнаружения мин недалеко ушла от уровня Второй мировой войны. Наиболее перспективным представляется сейчас метод, основанный на принципах радиолокации, т.е. направленного облучения поверхности почвы СВЧ волной и фиксации сигнала, отраженного от

6

предмета, обладающего иными, чем почва электромагнитными свойст¬вами. Но и этот способ испытывает затруднения при обнаружении мин, не содержащих металла, или содержащих его в очень малых количест¬вах.

В 1998 г. сотрудниками ГУ НЛП "Магратеп" (Фрязино) М.Ф. Вос-кобойником и О.А. Морозовым на основе их исследований поглощения СВЧ энергии диэлектриками был предложен способ обнаружения мин в почве, заключающийся также в облучении почвы СВЧ энергией, но фиксацией не отраженного сигнала, а изменения температуры поверхно¬сти почвы, появляющегося, если под облучаемой поверхностью спрятан предмет, независимо от того, какой он природы - диэлектрический или металлический.

Но авторы предложенного способа ограничились, по сути дела, толь¬ко идеей и не довели его до уровня научных и технических решений, при этом остались не выясненными ни физика явления, ни пути по¬строения реальных систем миноискателей. Цели и задачи работы

Целью настоящей работы стало изучение процесса теплоперено-еа в почве, в которой происходит объемное выделение энергии, и про-явления этого переноса в изменении температуры поверхности над уча¬стками, где заложена и не заложена мина. Были поставлены следующие задачи:

-выявить физику процесса обнаружения мины в почве в зависимости от свойств грунтов, параметров облучения и от вида объекта - диэлек¬трические и металлические мины;

-оценить граничные возможности метода по времени поиска, глуби¬не заложения мин, необходимой СВЧ мощности;

-сформулировать пути конкретных инженерных разработок, исходя из физико-технических и военных требований.

7

Для решения поставленных задач были проведены теоретические и экспериментальные исследования. Особенностью теоретических рас¬четов было доведение их до приближенных аналитических выражений, выявляющих характерные черты явления в явном виде. Эксперименты проводились как на имитаторах мин, выполненных из разных материа¬лов, так и на реальных образцах мин, применяемых в инженерных вой¬сках РФ.

Заключение

 ВнастоящейработепроведенытеоретическиеиэкспериментальныеисследованияметодаобнаруженияпротивопехотныхминподповерхностьюгрунтапутемоблученияпочвыСВЧэнергиейификсированиемполучающегосятепловогорельефапочвыДоказаночтоэтотметодявляетсявполнеприемлемымдлявнедренияввойскакакметодразведкиминныхполей

 ВрезультатетеоретическихисследованийсформулированымоделираспространениятеплавоблучаемомСВЧэнергиейгрунтеприналичиивнемминывкорпусахсотличающимисяотгрунтатеплофизическимихарактеристиками

Решениядоведеныдоприближенныханалитическихвыраженийпозволяющихпредставитьзависимостипроявляемоготепловогорельефаповерхностипочвыотсвойствгрунтапараметровоблучениятипаобъектаиглубиныегозалегания

Приэтомпоказанавозможностьобнаруживатьнетолькоминывметаллическихкорпусахдлякоторыхпригодныиизвестныеметодыноиминывдиэлектрическихкорпусахприменениедлякоторыхизвестныхметодовзатруднительно

РазработанспособпозволяющийсприемлемойточностьюопределятьглубинузалеганияминывгрунтевчастностиминывдиэлектрическомкорпусеСпособзаключаетсявснятиизависимоститемпературыповерхностипочвынадобъектомотвремениоблученияпреобразованииэтойзависимостивзависимостьвторойпроизводнойтемпературыповремениотвремениисуждениипохарактернымособенностямкривойоглубинезалеганиямины

 Проведенылабораторныеэкспериментальныеисследованиянагрева

поверхностигрунтовприоблученииихСВЧэнергиейначастотеГГц

дляразныхвариантовматериаловимитаторовкорпусовминзаложенных





подповерхностьгрунтамедьстальплексигласфторопластполиэтиленвойлокрезинаидрВсеониобнаруживаемы

 ПроведеныиспытаниявполевыхусловияхнареальныхнобезвзрывателейобразцахминиспользуемыхвроссийскойармииИспытанияпроведеныначастотеГГцВкачествекритерияобнаруживаемостииспользованаразницавтемпературахповерхностипочвынадсоседнимиучасткамиравная°СчтонапорядоквышеточностипримененногорегистраторатемпературытепловизораЭтоткритерийвполнеможетбытьрекомендовандляиспользованиянастадииисследования

 Наосновепроведенныхисследованийсформулированыконкретныефизикотехническиеивоенныетребованиядляразработкиминоискателя

ВзаключениехочувыразитьблагодарностьмоемунаучномуруководителюКиселёвуАлексеюБорисовичузапостановкузадачиипостоянноевниманиекработе

коллективуВоенногоПредставительства№МинистерстваОбороныРФипреждевсегоГерасименкоСергеюВалерьевичуАрсентьевуАлексеюЮрьевичуТехануАлександруИосифовичуДмитренкоГеннадиюНиколаевичуиЧевордаевуЮриюАнатольевичузапомощьвоформлениидиссертацииипониманиетрудностейдиссертантаГординуВладимируАлександровичузапомощьвпроведениитеоретическихисследований

сотрудникамГНППИстокЖуковуАнатолиюГригорьевичуиПугачевуЕвгениюПетровичузапредоставлениетепловизорадляэкспериентов

сотрудникамЦНИИМОХанюченкоНиколаюИвановичуиКачкинуВладимируПавловичузапомощьвпроведенииэкспериментальныхисследованийнаполигоне

ГенеральномуКонструкторуГНППИстокРебровуСергеюИвановичузасуровуюнодоброжелательнуюкритику





сотрудникамГУНППМагратепМорозовуОлегуАлександровичуВоскобойникуМихаилуФилипповичуиГрибачевуАлексеюВикторовичузадружескуюподдержкуипомощьвпроведениилабораторныхэкспериментов