

UOT

**MƏMMƏDOVA Z.C., FƏRƏCOVA X.A.**

*MAKA-nın Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosu*

## **MAQNİTOMETRİK VASİTƏLƏRİN MÜLKİ VƏ HƏRBİ İŞLƏRDƏ TƏTBİQİ MƏSƏLƏLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI**

Maqnitometrik vasitələr mülki və hərbi əməliyyatlarda geniş tətbiq edilmişdir. Bu vasitələr yeraltı boru kəmərlərini və kabelləri aşkar etmək, binanın dayanıqlılığına nəzarət etmək və ekoloji təhlükələri qiymətləndirmək üçün istifadə edilmişdir. Məsələn, Fransanın Paris şəhərində yeni metro xətti çəkilməzdən əvvəl yeraltı boru kəmərlərinin və kabellərin yerini müəyyən etmək üçün maqnitometrik tədqiqatlar aparılmışdır ki, bu da mühəndlərə mövcud ziyanın qarşısını almağa və tikinti zamanı qəza riskini azaltmağa imkan vermişdir. Buna misal olaraq aparılmış digər tədqiqatları da nümunə gətirmək olar. 30 ildən artıq tərk edilmiş təbii qaz kəmərinin aşkar etmək üçün aparılan tədqiqat nəticəsində zaman keçdikcə landşaftın dəyişməsi nəticəsində itmiş kəmərin dəqiq yeri müəyyən edilmişdir. Bu, boru kəmərinin təhlükəsiz şəkildə çıxarılmasına, hər hansı bir sızmanın və ətraf mühitə zərər verilməsinin qarşısını almağa imkan vermişdir.

Maqnitometrik cihazlar yer səthinin altında olan materialların maqnit xüsusiyyətlərini ölçmək üçün maqnit sahəsindən istifadə edir. İnşaat mühəndisliyində bina və tikililərin dayanıqlılığını təyin etmək üçün bu cihazlar maqnit xüsusiyyətlərini ölçməklə, binanın bünövrəsindəki hər hansı bir dəyişikliyi aşkar edə bilir. Bu da qrunzun altındakı yerdəyişməni və digər struktur problemləri göstərdiyi üçün mühəndlərə maneələri tez bir zamanda müəyyən etməyə və hər hansı ciddi ziyan baş verməzdən əvvəl düzəldici tədbirlər görməyə imkan verir.

**Maqnitometrik vasitələrin quruluşu və iş prinsipi:** Maqnitometr maqnit sahəsinin xüsusiyyətlərini (gücünü) və materialların maqnit xüsusiyyətlərini (istiqamətini) ölçmək üçün cihazdır. O həmçinin ölçülmüş kəmiyyətdən asılı olaraq sahənin gücünü, istiqamətini, maqnit induksiyanı, maqnit axınını ölçən cihazdır. Ölçülmüş kəmiyyətin

xarakterindən asılı olaraq maqnitometrələr müəyyən vahidlərdə (maqnit sahəsinin gücü, maqnit induksiyanın vahidləri, maqnit sahəsinin istiqaməti və s.) kalibrənlir. Maqnitometrələr aşağıdakı hallarda istifadə olunur:

- geologiya, faydalı qazıntıların axtarışında;
- arxeologiya, arxeoloji qazıntılarda;
- dənizdə, kosmosda və aviasiyada naviqasiya;
- sualtı qayıqları aşkar etmək üçün hərbi kəşfiyyat;
- biologiya və tibb;
- seysmologiya (zəlzələlərin proqnozlaşdırılması);
- elmi təcrübələr;
- maqnit geoxronologiyası.

Maqnitometrələrin iş prinsipləri ölçülmüş sahədə cihazın həssas elementinə (məsələn, kiçik bir daimi maqnit) təsir edən mexaniki momentlərin ölçülməsinə əsaslanır. Bu daimi maqnitin sahəsinin istiqaməti ilə üst-üstə düşməyən xarici sahəyə məruz qaldıqda, həssas maqnit xarici ölçülmüş sahənin gücündən və ölçmə maqnitinin sahəsinin istiqamətindən və xarici maqnitdən asılı olan bir fırlanma anı yaşayır. Ölçmə maqnitini burulma üçün elastik olan bir asqı üzərində asılmışdır; cihazın istiqamətini nəzərə alaraq bükülmə dərəcəsi xarici sahəni təyin edir.

İnduksiya əsaslı maqnitometrin iş prinsipi elektromaqnit induksiya qanununa əsaslanır. Bir maqnit sahəsi sensorun bobinindən keçdikdə, bobin(lər) üzərində gərginlik yaradır. İnduksiya edilmiş gərginlik maqnit sahəsinin gücünün dəyişmə sürəti ilə mütənasibdir. Bu induksiya edilmiş gərginliyi ölçməklə maqnitometr maqnit sahəsinin gücünü və bəzi hallarda istiqamətini təyin edə bilər. Ölçmə sxemi dəqiq ölçmələr əldə etmək üçün induksiya edilmiş gərginliyi gücləndirir və emal edir. Onun dövrəsindən keçən maqnit axını dəyişdikdə ölçmə bobinin çıxışında cərəyan

şiddətinin qiyməti dəyişir [2]. Bobindəki axının dəyişməsi aşağıdakı səbəblərə görə ola bilər:

- zamanla ölçülən sahənin böyüklüyünün və ya istiqamətinin dəyişməsi ilə (məsələn, induksiya variometrləri, fluxmetrlər). Ən sadə fluxmetr (vebermetr) yüksək təzyiq rejimində işləyən ballistik qalvanometrdir.
- ölçülmüş sahədə ölçmə bobininin mövqeyinin (fırlanma, dövr etmə periodu) dövrü dəyişməsi ilə;

İnduksiya maqnitometrləri yer və kosmik maqnit sahələrini, texniki sahələri, maqnitobiologiyada və s. ölçmək üçün istifadə olunur:

- Titrəmə maqnitometri
- Fluxmetr
- Ferroprob maqnitometr.

Maqnitometrlər induksiya, nüvə maqnit rezonansı və ya superkeçiricilik kimi müxtəlif fiziki prinsiplərə əsaslanırlar. Burada şəkil 1-də induksiya maqnitometrinin, presessiya maqnitometrinin, overhauser və əsas quruluşu təsvir edilmişdir.



*Şəkil 1.*

- a) induksiya maqnitometri,
- b) Proton presessiya maqnitometri
- c) "Qorqon" maqnitometri,
- d) Overhauser maqnitometri.

İnduksiya əsaslı maqnitometr adətən aşağıdakı komponentlərdən ibarətdir:

- a) Sensor: Sensor maqnit sahəsinin aşkarlanmasından məsul olan əsas komponentdir. O, adətən bir maqnit nüvəsi ətrafında sarılmış bir rulondan və ya bir sıra rulonlardan ibarətdir. Nüvə maqnit sahəsinin aşkarlanması həssaslığını artırır. Sensor ölçmə dövrəsinə bağlıdır.
- b) Ölçmə sxemi: Ölçmə sxemi sensordan alınan siqnalı gücləndirir və emal edir. Analox siqnalı əlavə təhlil və ya nümayiş etdirmək üçün rəqəmsal formata çevirmək üçün gücləndiricilər, filtrlər və analoxdan rəqəmsal çeviricilər (ARÇ) ola bilər.
- c) Display və ya Məlumat Qeydiyyatçısı: Ölçmə sxemindən kompyutera daxil olan çıxış siqnalı ekranda göstərilir və ya sonradan təhlil olunmaq üçün yaddaşda saxlanılır. Bu, tədqiqatçılara maqnit sahəsi məlumatlarını şərh etməyə və öyrənməyə imkan verir.

Aşağıdakı şəkildə proton presessiya maqnitometrinin blok sxemi göstərilmişdir.

Proton presessiya maqnitometri nüvə maqnit rezonansı (NMR) fenomenindən istifadə edərək maqnit sahələrini ölçmək üçün istifadə olunan bir cihazdır. O, ölçülən maqnit sahəsinin gücünü dəqiq müəyyən etmək üçün birlikdə işləyən bir neçə əsas komponentdən ibarətdir.

Proton Presessiya Maqnitometrinin əsas strukturu adətən aşağıdakı komponentləri əhatə edir:

**Nümunə kamerası:** Alətə karbohidrogen əsaslı protonları olan maye ilə doldurulmuş nümunə kamerası daxildir. Nümunədəki protonlar xarici maqnit sahəsi ilə uyğunlaşır.

**Radiotezlikli impuls sarğacı:** Nümunə kamerası radiotezlikli (RT) impulsu yaradan bir sarğac ilə əhatə olunmuşdur. Nümunəyə RF impulsu tətbiq edilir, bu da protonların presessiya adlanan prosesə məruz qalmasına səbəb olur.

**Qəbuledici sarğac:** Qəbuledici sarğac nümunə kamerasına yaxın yerdə yerləşdirilir. O, protonların presessiyasını qeyd edir və cavab olaraq elektrik siqnalı yaradır.

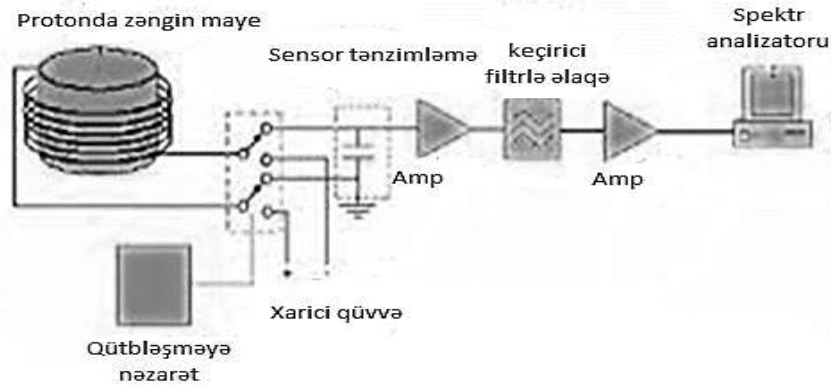
**Siqnalın emal olunma sxemi:** Qəbuledici sarğacdən gələn elektrik siqnalı siqnal

emal sxeminə daxil olur. Bu sxem adətən aşkar edilmiş siqnaldan lazımi məlumatı çıxarmaq üçün gücləndiricilər, filtrlər və faza həssas detektorları əhatə edir.

**Əks olunma /Çıxış:** Emal olunmuş siqnal daha sonra təhlil və təsvir üçün uyğun formatda göstərilir və ya çıxarılır. Bu, rəqəmsal oxunuş və ya əlavə tədqiqat üçün qeydə alın-

mış məlumat toplusu ola bilər.

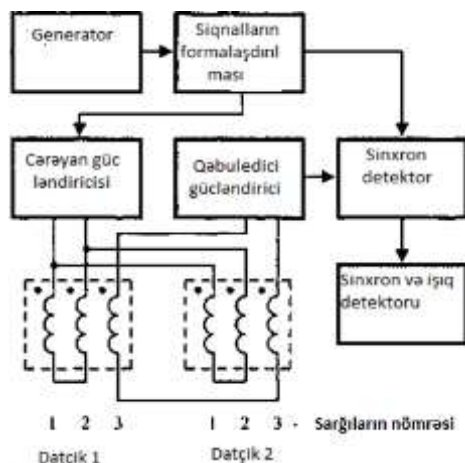
Proton presessiya maqnitometrinin iş prinsipi NMR fenomeninə əsaslanır. Nümunə kamerasına RT impulsu tətbiq edildikdə, protonlar enerjini udur və xarici maqnit sahəsinin istiqaməti ətrafında irəliləməyə başlayır. Presessiya tezliyi maqnit sahəsinin gücü ilə düz mütənasibdir [1].



Şəkil 2. Proton presessiya maqnitometrinin blok sxemi.

Bir qəbuledici sarğacı ilə presessiya tezliyini aşkar edir və siqnalı emal edərək, maqnitometr maqnit sahəsinin intensivliyini dəqiq müəyyən edə bilər. Nüvə maqnit rezonansı prosesi maqnit sahələrini ölçmək üçün yüksək dərəcədə dəqiq və etibarlı bir vasitədir.

Şəkil 3-də differensial maqnitometrinin struktur sxemi verilmişdir.



Şəkil 3. Differensial maqnitometrinin struktur sxemi.

Maqnitometrik vasitələr hərbi əməliyyatlarda da geniş tətbiq edilmişdir. Hərbi təşkilatlar aşkarlanması çətin olan, yerin altında

basdırılmış müxtəlif metal obyektləri və partlamamış hərbi sursatları aşkar etmişdir. Partlamamış hərbi sursatlar həm mülki əhali, həm də hərbi qulluqçular üçün ciddi təhlükədir və onların yerinin müəyyən edilməsi və çıxarılması ictimai təhlükəsizlik üçün çox vacibdir.

Hərbi sahədə, partlamamış hərbi sursatların, minaların, yeraltı tunellərin və bunkerlərin aşkar edilməsinə dair misal olaraq diqqətəlayiq nümunələr göstərmək olar. Məsələn, Avropada İkinci Dünya Müharibəsinin keçmiş döyüş sahələrində partlamamış hərbi sursatlar aşkar edilmiş, Almaniya, müharibədən sonra hələ də torpağa basdırılmış minlərlə partlamamış bombanın yeri müəyyən edilib, zərərsizləşdirilmişdir.

Maqnitometrik vasitələrin başqa bir hərbi tətbiqi su altında qalan obyektlərin aşkarlanmasıdır. Məsələn, itkin düşən Malaysian Airlines MH370 reysinin axtarışında okeanın dibində təyyarə qalıqları ilə əlaqəli ola biləcək hər hansı metal obyekti aşkar edilmişdir. Eynilə, dəniz arxeologiyasında gəmi qəzalarının və sualtı mədəni irs obyektlərinin yerini müəyyən etmək üçün maqnitometrik tədqiqatlardan istifadə edilmişdir. Maqnitometrik vasitələr basdırılmış və ya batmış obyektlərin

yeri və xassələri haqqında dəqiq və etibarlı məlumatları təqdim etməklə müxtəlif əməliyyatların təhlükəsizliyini və səmərəliliyini artırmağa, keçmiş münəfişələr yaşanmış ərazilərdə ciddi təhlükə yaradan partlamamış hərbi sursatların (PHS) aşkarlanmasına kömək edir. PHS-nin mövcudluğu yerli icmaların təhlükəsizliyi üçün risk yarada bilər və ərazilərin gələcək inkişafı və ya kənd təsərrüfatı üçün istifadəsinə mane ola bilər.

Hollandiya Müdafiə Nazirliyi keçmiş hərbi təlim zonasında PHS-nin yerini tapmaq üçün maqnitometrik vasitələrdən istifadə etmişdir. Tədqiqat yer səthinin maqnit sahəsi haqqında məlumat toplayan helikopter maqnitometri ilə aparılıb. Daha sonra alınan məlumatların köməyi ilə PHS-nin mövcudluğunu göstərdiyi yerləri vurğulayaraq ərazinin xəritəsini yaratmaq mümkün olmuşdur. Bombalar, qumbaraatanlar və minalar da daxil olmaqla çoxsaylı PHS-nin aşkarlanması ilə nəticələr çox uğurlu olmuş və sonradan bu təhlükələrin yeri xəritədə qeyd olunmuşdu ki, bu da onların hərbiçilər tərəfindən təhlükəsiz şəkildə çıxarılmasına və zərərsizləşdirilməsinə imkan vermişdir. Bu, nəinki yerli sakinlərin yaralanması və ölüm riskini azaltmış, həm də torpağın kənd təsərrüfatı və ya yaşayış kimi digər məqsədlər üçün istifadəsinə imkan verdi.

Bununla belə, qeyd etmək lazımdır ki, maqnitometrik vasitələrin tətbiqində məhdudiyyətlər və çətinliklər var. Məsələn, onlara yaxınlıqdakı metal obyektlər, temperaturun dəyişməsi və elektromaqnit müdaxiləsi kimi müxtəlif amillər təsir edə bilər. Bundan əlavə, onların dəqiqliyi və effektivliyi istifadə olunan xüsusi maqnitometrik vasitə növündən və onların istifadə olunduğu ətraf mühit şəraitindən asılı olaraq dəyişə bilər.

Maqnitometrik vasitələrin əsas məhdudiyyətlərindən biri də onların müdaxiləyə həssaslığıdır. Maqnit sahələrinə elektrik cərəyanları, yaxınlıqdakı maqnit materialları və Yer in maqnit sahəsindəki dəyişikliklər kimi müxtəlif amillər təsir edə bilər. Bu amillər ölçmələrdə səs-küy və təhriflər yarada bilər ki, bu da siqnalları fon səs-küyündən ayırmağı çətinləşdirə bilər. Maqnitometrik vasitələrin tətbiqində başqa bir problem onların məhdud nüfuz dərəcəsidir. Maqnit sahələri məsafə artdıqca zəifləyir və nəticədə maqnitometrik vasitələr

adətən yalnız bir neçə metr dərinliyə təsir edə bilər. Bu, onları yerin altında daha dərinlikdə yerləşən obyektləri və ya maqnit xassələrini aşkar etmək üçün daha az faydalı edir.

Maqnitometrik cihazlar temperatur və rütubət kimi ətraf mühit amillərindən təsirlənə bilər ki, bu da ölçmələrin düzgünlüyünə təsir edə bilər. Buna görə də dəqiq nəticələri təmin etmək üçün vasitələrin kalibrlənməsi çox vacibdir. Maqnitometrik məlumatların effektivliyi müdaxiləyə həssaslıq, məhdud nüfuz dərəcəsi, ətraf mühit amilləri və məlumatların şərhinin mürəkkəbliyi kimi müxtəlif çətinliklərlə məhdudlaşır. Tədqiqatçılar maqnitometrik vasitələrdən istifadə edərkən bu məhdudiyyətləri nəzərə almalı və onları aradan qaldırmaq üçün lazımi tədbirlər görməlidirlər. Onlar dəmir və ya polad kimi yüksək maqnit həssaslığına malik materialların aşkarlanmasında ən effektivdir və qeyri-maqnit materialların aşkarlanmasında o qədər də təsirli olmayabilir. Bundan əlavə, onların dəqiqliyi hava şəraiti və ya yaxınlıqdakı strukturların maqnit sahəsindəki dəyişikliklərdən təsirlənə bilər.

## NƏTİCƏ

Müxtəlif mülki və hərbi əməliyyatlarda maqnitometrik vasitələr geniş istifadə olunmuşdur. Mülki mühəndislikdə bu vasitələrin köməyi ilə yeraltı boru kəmərləri və kabelləri aşkar edilir. Bundan başqa binanın dayanıqlılığına nəzarət etməsi, ekoloji təhlükələrin öyrənilməsi üçün istifadə edilməsi və digər əlverişli xüsusiyyətləri vardır. Həmçinin, qeyd etmək lazımdır ki, hərbi sahədə partlamamış hərbi sursatların, minaların, yeraltı tunellərin və bunkerlərin aşkar edilməsi, su altında qalan obyektlərin tapılması zamanı dünyanın bir çox ölkələrində maqnitometrik vasitələrdən istifadə edilmişdir.

Məqalədə proton presessiya maqnitometrinin işləmə prinsipi və quruluşu haqqında toplanmış və tədqiq olunmuş məlumatlar göstərilmişdir.

## ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. D. Budker və M. Romalis, "Optik Maqnitometriya," Təbiət Fizikası, cild. 3, s. 227-234, 2007-ci il

2. Voinarovski P.D. ., Elektrik ölçmə cihazları // Brockhaus və Efron ensiklopedik lüğəti: 86 cildə (82 cild və 4 əlavə). - Sankt-Peterburq, 1890-1907.
3. Pomerantsev N.M., Rıjkov V.M., Skrotski G.V. Kvant maqnitometriyasının fiziki əsasları, M., 1972;

### **Maqnitometrik vasitələrin mülki və hərbi işlərdə tətbiqi məsələlərinin araşdırılması, quruluşu, iş prinsipi**

#### **XÜLASƏ**

Maqnitometrik vasitələrin effektivliyi çoxlu araşdırma mövzusu olmuşdur. Mülki və hərbi əməliyyatlarda maqnitometrik vasitələrin tətbiqi, o cümlədən onların gücü və məhdudiyyətləri haqqında ümumi məlumatlar qeyd edilmişdir.

Maqnitometrik vasitələrin prinsiplərinin və tətbiqlərinin araşdırılması müxtəlif sahələrdə, o cümlədən mülki mühəndislik, ətraf mühitin monitorinqi və müdafiə sahəsində çalışan alimlər, mühəndislər və hərbi qulluqçular üçün vacibdir. Mülki və hərbi əməliyyatlarda maqnitometrik vasitələrin xüsusi tətbiqləri araşdırır, onların məhdudiyyətləri və çətinlikləri müzakirə etdilir.

**Açar sözlər:** *Maqnitometrik vasitələr, yeraltı tunellər, bunkerlər, maqnit axını, induksiya maqnitometri, partlamamış hərbi sursatlar.*

### **Исследование вопросов гражданского и военного применения магнитометрических средств, устройства, принципа работы**

#### **РЕЗЮМЕ**

Эффективность магнитометрических инструментов была предметом многочисленных исследований. Приведены общие сведения о применении магнитометрических средств в гражданских и военных операциях, включая их мощность и ограничения/

Изучение принципов и применения магнитометрических приборов важно для ученых, инженеров и военнослужащих в различных областях, включая гражданское строительство, экологический мониторинг и оборону. В нем рассматриваются конкретные применения магнитометрических инструментов в гражданских и военных операциях, а также обсуждаются их ограничения и проблемы.

**Ключевые слова:** *Магнитометрические инструменты, подземные тоннели, бункеры, магнитный поток, индукционный магнитометр, неразорвавшиеся боеприпасы.*

### **Study of issues of civil and military application of magnetometric means, device and principle of operation**

#### **RESUME**

The effectiveness of magnetometric tools has been the subject of much research. General information about the application of magnetometric tools in civil and military operations, including their power and limitations, is mentioned.

Studying the principles and applications of magnetometric instruments is important to scientists, engineers, and military personnel in a variety of fields, including civil engineering, environmental monitoring, and defense. It examines specific applications of magnetometric tools in civil and military operations, and discusses their limitations and challenges.

**Key words:** *Magnetometric instruments, underground tunnels, bunkers, magnetic flux, induction magnetometer, unexploded ordnance.*

*Məqaləyə МАКА Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosunun Cihazların tədqiqi, layihələndirilməsi və sınaq işləri şöbəsinin rəisi İ.Həsənov rəy vermişdir.*