

Корисна модель належить до галузі магнітних вимірювань, а саме до приладів для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля.

Відомий прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля (Компас з рідинною опорою: Андреев А. М, Осипов О. Ю. Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. 228 с., С. 162), який містить корпус; рідинну опору, що складається з ємності з рідиною; поворотну частину, що містить плавучий елемент та датчик магнітного поля - намагнічену голку. Корпус компаса встановлюють на горизонтальну поверхню. Цей пристрій працює так: ємність заповнюють рідиною - водою, на її відкритій поверхні розміщують плавучий елемент, на якому горизонтально встановлюють намагнічену голку. Завдяки взаємодії намагніченої голки з геомагнітним полем, вона разом із плавучим елементом розвертається і встановлюється в площині магнітного меридіана.

Недоліками цього пристрою є:

- неможливість центрування поворотної частини компаса співвісно з ємністю, внаслідок чого поворотна частина переміщується до стінок ємності та силами поверхневого натягу "притискається" до неї;

- низька чутливість пристрою, що не дозволяє його використовувати для фіксації малих змін напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля.

Ознаками, спільними з корисною моделлю, є наявність:

- корпусу;

- рідинної опори, що складається з ємності з рідиною;

- поворотної частини, що містить плавучий елемент та датчик магнітного поля - намагнічену голку.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі є прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля (Рідинний магнітний компас зі зниженим тертям: пат. US20140366391 WIPO: МПК G01C17/18, G01C17/06, G01C17/08. №13920287. заявл. 16.03.2013, опубл. 18.12.2014), що складається з корпусу, що утворює прозору камеру, закриту зверху захисною поверхнею; рідинної опори, що має рідину, яка знаходиться в камері; поворотної частини, що містить плавучий намагнічений елемент круглого перерізу, який підтримується рідиною та має змогу вказувати на північний магнітний полюс. Середню густину плавучого намагніченого елемента підібрано так, щоб вона була меншою за густину рідини. Зменшення тертя плавучого намагніченого елемента в камері відбувається внаслідок дії виштовхувальної сили, що діє на нього з боку рідини. Поворот плавучого намагніченого елемента відбувається завдяки дії на нього магнітного поля Землі. Центрування в камері відбувається завдяки нижній V-подібній поверхні плавучого намагніченого елемента та нижньої поверхні камери корпусу.

Недоліками цього пристрою є:

- неповне усунення явища застою плавучого намагніченого елемента, що обмежує його використання для фіксації малих змін напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля;

- складність центрування плавучого намагніченого елемента;

- низька чутливість приладу, що не дає змогу його використовувати для фіксації малих змін напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля;

- відсутність можливості зміни інерційних характеристик поворотної частини приладу в процесі роботи пристрою для забезпечення необхідного режиму його демпфування;

- складність конструкції та висока собівартість матеріалів для виготовлення плавучого намагніченого елемента.

Ознаками, спільними з корисною моделлю є наявність:

- корпусу, що має зверху захисну поверхню;

- рідинної опори, яка складається з камери корпусу та рідини;

- поворотної частини, що містить плавучий намагнічений елемент круглого перерізу, який тримається в рідині та має змогу вказувати на північний магнітний полюс.

В основу корисної моделі поставлено задачу розробити прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля, який завдяки використанню рідинної опори для розміщення поворотної частини приладу з датчиком магнітного поля та усунення, як наслідок, застою поворотної частини приладу, а також використання явища поверхневого натягу рідини для центрування та повороту датчика магнітного поля, дозволяє фіксувати малі зміни напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля для завдань метеорології, навігації, геофізичних досліджень.

Поставлена задача вирішується тим, що прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля складається з корпусу, що містить основу та прозорий ковпак, рідинної опори, що має підставку, лімб з тримачем, ємність круглого перерізу з рідиною, і розміщеної на її відкритій поверхні поворотної частини, що містить плавучий елемент круглого перерізу, на якому фіксаторами закріплено датчик магнітного поля, причому бічні поверхні ємності та плавучого елемента виконані з матеріалів, що забезпечують змочуваність рідиною однієї з цих поверхонь та незмочуваність іншої. Для здійснення самоцентрування плавучого елемента співвісно з ємністю

необхідно, щоб величина рівномірного зазору між бічними поверхнями ємності та плавучого елемента не перевищувала ширину викривленої вільної поверхні рідини.

Прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля також має оптичну частину, що складається з плоского дзеркального елемента, закріпленого на плавучому елементі вздовж його осі, джерела напрямленого світла, закріпленого в тримачі, та екрана зі шкалою.

Суттєвими ознаками приладу є:

- наявність корпусу, що містить основу та прозорий ковпак; рідинної опори, що має підставку, лімб з тримачем, ємність круглого перерізу з рідиною;

- наявність розміщеного на відкритій поверхні рідини поворотної частини, що містить плавучий елемент круглого перерізу, на якому фіксаторами закріплено датчик магнітного поля;

- виконання бічних поверхонь ємності та плавучого елемента, який має змогу самоцентруватися, з матеріалів, що забезпечують змочуваність рідиною однієї з цих поверхонь та незмочуваність іншої;

- виконання плавучого елемента такого діаметра, що величина рівномірного зазору між бічними поверхнями ємності та плавучого елемента не перевищує ширину викривленої вільної поверхні рідини, що дозволяє плавучому елементу центруватися співвісно з ємністю та повертатися навколо її осі;

- наявність оптичної частини, що складається з плоского дзеркального елемента, закріпленого на плавучому елементі вздовж його осі, джерела напрямленого світла, закріпленого в тримачі, та екрана зі шкалою.

Згідно з корисною моделлю,

- виконання бічних поверхонь ємності та плавучого елемента, який має змогу самоцентруватися, з матеріалів, що забезпечують змочуваність рідиною однієї з цих поверхонь та незмочуваність іншої;

- виконання плавучого елемента такого діаметра, що величина рівномірного зазору між бічними поверхнями ємності та плавучого елемента не перевищує ширину викривленої вільної поверхні рідини, що дозволяє плавучому елементу центруватися співвісно з ємністю та повертатися навколо її осі;

- наявність оптичної частини, що складається з плоского дзеркального елемента, закріпленого на плавучому елементі вздовж його осі, джерела напрямленого світла, закріпленого в тримачі, та екрана зі шкалою.

Відомий спосіб центрування плавучого елемента за допомогою рідинної опори (Рідинна самоцентруюча опора: пат. 82979 Україна: МПК (2013.01) G12B9/00. №u20132013 01592; заявл. 11.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16), в якій рідина не змочує стінок циліндричної ємності, а плавучий елемент, виконаний також циліндричним, змочується рідиною. Проте центрування плавучого елемента також здійснюється, якщо його поверхня не змочується, а стінки ємності змочуються рідиною, крім того для здійснення центрування необхідно, щоб величина рівномірного зазору між бічними поверхнями ємності та плавучого елемента не перевищувала ширину викривленої вільної поверхні рідини.

Прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля складається з таких основних частин: корпусу; рідинної опори; поворотної та оптичної частин. Корпус приладу призначений для уникнення механічного впливу на датчик магнітного поля. Рідинна опора призначена для розміщення поворотної частини приладу, забезпечення її центрування й повороту разом із датчиком магнітного поля, а також для розміщення лімба з кутовою шкалою для візуального спостереження за відхиленням датчика магнітного поля. Поворотна частина приладу забезпечує поворот датчика магнітного поля на певний кут залежно від зміни зовнішнього магнітного поля. Оптична частина призначена для збільшення чутливості приладу для випадку малих змін напрямку горизонтальної складової магнітного поля (наприклад, під час вимірювання добової варіації магнітного схилення геомагнітного поля).

Таке рішення дозволяє:

- усунути явище застою датчика магнітного поля, що спостерігається у випадку малих змін напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля;

- уникнути потреби в центруванні датчика магнітного поля;

- підвищити чутливість приладу, що дасть змогу використовувати його для фіксації малих змін напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля;

- забезпечити можливість зміни інерційних характеристик поворотної частини приладу та уникнути додаткових елементів конструкції для можливого демпфування датчика магнітного поля;

- усунути проблему заміни зношених частин в опорному механізмі приладу;

- уникнути потреби в розміщенні приладу на ідеальній горизонтальній поверхні;

- спростити конструкцію та знизити собівартість приладу.

На фіг. 1 зображено схему конструкції запропонованого приладу.

На фіг. 2 (фото) наведено приклад конкретного виконання приладу.

На фіг. 3 (фото) наведено приклад форми поверхні рідини в зазорі між ємністю та плавучим елементом, що забезпечує центрування поворотної частини приладу співвісно з ємністю.

Ефект центрування плавучого елемента співвісно з ємністю зумовлений явищем поверхневого натягу рідини та є наслідком того, що бічні поверхні ємності та плавучого елемента виконані з матеріалів, що забезпечують змочуваність рідиною однієї з цих поверхонь та незмочуваність іншої. У цьому випадку форма викривленої вільної поверхні рідини є такою, що за будь-якого відхилення плавучого елемента від співвісного положення з ємністю виникає рівнодійна сила, яка повертає плавучий елемент у співвісне положення.

Прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля складається з корпусу, що містить основу 1 та прозорий ковпак 2; рідинної опори, що має підставку 3, лімб 4 з тримачем 5, ємність круглого перерізу 6 з рідиною 7; поворотної частини, що містить плавучий елемент 8, на якому фіксаторами 9 закріплено датчик магнітного поля 10; оптичної частини, що містить плоский дзеркальний елемент 11, джерело напрямленого світла 12, закріплене в тримачі 13, та екран зі шкалою (на фіг. 1 не зображено).

Прозорий ковпак 2, що виконаний знімним, встановлюють на основу 1. Ємність 6 та плавучий елемент 8, виконані круглого перерізу. Бічні поверхні ємності 6 та плавучого елемента 8 виконані з матеріалів, що забезпечують змочуваність рідиною однієї з цих поверхонь та незмочуваність іншої. Діаметр плавучого елемента 8 є таким, що величина рівномірного зазору між бічними поверхнями ємності 6 та плавучого елемента 8 не перевищує ширину викривленої вільної поверхні рідини (складає кілька міліметрів). У зазорі між ємністю 6 та плавучим елементом 8 рідина 7 має таку форму своєї поверхні, що забезпечує центрування поворотної частини приладу співвісно з ємністю. На плавучому елементі 8 закріплюють за допомогою фіксаторів 9 датчик магнітного поля 10. На осі плавучого елемента 8 закріплюють також плоский дзеркальний елемент 11. Джерело напрямленого світла 12 закріплюють у тримачі 13. Промінь від напрямленого джерела світла 12 падає на плоский дзеркальний елемент 11 під малим кутом, відбитий від нього промінь потрапляє на екран зі шкалою.

Прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля працює так. Перед початком роботи на горизонтальній поверхні розташовують основу 1 приладу. На ній розміщують рідинну опору. Для цього на підставці 3 встановлюють ємність круглого перерізу 6 та наповнюють її рідиною 7. Навколо ємності 6 розташовують лімб 4 за допомогою тримачів 5. На відкриту поверхню рідини 7 встановлюють поворотну частину приладу, що містить плавучий елемент 8 круглого перерізу із закріпленими на ньому за допомогою фіксаторів 9 датчиком магнітного поля 10 та плоским дзеркальним елементом 11. Після цього на основу 1 встановлюють прозорий ковпак 2. Джерело напрямленого світла 12 закріплюють у тримачі 13, який розміщують на основі 1.

Центрування плавучого елемента 8 разом із датчиком магнітного поля 10 пов'язано з явищем поверхневого натягу рідини. Ця здатність, зокрема, зумовлена формою поверхні рідини 7 в зазорі між бічними поверхнями ємності 6 та плавучого елемента 8. Одна з цих поверхонь має змочуватися рідиною 7, а інша - не змочуватися. Підвищення чутливості приладу досягається заміною сухого тертя між опорою та поворотною частиною на в'язке. Його властивістю є відсутність тертя спокою (сила в'язкого тертя дорівнює нулю у випадку, якщо тіло є нерухомим відносно середовища). Як наслідок, поворотна частина приладу зрушується з місця навіть дуже малим зовнішнім моментом сили.

Після затухання власних коливань поворотної частини приладу, датчик магнітного поля 10 встановлюється у зовнішньому геомагнітному полі в положенні рівноваги, якому відповідає мінімальна потенціальна енергія його взаємодії з цим полем. Зміна напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля зумовлює зміну положення рівноваги датчика магнітного поля 10, і він, повертаючись разом із поворотною частиною приладу, переходить у нове рівноважне положення. За великих кутів повороту датчика магнітного поля 10 відлік відбувається візуально за лімбом 4. Для фіксації малих кутів повороту датчика магнітного поля 10 (градуси та кутові хвилини) використовують оптичну частину приладу, в якій покажчиком кута повороту є світлова точка на шкалі екрана. Для цього промінь від напрямленого джерела світла 12 спрямовують на плоский дзеркальний елемент 11 під малим кутом. Відбитий від нього промінь потрапляє на екран зі шкалою, що розміщений на певній відстані від приладу. Навіть незначний поворот датчика магнітного поля 10 (кутові хвилини) викликає значне переміщення світлової точки на екрані. За кутом повороту датчика магнітного поля 10 й визначають зміну напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля (магнітного схилення). Для зменшення похибок вимірювань прилад має розміщуватись на нерухомій горизонтальній поверхні, поблизу нього мають бути відсутні предмети, що є джерелами постійних та/або змінних магнітних полів.

Приклад конкретного виконання.

Прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля складається з таких основних частин: корпусу, рідинної опори, поворотної та оптичної частин.

Корпус містить:

- основу, що має форму круглої пластини з текстоліту діаметром 0,26 м, товщиною 0,005 м;
- прозорий ковпак циліндричної форми із скла з зовнішнім діаметром 0,205 м, висотою 0,19 м та товщиною стінок 0,005 м.

Рідинна опора містить:

- підставку, що є неглибокою циліндричною ємністю, виготовленою зі скла, зовнішнім діаметром 0,1 м, висотою 0,02 м та товщиною стінок 0,004 м;

- лімб, виконаний у формі круглої пластини з оргскла діаметром 0,16 м, товщиною 0,008 м, яка має центральний круглий отвір діаметром 0,08 м. На верхній поверхні пластини нанесена колова кутова шкала від 0° до 360° з ціною поділки 1°. Пластина додатково має три отвори діаметром 0,008 м для кріплення тримача;

- тримач, виконаний у вигляді трьох циліндричних дерев'яних стрижнів-ніжок діаметром 0,008 м та висотою 0,095 м, що вставлені в отвори пластини лімба та зафіксовані клеєм;

- ємність круглого перерізу, у формі циліндричного стакана із скла зовнішнім діаметром 0,07 м, висотою 0,1 м та товщиною стінок 0,002 м;

- рідину - дистильовану воду.

Поворотна частина містить:

- плавучий елемент, у формі циліндричного стакана із скла зовнішнім діаметром 0,05 м, висотою 0,08 м та товщиною стінок 0,001 м;

- датчик магнітного поля, виконаний у вигляді магнітної стрілки у формі паралелепіпеда довжиною 0,14 м, шириною 0,008 м та товщиною 0,0003 м, що поєднує функції датчика магнітного поля та показника шкали лімба;

- фіксатори для датчика магнітного поля, виконані у вигляді двох відрізків гумової трубки довжиною 0,004 м, зовнішнім діаметром 0,006 м та товщиною 0,001 м, що розрізані вздовж напрямної для закріплення на плавучому елементі в діаметрально протилежних точках, а також мають прорізи, що перпендикулярні до напрямної, для фіксації магнітної стрілки.

Для забезпечення самоцентрування поворотної частини приладу ємність була заповнена водою так, щоб на її відкритій поверхні в зазорі між ємністю та плавучим елементом утворився опукло-вгнутий меніск (фіг. 3).

Для здійснення самоцентрування плавучого елемента співвісно з ємністю та демонстрації необхідної для цього форми викривленої відкритої поверхні рідини, в ємність було наливо воду до рівня, за якого в зазорі утворився опукло-вгнутий меніск (фіг. 3): опукла його частина була поблизу верхнього краю ємності, вгнута - поблизу бічної поверхні плавучого елемента. Така сама форма відкритої поверхні виникає, якщо бічна поверхня ємності виготовлена з незмочуваних водою матеріалів, наприклад, тефлону (політетрафторетен), силікону (поліорганосилоксан), поліпропілену, а бічна поверхня плавучого елемента - зі змочуваних, наприклад, скла.

Оптична частина містить:

- плоский дзеркальний елемент, виконаний з кремнієвої пластини у формі рівнобедреного трикутника зі сторонами 0,02 м, 0,02 м та 0,015 м;

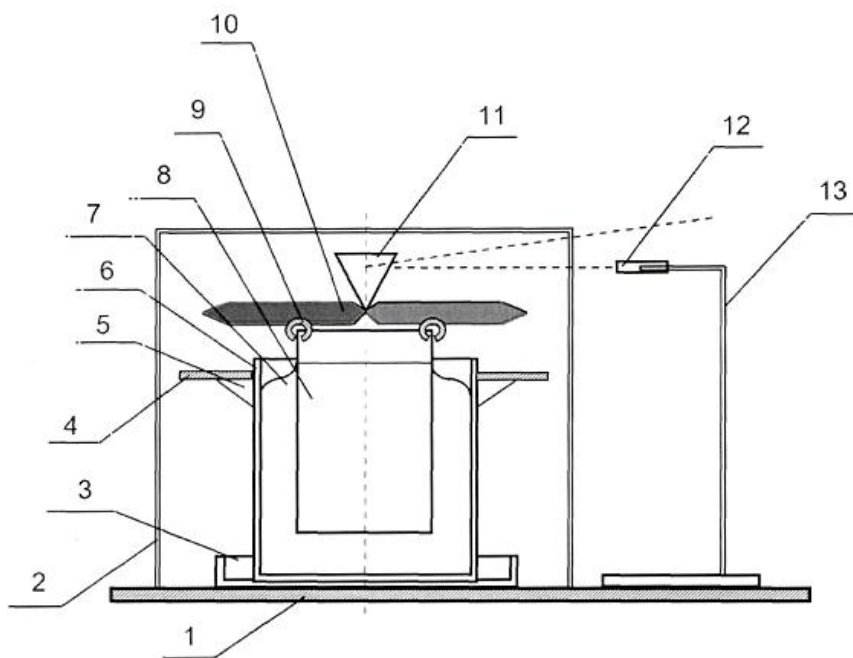
- джерело напрямленого світла - лазерну указку;

- тримач джерела спрямованого світла, виконаний у вигляді лабораторного штатива з муфтою та лапкою, всі деталі якого виготовлені з неферромагнітних матеріалів;

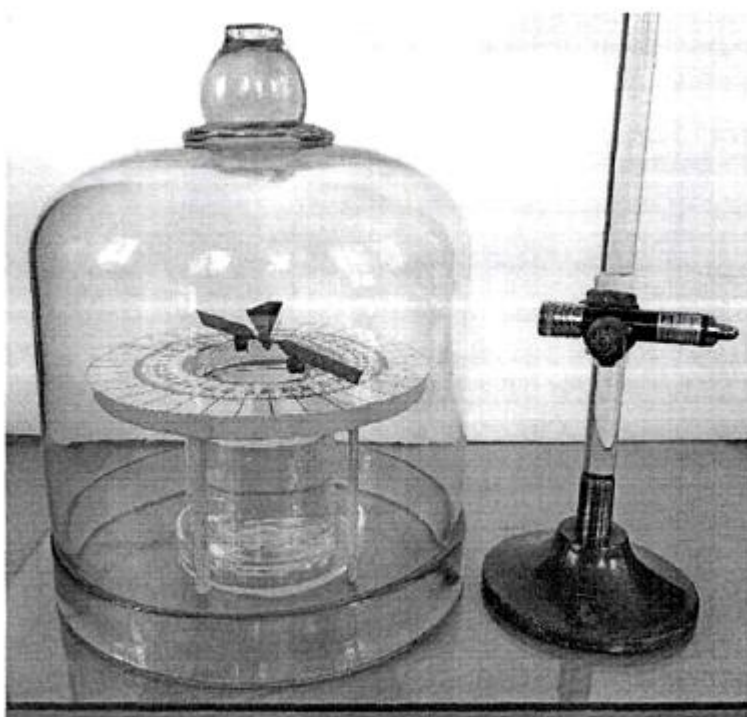
- екран зі шкалою, виконаний з прямокутного аркуша міліметрового паперу зі сторонами 0,8 та 0,5 м, що закріплений на вертикальній стіні лабораторії на відстані 8 м від датчика магнітного поля.

Такий прилад дозволяє фіксувати навіть незначні зміни магнітного схилення (кутові хвилини) геомагнітного поля внаслідок його короточасних збурень впродовж доби (добова варіація магнітного схилення). За показами приладу можна робити припущення щодо показника геомагнітної активності (K-індекс), який використовують для оцінки сили магнітних бур - короточасних збурень магнітного поля Землі внаслідок його взаємодії з сонячним вітром.

Запропонований прилад для вимірювання напрямку горизонтальної складової геомагнітного поля може бути використаний як портативний автономний прилад для дослідження зміни (як часової, так і просторової) магнітного схилення геомагнітного поля для завдань метеорології, навігації, геофізичних досліджень. Прилад також може бути застосований як дидактичний засіб у системі фізичного експерименту в закладах вищої та загальної середньої освіти.



Фиг. 1



Фиг. 2

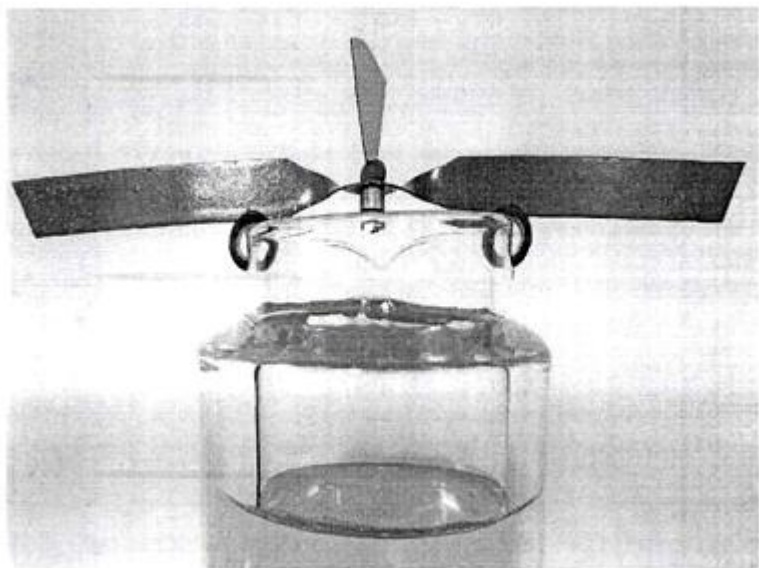


Fig. 3