

# Система позиціонування для СКВІД сасептометричних досліджень магнітних властивостей матеріалів та біологічних тканин

Є.В. Мельник, М.І. Мудренко

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, 03187, м. Київ,  
проспект Академіка Глушкова 40, [evgm1991@gmail.com](mailto:evgm1991@gmail.com), [mudrenko.m.i@gmail.com](mailto:mudrenko.m.i@gmail.com)

*Y. Melnyk, M. Mudrenko*

## **SYSTEM OF POSITIONING FOR SQUID SASEPTOMETRIC RESEARCH OF MAGNETIC PROPERTIES OF MATERIALS AND BIOLOGICAL TISSUES**

**Annotation.** Automatic position system with computer control was designed and produced to improve the metrological characteristics of the laboratory investigation saseptometric system. The reason of it producing is the elimination of human factors at sample positioning during the research of magnetic properties of materials and biological tissues. The questions of development, mechanical and electrical parts principles of work and construction features were considered. These approaches free up operator from manually positioning of each sample at 36 points and eliminate the associated errors. The system of positioning for SQUID-saseptometric research of the magnetic properties of materials and biological tissues is placed in the system of uniform field (Hemgoltz coils), and the measurement of samples is conducted out by a hypersensitive SQUID-magnetometr, so construction of the system has some specific requirements, related to magnetic properties of materials of which it is made and placement of the drive motors beside the measurement area. These and other questions related to positioning accuracy and the timing of moving from one point to another were considered in the construction and design of the position system. For moving the samples in system of positioning, were used two step motors (model PK569-NAE) with their respective drivers (model CSD5814N-T), from the japanese manufacturer «VEXTA STEPPING MOTOR». The table for samples and details of construction were made from non-magnetic materials motors were located in 1.4 meters from the measurements area. Positioning system for SQUID-saseptometric research of the magnetic properties of materials and biological tissues has been comprehensive tested for positioning accuracy and electromagnetic interference with SQUID measuring channel during sample displacement.

**Key words:** positioning system, SQUID-magnetometr.

**Анотація.** Для покращення метрологічних характеристик лабораторної дослідницької сасептометричної системи, для дослідження магнітних властивостей матеріалів та біологічних тканин шляхом усунення людського фактору під час позиціонування зразків розроблено і створено автоматичну систему позиціонування з керуванням від комп'ютера. Дана система позиціонування розміщена в системі котушок однорідного поля, а вимірювання зразків проводиться надчутливим СКВІД-магнітометром.

**Ключові слова:** система позиціонування, СКВІД-магнітометр.

**Аннотация.** Для улучшения метрологических характеристик лабораторной исследовательской сасептометрической системы, для исследований магнитных свойств материалов и биологических тканей путем устранения человеческого фактора во время позиционирования образцов, было разработано и создано автоматическую систему позиционирования с управлением от компьютера. Данная система позиционирования расположена в системе катушек однородного поля, а измерения образцов проводится сверхчувствительным СКВИД-магнитометром.

**Ключевые слова:** система позиционирования, СКВИД-магнитометр.

**Вступ.** Останнім часом у світі все більше уваги приділяється ретельному дослідженню магнітних властивостей біологічних тканин. Насамперед це пов'язано з особливістю значних змін їх магнітних властивостей, що виникають при певних видах захворювань або при токсикації організмів. Реєстрація змін магнітних властивостей біологічних тканин дозволяє неінвазивно діагностувати певні види захворювань, зокрема, онкологічних, на ранніх стадіях, накопичення організмом токсичних речовин, важких металів, аерозолів заліза тощо.

© Є.В. МЕЛЬНИК, М.І. МУДРЕНКО, 2019

Дослідження магнітних властивостей матеріалів, також є актуальним завданням. Так багато речовин – діамагнетиків можуть під впливом зовнішніх факторів, таких як тиск, температура, магнітні поля, значно змінювати свої магнітні властивості. З метою дослідження цих змін було створено лабораторну дослідницьку магнітометричну систему, здатну досліджувати магнітні властивості зразків під впливом тестового однорідного поля рис. 1, що створюється системою котушок Гемгольца рис. 2. Однорідне магнітне поле підмагнічує зразок, що досліджується і це підвищує чутливість системи.

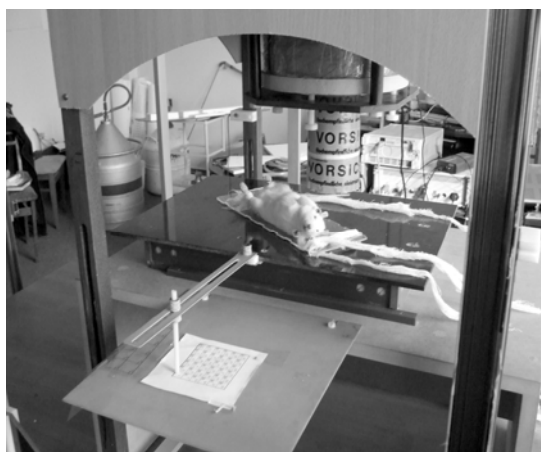


РИС. 1. Лабораторна система для дослідження магнітних властивостей біологічних тканин та зразків матеріалів



РИС. 2. Система котушок однорідного поля

Дослідження зразків проводиться методом сканування їх у однорідному магнітному полі. Тобто зразок закріплений на рухомій площині, послідовно переміщується по координатній сітці з відповідним кроком, зупиняється в вузлах сітки, де проводиться реєстрація наведеного сигналу. Реєстрація об'єкту проводиться в 36 пунктах координатної сітки розміром 10 x 10 мм. Крок сітки залежить від розміру зразків, що досліджуються.

Максимальний діапазон сканування у напрямку X складає 150 мм, у напрямку Y – також 150 мм. Такий діапазон переміщення пов'язаний насамперед з необхідністю оперативно змінювати крок координатної сітки в залежності від розміру досліджуваних зразків. Причому переміщення рухомої площини здійснюється вручну оператором. З метою усунення людського фактору при проведенні реєстрацій, зручності роботи оператора та скорочення часу позиціонування було створено автоматизовану двох координатну систему позиціонування з електромеханічним приводом та комп'ютерним керуванням переміщення зразків.

Система позиціонування для дослідження магнітних властивостей біологічних тканин та зразків матеріалів має задовольняти цілому ряду специфічних вимог. Головними є точність позиціонування зразків за двома координатами у горизонтальній площині, відсутність магнітних властивостей у матеріалів, з яких вона виготовлена, та максимальне віддалення електромеханічного приводу від зони вимірювань.

**Конструкція механічної частини.** Механічна частина системи позиціонування не є надто складною, проте має певну специфіку. При переміщенні площини із зразками у двох перпендикулярних напрямках не має бути переміщення жодного з двигунів приводу. Положення корпусів обох двигунів, що мають у своєму складі феромагнітні частини, не має змінюватись відносно системи позиціонування та системи котушок підмагнічування. Особливості роботи електромеханічного приводу зрозумілі з кінематичної схеми, що показана на рис. 3.

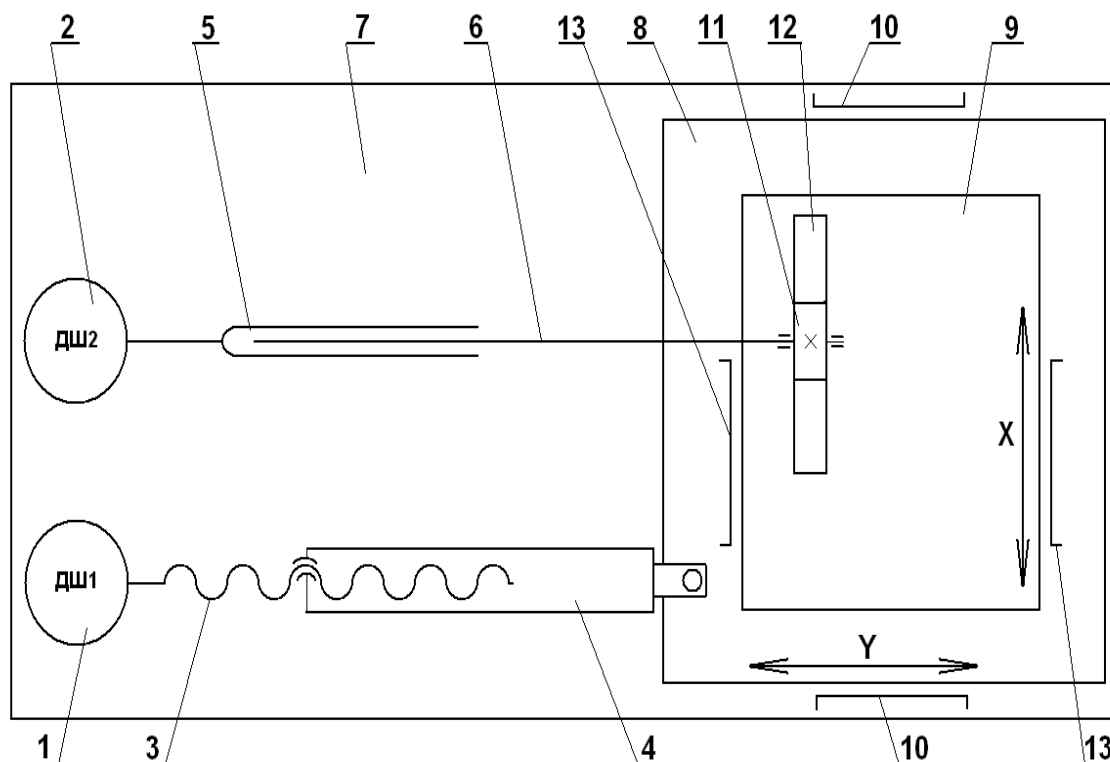


РИС. 3. Кінематична схема електромеханічного приводу системи позиціонування

1 – кроковий двигун  $Y$  координати, 2 – кроковий двигун  $X$  координати, 3 – силовий гвинт, 4 – пластикова трубка з муфтою, 5 – ковзна муфта, 6 – ковзний вал, 7 – основа системи позиціонування, 8 – проміжний рухомий стіл, 9 – рухомий стіл для зразків, 10 – лінійні направляючі  $Y$  координати, 11 – зубчате колесо, 12 – зубчата рейка, 13 – направляючі  $X$  координати.

На нерухомій площині 7 закріплені крокові двигуни 1, 2. Двигун 1 обертає силовий гвинт 3, який обертаючись всередині муфти 4, переміщує проміжний рухомий стіл 8 уздовж осі  $Y$  по лінійних направляючих 10. Переміщення рухомого столу для зразків уздовж осі  $X$  здійснюється за допомогою крокового двигуна 2, що обертає ковзну муфту 5, всередині якої ковзається вал 6. Така схема забезпечує зчеплення муфти з валом при переміщенні рухомого столу уздовж осі  $Y$  при нерухомому двигуні 2. При роботі двигуна 2 обертається зубчате колесо 11 зчеплене з зубчатою рейкою

12, що закріплена на рухомому столі для зразків 9 та переміщує його уздовж осі  $X$  по лінійним направляючим 13. Довжина нерухомої площини 7 складає 1400 мм, що забезпечує відстань двигунів від зони вимірювань більше одного метра. Незмінне положення обох двигунів, у складі яких присутні феромагнітні деталі, відносно котушок підмагнічування та вимірювача не призводить до значних змін магнітних полів у зоні вимірювань, що покращує метрологічні характеристики системи.

Основні деталі механічного приводу виконано з немагнітних матеріалів. Так силовий гвинт, муфту, ковзний вал, зубчаті колесо та рейку, лінійні направляючі, гвинти кріплення виготовлено з капролону, основу системи позиціонування та рухомі столи – з МДФ, деякі фіксуючі деталі та елементи кріплення двигунів – з алюмінієвого сплаву. Загальний вигляд системи сканування з електромеханічним приводом показано на рис. 4.

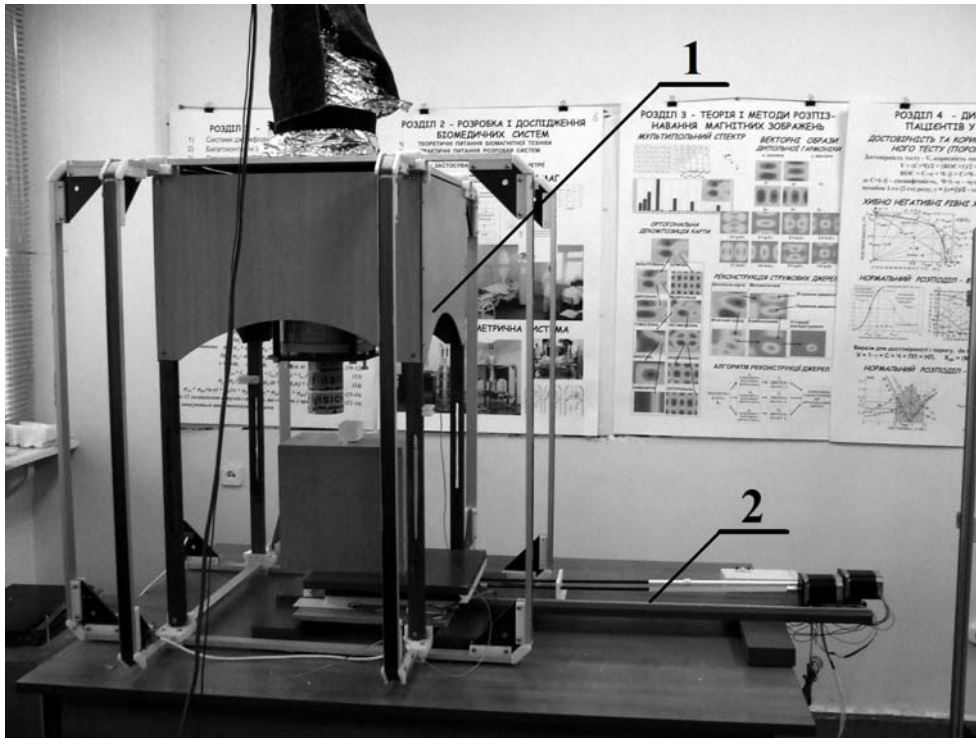


РИС. 4. Система сканування зразків: 1 – магнітометрична вимірювальна система; 2 – система позиціонування з електромеханічним приводом

Щоб максимально віддалити мотори приводу від зони вимірювань, на рухомий стіл встановлюється куб з МДФ, на якому закріплюються зразки матеріалів, що досліджуються, площини з піддослідними щурами тощо. Керування приводом здійснюється дистанційно оператором, який проводить запис сигналу з комп'ютера.

**Електрична частина.** Прецизійне управління рухомим столом без використання датчиків лінійного переміщення забезпечує використання крокових двигунів (модель РК569-NAE) з відповідними драйверами (CSD5814N-T). На рис. 5 показано структурну схему електронного пристрою управління системою сканування. Управління кроковими двигунами може здійснюватись у двох режимах – ручному та автоматичному. Під час підготовки до вимірювання об'єкта дослідження необхідно виконати його попереднє позиціонування. Для цього зручно переміщувати рухомий стіл у ручному режимі за допомогою кнопок управління, знаходячись поряд з системою сканування. Джерелом сигналів покрокового переміщення в цьому режимі є опорний генератор. Під час без-

посередніх вимірювань можна продовжувати переміщення рухомого столу кнопками управління, контролюючи положення об'єкта дослідження за допомогою встановлених координатних лінійок, або перейти в режим управління від ПК. В цьому режимі імпульси покрокового переміщення надходять по кабелю довжиною 5 м від мікроконтролерного модуля управління, який входить до складу блоку управління магнітометричною системою [1]. Переключення між двома згаданими режимами забезпечує Селектор команд управління по команді Модуля управління від ПК. Діапазон переміщення системи позиціонування обмежений кінцевими вимикачами, при досягненні яких блокується подальша подача сигналів покрокового переміщення у відповідних напрямках. Драйвери крокових двигунів мають напівкроковий режим, який може забезпечити більш точне, але вдвічі повільніше переміщення. Особливої потреби в напівкроковому режимі немає, так як одному кроку двигуна ( $0,72^\circ$ ) відповідає переміщення 0.002 мм. Але, оскільки така можливість є, напівкроковий режим також передбачений відповідним перемикачем.

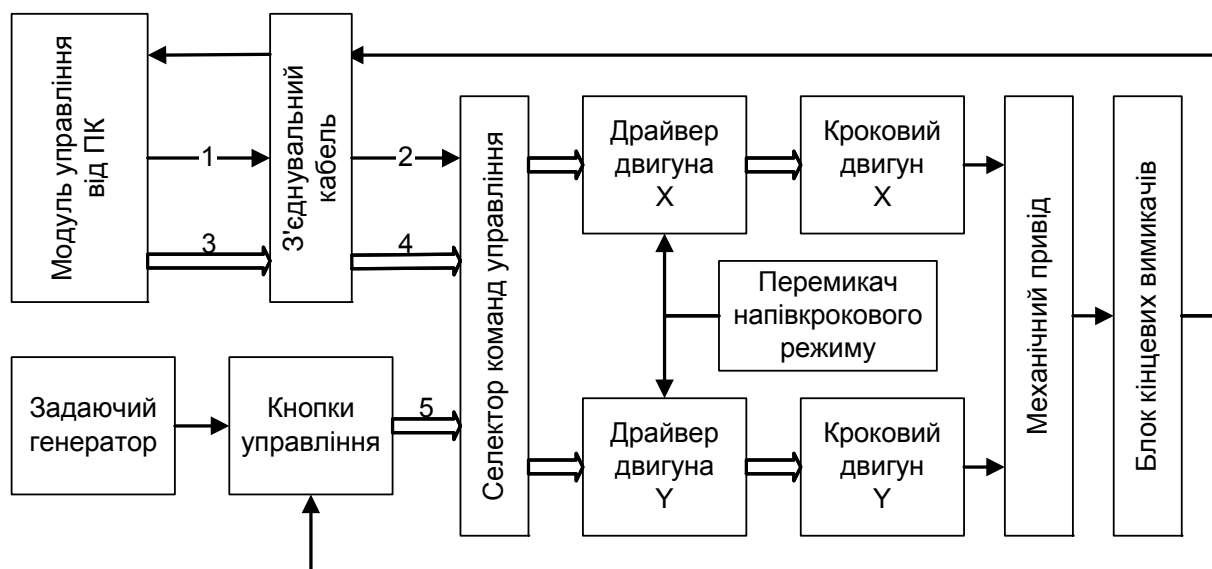


РИС. 5. Структурна схема електронного пристрою управління системою сканування: 1, 2 – команда вибору режиму «Ручний / Управління від ПК»; 3, 4, 5 – сигнал покрокового переміщення «Вправо / Вліво», «Вперед / Назад»

**Висновок.** Система позиціонування пройшла успішне випробування у тестовому режимі із зразком вагою 2 кг. При цьому точність позиціонування склала 0.5 мм, чого цілком достатньо для позиціонування малих тварин та зразків матеріалів. Також система була випробувана для вимірювання магнітних властивостей біологічних тканин, зразків вугілля, сплавів тощо. При цьому була продемонстрована значна перевага керування процесу вимірювань та запису результатів з місця оператора без залучення додаткового співробітника для позиціонування дослідних зразків.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Budnyk M.M., Dudchenko N.O., Stavynska O.M., Alekseytsev Y.O., Dudchenko O.K., Chaikovskiy I.A., Minov Y.D., Sutkovyi P.I., Shpylyovy P.B., Ryzhenko T.M., Budnyk V.M., Voytovych. I.D. SQUID-imaging technology to study magnetic nanocarriers for targeted

magnetic transport. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*. Vol. 40, N 4. March 2009.

2. Примин М.А., Недайвода И.В., Бурчак А.В., Сутковой П.И., Минов Ю.Д. Бесконтактные исследования и анализ магнитных сигналов образцов угольного вещества. *Комп'ютерні засоби мережі та системи*. 2017. № 16. С. 30 – 39.

#### REFERENCES

1. Budnyk M.M., Dudchenko N.O., Stavynska O.M., Alekseytsev Y.O., Dudchenko O.K., Chaikovskiy I.A., Minov Y.D., Sutkovyi P.I., Shpylyovy P.B., Ryzhenko T.M., Budnyk V.M., Voytovych. I.D. SQUID-imaging technology to study magnetic nanocarriers for targeted magnetic transport. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*. Vol. 40, N 4. March 2009.
2. Primin M.A., Nedayvoda I.V., Burchak A.V., Sutkovyi P.I., Minov Y.D. Beskontaktnii isledovanya i analiz magnitnuh signalov obrazcov ugolnogo veshestva. *Komputerny zasobu meregy ta systemu*. 2017. N 16. S. 30 – 39.

Одержано 01.10.2019