

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАГНІТОТЕРАПЕВТИЧНОГО АПАРАТУ «АЛИМП 1»**Олексій Юрко**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, yurkoalexe@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8244-2376

Денис Мосьпан

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, denis.mospan@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2151-4858

Дмитро Кухаренко

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, krutoy276@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2845-6881

Кирило Вадурін

аспірант, асистент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, kir3337@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7781-5783

Іван Перекрест

студент кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,
Кременчук, Україна, 39600, vanya12x@gmail.com

У рамках співпраці з обласними медичними закладами співробітники кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки КрНУ беруть участь у відновленні працездатності медичної апаратури. У даній статті розглянуто апарат імпульсної низькочастотної магнітотерапії «Алимп-1», призначений для надання терапевтичного впливу на організм людини імпульсним бігучим магнітним полем. Низькочастотне магнітне поле сприяє посиленню гальмівних процесів у центральній нервовій системі, покращує кровопостачання тканин, прискорює репаративну регенерацію і загоєння ран. Терміни лікування скорочуються майже вдвічі порівняно з медикаментозним методом лікування. Отримана для ремонту модель апарату побудована ще на дискретній цифровій логіці і потребує глибокої модернізації. Зрозуміло, що існують більш сучасні модифікації даного апарату з новітньою елементною базою і розширеними функціональними можливостями, але у такий складний для країни час апарати, що сприяють прискоренню загоєння ран, дуже актуальні, тому в лікувальних закладах активно використовуються як сучасні, так і застарілі працездатні апарати магнітотерапії. При виході з ладу останніх виникає гостра необхідність у відновленні їх працездатності у найкоротші терміни. При роботі з апаратом «Алимп 1» були відновлені контакти в місцях приєднання соленоїдів, частково замінені кнопки керування та виявлена небажана комбінація початкових налаштувань, що призводить до статичної роботи першого каналу навантаження та протікання через відповідний соленоїд постійного струму. Це спричиняє швидке нагрівання вихідного транзистора першого каналу до критичних температур. У результаті аналізу схеми пристрою були встановлені можливі комбінації логічних рівнів мікросхем, задіяних у роботі першого каналу, що дозволяють заборонити роботу вихідних транзисторів в небажаному режимі. Була запропонована логічна функція з реалізацією на мікросхемі CD4025A (ЗАБО-НІ), яка і встановлена на плату керування апаратом. Проведена модернізація дозволила повністю усунути виявлений недолік.

Ключові слова: модернізація, магнітотерапевтичний апарат, «Алимп 1», логічна функція, перенавантаження каналу.

Актуальність роботи. У сучасній медицині широко використовуються пристрої для магнітотерапії. Магнітотерапія успішно застосовується не тільки в реабілітації та терапії болю, але й у стоматології, ангіології, ортопедії, урології, ревматології, імунології, отоларингології, алергології, гінекології, неврології, дерматології, гастроентерології, спортивній та естетичній медицині. Магнітне поле стимулює синтез колагену – білка, який входить до складу нашої шкіри, сухожиль і навіть рогівки ока. Саме тому магнітотерапія успішно застосовується, зокрема при лікуванні травм шкіри, очей та опорно-рухового апарату.

У рамках співпраці з обласними медичними закладами співробітники кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки КрНУ беруть участь у відновленні працездатності медичної апаратури. У даній статті розглянуто апарат імпульсної низькочастотної магнітотерапії «Алимп-1», призначений для надання терапевтичного впливу на організм людини імпульсним бігучим магнітним полем. Низькочастотне магнітне поле сприяє посиленню гальмівних процесів у центральній нервовій системі, покращує кровопостачання тканин, прискорює репаративну регенерацію і загоєння ран. Терміни лікування скорочуються майже вдвічі порівняно з медикаментозним методом лікування [1; 2].

Отримана для ремонту модель апарату побудована ще на дискретній цифровій логіці і потребує глибокої модернізації. Зрозуміло, що існують більш сучасні модифікації даного апарату з новітньою елементною базою і розширеними функціональними можливостями [3; 4], але у такий складний для країни час апарати, що сприяють прискоренню загоєння ран [5], дуже актуальні. З огляду на це в лікувальних закладах активно використовуються як сучасні, так і застарілі працездатні апарати магнітотерапії. При виході з ладу останніх виникає гостра необхідність у відновленні їх працездатності у найкоротші терміни.

Мета роботи – модернізація магнітотерапевтичного апарату «Алимп 1» для усунення перенавантаження в нештатному режимі роботи.

Матеріал і результати досліджень. Існує широкий спектр конструкцій подібних за функціями пристроїв. Найближчими вітчизняними аналогами є «ПОЛЮС-3» [6] та «ПОЛЮС-4» [7].

Основними функціями апарату «ПОЛЮС-3» є магнітотерапія і магнітофорез. «ПОЛЮС-3» має кілька режимів роботи, що дають змогу вибрати оптимальний варіант лікування залежно від конкретної ситуації. Також у комплекті поставки

є спеціальні електроди для проведення магнітофорезу. Але порівняно з «Алимп 1» його базова комплектація має значно менше електродів та є вузькоспеціалізованою, що збільшує його співвідношення ціна/функціонал.

Апарат «ПОЛЮС-4» має кілька режимів роботи, які дають змогу налаштовувати параметри магнітних полів для конкретного типу захворювання і пацієнта. Він оснащений великим дисплеєм, на якому відображається інформація про режим роботи та час процедури. Серед особливостей апарату «ПОЛЮС-4» можна виокремити можливість підключення двох низькочастотних випромінювачів одночасно, що дає змогу забезпечити ефективніше лікування великої площі тіла. Недоліком цього пристрою відносно «Алимп 1» є наявність у комплекті лише двох електродів проти трьох у «Алимп 1».

Найближчим закордонним аналогом є прилад для магнітотерапії “Flexa Protable Magnetotherapy” [8] – медичний апарат, який генерує магнітні поля для їх використання у терапевтичних цілях. Він зручний, а його інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Однією з визначних особливостей приладу магнітотерапії “Flexa Protable” є його гнучкість. Аплікатори, що входять до комплекту, дуже гнучкі та пристосовані до всіх ділянок тіла, що робить його придатним для цілеспрямованого лікування. Недоліком апарату порівняно з іншими аналогами є його неспівставне відношення ціна/функціонал.

Виходячи з аналізу аналогів, а також експертної оцінки зовнішнього стану апарату, ми прийняли рішення про відновлення та модернізацію «Алимп 1».

Керування магнітотерапевтичним апаратом «Алимп 1» є доволі простим і відбувається наступним чином. На лицьовій панелі апарату є дві групи кнопок. Три кнопки з групи «Інтенсивність» забезпечують вмикання одного з режимів: «Вимкнено», «30%», «100%». Інші три кнопки з групи «Частота» також забезпечують вмикання одного з режимів: «10 Гц», «100 Гц» або «Зовнішній запуск». Вмикання обраного режиму супроводжується індикацією світлодіоду, який розташований над відповідною кнопкою.

При вмиканні апарат спочатку знаходиться в режимі «Вимкнено». За інструкцією спочатку необхідно обрати частоту (10 або 100 Гц) і тільки потім обрати інтенсивність (30 або 100%). Після цього імпульси певної тривалості по чергово надходять на 8 каналів через керуючі транзистори. Імпульси струму проходять через соленоїди, що створює пульсуюче магнітне поле. При правиль-

ній роботі каналів та справних соленоїдах відбувається почергова індикація світлодіодів відповідних каналів.

У результаті перевірки була виявлена особливість апарату. На початку роботи при порушенні порядку вмикання кнопок, а саме: першою натиснути кнопку інтенсивності «30%» або «100%» і не натискати кнопки з групи «Частота», спостерігається статичне горіння світлодіоду першого каналу. Це свідчить про те, що транзистори каналу відкриті і через перший соленоїд протікає постійний струм. Електричні виміри підтвердили дане припущення. При цьому вихідний транзистор першого каналу дуже швидко нагрівається до високої температури і через певний час може вийти з ладу.

Був проведений аналіз схеми електричної принципової плати управління даної модифікації апарату [9]. На рис. 1 показаний фрагмент схеми з кнопками та світлодіодами групи «Інтенсивність». Позначення на схемі: а – напруга живлення 6,4 В; в – загальний 0 схеми.

Після вмикання апарату при ненадтиснутих кнопках «30%» та «100%» (SB1 та SB2) виходи тригера DD4.1 знаходяться у стані логічного 0, тоді на виході елемента DD6.1 (АБО-НІ) встановлена логічна 1, яка надходить на базу транзистора VT3 і підтримує його у відкритому стані. У результаті на відведенні 37 від колектора транзистора буде рівень логічного 0.

Відведення 37 (рис. 2) підключено до елемента DD11.1 (подвоєного І-НІ) і при наявності логічного 0 забезпечує на виходах 6 та 10 DD11.1 логічні 1. Вони використовуються для заборони роботи декодера DD12, який керує транзисторами каналів управління.

При натисканні на кнопку будь-якого значення інтенсивності (SB1 та SB2) транзистор VT3 закривається, а на відведенні 37 буде логічна 1, на виходах DD11.1 – логічні 0. Така комбінація спричиняє появу логічної 1 на виході 1 DD12. Це відкриває транзистор першого каналу, і через перший соленоїд тече постійний струм. Це відбувається лише у випадку, коли не встановлена частота генерації і на входи DD12 не надходять імпульси з лічильника.

При натисканні на кнопки блоку «Частота» (SB4 – SB6) на базі одного з транзисторів VT12 – VT14 (рис. 3) з'являється логічна 1, а на інших нулі. Дані логічні рівні надходять на відведення 31–33, а отже, на них буде комбінація з однієї 1 та двох 0. При цьому апарат буде знаходитися в робочому режимі і по черзі перемикає канали за умови обраного значення інтенсивності (натиснута SB1 або SB2).

Для усунення небажаного ефекту статичної роботи першого каналу необхідно на вході 4 елемента DD11.1 утримувати логічний 0 при таких комбінаціях:

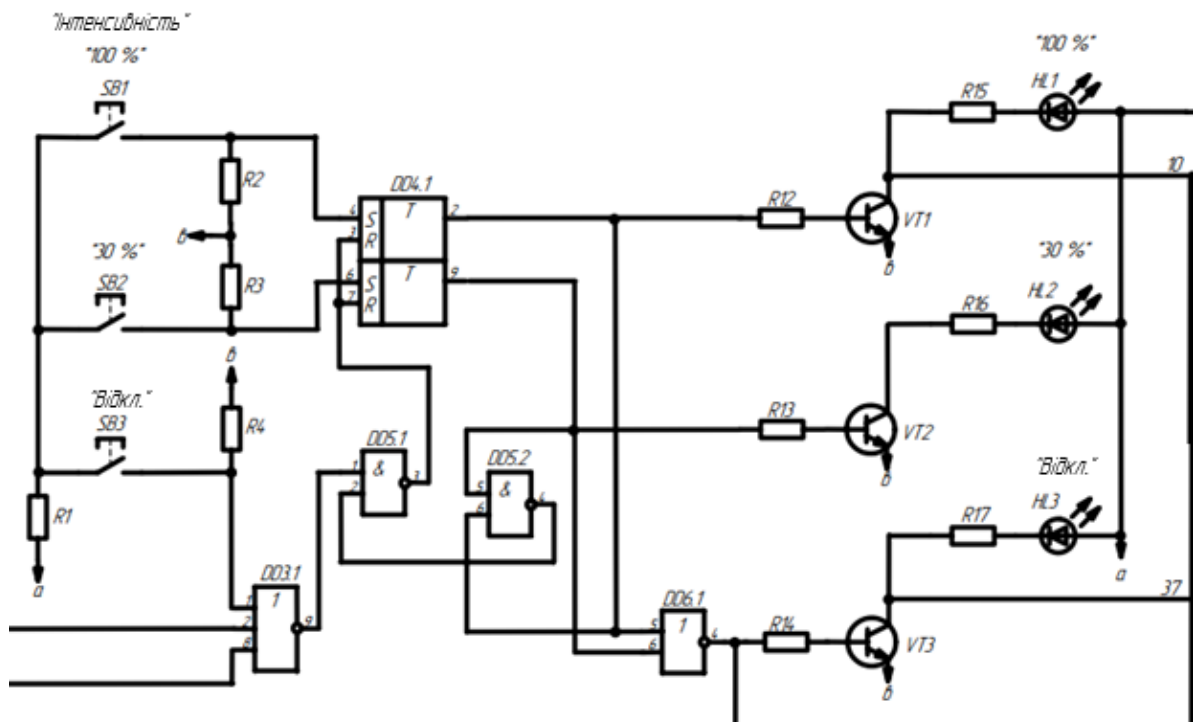


Рис. 1. Фрагмент схеми керування з групи «Інтенсивність»

Таблиця 1

«Вимкнено»	«Частота»			вхід 3 DD11.1
37	31	32	33	
x	a	b	c	y
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	1	0
1	1	0	0	1
1	0	1	0	1
1	0	0	1	1

Якщо використовувати елементи 2АБО-НІ:

$$y = \overline{\overline{x + a + b + c}} = \overline{\overline{\overline{\overline{x + a + b + c}}}}$$

то необхідно 5 таких елементів, а зазвичай у корпусі однієї мікросхеми знаходиться

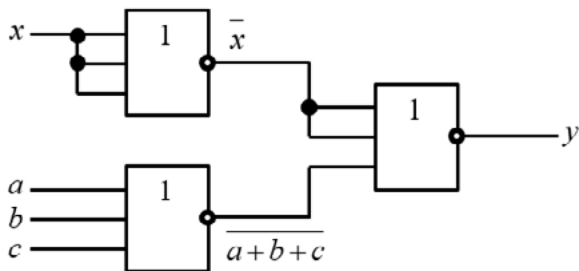


Рис. 4. Реалізація логічної функції на елементах 2АБО-НІ

Висновки:

1. У ході дослідження функціонування моделі логіки керування апарату «Алимп 1» була виявлена небажана комбінація початкових налаштувань, що призводить до статичної роботи першого каналу навантаження та протікання через відповідний соленоїд постійного струму. Це спричиняє швидке нагрівання вихідного транзистора першого каналу до критичних температур.

2. У результаті аналізу схеми пристрою були встановлені можливі комбінації логічних рівнів мікросхем, задіяних в роботі першого каналу, що дозволяють заборонити роботу вихідних транзисторів в небажаному режимі. Науковою новизною роботи є удосконалення моделі функціонування логіки керування пристрою «Алимп 1» за рахунок використання мікросхеми CD4025A (ЗАБО-НІ), яка встановлена на плату керування апаратом, та порівняно з іншими рішеннями не спричиняє швидке нагрівання вихідного транзистора першого каналу до критичних температур.

4 елементи. Отже, виникає потреба задіяння двох мікросхем, що не є доцільним.

Якщо використовувати елементи ЗАБО-НІ, то їх достатньо у кількості трьох, які і розміщуються у корпусі однієї мікросхеми (рис. 4).

$$y = \overline{\overline{\overline{x + a + b + c}}} = \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x + a + b + c}}}}}}$$

Оберемо мікросхему CD4025A [13]. На рис. 5 показана реалізація розробленої логічної функції та номери ліній підключення до схеми апарату.

Наведена схема була приєднана навісним монтажем до плати керування апарату. Печатний провідник, що підходив до входу 3 DD11.1, був частково видалений, і вихід 9 CD4025A був приєднаний провідником до входу 3 DD11.1. У результаті була повністю усунена небажана комбінація логічних рівнів, що призводила до протікання постійного струму через перший канал навантаження.

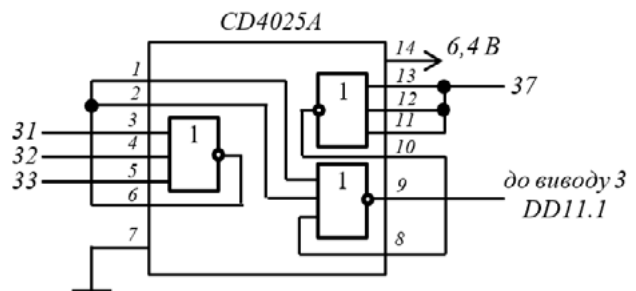


Рис. 5. Схема підключення мікросхеми

3. Практична значимість роботи полягає у повному відновленні функціонування пристрою «Алимп 1» та запобіганні його передчасному виходу з ладу за рахунок проведеної модернізації.

4. У подальших планах є повна заміна аналогової частини плати керування «Алимп 1» та встановлення на її місце мікроконтролера з підключеними польовими транзисторами. Таке рішення забезпечить можливість генерації імпульсів на електродах у ширшому діапазоні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Формамед. Медичне обладнання та витратні матеріали. URL: <https://foramed.com.ua/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-impulsnoyi-nizkochastotnoyi-magnitoterapiyi-alimp-1.html> (дата звернення: 28.03.2023).
2. Городецкая А. «Полар ПаудерКолд Пак»: магнитная терапия в лечении боли. *Український медичний часопис*. Київ : «Моріон», 2011. №2 (82) с. 266–268.
3. Медтехника «Хелс трейд». URL: <https://germedic.kiev.ua/magnitoterapiya/alimp-1-nizkochastotniy.html> (дата звернення: 28.03.2023).

4. Апарат лечебный импульсным магнитным полем Алимп-1. Руководство по эксплуатации ВА2.211.108-11НЕ. Хмельницький : ГП «Новатор», 2019. 10 с.

5. Аналіз можливих варіантів впливу на процес загоєння інфікованих ран з метою його прискорення / Д.В. Моспан, А.Ю. Воловик, В.В. Личманенко. *Interaction between science and technology in modern conditions* : International scientific conference. November 3–4, 2022. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2022. P. 74–79.

6. Апарат для магнітотерапії та магнітофорезу ПОЛЮС-3. URL: <https://biomed.ua/ua/produksiya/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-dlya-magnitoterapiji-ta-magnitoforezu-polyus-3-detail/> (дата звернення: 28.03.2023).

7. Апарат магнітотерапевтичний низькочастотний ПОЛЮС-4. URL: <https://biomed.ua/ua/produksiya/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-magnitoterapevtichnij-nizkochastotnij-polyus-4-detail> (дата звернення: 28.03.2023).

8. Flexa Portable Magnetotherapy. URL: <https://www.celticsmr.co.uk/products/healthcare/magnetotherapy/flexa-portable-magnetotherapy/> (дата звернення: 28.03.2023).

9. Сайт для медтехніків. URL: <http://www.medteh.info/forum/34-306-2> (дата звернення: 28.03.2023).

10. . Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки / В.М. Рябенський, В.Я. Жуйков, Ю.С. Ямненко, А.В. Заграничний. НТУУ «КПІ», 2016. 399 с.

11. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. Київ : Каравела, 2004. 432 с.

12. Петрова О.О. Моделювання схем в програмному середовищі Electronic Workbench. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. 128 с.

13. CD4023BM/CD4023BC Buffered Triple 3-Input NAND Gate. National Semiconductor Corporatio. RRD-B30M105/Printed in U.S.A. February 1988. 5 p.

MODERNIZATION OF THE MAGNETOTHERAPY DEVICE “ALIMP 1”

Oleksii Yurko

Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600, yurkoalex@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8244-2376

Denis Mospan

Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600, denis.mospan@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2151-4858

Dmitriy Kukharenko

Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600, krutoy276@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2845-6881

Kyrylo Vadurin

Postgraduate Student, Assistant at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600, kir3337@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7781-5783

Ivan Perekrest

Student at the Department of Computer Engineering and Electronics

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Ukraine, 39600, vanya12x@gmail.com

Within the framework of cooperation with regional medical institutions, employees of the Department of Computer Engineering and Electronics of KrNU take part in restoring the health of medical equipment. This article discusses the apparatus of pulsed low-frequency magnetotherapy “Alimp-1”, designed to provide a therapeutic effect on the human body with a pulsed traveling magnetic field. A low-frequency magnetic field enhances inhibitory processes in the central nervous system, improves tissue blood supply, accelerates reparative regeneration and wound healing. The terms of

treatment are reduced by almost two times in comparison with the medical method of treatment. The model of the device received for repair is still built on discrete digital logic and needs to be deeply modernized. It is clear that there are more modern modifications of this device with the latest element base and enhanced functionality, but at the present difficult time for the country, devices that accelerate wound healing are very relevant. Therefore, in medical institutions, both modern and outdated working magnetotherapy devices are actively used. When the latter fail, there is an urgent need to restore their performance as soon as possible. When working with the Alimp 1 device, contacts were restored at the solenoids connection points, control buttons were partially replaced, and an undesirable combination of initial settings was found, which leads to static operation of the first load channel and flow through the corresponding DC solenoid. This leads to rapid heating of the output transistor of the first channel to critical temperatures. As a result of the analysis of the device circuit, possible combinations of logical levels of microcircuits involved in the operation of the first channel were established, which make it possible to prohibit the operation of output transistors in an undesirable mode. A logical function is proposed with implementation on the CD4025A chip (3OR-NO), which is installed on the control board of the device. The modernization made it possible to completely eliminate the identified drawback.

Key words: modernization, magnetotherapy apparatus, “Alimp 1”, logical function, channel overload.

REFERENCES

1. Formamed. Medychne obladdannya ta vytratni materialy. [Formamed. Medical equipment and consumables]. Retrieved from: <https://foramed.com.ua/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-impulsnoyi-nizkochastotnoyi-magnitoterapiyi-alimp-1.html> [in Ukrainian].
2. Horodetskaya A. (2011) “Polar PauderKold Pak”: mahnytnaya terapiya v lecheny bol. [“Polar Powder Cold Pack”: magnetic therapy in the treatment of pain]. *Ukrayin's'kyi medychnyy chasopys*. 2 (82). 266–268. [in Russian].
3. Medtekhnika “Khels treyd”. [Medical equipment “Heals Trade”]. Retrieved from: <https://germedic.kiev.ua/magnitoterapiya/alimp-1-nizkochastotniy.html>. [in Ukrainian].
4. Aparat lechebnyy impul'snym magnitnym polem Alimp-1. Rukovodstvo po ekspluatatsii (2019). [Apparatus therapeutic pulsed magnetic field Alimp-1. Operation manual]. Khmel'nitskiy : GP “Novator”. [in Russian].
5. Mospan D.V., Volovyk A.YU., Lychmanenko V.V. (2022). Analiz mozhylyykh variantiv vplyvu na protses zahoyennya infikovanykh ran z metoyu yoho pryskorennya. [Analysis of possible options for influencing the healing process of infected wounds in order to accelerate it]. International scientific conference «Interaction between science and technology in modern conditions». Riga. November 3–4. 74–79. [in Ukrainian].
6. Apparatus for magnetotherapy and magnetophoresis POLUS-3. URL: <https://biomed.ua/ua/produktsiya/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-dlya-magnitoterapijita-magnitoforezu-polyus-3-detail/> [in Ukrainian].
7. Low-frequency magnetotherapy device POLUS-4. URL: <https://biomed.ua/ua/produktsiya/fizioterapiya/magnitoterapiya/aparat-magnitoterapevtichnij-nizkochastotnij-polyus-4-detail> [in Ukrainian].
8. Flexa Portable Magnetotherapy. URL: <https://www.celticmr.co.uk/products/healthcare/magnetotherapy/flexa-portable-magnetotherapy/> [in Ukrainian].
9. Sayt dlya medtekhnikiv [Site for medical technicians]. Retrieved from: <http://www.medteh.info/forum/34-306-2>. [in Ukrainian].
10. Ryaben'kyi V.M., Zhuykov V.YA., Yamnenko YU.S., Zahranychnyy A.V. (2016). Skhemotekhnika: Prystroyi tsyfrovoyi elektroniky. [Circuitry: Devices of digital electronics]. NTUU «KPI» [in Ukrainian].
11. Kolontayevs'kyi YU.P., Soskov A.H. (2004). Promyslova elektronika ta mikroskhemotekhnika: Teoriya i praktykum. [Industrial electronics and microcircuit engineering: Theory and practice]. Kyiv : Karavela. [in Ukrainian].
12. Petrova O.O. (2018). Modelyuvannya skhem v prohramnomu seredovyshchi Electronic Workbench. [Modeling schemes in the Electronic Workbench software environment]. Kharkiv : KHNUMH im. O. M. Beketova. [in Ukrainian].
13. CD4023BM/CD4023BC Buffered Triple 3-Input NAND Gate. (1988). National Semiconductor Corporation. [in English].

Стаття надійшла 11.04.2023