

UDC 616-72

[0000-0002-1571-401X] **C. V. Bazilo**, *Ph.D. (Eng.), associate professor*,
[0000-0002-1596-4123] **A. O. Lavdanskyi**, *Ph.D. (Eng.)*,
[0000-0001-5965-0233] **V. M. Zaika**, *Ph.D. (Eng.)*

Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

DEVELOPMENT OF INDICATION SYSTEM OF MOBILE ULTRASONIC SURGICAL INSTRUMENT

Prevalence of gunshot wounds in modern world is associated with criminalization of society, terrorist threats, increase of a number of local military conflicts and civil unrest. The search and development of methods for reducing blood loss, accelerating the healing of postoperative wounds and scars resorption is an important task of modern surgery, the solution of which is facilitated by the use of ultrasound. The use of ultrasonic surgery in military medicine and the use of piezoelectric elements as the source of ultrasound are perspective.

Primary surgical treatment of wounds is the main method of preventing the development of severe infectious complications of gunshot wounds. When using an ultrasonic surgical instrument, an urgent task is to disinfect it before and after the operation.

The purpose of this work is to develop an indication system for a mobile ultrasonic surgical instrument.

A monochrome OLED display is used to indicate the state and interaction with the user in a mobile ultrasonic surgical instrument. STM32 series microcontroller is used to work with the display. The indication system provides a display of the current value of power, time and battery charge. The following items of adjusting menu are available: frequency, power, sterilization, clock, information. The power value is presented in percent as a scale from 0 % to 100 %. The sterilization time of adjusting menu provides a maximum sterilization time of 99 minutes and 59 seconds. The handle of the surgical instrument has all basic control elements for ease of use and simplicity. Proposed surgical instrument is mobile and can be used in extreme conditions. It does not require the use of a power cord. Li-ion batteries are used to ensure the mobility of the instrument.

This work has been made within the framework of a state budgetary research topic “Development of mobile highly effective ultrasonic surgical instrument for military and civil medicine”

Keywords: *ultrasound, surgical instrument, indication system.*

Introduction. Prevalence of gunshot wounds in modern world is associated with criminalization of society, terrorist threats, increase of a number of local military conflicts and civil unrest [1]. The main method of preventing the development of severe infectious complications of gunshot wounds is surgery – primary surgical treatment of wounds [2]. The use of ultrasonic surgery using piezoelectric elements, which play the role of ultrasound sources, is perspective [3-5].

The issue of providing the population of Ukraine with high-quality surgical equipment is

an important component of ensuring the constitutional right of citizens to health care (Article 49 of the Constitution of Ukraine).

In [6], the advantages and possibilities of using ultrasonic surgery were considered and a study of piezoelectric transducers for ultrasonic surgery was conducted. In [8], a model of ultrasonic surgical instrument, which is shown in Figure 1, and a disinfection technique for the destruction of the pathogen in the cutting part of ultrasonic surgical instrument were developed.



Figure 1 – The model of mobile ultrasonic surgical instrument

The main advantages of the developed surgical instrument are its mobility and autonomy, which is ensured by Li-ion batteries, reliability and long service life of active elements from piezoceramics, ease of operation and ease of management due to the use of an ergonomic handle.

The *purpose* of this work, which is a continuation of the cycle of works [6-8], is the development of indication system for a mobile ultrasonic surgical instrument.

Materials and methods. The device uses a monochrome white "OLED" display [9], with size of 0.91" and with resolution 128 by 32 pixels to indicate status and to interact with the user. The device uses the U8glib library to control display [10] and the STM32 series microcontroller [11].

The device is controlled by three keys – right or plus, left or minus, and center key (short press forward, long press back). When the device is turned on, the project logo will appear for 1 second (Figure 2).



Figure 2 – Project logo when the device is turned on

The device enters the operating mode. The frequency and power that have been set beforehand are set. The main screen shows the current value of power, clock and battery level (Figure 3). You can change the power from the main screen by pressing the left and right keys to increase and decrease the power respectively. The minimum power value is 0%, the maximum power value is 100%.

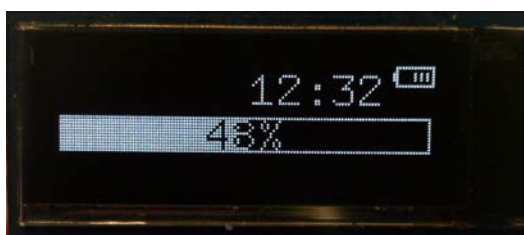


Figure 3 – The main screen of the device

Pressing the center key enters the device's settings menu. The available settings menu items are shown in Figures 4-6. These are the following items: "Frequency", "Power", "Sterilization", "Clock", "Information". To enter the corresponding settings menu, select the item with the right and left keys (item will be highlighted) and press the central key. To return to the device's main screen, long-press the central key.



Figure 4 – Settings menu, the first screen

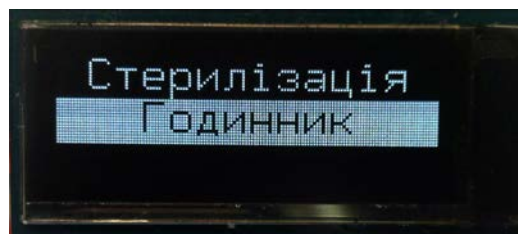


Figure 5 – Settings menu, the second screen

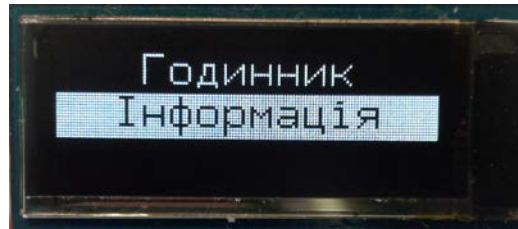


Figure 6 – Settings menu, the third screen

The frequency setting menu is shown in Figure 7. The frequency value is given by a digit. A short press of the central key is used to select a digit. The digits are selected cyclically, starting with the oldest (tens of thousands). The selected digit is highlighted. Use the left and right keys to increase or decrease the value. If the digit goes from value 9 to value 0, then one is automatically added to the higher digit; if the digit goes from 0 to 9, one is subtracted from the higher digit. The minimum frequency is 10000 Hz, the maximum is 99999 Hz. Pressing the left or right key for a long time increases or decreases the frequency automatically. To exit the frequency setting menu, long-press the central key. The frequency value is applied as it is entered, but is only stored in nonvolatile memory when exiting the menu.



Figure 7 – Frequency setting menu

The power setting menu is shown in Figure 8. The value is presented in percentage from 0% to 100%. The power value is changed by pressing the right and left keys. With a long press of the right or left key, the power value increases or decreases automatically. The power value is applied as it is entered, but is only stored in non-volatile memory when exiting the menu. To exit the power settings menu, long-press the central key.

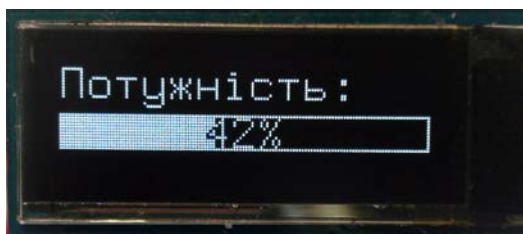


Figure 8 – Power setting menu

The sterilization time setting menu is shown in Figure 9. The time value is set by the digit in the same way as the frequency setting menu. The sterilization process will start for the time set in this menu. The first two digits in the menu are responsible for the number of minutes, the last two digits are for the number of seconds. The maximum sterilization time is 99 minutes and 59 seconds. To start sterilization mode, use the center key to go to item marked "Start" and press the left or right key. The value of the item will change to "Stop" (Figure 10) and the countdown of sterilization will start. To stop the sterilization mode, use the central key to go to item marked "Stop" and press the left or right key. The value of the item will change to "Start" and the countdown of sterilization will stop. To exit the sterilization time settings menu, long-press the center key. The sterilization mode will not be switched off when exiting the menu, the countdown will occur in the background.

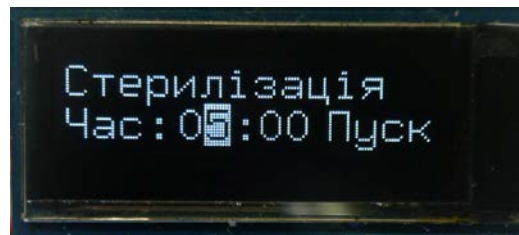


Figure 9 – Sterilization mode menu

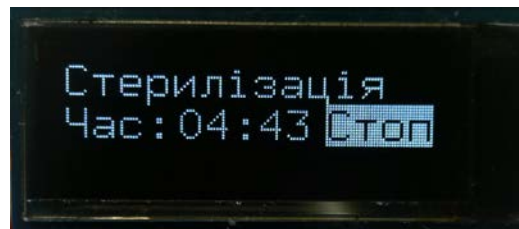


Figure 10 – Operation of the sterilization mode

The clock setting menu is shown in Figure 11. The clock setting is similar to the frequency setting menu. You only need to set the clock once, when you switch on the device for the first time. The clock will continue to work even in the absence of main power (due to backup battery power). To exit the clock settings menu, long-press the center key.

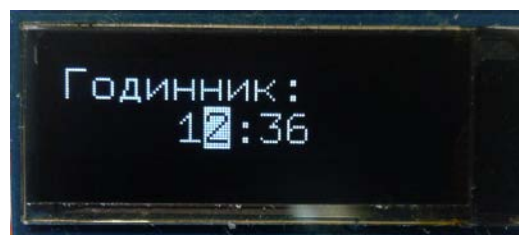


Figure 11 – Clock setting menu

Information about device developers is shown in the menu item "Information" and is shown in Figure 12. Use the left and right keys to scroll through information screens. Screens are switched cyclically. To exit the information menu, long-press the central key.

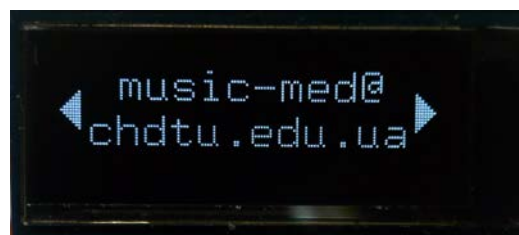


Figure 12 – Information about developers

Conclusions. This work was made within the framework of a state budgetary research topic "Development of mobile highly effective ultrasonic surgical instrument for military and civil medicine" (State registration number 0117U007474).

Indication system for a mobile ultrasonic surgical instrument based on an OLED display was developed, operation principles of indication system were considered. Further research may focus on mobile ultrasonic surgical instrument testing.

References

- [1] A. V. Kopchak, V. A. Rybak, and Yu. I. Marukhno, "Pathogenesis and approaches to the treatment in gunshot wounds of the maxillo-facial area in specialized multidisciplinary hospital", *Meditsina neotlozhnyih sostoyaniy*, no. 7, pp. 94-105, 2015 [in Ukrainian].
- [2] *Military and emergency surgery: guidelines*. Issue 1: Gunshot wounds and their treatment Kharkiv: KhNMU, 2013 [in Ukrainian].
- [3] S. V. Hrynyuk, and N. Yu Lebedyn's'ka, "Peculiarities of bacterial control over postoperative complications of wounds in surgical patients", *Medychni perspektyvy*, vol. XVI, no. 1, pp. 65-67, 2011 [in Ukrainian].
- [4] A. A. Viltsanyuk, R. A. Lutkovskiy, and M. A. Khutoryanskyi, "New approaches to the prevention of postoperative wound supuration", *Kharkivska khirurhichna shkola*, no. 4, pp. 22-25, 2011 [in Ukrainian].
- [5] G. M. Semenov, *Modern surgical instruments*. St. Petersburg: Piter, 2013 [in Russian].
- [6] C. V. Bazilo, Yu. Yu. Bondarenko, V. M. Zaika, Yu. A. Petrushko, and L. O. Fedoruk, "Application of piezoelectric elements in ultrasonic surgery", *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu*, no. 4, pp. 53-56, 2016 [in Ukrainian].
- [7] C. V. Bazilo, Yu. Yu. Bondarenko, V. M. Zaika, Yu. A. Petrushko, and L. O. Fedoruk, "Method of formation of ultrasonic oscillations in a surgical instrument": Patent of Ukraine no. 116996, 2017 [in Ukrainian].
- [8] C. V. Bazilo, V. M. Zaika, and Yu. Yu. Bondarenko, "Development of disinfection system of ultrasonic surgical instrument", *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu*, no. 4, pp. 63-67, 2018 [in Ukrainian].
- [9] B. Geffroy, P. Le Roy, and C. Prat, "Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies", *Polymer international*, vol. 55, no. 6, pp. 572-582, 2006.
- [10] U8glib library for monochrome displays. [Online]. Available: <https://github.com/olikraus/u8g2>
- [11] C. Noviello, *Mastering STM32. A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using a free and powerful development environment based on Eclipse and GCC*. Leanpub, 2017.

Список літератури

- [1] А. В. Копчак, В. А. Рибак, та Ю. І. Марухно, "Патогенез і принципи лікування вогнепальних поранень щелепно-лицевої ділянки в умовах багатопрофільного закладу", *Медицина неотложных состояний*, № 7, с. 94-105, 2015.
- [2] *Хірургія військова та надзвичайних ситуацій: метод. вказівки*. Тема 1: Вогнепальні поранення та їх лікування. Харків: ХНМУ, 2013.
- [3] С. В. Гринюк, та Н. Ю. Лебединська, "Особливості проведення бактеріального контролю за післяопераційними ускладненнями ран у хірургічних хворих", *Медичні перспективи*, т. XVI, № 1, с. 65-67, 2011.
- [4] О. А. Вільцанюк, Р. А. Лутковський, та М. О. Хutoryанський, "Нові підходи до профілактики нагноєння післяопераційної рани", *Харківська хірургічна школа*, № 4, с. 22-25, 2011.
- [5] Г. М. Семенов, *Современные хирургические инструменты*. Санкт-Петербург: Питер, 2013.
- [6] К. В. Базіло, Ю. Ю. Бондаренко, В. М. Заїка, Ю. А. Петрушко, та Л. О. Федорук, "Застосування п'єзоелектричних елементів в ультразвуковій хірургії", *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 4, с. 53-56, 2016 (*Технічні науки*).
- [7] К. В. Базіло, Ю. Ю. Бондаренко, В. М. Заїка, Ю. А. Петрушко, та Л. О. Федорук, "Спосіб створення ультразвукових коливань в хірургічному інструменті": пат.

- України на корисну модель № 116996. № 201613588, грудень 29, 2016. Опубл. червень 12, 2017. Бюл. № 11.
- [8] К. В. Базіло, В. М. Заїка, та Ю. Ю. Бондаренко, "Розробка системи знезараження ультразвукового хірургічного інструменту", *Вісник Черкаського державного технологічного університету*, № 4, с. 63-67, 2018 (*Технічні науки*).
- [9] B. Geffroy, P. Le Roy, and C. Prat, "Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies", *Polymer international*, vol. 55, no. 6, pp. 572-582, 2006.
- [10] U8glib library for monochrome displays. [Online]. Available: <https://github.com/olikraus/u8g2>
- [11] C. Novello, *Mastering STM32. A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using a free and powerful development environment based on Eclipse and GCC*. Leanpub, 2017.

К. В. Базіло, к.т.н., доцент,

А. О. Лавданський, к.т.н.,

В. М. Заїка, к.т.н.,

Черкаський державний технологічний університет
6-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНДИКАЦІЇ МОБІЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ХІРУРГІЧНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Поширеність вогнепальних поранень пов'язана з криміналізацією суспільства, терористичними загрозами, збільшенням кількості локальних військових конфліктів і громадських заворушень. Основним методом попередження розвитку важких інфекційних ускладнень вогнепальних поранень є операція – первинна хірургічна обробка ран. Перспективним є застосування ультразвукової хірургії з використанням п'єзоелектричних елементів, котрі відіграють роль джерел ультразвуку.

Пошук і розробка методів зниження крововтрати, прискорення загоєння післяопераційних ран і розсмоктування рубців є важливими завданнями сучасної хірургії, перспективним розв'язанням яких є застосування ультразвукової хірургії з використанням п'єзоелектричних елементів, котрі відіграють роль джерел ультразвуку.

Метою роботи є розробка системи індикації мобільного ультразвукового хірургічного інструменту.

Для індикації стану та взаємодії з користувачем у мобільному ультразвуковому хірургічному інструменті використовується монохромний OLED-дисплей. Для роботи з дисплеєм використано мікроконтролер серії STM32. На дисплеї передбачено відображення поточного значення потужності, часу та заряду батареї. Доступні такі пункти меню налаштувань: частота, потужність, стерилізація, годинник, інформація. Величина потужності представлена шкалою від 0 % до 100 %. Максимальне значення часу стерилізації дорівнює 99 хвилин і 59 секунд. Основними перевагами розробленого хірургічного інструменту є його мобільність та автономність, що забезпечується шляхом використання Li-ion акумуляторів, надійність і значний строк служби активних елементів з п'єзокераміки, зручність в експлуатації та простота в керуванні за рахунок використання ергономічної рукоятки.

Робота виконана в рамках науково-дослідної роботи Черкаського державного технологічного університету «Розробка мобільного високоефективного ультразвукового хірургічного інструменту для військової та цивільної медицини».

Ключові слова: ультразвук, хірургічний інструмент, система індикації.

Стаття надійшла 18.07.2019

Прийнято 09.08.2019