

УДК 681.52

М.П. Дивак, д-р техн. наук, проф.,  
В.І. Тимець, аспірант,

С.Я. Крепич, канд. техн. наук, ст. викладач

Тернопільський Національний Економічний Університет, м. Тернопіль, Україна,  
mdu@tneu.edu.ua, [volodymyrtytymets@gmail.com](mailto:volodymyrtytymets@gmail.com), s.krepuch@tneu.edu.ua

## Архітектура програмного забезпечення для системи виявлення зворотного гортанного нерва

У статті розглянуто особливості реалізації програмного забезпечення для пристрою ідентифікації зворотного гортанного нерва. Наведено основну концепцію побудови модулів та архітектуру програмного забезпечення. Розв'язано основну проблему при її побудові, пов'язану із функціональними обмеженнями однокристального комп'ютера, на якому реалізовано частину програмного забезпечення. Особливість розробленої архітектури, на відміну від існуючої, полягає у розподіленні програмних модулів для виконання однокристальним комп'ютером та засобами візуалізації у вигляді планшету.

**Ключові слова:** архітектура програмного забезпечення, однокристальний комп'ютер, програмування Raspberry pi, Node js, хірургія органів ший, зворотній гортанний нерв.

DOI: 10.31474/1996-1588-2018-2-27-86-92

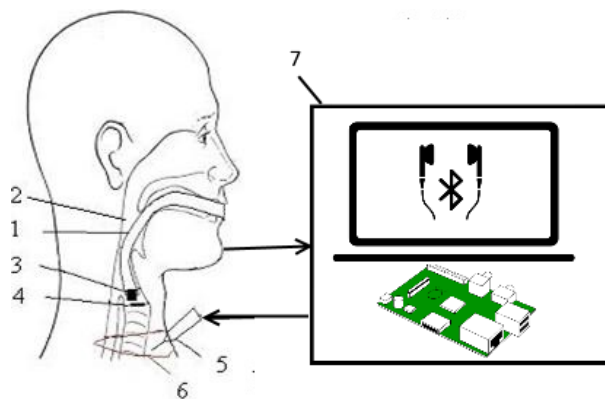
### Вступ

Моніторинг ЗГН є необхідною процедурою під час операцій на органах ший. Для цих цілей використовують нейромонітори, які функціонують за принципом подразнення тканин хірургічної рани і оцінюванні результатів подразнення [1-5]. Основною проблемою при цьому є вибір засобів для подразнення електричним струмом. У працях [1,4] наведено найновіші результати досліджень щодо нейромоніторингу ЗГН. Зокрема, показано, що подразнення ЗГН необхідно здійснювати послідовністю коротких імпульсів з частотою 4 Гц. Також встановлено, що в процесі неперервного подразнення ЗГН під час усієї операції імпульсами з діючою силою струму від 0,5 до 2 мА на значній вибірці пацієнтів не виявлено жодного випадку пошкодження нервових тканин. Разом з тим, такий принцип подразнення та нейромоніторингу має ряд суттєвих недоліків: вимагає неперервного подразнення; не дає можливості виявити відстані від точки подразнення до ЗГН; вимагає використання двох електродів на початку ділянки хірургічного втручання та у її кінці; не попереджує ризику ЗГН, а тільки фіксує факт його ушкодження чи не ушкодження. Інший електрофізіологічний спосіб подразнення та моніторингу ЗГН передбачає використання змінного струму з фіксованою частотою [6]. Цей спосіб було реалізовано для портативного комп'ютера, що вимагало попереднього передопераційного налаштування. У праці [6] запропоновано перенести створене програмне забезпечення на однокристальний комп'ютер. Таке рішення вимагає створення нової архітектури ПЗ та внесення в нього певних змін для забезпечення його функціональної придатності. Запропоновані рішення щодо архітектури програмної системи та особливостей її реалізації на однокристальному комп'ютері у складі

комплексу для моніторингу ЗГН є предметом даної праці.

### Постановка задачі

Розглянемо основні принципи існуючого апаратного рішення для моніторингу зворотного гортанного нерва. Його схема наведена нижче на рисунку 1 [7].



1) респіраторна трубка, 2) гортань, 3) звуковий сенсор, 4) голосові зв'язки, 5) щуп, 6) хірургічна рана 7) багатофункціональний блок стимуляції ЗГН.

Рисунок 1 – Метод моніторингу зворотного гортанного нерва.

Розміщена в гортані (2) дихальна трубка (1) розташовується таким чином, щоб звуковий сенсор (3) знаходився над голосовими зв'язками (4). Щуп (5) приєднується багатофункціонального блоку стимуляції ЗГН. За рахунок подразнення голосових зв'язки скорочуються. Скорочення голосових зв'язок, у свою чергу, призводить до коливань повітря у гортанні. Звуковий сенсор фіксує дані коливання та передає на звукову карту у вигляді інформаційного сигналу. Після чого даний сигнал обробляється.

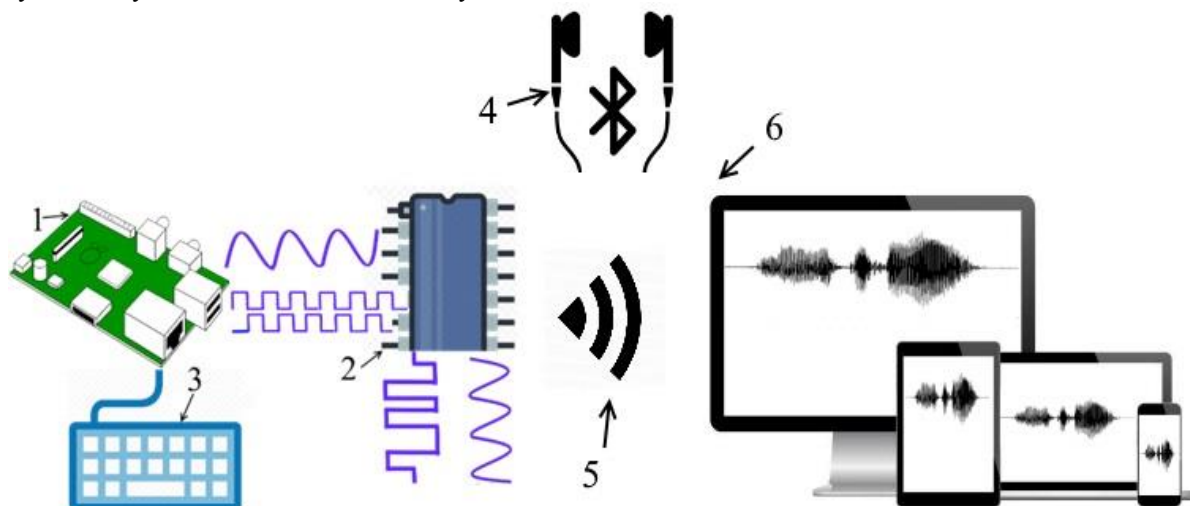
Для обробки отриманого сигналу необхідно використовувати спеціальне програмне забезпечення інстальоване на одно кристальну ЕОМ. Основні його функціональні можливості: сегментація інформаційного сигналу; аналіз амплітудного спектру із використанням швидкого перетворення Фур'є; виділення спектральної складової з максимальною амплітудою (назвемо її максимальною спектральною складовою, в подальшому); класифікація тканин хірургічної рани у точці подразнення із використання порогового методу [6]. Таким чином, для реалізації зазначених функцій із використанням однокристального комп'ютера необхідно створити як нову архітектуру ПЗ.

### Архітектура програмного забезпечення

Нами був розроблений новий та унікальний пристрій для моніторингу ЗГН. Основними його відмінностями є те, що взаємін генератора змінного струму, введено генератор електричних прямокутних імпульсів з адаптивним налаштуванням їх

тривалості та частоти слідування. Також реалізовано блок опрацювання інформаційного сигналу, отриманого звуковим сенсором. У ньому відбувається сегментація, спектральний аналіз інформаційного сигналу та подальша його обробка. Після цього робиться висновок про тип подразненої тканини та інформування про це хірурга.

Основна концепція практичного рішення полягає в тому щоб розділити пристрій на дві частини: обробки інформаційного сигналу та блок інформування хірурга. Для інформування хірурга про тип подразненої тканини може бути використано будь-який пристрій візуалізації (телефон, планшет, ноутбук) так і будь-які безпроводні чи проводні навушники. Блок інформування отримує дані через засоби wifi та bluetooth. Використовує як візуальне так і звукове інформування хірурга. Схематичне зображення концепції реалізації пристрою наведено на рис.2.



1) блок управління подачі сигналів та опрацювання інформаційного сигналу, 2) генератор струму, 3) блок управління 4) блок звукового інформування хірурга  
5) засіб передачі даних, 6) блок візуального інформування хірурга

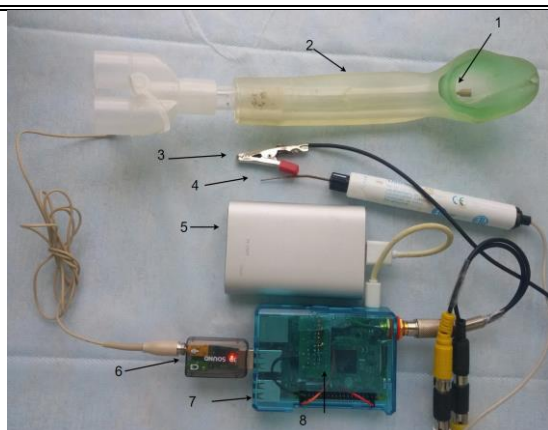
Рисунок 2 – Концептуальна схема побудови пристрою для ідентифікації ЗГН

Блок опрацювання і відображення інформації реалізовано на базі одно кристального комп'ютера Raspberry Pi та конструктивного додатку у вигляді аналогової схеми, яка виконує функцію стабілізації струму подразнення на рівні 0,5 – 2 мА. Багатофункціональний блок стимуляції ЗГН виконує такі функції:

- формування постійного струму силою від 0,5 до 2 мА не залежно від типу та структури тканини хірургічної рани;
- формування прямокутних імпульсів з різною шпаруватістю, та частотою від 50 до 1000 Гц, діючою силою струму від 0,5 до 2 мА [7].

Блок візуалізації розроблено у як клієнтський додаток який запускається на всіх широко поширених пристроях. Це дозволить використовувати наш пристрій у різних комплектаціях як із екраном так і без нього (використавши персональний телефон чи планшет).

Розроблений авторами (тестовий) пристрій зображений на рисунку 3.



1 - звуковий датчик 2 - респіраторна трубка, 3 - негативний затиск голки, 4 - позитивний зонд, 5 - блок живлення, 6 - звукова карта, 7 - одноплатний комп'ютер, 8 - аналогова схема

Рисунок 3 – Пристрій для виявлення зворотного гортанного нерва.

У відповідності до функціональних вимог розроблено архітектуру програмного забезпечення (рис.4).

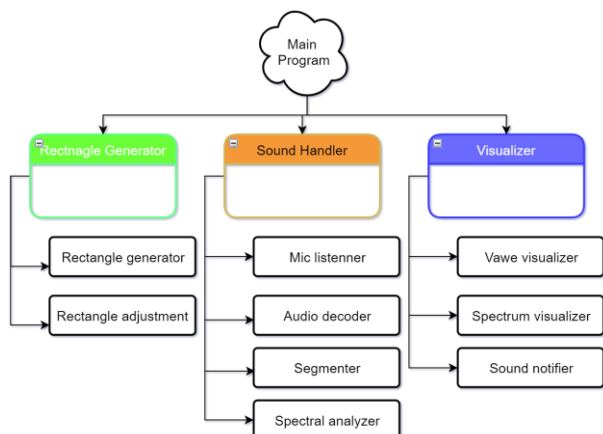


Рисунок 4 – Архітектура програмного забезпечення пристрою для моніторингу ЗГН.

Програмне забезпечення інстальоване та функціонує під управлінням операційної системи LINUX. Дане програмне забезпечення виконує три основні функціональні вимоги:

- Генерація прямокутних імпульсів. Зміна частоти їх слідування та відстані між активними і пасивними зонами (шпаруватість)
- Фіксація звукового сигналу отриманого під час операції. Його опрацювання та виділення спектральних характеристик.
- Візуалізація отриманих результатів опрацювання звукового сигналу. Побудова моделі. Візуальне та звукове оповіщення хірурга про тип подразненої тканини.

## Опис програмного забезпечення блоку стимуляції ЗГН

Для забезпечення вимог до блоку генерування прямокутних імпульсів нами був розроблений модуль Rectange generator. Даний програмний модуль відповідає за роботу із генерування прямокутними імпульсами. Його під модулі Rectange generator та Rectange adjustment. Перший відповідає за генерування прямокутних імпульсів другий за можливість налаштування програмних параметрів для завдання різної шпаруватості та частоти слідування. Це було потрібно для пошуку оптимальної частоти генерації прямокутних імпульсів та сили струму.

Для програмної реалізації даного модуля обрана мова програмування Java Script [9] та платформа Node js [10]. Дана платформа дозволяє виконувати код на різних операційних система. А оскільки розроблений пристрій працює під управлінням операційної системи Linux [11 -12] то вона є підходящою для даного рішення. Також дана платформа дозволяє використовувати код написаний іншими людьми для економії часу розробки. Такий код прийнято називати пакети. Усі пакети можна знайти у спільному сховищі названим npm.

Для забезпечення коректної роботи аналогової схеми вона повинна знімати показники із двох виходів Raspberry Pi одночасно. Тому основна задача під-модуля Rectange generator полягає у попарній передачі живлення на 2 виходи GPIO у Raspberry Pi. Включення – виключення. При чому коли 1 пін включений другий повинен бути вимкнений. Для роботи із даними виходами використано пакет "on-off". Зміна живлення із 1 до 0 відбувається за певні проміжки часу. При цьому ці проміжки досить малі кілька мілісекунд. Для забезпечення цього використовується бібліотека "sleep"[13]. Нижче наведено частина коду реалізації даного модуля:

```
do {
  if(step === 6) {
    step = 1;
    out2.writeSync(1);
  }
  if(step === 2) {
    out1.writeSync(1)
  }
  if(step === 3) {
    out1.writeSync(0)
  }
  if(step === 5) {
    out2.writeSync(0)
  }
  times[step] - 1 && sleep.usleep(times[step] - 1);
  step ++;
} while (true);
```

Результат виконання даним модулем наведено на рис. 5.

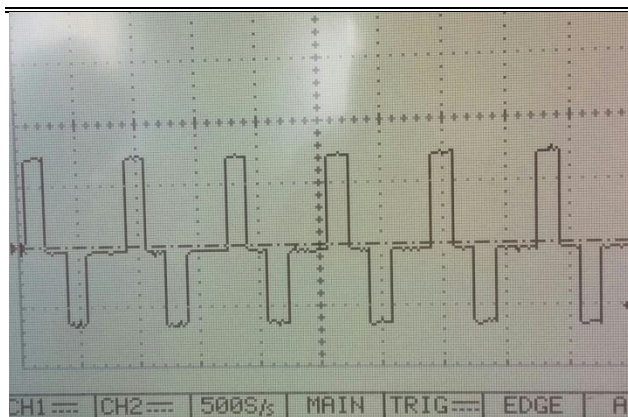


Рисунок 5 – Результат виконання модуля  
Rectangle generator

Інший під модуль Rectangle adjustment задіяний тільки у тестових цілях. Він дає змогу змінити частоту і форму імпульсів для пошуку оптимальних параметрів електричного струму.

### Опис програмного забезпечення блоку обробки інформаційного сигналу

Даний блок призначений для опрацювання звукового сигналу, отриманого під час подразнення тканин хірургічної рани. Нижче наведено функціональні особливості реалізації модулів та їх складових.

Модуль «Mic listener» призначений для роботи з мікрофоном. Для прослуховування звукового сигналу отриманого від мікрофона Raspberry Pi використано пакет «mic». Він містить метод on («data») який дозволяє отримувати доступ до даних записаним мікрофоном.

Приклад частини коду даного під модуля наведений нижче:

```
class Mic {
  constructor(setting, config) {}
  start(startDate, onData) {
    try {
      this._startDate = startDate;
      this._createInstance();
      this._micInputStream.on('data', buffer => {
        WavDecoder.decode(Buffer.concat([header(this._config.mic.rate), buffer]))
          .then(audioData => onData(audioData))
          .catch(this._catch);
      });

      this._writeIntoFile(startDate);

      this._micInstance.start();
    } catch (error) {
      this.log(error);
    }
  }
  stop() {
    this._micInstance.stop();
  }
}
module.exports = { Mic };
```

Модуль «decoder» призначений для декодування отриманих від вищеописаного модуля звукових сигналів.

Модуль «Segmenter» призначений для виділення частин звукового сигналу, які відповідають «вдоху» та «видоху» пацієнта і одночасного подразнення тканини хірургічної рани електричним струмом. Основна ідея його реалізації полягає в пошуку часових дискрет попередньо дискретизованого звукового сигналу із різким зростанням чи зменшенням амплітуди. Частина його реалізації подана нижче:

```
class Segmentor extends EventEmitter {
  constructor(startDate = new Date(), config, settings) {}

  findSegment(wave) {
    const sums = [];
    for (let index = 0; index < wave.length; index = index + N) {
      const slice = wave.slice(index, index + N);
      const sum = _sumBy(slice, Math.abs);
      sums.push(sum);
    }

    const average = _mean(sums);
    this._averages.push(average);

    if (average < this._limitOfSilence * 0.7) {
      if (this._waves.length >= this._meanSegmentLength) {
        const segment = _flatten(this._waves);
        this.emit('segment', segment, average, this._buffers);
      }

      this._waves = [];
      this.emit('noSegment');
    } else {
      this._waves.push(_values(wave));
    }

    if (this._waves.length > 33) {
      this._waves = [];
      this.emit('noSegment');
    }
  }
}
module.exports = Segmentor;
```

Модуль «spectral analyzer» призначений для реалізації спектрального аналізу інформаційного сигналу. Для цього використано бібліотеку FOURIER-TRANSFORM. Вона дозволяє отримати спектр інформаційного сигналу. Дана бібліотека реалізована у пакеті frequencyjs [14]. Частина коду реалізації модуля spectral analyzer наведена нижче:

```
const fft = (wave) => {
  let waveLength = wave.length;
  let index = nearestPow2(waveLength);
  while (!(index <= wave.length)) {
    waveLength = waveLength - 2;
    index = nearestPow2(waveLength);
  }
  const cutedWave = wave.slice(0, index);
  const spectrum = fjs.Transform.toSpectrum(cutedWave, {
    method: 'fft',
  });
  return { wave: values(cutedWave), spectrum };
};
```

Також нами розроблений модуль «potifige». Він призначений для роботи з провідними та безпровідними засобами відтворення звукових коливань. У його основу покладено роботу із "нейтивним" драйвером операційної системи Linux. Частина коду даного модуля наведена нижче:

```
exec(`aplay -D plughw:1 ${filePath}`);
exec(`aplay -D plughw:0 ${filePath}`);
exec(`aplay -D hw:0 ${filePath}`);
```

Модуль «visualizer» призначений для візуалізації результатів обробки сигналу – реакції на подразнення тканин, яка перетворюється до звукового сигналу. Цей модуль відображає форму сигналу для хірурга, а також його спектральні характеристики. Паралельно, залежно від результату оцінки реакції на подразнення тканин хірургічної рани електричним струмом, у цьому модулі формується звуковий сигнал. Згаданий модуль реалізований за допомогою підтримки технології AudioContext | MDN [15] та Canvas [16]. Ці технології дозволяють відтворювати звукові сигнали на "native" рівні, що забезпечує значну швидкодію виконання.

Інтерфейс користувача показано на рис.6.

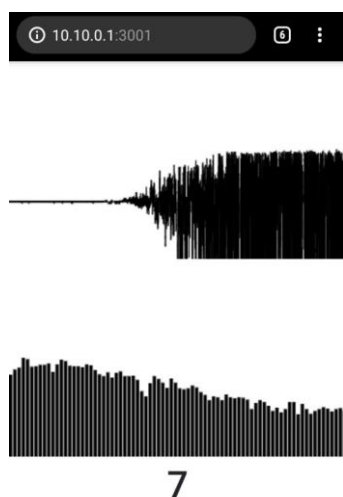


Рисунок 6 – Візуалізація реакції на подразнення ЗГН із використанням модуля visualizer

Описані вище модулі забезпечують стабільну взаємодію усіх елементів системи. Їх спільна робота забезпечує успішну роботу пристрою ідентифікації зворотного гортанного нерва.

### **Результати застосування розробленого пристрою виявлення місцезнаходження ЗГН**

Розроблена система була апробована під час 5 різних оперативних втручань на щитоподібній залозі. В усіх випадках було точно ідентифіковано ЗГН, а також відстань від точки подразнення на м'язовій тканині до ЗГН.

Оскільки реакція нервової тканини можлива тільки за певної сили струму в точці подразнення та частоти слідування імпульсів, нами проводилися експерименти для визначення їх оптимальних параметрів. При визначенні сили струму, враховується її діюче значення в точці подразнення. Нами була встановлена оптимальна амплітуда діючого значення сили струму для подразнення тканин хірургічної рани, в діапазоні від 1 до 1,5 мА. Така сила струму є абсолютно безпечною і не призводить до коагуляції тканини ЗГН. Водночас, вона забезпечує стабільну реакцію яку можна зафіксувати звуковим сенсором.

Також при подразненні ЗГН важливим є частота слідування прямокутних імпульсів. При недостатній частоті жодної реакції не спостерігатиметься. Тому нами проводилися подразнення електричним струмом на різних частотах. У процесі було встановлено оптимальну частоту стимуляції: від 400 до 500 Гц. Це підтверджують дослідження, описані у праці [17].

Для встановлення кількісних характеристик щодо зниження ризику пошкодження ЗГН при використанні розробленого пристрою, доцільними є подальші експериментальні дослідження.

### **Висновки**

Запропоновано архітектуру програмного забезпечення для пристрою ідентифікації ЗГН під час операції на органах шії. Основною проблемою при її побудові виявились функціональні обмеження запропонованого однокристального комп'ютера, які пов'язані із неможливістю розв'язувати задачу опрацювання інформаційного сигналу та візуалізацію результатів опрацювання на одному пристрої в реальному часі. Особливість розробленої архітектури, на відміну від існуючої, полягає у розподіленні програмних модулів для виконання однокристальним комп'ютером та засобами візуалізації у вигляді планшета. Обмін між модулями здійснюється за допомогою безпроводної мережі Wi-Fi. Запропонований підхід до візуалізації результатів стимуляції дає змогу хірургу прийняти рішення про тип тканини в точці подразнення електричним струмом тканини хірургічної рани.

Попередні застосування створеного ПЗ засвідчують зниження ризику пошкодження ЗГН. З іншої сторони, існує необхідність у подальшому удосконаленні програмного забезпечення, пов'язаного із візуалізацією результатів стимуляції ЗГН. Для встановлення кількісних характеристик ефективності застосування розробленого пристрою, щодо зниження ризику пошкодження ЗГН, доцільними є подальші експериментальні дослідження.

**Список літератури**

1. Abstract book of First World Congress of Neural Monitoring in Thyroid and Parathyroid Surgery, Krakow, Poland, 2015, 161 pp
2. M.C.D. Poveda, G. Dionigi, A. Sitges-Serra, M. Barczynski, P. Angelos, H. Dralle, E. Phelan and G. Randolph. "Intraoperative Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroidectomy: A Standardized Approach (Part 2)". World Journal of Endocrine Surgery, vol. 4, no. 1, pp. 33-40, 2012.
3. V.K. Dhillon and R.P. Tufano. "The pros and cons to real-time nerve monitoring during recurrent laryngeal nerve dissection: an analysis of the data from a series of thyroidectomy patients". Gland Surgery, vol. 6, no. 6, pp. 608-610, 2017.
4. H.Y. Kim, X. Liu, C.W. Wu, Y.J. Chai and G. Dionigi. "Future Directions of Neural Monitoring in Thyroid Surgery". Journal of Endocrine Surgery, vol. 17, no. 3, pp. 96-103, 2017.
5. W.E. Davis, J.L. Rea, J. Templer. "Recurrent laryngeal nerve localization using a microlaryngeal electrode". Otolaryngology – Head and Neck Surgery, vol, 87, no. 3, pp. 330-333, 1979.
6. M. Dyvak, N. Kasatkina, A. Pukas, N. Padletska. "Spectral analysis the information signal in the task of identification the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery". Przegląd Elektrotechniczny, vol. 89, no. 6, pp. 275- 277, 2013.
7. Raul Husson, Etude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux «de îa voix chantée», Paris, 1952
8. Dyvak M., Dyvak A ,Shidlovsky V., Brych V "Improving the Effectiveness of Electrophysiological Monitoring of the Recurrence Laryngeal Nerve During Surgery on Neck Organs" 2018 14th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) Lviv - Slavske, p:748 – 751
9. Douglas Crockford, "How JavaScript Works" Virgule-Solidus, October 18, 2018, 279 p, ISBN-10: 1949815005.
10. M. Cantelon, M. Harter, T.J. Holowaychuk and N. Rajlich. "Node.js in Action. Shelter Island," NY: Manning Publications, 2013, 416 pp.
11. P. Teixeira. "Professional Node.js: Building Javascript Based Scalable Software," Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, Inc., 2012, 408 pp.
12. Douglas Crockford, "Linux in Action", Manning Publications; 1 edition, September 16, 2018 384 p, ISBN-10: 1617294934
13. <https://github.com/erikdubbelboer/node-sleep> - інтернет ресурс.
14. <https://www.npmjs.com/package/frequencyjs>- інтернет ресурс.
15. <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/AudioContext> - інтернет ресурс
16. [https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/API/Canvas\\_API](https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/API/Canvas_API) - інтернет ресурс:
17. Hoon Yub Kim, Xiaoli Liu, Che-Wei Wu, Young Jun Chai, and Gianlorenzo Dionigi. Future Directions of Neural Monitoring in Thyroid Surgery //J Endocr Surg. 2017 Sep;17(3):96-103

**References**

1. Abstract book of First World Congress of Neural Monitoring in Thyroid and Parathyroid Surgery, Krakow, Poland, 2015, 161 pp
2. M.C.D. Poveda, G. Dionigi, A. Sitges-Serra, M. Barczynski, P. Angelos, H. Dralle, E. Phelan and G. Randolph. "Intraoperative Monitoring of the Recurrent Laryngeal Nerve during Thyroidectomy: A Standardized Approach (Part 2)". World Journal of Endocrine Surgery, vol. 4, no. 1, pp. 33-40, 2012.
3. V.K. Dhillon and R.P. Tufano. "The pros and cons to real-time nerve monitoring during recurrent laryngeal nerve dissection: an analysis of the data from a series of thyroidectomy patients". Gland Surgery, vol. 6, no. 6, pp. 608-610, 2017.
4. H.Y. Kim, X. Liu, C.W. Wu, Y.J. Chai and G. Dionigi. "Future Directions of Neural Monitoring in Thyroid Surgery". Journal of Endocrine Surgery, vol. 17, no. 3, pp. 96-103, 2017.
5. W.E. Davis, J.L. Rea, J. Templer. "Recurrent laryngeal nerve localization using a microlaryngeal electrode". Otolaryngology – Head and Neck Surgery, vol, 87, no. 3, pp. 330-333, 1979.
6. M. Dyvak, N. Kasatkina, A. Pukas, N. Padletska. "Spectral analysis the information signal in the task of identification the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery". Przegląd Elektrotechniczny, vol. 89, no. 6, pp. 275- 277, 2013.
7. Raul Husson, Etude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux «de îa voix chantée», Paris, 1952
8. Dyvak M., Dyvak A ,Shidlovsky V., Brych V "Improving the Effectiveness of Electrophysiological Monitoring of the Recurrence Laryngeal Nerve During Surgery on Neck Organs" 2018 14th International Con-

---

ference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) Lviv - Slavske, p:748 – 751

9. Douglas Crockford, "How JavaScript Works" Virgule-Solidus, October 18, 2018, 279 p, ISBN-10: 1949815005.

10. M. Cantelon, M. Harter, T.J. Holowaychuk and N. Rajlich. "Node.js in Action. Shelter Island," NY: Manning Publications, 2013, 416 pp.

11. P. Teixeira. "Professional Node.js: Building Javascript Based Scalable Software," Indianapolis, IN: John Wiley & Sons, Inc., 2012, 408 pp.

12. Douglas Crockford, "Linux in Action", Manning Publications; 1 edition, September 16, 2018 384 p, ISBN-10: 1617294934

13. <https://github.com/erikdubbelboer/node-sleep> - internet source

14. <https://www.npmjs.com/package/frequencyjs>- internet source.

15. <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/AudioContext> - internet source

16. [https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/API/Canvas\\_API](https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/API/Canvas_API) - internet source:

17. Hoon Yub Kim, Xiaoli Liu, Che-Wei Wu, Young Jun Chai, and Gianlorenzo Dionigi. Future Directions of Neural Monitoring in Thyroid Surgery //J Endocr Surg. 2017 Sep;17(3):96-103

*Надійшла до редакції 20.11.2018*

**M. Dyvak, V. Tymets, S. Krepych**

Ternopil National Economic University (Ukraine)

### **THE ARCHITECTURE OF SOFTWARE FOR THE SYSTEM OF RECURRENT LARYNGEAL NERVE IDENTIFICATION**

The electrophysiological device for identifying the recurrent laryngeal nerve was designed for this work. It uses the electric current for RLN stimulation. The response to the irritation is fixed by the sound sensor and processed with the computer. We have transferred the software for sound signal processing and visualizing its results on the single-board computer Raspberry Pi.

The difference of the designed architecture from the current one is in the distribution of the modules for single-board computer and visualization tools as a tablet or mobile phone. The exchange between the modules is made with the help of the Wi-fi network. We have chosen this method because of the impossibility to process the informational signal and visualize the results of processing in real time. The suggested approach to the visualization of stimulation results allows the surgeon to make a decision about the type of tissue by stimulating the surgery wound tissue with the help of electric current.

We have mentioned the results of testing on different patients of different age and weight. The result was very successful. Based on this, we can reach a conclusion that designed by us conception is suitable for all patients. Also, it indicates the relevance and performance of the device, as it allows to lower the risk of RLN.

**Key words:** *architecture of software, single-board computer, Raspberry pi programing, Node js, neck organs surgery, recurrent laryngeal nerve.*