

## ВЕБ-СИСТЕМА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ТЕСТУВАННЯ

**Парамонов А.К.**

старший викладач, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Ткаченко В.П.**

к.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Шапошник Я.В.**

магістр, кафедра «Медіасистеми та технології»,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Робота присвячена проектуванню веб-системи для психофізіологічного тестування без використання спеціалізованого обладнання. Розроблена система дозволяє здійснювати тестування в режимі онлайн за типовими психофізіологічними методиками. Також розглянуті особливості архітектури системи та використані технології. Веб-система є зручним доступним інструментом для проведення досліджень та навчання роботі з аналогічними спеціалізованими системами.*

***Ключові слова:** ВЕБ-СИСТЕМА, ТЕСТУВАННЯ, АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ, ПСИХОФІЗІОЛОГІЯ, ПСИХОМОТОРНА РЕАКЦІЯ, FIREBASE, REACT.*

### **Вступ**

У сучасному світі використання психофізіологічних методів у психологічних дослідженнях набуває все більшої популярності через зростання кількості подразників, психологічного навантаження та стресу. Ці методи дозволяють отримати об'єктивні дані про психічний стан людини, а також динаміку його змін. Особливо це актуально для відповідальних професій, де гарний психофізіологічний стан є обов'язковою умовою для допуску до роботи.

Зазвичай психофізіологічне тестування виконується на спеціалізованих програмно-апаратних комплексах [1-4], де електронні пристрої та датчики відповідають за точне вимірювання сигналів, швидкостей реакцій, а програмна частина збирає, оброблює, аналізує отримані дані та відображає результати.

Апаратне забезпечення та датчики (наприклад, ЕЕГ, ЕКГ, ШГР тощо) для психофізіологічного тестування є ефективними засобами для забезпечення точного збору психофізіологічних даних і дозволяють отримувати об'єктивні дані про фізіологічні реакції людини. Однак вартість психофізіологічного обладнання може бути значною, що обмежує його доступність для багатьох дослідників та організацій. Часто це обладнання наявне в обмеженій кількості, що може ускладнювати проведення масштабних досліджень, тестувань з великою кількістю учасників або навчання великих груп фахівців. Також суттєвою проблемою стає тестування груп респондентів, що знаходяться у

важкодоступних регіонах чи територіально дуже віддалені між собою і центром, що проводить тестування. Таке може траплятися при проведенні обов'язкової професійної експертизи, наприклад, працівників нафтодобувної галузі, військових або при тестуванні стану постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій. В таких умовах було б зручно мати інструменти для проведення психофізіологічного тестування у дистанційному режимі. Основний набір методів психофізіологічного тестування включає [5]:

- перевірку психомоторних реакцій, яка виконується за допомогою спеціальних пристроїв, робота яких може бути у певному приближенні імітована звичайним обладнанням персональних комп'ютерів та мобільних пристроїв [6];
- тестування пам'яті та психічного стану, що повноцінно може проводитися за допомогою програмних засобів та веб-систем [7].

Отже, система психофізіологічного тестування може бути реалізована за допомогою веб-технологій у вигляді веб-додатку.

Формат веб-застосунок дозволяє проводити психофізіологічне тестування в онлайн-режимі, забезпечуючи доступ до тестів з будь-якого пристрою з підключенням до Інтернету (комп'ютера, планшета, смартфона), а використання веб-технологій дає можливість створювати динамічні та інтерактивні інтерфейси, що робить процес тестування зручним та ефективним для користувачів. Веб-система також може легко масштабуватися для використання великою кількістю користувачів одночасно, що дозволяє проводити масштабні дослідження та тестування. Порівняно з традиційним програмно-апаратним забезпеченням, веб-система може бути більш доступною з точки зору вартості, оскільки не потрібно інвестувати в дороге обладнання.

Веб-система для психофізіологічного тестування має деякі недоліки: втрата точності даних та залежність від інтернет-з'єднання. Передача даних через інтернет може спричинити певну втрату точності, особливо у випадку низької швидкості інтернет-з'єднання або нестабільного зв'язку. Це може вплинути на якість зібраних психофізіологічних даних та результати тестування. Веб-застосунок потребує постійного Інтернет-з'єднання для своєї роботи. В разі відсутності зв'язку користувачі можуть бути відключені від системи, а отже, втратити можливість проведення тесту.

Найсуттєвішою проблемою систем без спеціального обладнання [8] є неможливість реалізувати програмно за допомогою стандартних пристроїв введення точне та стабільне вимірювання швидкості реакції респондента на стимули, що є основою психомоторних тестів. До часу реакції додається ще затримка розповсюдження сигналу, тривалість якої може змінюватися випадковим чином під час проходження тесту. Затримка складається з часу формування команди пристроєм введення, обробкою команди контролером, тривалості очікування програмою своєї черги на виконання при перемиканні задач операційною системою, яка залежить від поточного навантаження, часу обробки повідомлення про подію самою програмою, а також трохи залежить від частоти оновлення екрану. Це обмежує використання веб-системи для офіційної

психофізіологічної експертизи, де перевірка психомоторних реакцій складає вагомому частину тестів. Незважаючи на ці обмеження, правильне проектування та налагодження веб-системи може допомогти зменшити їх вплив та забезпечити ефективно та зручне психофізіологічне тестування в онлайн-режимі.

### **Мета та задачі дослідження**

Метою роботи є створення веб-системи для психофізіологічного тестування, яка буде містити різноманітні тести для перевірки швидкості реакції, рівня пам'яті, уваги та інших здібностей. Веб-система спрямована на використання в навчальних цілях для підготовки медичних працівників, проведення психофізіологічних тестувань за методиками, що не передбачають швидкісних реакцій, та бути альтернативним інструментом для проведення психомоторних тестів, які вимагають спеціального обладнання.

### **Основна частина**

Для реалізації веб-системи та перевірки її працездатності був обраний наступний перелік базових тестових методик.

1. Реакція вибору. Показуються зелені та червоні стимули, на кожен з них потрібно реагувати відповідною клавішею на клавіатурі.

2. Проста зорово-моторна реакція. Показуються стимули червоного кольору, на які потрібно швидко зреагувати натисканням кнопки на клавіатурі або лівою кнопкою миші (ЛКМ).

3. Складна зорово-моторна реакція на світлові сигнали. Сутність методу полягає у формуванні випадковим чином трьох світлових стимулів (червоний, зелений, жовтий), на які потрібно реагувати відповідними клавішами клавіатури.

4. Реакція розрізнення. Показуються стимули червоного кольору, також з вірогідністю 0,3 подається заводський сигнал – стимули фіолетового, білого чи зеленого кольорів. Треба реагувати на кожен червоний стимул натисканням кнопки на клавіатурі або ЛКМ.

5. Зорово-моторна реакція з рахунком. Показується червоні стимули як у простій зорово-моторній реакції. Треба реагувати тільки на кожний третій з них натисканням кнопки на клавіатурі або ЛКМ.

6. Критична частота злиття. Показуються стимули червоного кольору з різною частотою, яка плавно збільшується, а потім зменшується. Слід реагувати, коли не розрізняється миготіння.

7. Проста звуко-моторна реакція. Вмикаються звукові сигнали, на які потрібно реагувати натисканням кнопки на клавіатурі або ЛКМ.

8. Пам'ять на образи. На полі (таблиці) 4x4 показуються зображення (16 шт.) певний час та зникають. Потім на полі 8x8 відображаються зображення (64 шт.), з яких треба обрати ті, що були на першому полі.

9. Методика Кільця Ландольта та Коректурна проба (коректурна таблиця Іванова-Смоленського або Бурдона).

Розглянуті різновиди тестів за принципом функціонування можна розділити на два класи [9]: стимул-реакція та вибір із множини. Це дозволяє реалізувати загальні рушії для класів з налаштуваннями під сценарій конкретного тесту замість створення окремого рушія для кожного тесту.

Клас «стимул-реакція» характеризується заміром часу між відображенням стимулу та реакції на нього респондента. Також для більш детального аналізу реакцій потрібно враховувати тривалість реакції та можливе випередження, коли респондент реагує раніше, ніж з'являється стимул. Можливо кілька варіантів вимірювань швидкості реакції з детектування випередження. Один з підходів полягає у записі моментів часу відображення стимулів та реакцій з подальшим їх аналізом після тесту. Він має певні складнощі у реалізації, тому застосовано підхід з додаванням невеликого зсуву стимулу відносно початку періоду стимул-реакція. Часова діаграма представлена на рисунку 1, де  $t_1$  – затримка стимулу,  $t_2$  – час реакції на стимул,  $t_3$  – тривалість реакції на стимул. Тривалість затримки (зсуву) стимулу доцільно обирається меншою за чверть періоду. В залежності від конкретного тесту стимул може тривати до кінця періоду або до відображення наступного стимулу. Також можливе використання періодів змінної тривалості, коли період завершується через випадковий час після завершення реакції на стимул. Це дозволяє позбутися наперед визначеності моментів перемикавання стимулів та звикання до їх періодичності. За відсутності реакції тривалість періоду обмежується фіксованим значенням, наприклад, однією секундою.

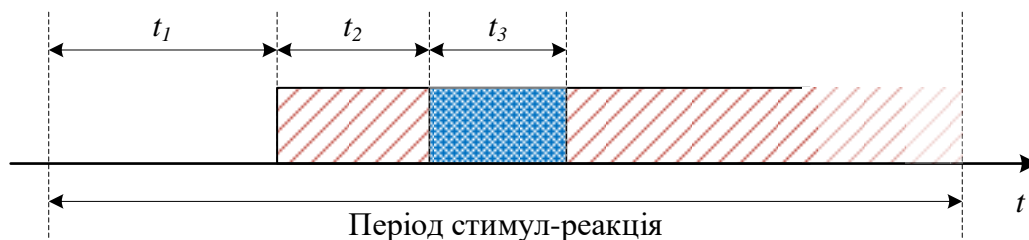


Рисунок 1 – Схема періоду стимул-реакція

Правила інтерпретації реакцій:

- за період не було реакцій – «пропуск / запізнення»;
- реакція була у зоні  $t_1$  – «передчасна реакція»;
- реакція після появи стимулу – визначаються тривалості  $t_2$  та  $t_3$ , для правильних стимулів інтерпретується як «вірна реакція», а для неправильних стимулів як «помилкова реакція»;
- повторна реакція – «помилкова реакція».

Клас «вибір із множини» характеризується сукупністю об'єктів, що відносяться до певних категорій. Ці об'єкти відображаються респонденту як зображення, фігури чи символи. Система має реагувати на кліки по цих об'єктах, розрізняючи їх категорії. Сценарій відображення залежить від потреб тесту, наприклад, відображення усіх об'єктів або окремо по категоріях чи групах

категорій. Об'єкти часто відображаються поетапно, наприклад, з'явилися об'єкти однієї категорії на певний час, а потім змішуються разом з об'єктами з інших категорій.

## Архітектура веб-системи

Веб-система для психофізіологічного тестування базується на клієнт-серверній архітектурі. Основні компоненти системи включають в себе клієнтську та серверну частини, а також модуль формування аналітичних звітів. Веб-інтерфейс для користувачів забезпечує інтуїтивно зрозуміле та зручне користування додатком та проходження психофізіологічних тестів. Користувачі можуть проходити тести на різних пристроях через веб-браузер. У серверній частині база даних використовується для зберігання інформації про користувачів та результати тестувань. Сервер відповідає за обробку запитів користувачів та зберігання даних та забезпечує взаємодію з базою даних та передачу інформації між клієнтською та серверною частинами системи. Також веб-система здійснює автоматичну обробку та аналіз отриманих психофізіологічних даних для підготовки аналітичних звітів та надає користувачам зручні та зрозумілі звіти з результатами проведеного тестування.

Веб-система створена за допомогою сучасних технологій React.js та Firebase.js, що дозволяють забезпечити високу продуктивність, швидкість та масштабованість системи. React.js реалізує динамічний та інтерактивний інтерфейс, а також дозволяє зменшити затримки обробки подій під час тестування завдяки ефективній організації коду. Віртуальний DOM React відмінно оптимізує оновлення веб-сторінок, що робить веб-застосунок швидким. Firebase забезпечує простий та швидкий спосіб розгортання та масштабування веб-застосунків. У даній системі використовується Firebase Realtime Database для зберігання та синхронізації даних в режимі реального часу. Бібліотека Firebase.js разом з пов'язаними сервісами відповідає за швидку та безпечну роботу з базою даних, автоматичну синхронізацію даних та керування обліковими записами користувачів. Така комбінація технологій робить веб-систему надійною, ефективною та легко масштабованою.

Структура бази даних Firebase Realtime Database організована відповідно до потреб веб-системи. На лістингу 1 та 2 наведено структури даних, які використовуються веб-системою для обліку користувачів та збереження результатів тестів.

### Лістинг 1

```
{
  "$schema": "http://json-schema.org/draft-07/schema#",
  "title": "JSON схема користувачів",
  "type": "array",
  "items": {
    "type": "object",
    "properties": {
```

```

    "email": {
      "type": "string",
      "format": "email"
    },
    "username": {
      "type": "string"
    },
    "password": {
      "type": "string"
    }
  },
  "required": ["email", "username", "password"]
}
}

```

## ЛІСТИНГ 2

```

{
  "$schema": "http://json-schema.org/draft-07/schema#",
  "title": "JSON схема для результатів тестів",
  "type": "array",
  "items": {
    "type": "object",
    "properties": {
      "test_id": {
        "type": "string"
      },
      "score": {
        "type": "integer"
      },
      "data": {
        "type": "array",
        "items": {
          "type": "object",
          "properties": {
            "time": {
              "type": "integer"
            },
            "status": {
              "type": "string",
              "enum": ["ok", "fail", "skipped", "premature"]
            }
          }
        },
        "required": ["time", "status"]
      }
    }
  },
  "required": ["test_id", "score"]
}
}

```

На основі такої JSON структури результатів можна генерувати Excel документи та виводити отримані результати за допомогою спеціальної бібліотеки для роботи з Excel в React.js – «xlsx». Створений спеціальний

компонент, який бере інформацію з бази даних та конвертує в документ формату .xlsx. Такий функціонал впроваджено для адміністраторів додатку.

Існують альтернативи для React, наприклад, Angular, який є потужним фреймворком, але React простіший у використанні, має більшу швидкість та велику спільноту. Також аналогом є Vue, проте React використовується великою кількістю розробників та має більше ресурсів для вивчення та підтримки. Альтернативою для Firebase.js може бути MongoDB в парі з Node.js. Але Firebase був обраний через свою простоту використання, можливість роботи в реальному часі та швидкість розробки.

При розширенні системи може бути доцільним перейти на використання реляційної СУБД. На рисунку 2 наведено фрагмент ER-діаграми альтернативної структури даних, які зберігає веб-система.

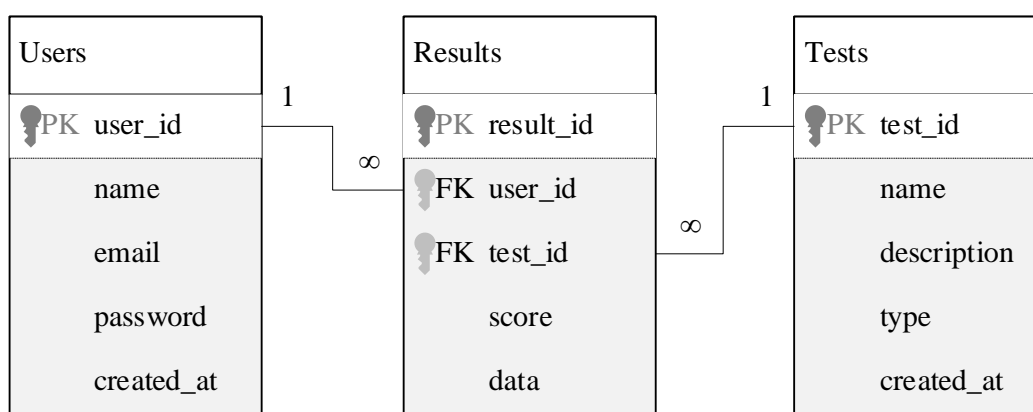


Рисунок 2 – Альтернативна структура даних веб-системи

## Дизайн інтерфейсу

Інтерфейс веб-системи виконаний у мінімалістичному стилі, простий та зрозумілий дизайн, що спрощує сприйняття інформації та не створює зайвих подразників під час тестування. Дизайн виконано у спокійних та приємних кольорах (рис. 3): використання пастельних відтінків для створення атмосфери комфорту та більшої концентрації. Синій, як символ спокою та стабільності, використовується для основних елементів та кнопок. Білий та світлий сірий кольори роблять текст зручним для читання та створюють відчуття простору та світла. Темно-сірий колір з невеличким зсувом у бік синього використовується для меж елементів та рамок блоків. Це збільшує контраст та покращує зручність розрізнення елементів інтерфейсу навіть для відвідувачів за вадами зору.

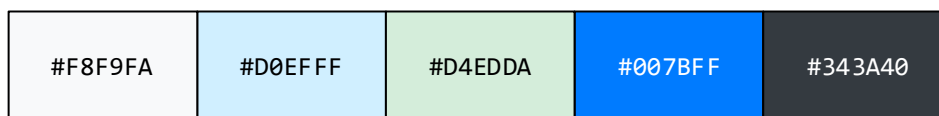
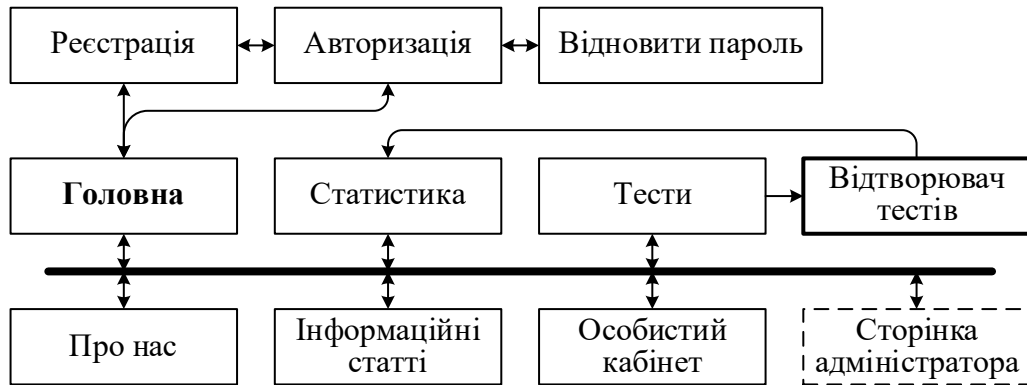


Рисунок 3 – Колірна схема дизайну інтерфейсу

Для тексту використовуються класичні шрифти без засічок Arial та Helvetica. Вони є універсальними, добре виглядають в різних операційних системах та є звичними для багатьох користувачів.

## Інформаційна структура та навігація

Структура сайту – багатосторінкова, основні це: «Головна», «Тести», «Статистика», «Авторизація», «Особистий кабінет», «Відтворювач тестів». Сторінки та навігація між ними представлена на рисунку 4.



Рисунку 4 – Схема навігації

На головній сторінці веб-застосунку розміщуються наступні елементи.

1. Логотип та назва сервісу. Вони інформують користувачів про призначення додатку та роблять його легким для впізнання.

2. Навігаційне меню. Надає швидкий доступ до основних функцій системи, таких як проходження тестів, перегляд результатів, інформація про себе, веб-систему та інше.

3. Загальна інформація про систему. Короткий опис можливостей системи, переваги використання психофізіологічних тестів, інструкції для початку роботи з системою.

4. Перехід до форми для авторизації/реєстрації. Дозволить користувачам увійти до системи або створити новий обліковий запис, щоб не втрачати свої досягнення чи результати тестувань.

5. Новини про веб-систему. Сповіднення про нові можливості системи або впровадження нових функцій.

6. Контактна інформація. Для зв'язку з адміністрацією сервісу в разі виникнення питань або проблем.

Сторінка «Тести» містить навігацію по наявним тестам: реакція вибору; проста зорово-моторна реакція; складна зорово-моторна реакція на світлові сигнали; реакція розрізнення; зорово-моторна реакція з рахунком; критична частота злиття; проста звуко-моторний реакція; пам'ять на образи; тести Кільця Ландольта та Коректурна проба.

На сторінці «Статистика» користувач може переглядати свої результати та досягнення у кожному тестуванні.

«Авторизація» містить форму для входу в систему. Також передбачено форму відновлення паролю та форму реєстрації для створення нового облікового запису для забезпечення зберігання статистики.

На сторінці «Особистий кабінет» знаходиться інформація користувача.

Сторінка «Відтворювач тестів» є своєрідним контейнером для відображення тестів. Вміст контейнеру динамічно перебудовується згідно зі сценарієм поточного тесту.

### **Взаємодія з користувачем**

1. Авторизація/реєстрація. Користувач вводить свої дані для входу або реєстрації в системі. Якщо при авторизації дані введені вірно, система надає доступ до особистого кабінету, якщо ні, тоді відпрацьовує попередження про помилку та можливість змінити пароль за допомогою підтвердження по електронній пошті.

2. Проходження тестів. Користувач обирає тест з переліку на сторінці «Тести», який бажає пройти. Після вибору користувач переходить на сторінку відтворювача тестів. На екрані відображається кнопка «Розпочати», вказівки до виконання, налаштування складності (виставлення тривалості, частоти повторювання, кольорів, об'єму тесту, в залежності від його виду) та попередні результати. Після натискання кнопки «Розпочати» відображається безпосередньо тест на окремому екрані. Далі відповідно до умов, користувач повинен натискати на спеціальні клавіші на клавіатурі чи на комп'ютерній миші. Програма визначає, яку операцію виконав користувач, та діє за сценарієм конкретного тесту.

3. Аналіз результатів. Як тільки виконання тесту завершиться, спрацює запит на надсилання даних, та відповіді одразу ж будуть записуватися та зберігатися у базу даних. Після цього система автоматично генерує звіт з результатами тестування та показує їх у діалоговому вікні. Також користувач може переглянути історію та результати тестування на сторінці «Статистика».

4. Адміністрування. Щоб адміністратор, наприклад, викладач або лікар, міг аналізувати результати та керувати ними, створено особливий доступ. Він надається розробником для того, щоб адміністратор отримав можливість бачити результати усіх користувачів з подробицями: ім'я, назва тесту, час проходження, налаштування тесту, детальну статистику, а також можливість генерувати документи з результатами.

### **Висновки**

Розроблена веб-система для психофізіологічного тестування є актуальною в контексті суттєвого збільшення дистанційної взаємодії у суспільстві. Також така веб-система є більш дешевою альтернативою спеціалізованим програмно-апаратним комплексам в плані тестування великої кількості респондентів. Відсутність у веб-системі спеціального обладнання для психомоторних досліджень з одного боку суттєво здешевлює систему, з іншого – унеможливує використання веб-системи для офіційної психофізіологічної експертизи через обмеження звичайного апаратного забезпечення та особливості веб-технологій.

Проте запропонований підхід у реалізації психомоторних тестів дозволяє в певній мірі зменшити вплив цих обмежень на точність результатів.

Створена веб-система для психофізіологічного тестування є зручним та ефективним інструментом для проведення психологічних досліджень онлайн. Використані технології для реалізації цієї системи дозволяють забезпечити автоматичну синхронізацію між пристроями, а також анонімність та безпеку даних, що важливо при роботі з персональною інформацією медичного характеру. Веб-додаток може використовуватися для навчання у спеціалізованих закладах з метою дослідження нешвидкісних реакцій та вивчення методів психофізіологічного тестування.

Розроблений мінімалістичний дизайн спрощує сприйняття інформації користувачем та дозволяє зосередитися на тестуванні. Спокійні та приємні кольори створюють комфортну атмосферу для користувачів, зменшуючи рівень стресу під час тестування. А використання звичних універсальних шрифтів з широкою підтримкою забезпечує якість відображення тексту на будь-яких пристроях та знижує відволікання користувачів від процесу тестування. При цьому дизайн залишається привабливим для користувачів.

#### Список літератури.

1. Thought Technology. (б. д.). Biofeedback Expert System. <https://thoughttechnology.com/biofeedback-expert-system-360>.
2. MindWare Technologies. (б. д.). Home – MindWare Technologies. <https://www.mindwaretech.com>.
3. NeuroSky. (б. д.). EEG – ECG – Biosensors. <https://neurosky.com>.
4. Маслюк, В.В., Єна, А.І., & Будник, М.М. (2013). Програмно-апаратний комплекс для психофізіологічної експертизи “психолот” (Патент України № 83361). Державна служба інтелектуальної власності України. <https://uapatents.com/9-83361-programno-aparatnijj-kompleks-dlya-psikhofiziologichno-ekspertizi-psikholot.html>.
5. Будник, М., Єна, А., Маслюк, В., Чайковський, І., & Єна, О. (2021). Розроблення методик психофізіологічного тестування та їх перспективи в реабілітації. Український журнал фізичної і реабілітаційної медицини, 9(3-4), 79-84. <https://doi.org/10.54601/2523-479X.2021.9.3-4.10>.
6. Romanenko, V. (2021). Sensorimotor Reactions (Версія 1.1.3) [Мобільний застосунок]. App Store. <https://apps.apple.com/app/sensorimotor-reactions/id1547238786>.
7. PsyToolkit. (б. д.) PsyToolkit. <https://www.psytoolkit.org>.
8. Фірсов, О.Г., & Кочін, О.В. (2018). Проблеми забезпечення надійності та валідності результатів психофізіологічної експертизи. Український журнал медицини, біології та спорту, 3(6), 209-214.
9. Шапошник, Я.В. (2024). Класифікація психофізіологічних тестів за принципом їх функціонування. Актуальні питання педагогіки вищої медичної освіти.