

Приведені результати створення автоматизованої системи діагностики патологічних станів системи кровообігу людини на основі досліджень функціональних зв'язків між показниками артеріального тиску та частоти серцевих скорочень в нормі та при патологіях. Наведені результати тестування роботи системи в різних варіантах її застосування на клінічних даних

Ключові слова: система кровообігу, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, номограми, діагностика, патологічні стани

Приведены результаты создания автоматизированной системы диагностики патологических состояний системы кровообращения человека на основе исследованных функциональных связей между показателями артериального давления и частоты сердечных сокращений в норме и при патологиях. Приведены результаты тестирования работы системы в различных вариантах ее применения на клинических данных

Ключевые слова: система кровообращения, артериальное давление, частота сердечных сокращений, диагностика, патологические состояния

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ ПАТОЛОГІЧНИХ СТАНІВ СИСТЕМИ КРОВООБІГУ

Г. В. Книшов

Доктор медичних наук, директор*
E-mail: info@amosovinstitute.org.ua

Є. А. Настенко

Доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
завідуючий відділенням

Відділ інформаційних технологій та математичного моделювання
фізіологічних процесів*

E-mail: nastenko@inbox.ru

О. К. Носовець

Аспірант, асистент**

Факультет біомедичної інженерії

E-mail: e.nosovets@ya.ru

О. А. Береговий

Кандидат медичних наук, завідувач реанімацією
хірургічних методів лікування ІХС, лікар вищої категорії

Реанімація хірургічних методів лікування ІХС*

E-mail: a.beregovoi.icu@gmail.com

В. В. Шаповалова

Кандидат медичних наук, старший науковий співробітник,
лікар-кардіолог вищої категорії

Відділення хірургічного лікування серцевої недостатності та механічної
підтримки серця та легенів*

E-mail: shapovalya@mail.ru

*ДУ «Науково-дослідний інститут серцево-судинної хірургії

ім. М. М. Амосова» НАМН України

вул. Миколи Амосова, 6, м. Київ, Україна, 03110

А. М. Плахтій**

**Кафедра біомедичної кібернетики

E-mail: info@arpla.com.ua

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Провідне місце серед причин смерті населення України займають захворювання системи кровообігу, питома вага яких в структурі загальної летальності складає 66 %, а в працездатному віці – 29,3 % (Державна служба статистики України, 2011 рік) [1].

Рання діагностика патологічних станів та своєчасне надання необхідної медичної допомоги дасть змогу поліпшити дану статистику. Є важливим створення простого неінвазивного методу, що базується на вивченні системи кровообігу як на рівні окремих фізіологічних механізмів, так і на рівні цілісної поведінки. В першу чергу, це стосується вивчення показників артеріального тиску та частоти серцевих скорочень,

які є високоінформативними з точки зору діагностики патологічних змін системи кровообігу, а також можуть виміряні без використання складної та дорогої апаратури навіть в домашніх умовах.

2. Постановка проблеми

При накопиченні органічних уражень артеріальної системи та поступовому вичерпанні можливостей компенсаторних механізмів регуляторний резерв системи кровообігу зривається. Це потребує прецизійної діагностики для визначення фази та ступеню вираженості патологічного процесу для призначення якомога ефективніших терапевтичних заходів.

Не менш важливим є визначення реакцій на терапевтичні впливи, тобто забезпечення зворотного зв'язку між впливами та реакціями на них з метою корекції останніх.

Системи діагностики, що задовольняє цим потребам також має бути придатною для застосування як в режимі моніторингу стану організму, так і для оцінки даних одиничних вимірів.

Метою даної роботи є розробка автоматизованої системи діагностики патологічних станів на основі досліджень взаємозв'язку між показниками серцево-судинної системи (артеріальний тиск та частота серцевих скорочень).

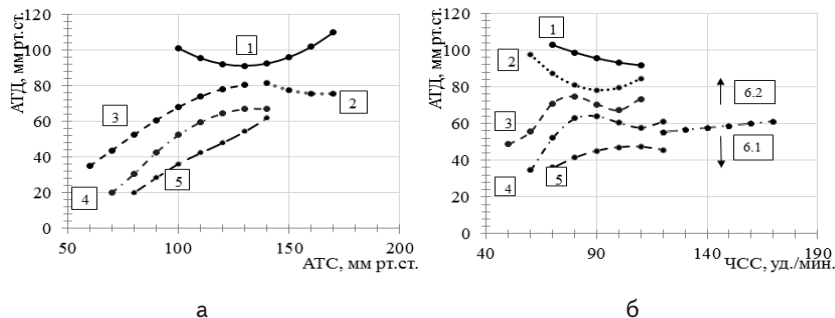


Рис. 1. Номограми функціональних залежностей між показниками артеріального тиску та частоти серцевих скорочень: а – $ATD=f(ATC)$, б – $ATD=f(ЧСС)$, 1 – артеріальна гіпертензія, 2 – ізольована систолічна гіпертензія, 3 – нормальна регуляція кровообігу, 4 - серцева недостатність невисоких ступенів, 5, 6.1 - артеріальна недостатність високих ступенів, 6.2 – дія психофізичних навантажень

3. Аналіз досліджень та публікацій

Результати досліджень показників артеріального тиску та частоти серцевих скорочень показали, що вони є високоінформативними та відображають функцію серця, функцію ендотелію та стан капілярних судин [2 – 4]. Ця інформація дала можливість розробити нові підходи до виявлення патологічних станів системи кровообігу [5 – 7]. В дитячій кардіології застосовуються процентильні діаграми, що відображають залежність артеріального тиску від віку та росту [8].

Основу розробки автоматизованої системи патологічних станів людини були попередні дослідження особливостей взаємозв'язку між параметрами серцево-судинної системи в різних умовах функціонування організму.

Дослідження нелінійних зв'язків між показниками функціонування системи кровообігу дозволило вирішити проблему відтворення функціональних залежностей між вказаними параметрами системи кровообігу в нормі та при патологіях за даними планових досліджень та дало змогу створити простий інформативний метод оцінки стану системи кровообігу та мікроциркуляторної системи.

За результатами досліджень було побудовано ряд номограм та процентильних діаграм, що відображають характер функціональних зв'язків між показниками АТ та ЧСС ($ATD=f(ATC)$ (рис. 1, а) та $ATD=f(ЧСС)$ (рис. 1, б)) в залежності від стану організму та можуть бути використані для діагностики патологічних станів, а також для оцінки ефективності їх корекції [9, 10].

Окремо були досліджені вікові зміни, що відбуваються з артеріальним тиском в гендер-однорідних групах.

На основі даних досліджень було побудовано процентильні діаграми залежності артеріального тиску від віку у чоловіків (рис. 2, а та рис. 2, в) та жінок (рис. 2, б та рис. 2, г), що також можуть бути застосовані для дослідження стану організму людини та для виявлення патологічних станів.

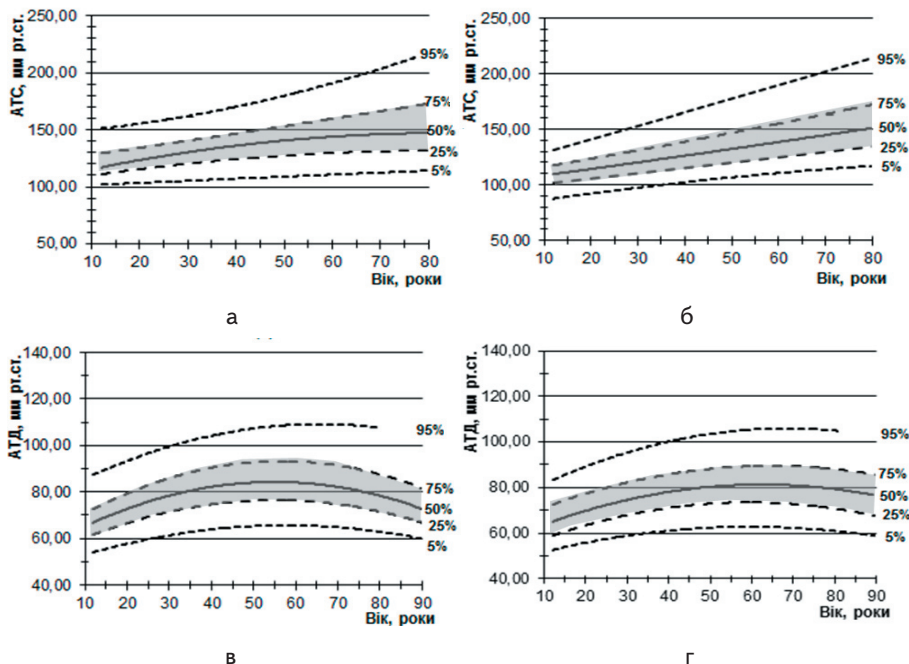


Рис. 2. Процентильні діаграми залежності артеріального тиску від віку: а, в – у чоловіків; б, г – у жінок

В зв'язку з необхідністю реалізації можливості постійного доступу до системи було вирішено виконувати її у вигляді веб-сайту.

4. Розробка автоматизованої системи діагностики

Для побудови автоматизованої системи використовувалась мова програмування - PHP. Безпосе-

редньо використаний - Yii Framework. Yii framework - високопродуктивний веб-фреймворк, написаний на PHP, що реалізує парадигму модель-вид-контролер. Ця парадигма поділяє систему на три частини: модель даних, вигляд даних та керування. Застосовується для відокремлення даних (модель) від інтерфейсу користувача (вигляду) так, щоб зміни інтерфейсу користувача мінімально впливали на роботу з даними, а зміни в моделі даних могли здійснюватися без змін інтерфейсу користувача [11].

Для візуалізації графіків використовувалось синтаксис jQuery розроблений, щоб зробити орієнтування у навігації зручнішим завдяки вибору елементів DOM, створенню анімації, обробки подій, і розробки AJAX-застосунків. Для візуального оформлення системи використовувались HTML та CSS.

Для збереження даних та їх структури і зв'язків використовувалася MySQL.

Розробка автоматизованої системи відбувалася у відповідності до стандарту ISO/IEC 12207:2009 (стандарт ISO, що описує процеси життєвого циклу програмного забезпечення).

Розроблена система виконана у вигляді веб-сайту та базується на використанні показників АТ та ЧСС, вимірних під час одноразових або багаторазових вимірювань.

Реєстрація користувача відбувається під час першого доступу до системи та вимагає вводу даних, необхідних для подальшої роботи з системою. Наступний доступ відбувається за допомогою логіну та паролю, що присвоюється кожному користувачеві під час реєстрації.

Після реєстрації та завантаження результатів вимірювань до системи показники наносяться на відповідні номограми функціональних залежностей та процентильні діаграми.

Особливістю системи є можливість роботи як з одноразовими, так і з багато разовими вимірюваннями.

Можливість введення результатів багаторазових вимірювань дозволяє не тільки оцінити поточний стан регуляції кровообігу, а і дослідити динаміку змін, що відбуваються з організмом під дією різних факторів (психофізичні навантаження, різноманітні заходи по усуненню патологічних станів та ін.), що зумовлює широкий спектр використання даної системи:

- пасивний контроль (пасивний моніторинг) стану системи кровообігу в домашніх умовах;
- контроль ефективності заходів по усуненню патологічних станів системи кровообігу (хірургічні заходи та призначення лікувальних препаратів);
- оцінка стану адаптивних резервів у спортсменів;
- контроль тривалості внутрішньоартеріальної баллонної контрапульсації (ВАБК).

Дані введені до системи зберігаються в єдиному архіві, реалізованому у вигляді бази даних (рис. 3), до якої заносяться персональні дані користувача, результати вимірювань, що завантажені до системи, а також результат роботи системи. Вся інформація зберігається анонімно, тобто без вказання особистих даних (паспортних даних). Доступ до даних кожного користувача реалізовано за допомогою персонального ID, що присвоюється при першому входженні до системи.

Доступ до персональних даних та їх корекція можлива в будь-який момент через профіль користувача.

Алгоритм роботи системи представлено на рис. 4.

Результати вимірювань, внесені користувачем, наносяться на діаграми; що відображають особливості між функціональними зв'язками показників АТ та ЧСС в нормі та при патологіях. Оцінюється близькість показників до залежностей, що відповідають різним станам регуляції кровообігу (нормальному та патологічному).

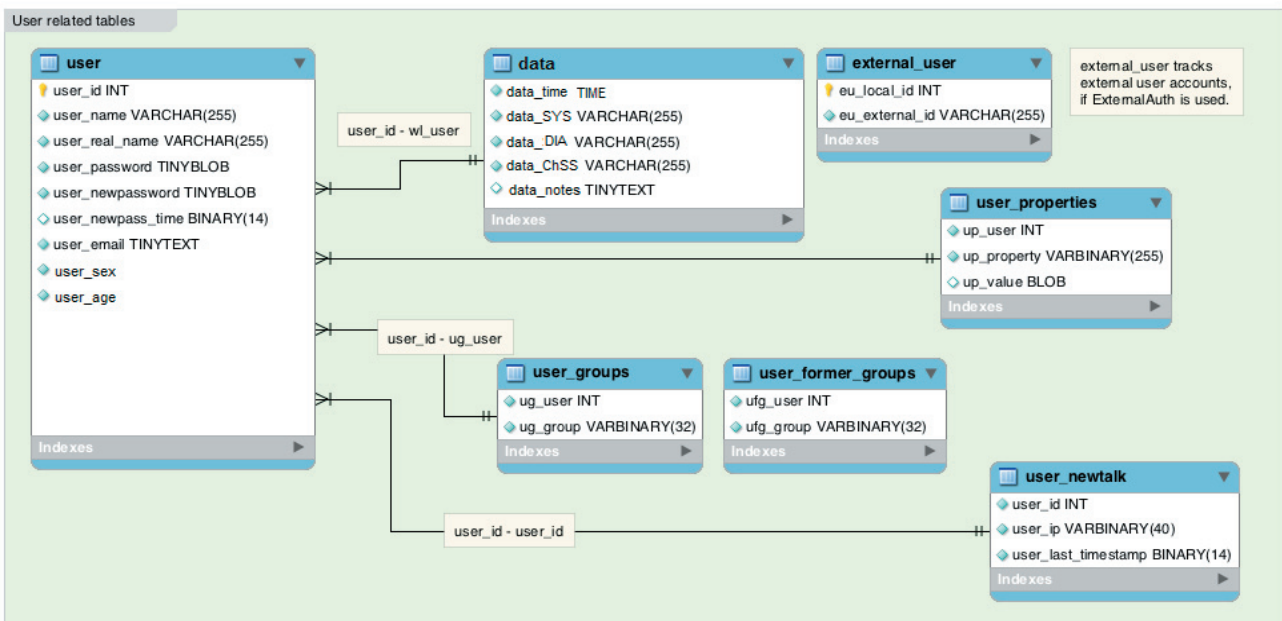


Рис. 3. Структура бази даних

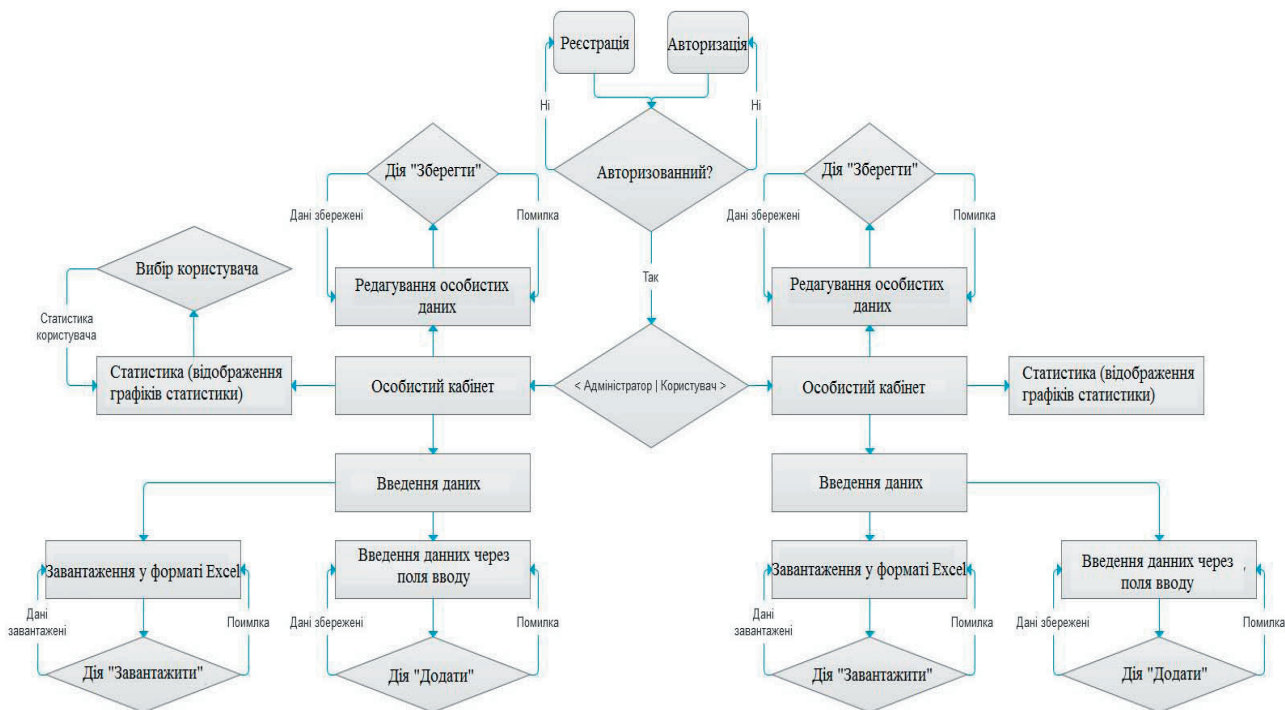


Рис. 4. Алгоритм роботи програми

5. Апробація результатів досліджень

Розроблена автоматизована діагностична система пройшла клінічні випробування. На основі отриманих результатів було розраховано показники чутливості та специфічності. В якості контрольної групи було оброблено дані холтерівського моніторингу 5 відносно здорових обстежених, 17 пацієнтів з патологіями системи кровообігу, а також 3 обстежених під час фізичних навантажень.

В результаті проведених розрахунків отримано наступні значення чутливості та специфічності методу оцінки станів кровообігу організму людини:

- чутливість методу складає 89 %;
- специфічність методу складає 87 %.

Приклади застосування системи на обстежених з різними станами функціонування організму приведені нижче (рис. 5 – 7).

На рис. 5 приведений приклад застосування моніторингу стану системи кровообігу під час багаторазових вимірювань показників артеріального тиску у обстеженого під час лікувального процесу. Згідно результатів дослідження дані пацієнта під дією заходів по усуненню патологічних станів змістилися в зону норми, що відповідає реальній клінічній картині.

На рис. 6 приведений приклад застосування системи для дослідження регуляторних механізмів системи кровообігу у спортсменів під час фізичних навантажень. Досліджувалась динаміка показників артеріального тиску під час занять у тренажерній залі.

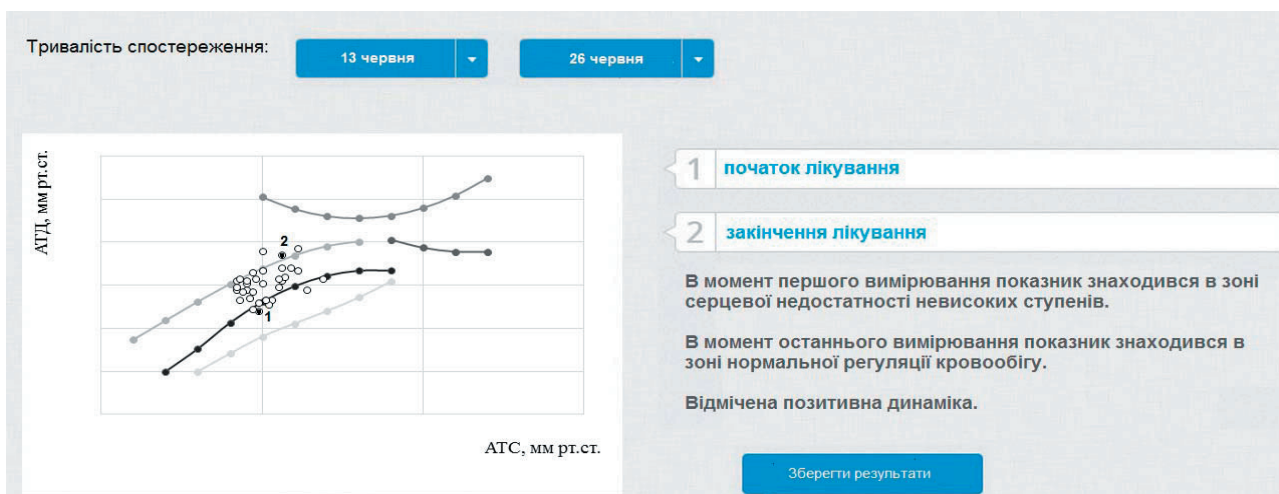


Рис. 5. Приклад оцінки стану систему кровообігу, коли показники АТ обстеженого змістилися в область більш сприятливих залежностей. Дані моніторингу АТ пацієнта (○) з діагнозом недостатність кровообігу під час лікувальних заходів



Рис. 6. Приклад оцінки стану системи кровообігу, коли показники обстеженого змінюють функціональну характеристику в залежності від психофізичного навантаження. Дані моніторингу АТ та ЧСС пацієнта (○) з нормальною регуляцією



Рис. 7. Приклад оцінки стану системи кровообігу, коли показники АТ та ЧСС обстеженого змістилися в область більш сприятливих залежностей. Дані моніторингу АТ та ЧСС пацієнта (○) з діагнозом недостатність кровообігу під час дії ВАБК

Одним з найважливішим варіантом застосування даної системи є її використання для оцінки оптимального часу відключення пацієнта від системи ВАБК.

Таким чином, клінічна оцінка ефективності розробленої системи для діагностики патологічних станів дала високі результати та показала широкий спектр її використання.

6. Висновки

Розроблена автоматизована система діагностики патологічних станів є простим неінвазивним методом оцінки стану системи кровообігу за допомогою вимірювань показників АТ та ЧСС.

Дана система базується на результатах досліджень функціональних зв'язків між показниками артеріального тиску і частоти серцевих скорочень в нормі та при патологіях. Використовувалися номограми та процентильні діаграми, що відображають

тип взаємозв'язку залежно від стану системи кровообігу.

Можливість введення для аналізу результатів багаторазових вимірювань артеріального тиску дозволяє не тільки оцінити поточний стан регуляції кровообігу, а й дослідити динаміку змін, що відбуваються з організмом під дією різних факторів (психофізичні навантаження, різні заходи щодо усунення патологічних станів та ін.).

Система має широкий спектр використання: пасивний контроль (пасивний моніторинг) стану системи кровообігу в домашніх умовах; контроль ефективності заходів щодо усунення патологічних станів системи кровообігу (хірургічні втручання і призначення лікувальних препаратів); оцінка стану адаптивних резервів у спортсменів; контроль тривалості внутрішньоартеріальної балонної контрапульсації (ВАБК).

Наведено результати тестування роботи системи в різних варіантах її застосування на клінічних даних.

Література

1. Медико – демографічна ситуація та організація медичної допомоги населенню у 2011 році [Текст] / за ред. О.В. Аніщенко. – Міністерство охорони здоров'я України, Київ, 2012. – 103 с.
2. Cowley, A. W. Long-term control of arterial blood pressure [Text] // A. W. Cowley, Jr. Physiol // Circular Researchers. – January 1, 1992. – Vol. 72, № 1. – P. 231-300.
3. Euler, U. S. Observations on the pulmonary arterial blood pressure [Text] / U. S. Euler, G. Liljestrand // Acta Physiologica Scandinavica. – August 1996. – Vol. 12, Issue 4. – P. 301–320.
4. Arthur, C. Arterial pressure regulation [Text] / C. Arthur, M. D. Guyton, G. Thomas // The American Journal of Medicine. – May 1992. – Vol. 52, Issue 5. – P. 584-594.
5. O'Rourke, M. Arterial stiffness, systolic blood pressure, and logical treatment of arterial hypertension [Text] / M. O'Rourke // Hypertension. – 1990. – Vol. 15. – P. 339-347.
6. McKenna, M. The ratio of ankle and arm arterial pressure as an independent predictor of mortality [Text] / M. McKenna, S. Wolfson, L. Kuller // Atherosclerosis. – April, 1991. – Vol. 87, Issues 2. – P. 119–128.
7. McVeigh, G. E. Age-Related Abnormalities in Arterial Compliance Identified by Pressure Pulse Contour Analysis [Text] / G. E. McVeigh, C. W. Bratteli, D. J. Morgan // Hypertension. – 1999. - Vol. 33. – P. 139-142.
8. Шнырев, А. П. Особенности корреляции артериального давления и показателей физического развития [текст] / А.П. Шнырев // Материалы VI конгресса по детской нефрологии. – Москва, 19-21 сентября, 2007 г. – С. 109.
9. Настенко, Е. А. Анализ состояния системы кровообращения и микроциркуляторного русла на основе функциональных показателей [текст] / Е.А. Настенко, Е.К. Носовец, С.В. Зубков // Биомедицинская инженерия. – 2011. - №2. – С.42-47.
10. Книшов, Г. В. Оцінка стану системи кровообігу за процентильними діграмами «вік-тиск» в гендер-однорідних групах [текст] / Г.В. Книшов, Є.А. Настенко, О.К. Носовець // Щорічник наукових праць Асоціації серцево-судинних хірургів України. – 2012. - № 20. – С. 230-235.
11. Winesett, J. Web Application Development with Yii and PHP [Text] / J. Winesett // Packt Publishing. – November 19, 2012. – 332 p.

Визначені джерела і величини похибок високоточної системи локального позиціонування, що використовує ультразвуковий канал для визначення місцезнаходження і радіоканал для синхронізації. Створена і досліджена математична модель описуваної системи. В результаті аналізу отриманих даних запропоновано можливі методи зниження величин похибок, що дозволяють істотно підвищити точність визначення координат

Ключові слова: система локального позиціонування, базова станція, УЗ випромінювач, УЗ мітка, похибка

Определены источники и величины погрешностей высокоточной системы локального позиционирования, использующей ультразвуковой канал для определения местоположения и радиоканал для синхронизации. Создана и исследована математическая модель описываемой системы. В результате анализа полученных данных предложены возможные методы снижения величин погрешностей, позволяющие существенно повысить точность определения координат

Ключевые слова: система локального позиционирования, базовая станция, УЗ излучатель, УЗ метка, погрешность

УДК 621.396.96

РАСЧЁТ ПОГРЕШНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИ- РОВАНИЯ

В. А. Ливнов

Аспирант

Кафедра основ радиотехники
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: Vetal_hi-tech@mail.ru

1. Введение и постановка проблемы

Описываемая в настоящей работе система локального позиционирования (далее – система) имеет высо-

кую точность благодаря использованию УЗ волн для определения местоположения объектов и ЭМ канал для синхронизации и обмена информацией, в отличие от спутниковых навигационных систем, которые ис-