

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Барінов Пилип Вадимович

АВТОМАТИЗАЦІЯ СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОГО  
ПРОЦЕСУ НА БАЗІ ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОКОНТУРНОГО КОМПЛЕКСУ  
«ГІПОТРОН»

Спеціальність 8.05010105 – Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг

Автореферат  
дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

Київ – 2014

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** На даний момент апарат «Гіпотрон» успішно використовується в медичній практиці, але він має певні недоліки. Система керування розроблена для лікування лише одного пацієнта за сеанс. Система функціонує на застарілому програмному забезпеченні. Обробник даних “пропускає” некоректні дані до подальшої обробки, що призводить до помилок у обрахунках та невеликих відхиленнях результуючих даних. Наявність подібних недоліків зумовлює актуальність розроблення та вдосконалення алгоритмів, які не тільки зберігали б переваги старих систем, а й надавали ряд нових.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота магістра виконувалась у НТУУ "КПІ" у відповідності з планом наукових досліджень кафедри АПЕПС.

**Мета дослідження** полягає у вдосконаленні алгоритму обробки даних для комп'ютерно-інформаційної системи та наданні можливості проводити сеанси лікувань для декількох пацієнтів одночасно.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані наступні **завдання дослідження**, що визначили логіку дослідження та його структуру:

- проаналізувати комп'ютерно-інформаційні системи (КІС) керування лікувально-діагностичним сеансом гіпокситерапії.
- дослідити можливість адаптації лікувально-діагностичного процесу на базі використання багатоконтурного апарату «Гіпотрон».
- дослідити існуючі методи обробки даних та обґрунтувати необхідність застосування методів чисельного інтегрування та методів порівняння.
- удосконалити алгоритм обробки даних для КІС, яка керуватиме чотирма апаратами “Гіпотрон”.
- розробити та провести декомпозицію КІС супроводження лікувально-діагностичного процесу з використанням удосконаленого алгоритму.

**Об'єктом дослідження** є комп'ютерно-інформаційні системи керування лікувально-діагностичним процесом.

**Предметом дослідження** є комп'ютерно-інформаційні системи супроводження лікувально-діагностичного процесу на базі використання багатоконтурного апарату «Гіпотрон».

**Методи дослідження** розв'язання поставлених задач виконувались засобами комп'ютерного моделювання, зокрема з використанням наступних методів:

- використання методу трапецій для обчислення об'ємів кисню.
- використання парних порівнянь та порівнянь тенденційних рядів для розбиття вихідних даних на групи та прийняття рішень в режимі калібрування.

**Найбільш суттєвими науковими результатами** магістерської дисертації є:

- удосконалено спосіб обробки даних в алгоритмі КІС для апарату «Гіпотрон» та пошуку точок початку/кінця дихального циклу, за рахунок проведення групового порівняння даних та використання методу трапецій для обчислення об'ємів вдихів/видихів, що призвело до можливості проводити лікувально-діагностичні сеанси для декількох пацієнтів одночасно та до підвищення точності отриманих даних;

- набуло подальшого розвитку застосування алгоритмів обробки даних для керування лікувально-діагностичним сеансами гіпокситерапії.

**Практичне значення одержаних результатів** визначається тим, що використання запропонованого алгоритму обробки даних для комплексу «Гіпотрон» дозволить пришвидшити проведення лікувально-діагностичних сеансів, за рахунок лікування декількох пацієнтів одночасно, а також забезпечує точніші результати.

#### **Апробація результатів дисертації**

Основні положення роботи доповідались і обговорювались на :

1. Innovation in science and technology. XI international student's conference, November 28, 2013.

2. XII Міжнародній науково-практичній конференції аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (м. Київ, 22-25 квітня 2014 року).

**Публікації.** Наукові положення дипломної роботи опубліковані у 3 роботах.

### **ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ**

- 1.
- 2.
- 3.

**Ключові слова.** КОМПЛЕКС «ГІПОТРОН», КІС, АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ДАНИХ, ЛІКУВАЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИЙ СЕАНС, МЕТОД ТРАПЕЦІЙ, МЕТОД ПОРІВНЯНЬ.

**Структура й обсяг дипломної роботи.** Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку посилань з 65 найменувань, 3 додатків і містить 26 рисунків, 14 таблиць. Повний обсяг магістерської дисертації складає \_\_ сторінок, з яких перелік посилань займає 5 сторінок, додатки – \_\_ сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розкрито питання сучасного стану людського здоров'я та його резистентних здатностей до боротьби із різноманітними хворобами. Для підвищення резистентності організму обґрунтовано проведення гіпокситерапій, які умовно діляться на три групи (гірські тренування, гіпобаричні тренування та нормо баричні тренування). Проведення гіпокситерапій потребує спеціальних приладів (гіпоксикаторів), які в свою чергу потребують спеціальних комп'ютерно-інформаційних систем (КІС). Визначено мету даного наукового дослідження – ознайомлення з КІС «Гіпотрон» та розширення її можливостей шляхом вдосконалення алгоритму роботи з даними та їх обробки.

У **першому** розділі «Загальні відомості про гіпоксію» розглянуто хворобу під назвою гіпоксія. Наведено класифікацію її основних станів (за І.Р. Петровим), а також небезпеки та переваги, які надає гіпоксія для організму людини. Також розглянуто медичні прилади – гіпоксикатори, які створюють дозовану гіпоксію в організмі людини з метою отримання вигоди у вигляді фізичної працездатності та поліпшення самопочуття за рахунок покращення метаболізму кисню. Для гіпоксикаторів масового проведення сеансів лікування (від 1 до 10 пацієнтів) наведено порівняльну характеристику розроблених КІС, виділено їх загальні спільні риси та основні недоліки. Обґрунтовано актуальність застосування КІС як в медицині, так і під проведення лікувально-діагностичних сеансів гіпокситерапій.

Гіпоксія (кисневе голодування, киснева недостатність) (від грец. *Giro* – під і лат. *oxugenium* – кисень) – типовий патологічний процес, що виникає в результаті недостатності біологічного окислення і обумовленої нею енергетичної незабезпеченості життєвих процесів. Оскільки в забезпеченні тканин киснем бере участь ряд органів і систем (органи дихання, серцево-судинна система, кров, нервова система), порушення функції кожної з цих систем може призвести до розвитку гіпоксії. Діяльність зазначених систем регулюється і координується

центральною нервовою системою, в першу чергу, корою головного мозку. Тому порушення центральної регуляції цих систем також призводить до розвитку кисневого голодування.

Чим же небезпечна гіпоксія? Залежно від серйозності процесу та швидкості виникнення, а також часу походження у людини когут проявлятися деякі симптоми .

Наприклад, при гірській хворобі:

1. Головний біль.
2. Відчуття ейфорії.
3. Утруднене дихання.
4. Нудота.

При гострій або хронічній гіпоксії когут спостерігатися:

1. Важкість дихання або його явну відсутність.
2. Зміна кольору шкірних покривів.
3. Втрата свідомості.
4. Змінений стан свідомості.
5. Ціаноз (з посинінням шкіри).
6. Судоми.
7. Вишневе забарвлення шкіри (у разі отруєння чадним газом).

Але це лише симптоми, які можуть проявлятися при наявності гіпоксії у людини. Не варто забувати, що хронічна гіпоксія здатна бути наслідком окремих хвороб, таких як бронхіт або серцево-судинна недостатність. Нерідко гіпоксія розвивається зважаючи на постійне перебування в погано провітрюваному приміщенні. На розвиток гіпоксії здатні впливати високі розумові навантаження, інтенсивна праця в замкнутому просторі, стреси. Якщо цей стан не виправити, не можна виключити формування хронічної гіпоксії, розвиток синдрому хронічної втоми, зниження імунітету, порушення сну, загальне погіршення здоров'я. Але гіпоксія крім різноманітних небезпек має і ряд переваг, що проявляється в адаптаціях. В даний час найбільш поширена класифікація основних типів гіпоксії, запропонована І.Р. Петровим. Вона включає:

1. Екзогенний тип гіпоксії.

2. Дихальний (респіраторний) тип гіпоксії.
3. Серцево-судинний (циркулярний) тип гіпоксії.
4. Кров'яний (Геміческій) тип гіпоксії.
5. Тканинної тип гіпоксії.
6. Змішаний тип гіпоксії.

Крім класифікації, заснованої на причинах і механізмах виникнення гіпоксії, гострої і хронічної гіпоксії, іноді виділяють підгострі і блискавичні форми. До блискавичної форми зазвичай відносять гіпоксію, що розвивається протягом декількох десятків секунд, до гострої – протягом декількох хвилин або десятків хвилин, підгострої – протягом декількох годин або десятків годин; до хронічних форм – гіпоксію, триваючу тижнями, місяцями і роками.

Розділено на групи існуючі гіпоксикатори в залежності від методу отримання гіпоксичного оповітря та його доставки до дихальної системи людини, а також інших важливих параметрів (газові суміші та діапазон  $O_2$ , особливості використання та короткий опис необхідного обладнання для проведення сеансів лікування). Нижче, в таблиці 1 наведені результати порівнянь.

Таблиця 1. Порівняння існуючих гіпоксикаторів

Назва	Виробник	Число пацієнтів	Діапазон $O_2$	Спосіб лікування	Особливості використання	Короткий опис
1	2	3	4	5	6	7
Vital Air	GO2Altitude	1–5	9–15%	мембранний	немає	комп'ютер з екраном, генератор, апарат
Апарат доктора Стрілкова	—	1 (дорослий чи дитячий)	10–21%	мембранний	будь де	апарат
Ельбрус–10А	НОВЦ "Гірське повітря"	1–10	10–18%	мембранний	необхідно 2 кімнати для роботи	установка, пульт управління
Ельбрус–3	НОВЦ "Гірське повітря"	1–6	10–80%	адсорбційний	необхідно 2 кімнати для роботи	установка, пульт управління

Таблиця 1. (продовження)

1	2	3	4	5	6	7
Біонова 204	Біонова	1–4	10–12%	мембранний	немає	установка
Біонова 204AF	Біонова	1–4	10–16%	мембранний	Плавне регулювання концентрації	установка
Біонова 204G4R1	Біонова	1–4	9–16%	мембранний	Плавне регулювання концентрації	установка
Біонова 204G8	Біонова	1–4	10–12%	мембранний	немає	установка
Еверест	ООО «Нева Трейд»	1–2	10–16%	мембранний	немає	установка
Едельвейс	—	1–4	9–13%	мембранний	гіпоксична суміш з повітря	установка та компресор

Для більшості наведених гіпоксикаторів (де кількість пацієнтів від 2 до 10) розглянуті розроблені КІС. Визначено основні режими роботи для систем проведення лікувально-діагностичних сеансів гіпокситерапій (моніторинг даних, проведення діагностики, проведення лікування, проведення прогнозування) та загальні спільні етапи для будь-якого алгоритму роботи з даними. Кожна система має свої недоліки, які вирішуються за допомогою модернізації програмного та апаратного забезпечення. Ліквідація подібних недоліків надає нові функціональні можливості для існуючих КІС і зумовлює актуальність розробки нового програмного забезпечення та програмних засобів для вдосконалення алгоритмів роботи системи.

У **другому** розділі «Алгоритми КІС для лікування гіпоксії» детально описано всі основні етапи роботи з даними, що надходять з підключених апаратів до комп'ютера. Виділено такі етапи: зчитування даних, інтерпретація даних, обробка даних, збереження даних та візуалізація результатів.

Для реалізації вдосконалень алгоритму КІС «Гіпотрон» обґрунтовано вибір методів чисельного інтегрування (методу трапецій) та методу порівнянь на основі роботи з тенденційними рядами. Проведено порівняльний аналіз методів обробки



даних, на основі якого створено порівняльну характеристику для методів чисельного інтегрування та зроблено висновки щодо можливості їх використання для алгоритму КІС «Гіпотрон» та отримання найбільшої точності результатів. Основні недоліки роботи системи були вирішені за допомогою використання методу порівнянь, введення тенденційних рядів та граничних умов. Реалізація даних методів для алгоритмі роботи КІС «Гіпотрон» дозволить:

1. Отримати більш точні результати.
2. Розбивати процес дихання на етапи.
3. Відсіювати некоректні дані.
4. Візуалізувати результати.
5. Проводити сеанси лікування для декількох пацієнтів одночасно (1-4).

В **третьому** розділі дисертаційної роботи «Опис програмної реалізації комп'ютерно-інформаційної системи та результати роботи системи» визначено особливості реалізації поставлених задач, описано алгоритм роботи вдосконаленої КІС, сформовано архітектуру системи, функціональну схему та декомпозицію, розроблено базу даних, обґрунтовано вибір програмних засобів та наведено необхідні характеристики ЕОМ для коректної роботи системи.

Видозмінено етап алгоритму отримання даних від підключених приладів (для кожного з апаратів по чергово виконується цикл процедур, а саме: перевірка чи апарат підключено (триває сеанс лікування чи ні), зчитування даних, інтерпретація даних, обробка даних, збереження результатів та їх візуалізація, перевірка часу сеансу терапії).

Наведено основні переваги використання мікроконтролера STM32F407 Discovery, додаткового спеціального блоку ART Accelerator™, а також COM порту, (USB-485 M). Використання даного апаратного забезпечення дозволяє підключити чотири апарати «Гіпотрон» разом з усіма датчиками одночасно.

Описано зміни роботи етапів алгоритму «Отримання даних» та «Обробка даних», представлені розроблені алгоритми та основні моменти пошуку граничних умов та некоректних даних.

Вдосконалена система виконує такі функції:

1. Аналіз отриманих даних:
    - даних щодо часових проміжків;
    - даних про концентрацію кисню;
    - даних про об'єми вдиху та видиху;
    - даних про частоту дихання;
    - даних про обсяг дихальної суміші.
  2. Встановлення та регулювання необхідних параметрів:
    - регулювання концентрації кисню (вентилятор);
    - калібрування даних в SaO2 (вольтажність);
    - регулювання частоти надходження кисню.
  3. Візуалізація результатів аналізу (графіки зміни об'ємів дихального процесу та зміна концентрації кисню під час проведення сеансу).
  4. Перегляд та редагування інформації в особових справах пацієнтів.
- На рисунку 1 зображена архітектура вдосконаленої КІС «Гіпотрон».

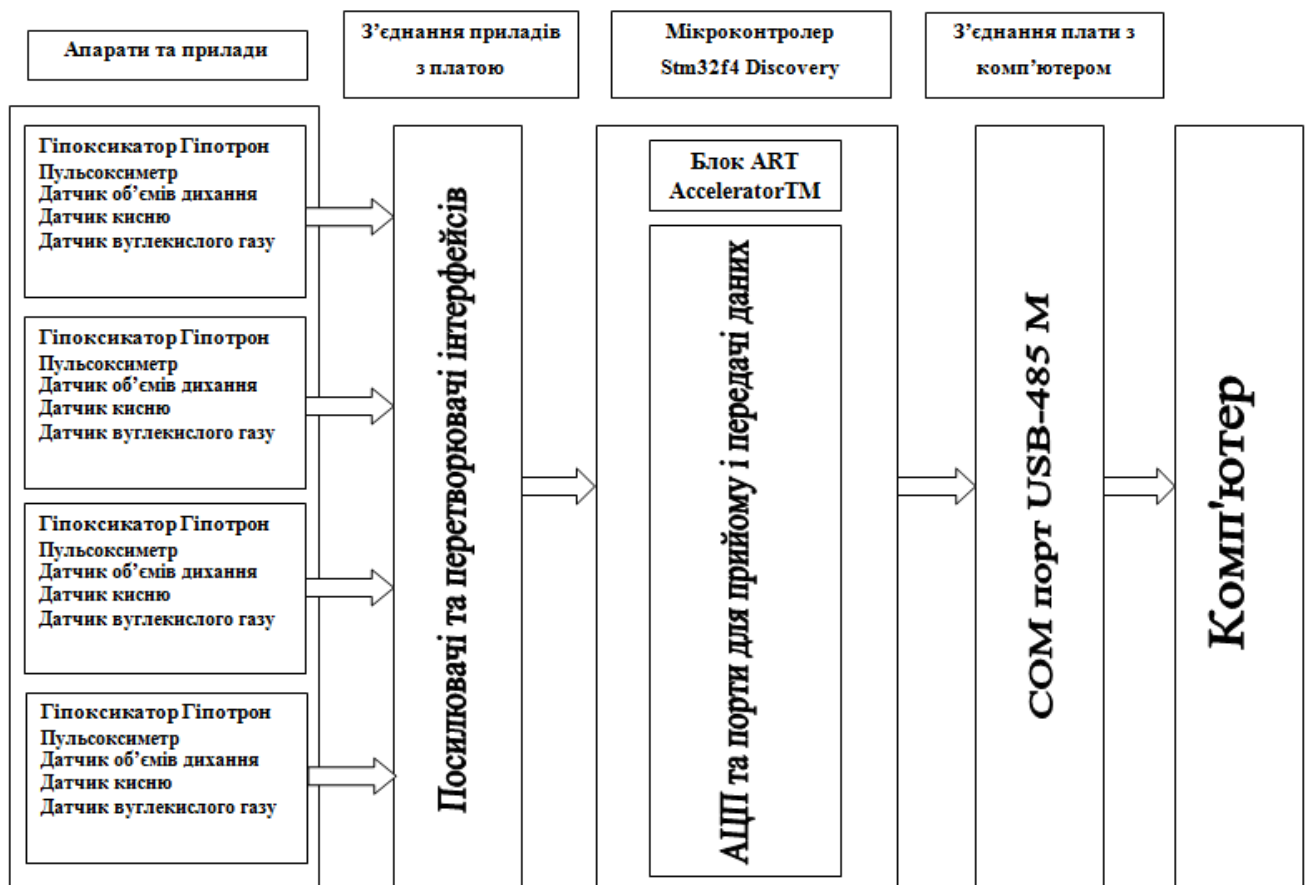


Рисунок 1. Архітектура КІС «Гіпотрон»

Для реалізації програмної системи проведено вибір засобів, а саме, обрано мову програмування C# та середовище програмування Visual Studio 2010 та IAR Embedded Workbench, СКБД MicrosoftSQLServer та висунуто перелік вимог до ЕОМ на яких буде встановлюватись розроблюваний програмний комплекс, відповідно до обраних засобів реалізації.

У розділі також визначені особливості реалізації модулів системи, запропоновано методику роботи користувача із системою, а також наведені результати роботи вдосконаленої КІС «Гіпотрон». В таблиці 2 наведені основні вдосконалення системи.

Таблиця 2. Порівняння КІС «Гіпотрон»

Старий алгоритм	Вдосконалений алгоритм
Проведення сеансу лікування лише для одного пацієнта	Проведення сеансу лікування для декількох пацієнтів (1-4), з можливістю підключати нових пацієнтів під час вже розпочатої процедури лікування
Аналіз 100 значень повітряного потоку в секунду,	Аналіз до 400 значень повітряного потоку в секунду. Для кожного апарату підключено власний таймер, робота приладів незалежна, зчитування даних почергове.
Використання методу правих прямокутників для обчислення об'єму вдихів та видихів	Використання методу трапецій для обчислення об'єму вдихів та видихів
Контроль концентрації кисню (точка обиралась під час вдиху повітря), дані знімалися раз в секунду.	Контрольні точки знімаються під час початку вдиху та кінця. Змінені початкові умови знаходження точок початку та кінця дихального циклу
Пропускалися некоректні дані (під час знаходження точок початку і кінця дихального циклу)	Алгоритм відловлює некоректні дані, не реагує на миттєві підвищення або пониження значень повітряного потоку, а аналізує тенденційні ряди.

Вдосконалена КІС «Гіпотрон» підтримує роботу у трьох режимах (моніторинг, діагностика та лікування) та дозволяє проводити сеанси гіпокситерапії для декількох пацієнтів одночасно, надає більш точні розрахунки результуючих даних (об'єми дихального циклу), а також ліквідує основні недоліки старої версії системи.

В четвертому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано умови праці у робочому приміщенні, обладнаному комп'ютерною технікою. Основними проблемами, які можуть виникнути, являються проблеми зі здоров'ям, пов'язані з невиконанням правил роботи з комп'ютером. Оскільки основним процесом роботи являється перегляд інформації на моніторі, основне навантаження приходить на очі та мозкову діяльність. Отже, користувач комп'ютера зобов'язаний кожні 45 хвилин проводити 5 хвилинну перерву, для того щоб не перевантажувати зорову та мозкову діяльність. Описано сценарій дій персоналу при виникненні надзвичайної ситуації.

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Розробка та вдосконалення алгоритмів роботи з даними для КІС, які підтримують проведення лікувально-діагностичних сеансів для лікування гіпоксії є актуальним для сучасної медицини. Вони не тільки допомагають людям краще адаптуватися та переносити хворобу пацієнтам, а й дають поштовх до подальшого розвитку самих КІС. Подібні КІС зазвичай, мають певні недоліки, які потрібно постійно усувати завдяки оновленню програмного та апаратного забезпечення.

Під час виконання дипломної магістерської дисертації було проведено аналіз літературних та теоретичних джерел стосовно гіпоксії, її видів, переваг, недоліків та небезпек. Також було розглянуто основні методи чисельного інтегрування та методи порівнянь, на основі яких будуються основні етапи роботи алгоритму (обробка та візуалізація даних). Було створено перелік задач, вирішення яких дозволило створити КІС «Гіпотрон» з більш гнучким функціоналом та більш точними результатами проведення сеансів.

Результати виконаних досліджень дозволяють зробити такі висновки:

1. Проведено порівняльний аналіз існуючих гіпоксикаторів та створених для них КІС. На основі чого було виділено основні переваги та недоліки комплексу «Гіпотрон», а також проаналізовано основні етапи алгоритмів, на яких будується робота всіх КІС для лікування гіпоксії.

2. Було досліджено використання методів чисельного інтегрування та методів порівнянь для роботи з даними з апаратів, а також обґрунтовано вибір методу трапецій для обчислення повітряних об'ємів та методу порівнянь з тенденційними рядами для знаходження граничних та критичних точок під час сеансу лікування.

3. Було розроблено структурну та функціональну схеми для вдосконаленої КІС «Гіпотрон». На основі схем, розроблено концептуальну модель БД та обрано засоби програмної реалізації. Для коректної роботи системи було створено головну форму (інтерфейс користувача-лікаря) та два модулі (модуль МК та системний

модуль). Поєднання модулів та інтерфейсу надає можливість проводити лікувально-діагностичні сеанси для декількох пацієнтів одночасно.

4. Створений програмний продукт може бути використаний як в лікарнях, так і в домашніх умовах. Користувачами програми є лікарі, проте для підтримки роботи системи медперсоналу, ознайомленого з інструкцією користувача.

Розробка та вдосконалення таких КІС, як «Гіпотрон» надають поштовх до створення нових комплексів для проведення лікувально-діагностичних гіпокситерапій. З'являються нові обладнання та програмні забезпечення, які поліпшують умови проведення самих сеансів як для лікарів, так і для пацієнтів. Завдяки вдосконаленню алгоритму роботи старої системи «Гіпотрон» було ліквідовано її основні недоліки та покращено точність отриманих результатів.