

## МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ БІОМЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ З ПАЦІЄНТОМ В КОНЦЕПЦІЇ "ЛЮДИНА – МАШИНА"

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В., Кравченко П. О.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*Розглядається питання взаємодії біомедичної апаратури з пацієнтом в системі "людина-машина".*

**Постановка проблеми.** Системний підхід до розробки біомедичних систем діагностики та терапії пацієнтів передбачає розгляд взаємодії людина – діагностичні або терапевтичні засоби як "систему людина – машина" (СЛМ) [1]. Логіка такого розгляду передбачає планування, розробку, організацію та реалізацію комплексу заходів з обліку технічних характеристик апаратури діагностики і терапії та фізіологічних факторів пацієнтів на всіх етапах створення, впровадження і експлуатації біомедичних систем (БМС).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На теперішній час в інженерній психології та в суміжних з нею напрямках існує ціла низка концепцій аналізу, опису і проектування систем "людина-машина". Одну з перших концепцій запропонував Б. Ф. Ломов в 1967 році [7]. Суть її зводиться до того, що проект діяльності оператора повинен виступати як основа рішення наступних задач проектування СЛМ.

**Мега статті** – запропонувати структуру взаємодії пацієнта з біомедичними системами діагностики і терапії, що дозволяє на основі врахування людського фактору удосконалити параметри біомедичних систем, уточнювати їх характеристики.

**Основні матеріали дослідження.** До системи людина-машина входять такі компоненти [2].

*Суб'єкт або пацієнт.* Насамперед важливо врахувати, що головною метою використання біомедичної апаратури і процедур аналізу сигналів є отримання деякої користі для суб'єкта або пацієнта. Усі системи і процедури повинні бути спроектовані так, щоб не доставляли неоправданих незручностей суб'єкту, не спричиняли йому будь-якої шкоди і не створювати небезпеки. При проведенні інвазійних або ризикованих процедур завжди важливо виконувати аналіз співвідношення ризик/користь і приймати рішення про те, чи дійсно пропонована користь від цієї процедури варта того, щоб наражати пацієнта на ризик. *Стимули або активні процедури.* Застосування до суб'єкта стимулів в активних процедурах потребує спеціальної апаратури, наприклад, стробоскопічних генераторів світла, звукових генераторів або генераторів електричних імпульсів. Проведення пасивних процедур потребує стандартизованого протоколу потрібної активності для того, щоб забезпечити відтворюваність і достовірність експерименту.

*Первинні перетворювачі сигналів:* електроди, датчики, сенсори. *Апаратура кондиціонування сигналів:* підсилювачі, фільтри. *Апаратура відображення:* осцилографи, самопишучі прилади, монітори комп'ютерів, принтери. *Апаратура для запису, обробки і передачі даних:* аналогові і стрічкові реєстратори, аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), цифрові стрічки, компакт-диски (CD), комп'ютери, телеметричні системи.

*Керуючі пристрої:* апаратура стабілізації напруги живлення та ізолююча апаратура, системи впливу на пацієнта. Нижче наведені деякі аспекти, які необхідно приймати до уваги при проектуванні, розробці технічних вимог або використанні біомедичної апаратури [3-6].

*Ізоляція суб'єкта або пацієнта* – це питання величезної важливості, так як пацієнт не може підвергтися ризику враження електричним струмом.

*Робочий діапазон* – мінімальні та максимальні величини сигналів або параметрів, які пропонується вимірювати.

*Чутливість* – мінімальні змінення сигналу, які можуть бути виміряні. Це визначає розрішення системи.

*Лінійність* – необхідна принаймні на якій-небудь частині діапазону роботи. Будь-яка присутня нелінійність може вимагати корекції на більш пізніх стадіях обробки сигналу.

*Гістерезис* – деяка затримка в вимірюванні, пов'язана з напрямком змінення вимірювального процесу. Гістерезис може додати систематичну похибку і потребує корекції.

*Частотна характеристика* – являє собою змінення чутливості в залежності від частоти. Більшість систем, які зустрічаються на практиці, поведуть себе як низькочастотні, тобто їх чутливість зменшується по мірі того, як зростає частота вхідного сигналу. Для компенсації цього зниження чутливості на високих частотах можуть бути потрібні спеціальні методи відновлення сигналу.

*Стабільність* – нестабільні системи можуть погіршити відтворюваність і достовірність вимірювань.

*Відношення сигнал-шум* (signal-to-noise ratio, SNR) – мережева перешкода, проблеми з заземленням і теплові шуми можуть погіршити якість реєстрованого сигналу. Для того, щоб розробити відповідні методи фільтрації і способи корекції, необхідно добре розуміти явища, які призводять до погіршення сигналу в даній системі.

*Точність* – це поняття включає в себе похибки, пов'язані з такими факторами, як допуски, рухи або механічні похибки; дрейф, пов'язаний зі зміненнями температури, вологості або тиску; помилки читання, пов'язані, наприклад, з паралаксом; помилки обнуління або калібрування.

Згідно представленого підходу наведемо приклад побудови системи аналізу біомедичних сигналів, що наведена на рис. 1.

Головними цілями біомедичної техніки і аналізу сигналів є [3-6]:

*збір інформації* – кількісна оцінка явищ для інтепретації досліджуваної системи;

*діагностика* – виявлення порушень, патологій і аномальностей;

*моніторинг* – отримання безперервної або періодичної інформації про систему;

*терапія і управління* – модифікація поведінки системи, заснована на даних, отриманих при виконанні перелічених вище етапів для забезпечення певних

результатів;

*оцінка* – об'єктивний аналіз для визначення можливості задоволення функціональних вимог, для отримання правильності роботи, для контролю якості, для кількісної оцінки ефекту лікування.



Рисунок 1 – Комп'ютерна діагностика і терапія на основі аналізу біомедичних сигналів

Всі елементи вказаної системи повинні відповідати наведеним вимогам щодо безпеки пацієнта, мати відповідні характеристики, які наведені вище, мати відповідну чутливість, точність, стабільність та ін.

Крім того, треба враховувати вимогу безпечності пацієнта, не доставляти неоправданих незручностей суб'єкту, не спричиняти йому будь-якої шкоди. Розглянемо процедуру зняття сигналів. Процедури зняття сигналів можна поділити на інвазійні та неінвазійні процедури. Інвазійні процедури передбачають введення в тіло пацієнта датчиків, або інших пристроїв, наприклад, катетерних датчиків у серце через головну артерію для запису інтракардинальних сигналів, або голкових електродів для запису потенціалів дії.

Неінвазійним процедурам надається перевага, бо в цьому випадку мінімізується ризик для пацієнта. До таких процедур можна віднести ЕКГ, електроенцефалографію, зняття електроміограм.

Такі процедури, як одержання вимірювань і зображень з використанням рентгенівських променів, ультразвуку і т. ін. кваліфікуються як інвазійні процедури, оскільки передбачають проникнення в тіло пацієнта радіації, що керується ззовні, навіть не дивлячись на те, що ця радіація невидима і немає ніяких хірургічних проникнень в тіло пацієнта [2].

**Висновки.** Використання підходу до аналізу взаємодії біомедичної апаратури з пацієнтом на основі теорії ергатичних систем дозволяє структурувати певні ланки цієї взаємодії, з наступним кількісним оцінюванням і покращенням параметрів біомедичних систем діагностики і терапії.

#### Список використаних джерел

1. Дерюга В. А., Ляшенко Г. А. Прогнозирование успешности обучения операторов радиоэлектронных средств. *Сб. науч. тр. Системы обработки информации*. Харьков: НАНУ, ХВУ, 1998. С. 93–95.
2. Рангайян Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. 440 с.

3. Webster J. G. *Medical Instrumentation: Application and Design*. New York, NY: Wiley, 1998.

4. Ляшенко Г. А., Черепньов І. А., Полянова Н. В. Обґрунтування частоти ультразвукового опромінення суглоба тварини при захворюванні на синовіт. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*, 2016. С. 16–163.

5. Bronzino J. D. *The Biomedical Engineering Handbook*. Boca Raton, FL: CRC and IEEE, 1995.

6. Ляшенко Г. А., Полянова Н. В., Кравченко П. О. Определение электромагнитного излучения для стимуляции иммунокомпетентных клеток животных. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*, 2018. С. 159–160.

7. Ломов Б. Ф. О проектировании трудовой деятельности человека. *Физиология труда*. Москва, 1967.

#### Аннотация

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БИМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ С ПАЦИЕНТОМ В КОНЦЕПЦИИ "ЧЕЛОВЕК - МАШИНА"

Ляшенко Г. А., Полянова Н. В., Кравченко П. О.

*Рассматривается вопрос взаимодействия биомедицинской аппаратуры с пациентом в системе "человек-машина".*

#### Abstract

### MODELING OF INTERACTION OF BIOMEDICAL EQUIPMENT WITH A PATIENT IN THE CONCEPT "HUMAN-MACHINE"

G. Lyashenko, N. Polyanova, P. Kravchenko

*The question of the interaction of biomedical equipment with a patient in the human-machine system is considered.*