

# КІБЕРНЕТИКА та КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

*Наведено склад і функціональні можливості комплексу діагностичних процедур, який включає три складові: інноваційну методику шкалювання електрокардіограм та варіабельності ритму серця (Universal Scoring System); дослідження засобів психофізіологічного тестування на основі програмно-апаратного комплексу «Психолот-1» з перспективою його доповнення засобами біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ); аналіз існуючих засобів БЗЗ терапії та їхнього застосування для реабілітації з пропонованим способом реабілітації на основі БЗЗ.*

**Ключові слова:** реабілітація, діагностика, психофізіологічне тестування, електрокардіограма, варіабельність ритму серця, біологічний зворотній зв'язок.

© О.В. Палагін, О.П. Кургаєв, М.М. Будник,  
І.А. Чайковський, 2021

УДК 004.5, 616-71

DOI:10.34229/2707-451X.21.3.8

О.В. ПАЛАГІН, О.П. КУРГАЄВ, М.М. БУДНИК, І.А. ЧАЙКОВСЬКИЙ

## РОЗРОБЛЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ КОМПЛЕКСУ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОЦЕДУР ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ TISP

**Вступ.** Створена в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України базова когнітивна інформаційна технологія (БКІТ), яка забезпечує процес аналізу великих обсягів інформації. Когнітивні сервіси реалізують структурування і класифікацію інформації, синтезують необхідні документи на основі семантичного аналізу, виявляють властивості інформаційних процесів і забезпечують вибір та прийняття оптимальних рішень і прогнозування [1]. При виконанні проекту «Трансдисциплінарна інтелектуальна інформаційно-аналітична система супроводження процесів реабілітації при пандемії (TISP)» всі можливості БКІТ були орієнтовані на реалізацію стратегії реабілітаційних заходів, яка полягає у комплексному врахуванні патогенетичних особливостей розвитку захворювання. Вона включає:

- формулювання реабілітаційної цілі (РЦ) це планований, специфічний, вимірювальний, реально досяжний, визначений у часі результат проведення реабілітаційних заходів;

- РЦ базується на реабілітаційному діагнозі, який відображає критерії оцінки функціональних наслідків захворювання;

- розробку прогнозу, тобто обґрунтованої ймовірності досягнення поставлених цілей медичної реабілітації у намічений проміжок часу з урахуванням характеру захворювання, його ресурсу та компенсаторних можливостей;

- допомогу з медичної реабілітації (оцінку, діагностику) стану пацієнта, факторів ризику проведення реабілітаційних заходів, факторів, що обмежують їх проведення, морфологічних параметрів, функціональних резервів організму, стану вищих психічних функцій та емоційної сфери, порушення побутових та професійних звичок, що впливають на реабілітацію;

- оцінку ефективності реабілітаційних заходів;

- реалізацію мультидисциплінарного підходу до здійснення реабілітаційних заходів – застосування комплексу заходів медичного, педагогічного, професійного і соціального характеру при взаємодії спеціалістів різного профілю.

В даній роботі розглянуто діагностичні процедури, реалізовані в підсистемі інформаційно-аналітичної підтримки комплексу діагностичних процедур, а саме – оцінку ефективності реабілітації на основі показників ЕКГ та варіабельності ритму серця (ВРС), контроль стану пацієнта за допомогою психофізіологічного (ПФ) та психологічного тестування, застосування біологічного зворотного зв'язку (БЗЗ) для підвищення ефективності реабілітації, а також застосування ПФ тестування для реалізації БЗЗ.

**1. Оцінка ефективності реабілітації на основі показників ЕКГ та ВРС.** Невід'ємна частина діагностики і реабілітації – постійне визначення реабілітаційного потенціалу пацієнта для його подальшої маршрутизації і прогнозу відновлення, а також поточного контролю ефективності реабілітаційних втручань. Для цього перспективним є запровадження інформаційної технології дистанційного медичного телемоніторингу стану пацієнтів, як правило, в домашніх умовах за показниками електрокардіограми, кров'яного тиску тощо. Вимірювання виконуються за допомогою спеціальних датчиків, від яких залежить тип телемоніторингу. Зазвичай такі системи складаються з 4 елементів:

- *датчик* – пристрій, що використовується для вимірювання показників організму. Типовими прикладами є мініатюрний ЕКГ-прилад чи навіть ЕКГ-пластир, манжета для вимірювання кров'яного тиску тощо;

- *модуль локального зберігання та транспорту даних* – пристрій, що знаходиться в будинку пацієнта, типовий приклад: ноутбук, смартфон чи планшет;

- *модуль централізованого зберігання та аналізу даних* – захищене сховище даних, завдяки якому медичний працівник може вивчати і аналізувати виміряну і передану інформацію про пацієнта. Сучасні сховища медичних даних часто працюють на основі «хмарних» технологій;

- *інтерфейс діагностики* – виміряна інформація має відображатися для лікаря або медсестри у вигляді, який дає змогу підтримувати прийняття медичних рішень, тобто бути побудованою за правилами когнітивної графіки.

Як показано в [2], в Інституті кібернетики на основі аналізу великих масивів даних (big data) розроблено інноваційне *сертифіковане програмне забезпечення* для всебічного аналізу ЕКГ, з вже доведеним великим потенціалом у галузі контролю процесу реабілітації, яке, будучи інтегрованим з телемоніторинговою системою, повністю відповідає зазначеним умовам.

Розроблена технологія застосовувалася в процесі психологічної реабілітації пацієнтів з посттравматичними стресовими розладами. У зв'язку з агресією РФ на сході України велика кількість людей як військових, так і цивільних, потребує психологічної реабілітації. Якщо вчасно не звернутися за допомогою, психологічний розлад може призвести до виникнення депресії, зловживання алкоголем та психотропними препаратами, що у свою чергу негативно впливає на криміногенну ситуацію у країні. За часи пандемії на COVID-19, проблема виникнення психологічних розладів та надання відповідної допомоги стала ще більш актуальною.

Серед наявних симптомів: безсоння, підвищена збуджуваність, порушення концентрації уваги тощо. Разом із психологічною допомогою такі клієнти отримують і медикаментозне лікування у вигляді антидепресантів та транквілізаторів з метою полегшення вищезгаданих симптомів. Однак, антидепресанти мають значну кількість побічних ефектів, а транквілізатори можуть викликати звикання, через що їх призначають короткими курсами до 10 днів. Водночас існують різні психологічні техніки, які здатні полегшити або взагалі усунути притаманні психологічним розладам симптоми.

У нашому експерименті на початку циклу психотерапії після первинної оцінки рівня тривожності та наслідків психотравмуючих подій психолог проводив психоедукацію щодо механізму, дії

та важливості навичок стабілізації та саморегуляції. Після першого очного контакту з психологом все наступне спілкування фахівця з пацієнтом зазвичай складає 4–6 підтримуючих сеансів, які відбувалися on-line через Інтернет (платформа Zoom). До та після кожного сеансу на протязі 3-х хвилин здійснювалася реєстрація електрокардіограми у першому відведенні за допомогою мініатюрного вітчизняного електрокардіографу «DiaCard – ECG. Recorder». ЕКГ-сигнал передавався у модуль зберігання та аналізу даних засобами мережі Інтернет. Загальна кількість пацієнтів – 28, загальна кількість ЕКГ-записів – 156 на протязі 53 сеансів.

У вихідному стані у переважної більшості обстежених спостерігалось переважання симпатичної частини вегетативної нервової системи. При дотриманні рекомендацій психолога спостерігалось значне покращення фізіологічного стану пацієнтів, тобто врівноваження симпатичного і парасимпатичного відділів вегетативної (автономної) нервової системи. Об'єктивні показники психоемоційного стану на основі ВРС також покращувалися, що було особливо важливим як для психолога-спеціаліста, так і для самого пацієнта (рис. 1).

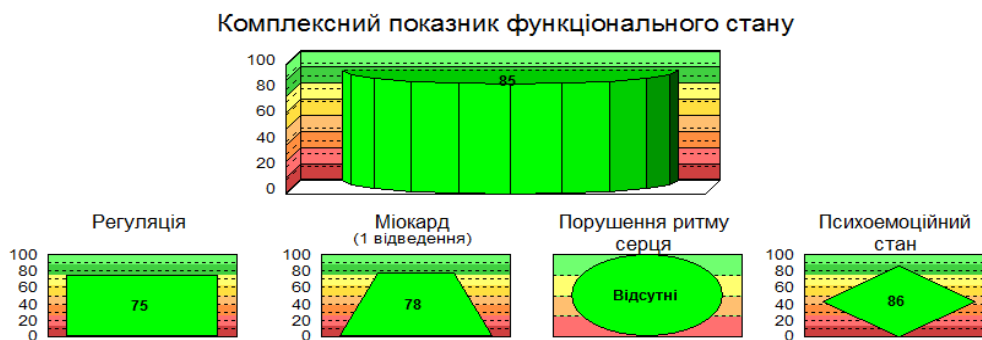


РИС. 1. Показники функціонального стану пацієнта

Ті пацієнти, що правильно дотримувались вказівок психолога стосовно використання психологічних технік, мали явну позитивну динаміку стосовно вегетативного балансу, тобто співвідношення активності відділів вегетативної нервової системи (рис. 2).



РИС. 2. Динаміка вегетативного балансу 14-ти пацієнтів з посттравматичними стресовими розладами до (синя лінія), під час (червона лінія) та після (зелена лінія) першого сеансу з психологічної реабілітації

На даному рисунку показано, що в більшості випадків спостерігається зсув у сторону парасимпатичного відділу нервової системи. Це підтверджує те, що правильно виконані психологічні техніки врегульовують вегетативний баланс і пацієнт відразу після сеансу відчувається спокійніше. Зміни вегетативного балансу пацієнта 3341ВВ на протязі 14-ти сеансів психологічної реабілітації показано на рис. 3.

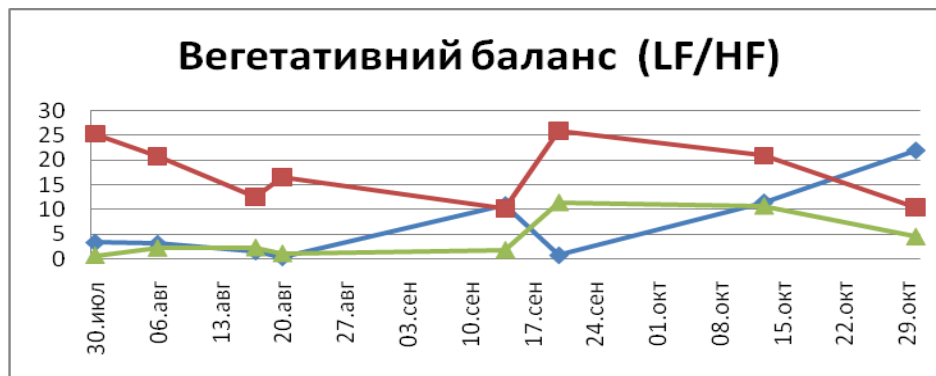


РИС. 3. Зміна показників вегетативного балансу пацієнта 3341ВВ до (синя лінія), під час (червона лінія) та після (зелена лінія) використання психологічної техніки реабілітації впродовж 14-ти сеансів

На рисунку показано, впродовж серії сеансів психологічної реабілітації майже незмінно спостерігається зсув у сторону парасимпатичного відділу нервової системи, тобто покращення функціонального стану. За допомогою даної технології лікуючий психолог та сам пацієнт може оцінювати ефективність та своєчасність виконання поставлених у психологічному консультуванні задач, вплив цієї роботи на психічний та фізичний стан пацієнта, корегувати методики, їх інтенсивність та тривалість. Встановлено, що оцінка психоемоційного та фізичного стану пацієнта стає вищою після сеансів психологічної реабілітації дихання. Пацієнт між зустрічами також може самостійно оцінювати свій стан.

**2. Дослідження засобів ПФ тестування для реабілітації.** ПФ експертиза (ПФЕ) – складова медичних оглядів працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки, і призначена для проведення добору працівника за його ПФ важливими якостями (ПФВЯ). Це – агресивність, пам'ять, увага (стійкість, розподіл, перемикання, обсяг, концентрація), функціональна рухливість нервових процесів, психомоторні якості, урівноваженість нервових процесів, орієнтація в просторі, орієнтація у замкненому просторі, просторово-часова екстраполяція, резерви вегетативних функцій, стійкість до впливу стресів, стійкість до монотонності роботи, відповідальність, схильність до ризику тощо.

На сьогодні в Україні відсутній прилад для ПФ контролю стану пацієнта у процесі реабілітації. Наявна вітчизняна розробка, програмно-апаратний комплекс (ПАК) ПФ діагностики «Психолот-1», призначена для проведення ПФЕ лише працівників, які залучаються до виконання небезпечних робіт. Тому створення методик контролю стану пацієнта у процесі реабілітації є актуальною задачею.

Для впровадження ПАК «Психолот-1» в галузь реабілітації потрібно провести апробацію цього ПАК для реєстрації психологічного та ПФ станів пацієнта, розробити вирішувальні правила для оцінки ефективності реабілітаційних процедур та поточного стану пацієнта. Це буде проводитися

на основі реєстрації показників швидкості та правильності виконання тестів обстежуваною особою, реєстрацію допущених особою помилок та обчислення інтегрального показника.

**2.1. Опис ПАК «Психолот-1».** ПАК «Психолот-1» призначений для оснащення кабінетів, які проводять ПФЕ при проведенні обов'язкових попередніх (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на роботах, де є потреба у професійному доборі, і формують висновки ПФЕ щодо придатності працівників до виконання робіт, що потребують професійного добору (наказ МОЗу від 21.05.2007 р. № 246). Комплекс містить набір методик для визначення рівня ПФВЯ працівників згідно «Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі» (наказ МОЗу і Держохоронпраці від 23.09.1994 р. № 263 / 121) та рекомендований для використання у ПФЕ. Протипоказань щодо застосування немає (рис. 4) [3].

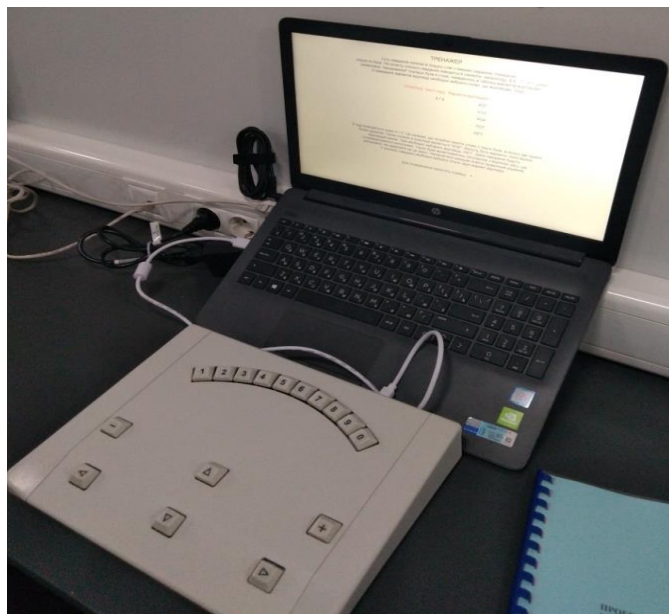


РИС. 4. Зовнішній вигляд ПАК психофізіологічної діагностики «Психолот-1»

В склад ПАК входить відповідне програмне забезпечення та технічні засоби, він являє собою медичну електричну систему. Медичним виробом у такій системі є спеціалізована психодіагностична клавіатура (СПК), немедичними виробами – персональний комп'ютер (ПК) типу «Notebook», принтер, блок живлення (БЖ), багаторозетковий з'єднувач мережі (БРЗМ). Живлення БЖ ПК та принтеру здійснюється через БРЗМ, який підключається до мережі змінного струму 230 В 50 Гц. Живлення СПК здійснюється напругою 5 В постійного струму від порту USB ПК. З'єднання ПК із СПК, принтером та обмін інформацією між ними здійснюється через стандартний кабель типу «АМ-ВМ» через USB порти ПК [4].

Програмне забезпечення дозволяє вести БД пацієнтів, виводити на екран тести, реєструвати помилки та швидкість реакції, обчислювати інтегральний критерій та генерувати звіт з інтерпретацією особливостей ПФ та психологічного станів пацієнта. Головне вікно має вигляд, показаний на рис. 5, а. Приклад набору тестів показано на рис. 5, б. Вибравши один із тестів, у формі, яка з'являється праворуч, присутня кнопка «Запуск», при натисканні якої відбувається запуск вибраного тесту. Після того як тест завершився, на екран виводяться результати пройденого тесту.

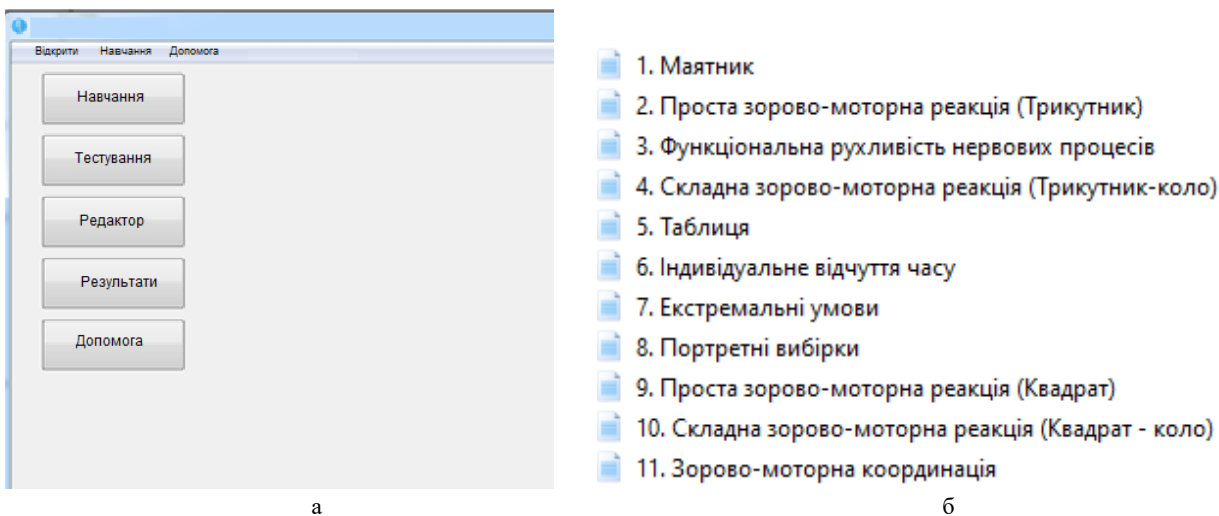


РИС. 5. Вигляд головного вікна: а – ПЗ ПАК «Психолот-1», б – приклад набору тестів

**2.2. Опис ПФ та психологічних методик.** Під час ПФЕ особі пред’являють тести, кількість та послідовність яких залежить від одного із 17-ти видів робіт та вибирається з 19-ти тестів, програмно рееструють швидкість і правильність виконання та помилки, обчислюють інтегральні показники рівня ПФВЯ, формується висновок про придатність/непридатність особи до певного виду робіт [5]. Приклад тестів показано на рис. 6, а їх перелік наведено у таблиці. Також у програмному забезпеченні комплексу реалізовано 30 найбільш розповсюджених психологічних методик, показаних на рис. 7.



РИС. 6. Вигляд тестів: а – «проста зорово-моторна реакція», б – «таблиця»

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Методика дослідження особливостей мислення</li> <li>➤ Методика Прогноз за В.А.Бодровим</li> <li>➤ Дослідження рівня суб'єктивного контролю (рек) Дж. Роттера (адапована нді ім. В.М. Бехтерева)</li> <li>➤ СЗЧ-4</li> <li>➤ Опитувальник Р. Кеттелла 16-ФО-187-А</li> <li>➤ Компаси</li> <li>➤ тест-опитувальник ЕРІ (Г. Айзенка)</li> <li>➤ НПП-А</li> <li>➤ Методика "діагностика лідерських здібностей" (Є. Жаріков, С. Крушельницький)</li> <li>➤ Схильність до ризику А.Г.Шмельов</li> <li>➤ Методика "Оцінка комунікативних і організаційських схильностей – КОС" (В. Синявського І Б. Федоришина)</li> <li>➤ Лірі</li> <li>➤ Методика "діагностика ступеня готовності до ризику" Г. Шуберта</li> <li>➤ Томас</li> <li>➤ Багаторівневий особистісний опитувальник (БОО) "Адаптивність-200"</li> <li>➤ Кількісні відношення</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Опитувальник Міні-мульти (Скорочений Багатофакторний Опитувальник для дослідження Особистості (СБОО))</li> <li>➤ ОСТ В.М. Русалова</li> <li>➤ Оцінка схильності до суїцидальних реакцій</li> <li>➤ Самооцінка психічних станів Г.Айзенка</li> <li>➤ Шкала оцінки рівня реактивної (ситуативної) та особистісної тривожності Ч.Д. Спілбергера - Ю.Л. Ханіна</li> <li>➤ Леонгарда - Смішека</li> <li>➤ Диференціальна діагностика депресивних станів В.А. Жмурова</li> <li>➤ Індивідуально-типологічний опитувальник, ІТО (за Л.М. Собчик)</li> <li>➤ Шкала депресії А.Т. Бека</li> <li>➤ Опитувальник великої п'ятірки, ОВП</li> <li>➤ Методика "Аналогії"</li> <li>➤ Рівень самоактуалізації особистості (шкала Джонса–Крендалла)</li> <li>➤ Кільця Ландольта</li> <li>➤ Модифікований Тест руки</li> </ul>
--	--

РИС. 7. Реалізовані психологічні методики

ТАБЛИЦЯ. Перелік об'єктивних тестових методик для дослідження рівня розвитку ПФВЯ [6]

№	ПФВЯ	Методики
1	Увага	Методика «Таблиця» (Модифікована методика «розстановка чисел»)
		Методика «Переключення уваги» (Модифікована методика «відшукування чисел з переключенням»)
2	Орієнтація у просторі	Методика «Годинники»
3	Орієнтація у замкнутому просторі	Методика «Замкнутий простір»
4	Урівноваженість нервових процесів	Методика «маятник» (Модифікована методика «Реакція на об'єкт, що рухається»)
5	Психомоторні якості	Методика «Проста зорово-моторна реакція»
		Методика «Складна зорово-моторна реакція»
6	Пам'ять	Методика «Пам'ять» (Зорова пам'ять на фігури)
7	Зорово-моторна координація	Методика «Зорово-моторна координація»
8	Функціональна рухливість нервових процесів	Методика «Функціональна рухливість нервових процесів»
9	Просторово-часова екстраполяція	Методика «Прогнозування рухів»
10	Стійкість до монотонії	Методика «СЗМР в умовах тривалого пред'явлення подразників»

11	Агресивність	Методика «Портретних вибірок» (Модифікована методика Сонді)
12	Стійкість до впливу стресів	Методика «Індивідуальне відчуття часу»
		Методика «Екстремальні умови» (Модифікована методика «встановлення закономірностей» в стресогенних умовах тестування)
		Формалізовані оцінки спостереження та співбесіди
13	Схильність до ризику	Методика «Індивідуальна стратегія»
14	Відповідальність	Формалізовані оцінки спостереження та співбесіди, комплексний показник за окремими результатами об'єктивних методик (Методика визначення латентних періодів ПЗМР, Методика визначення латентних періодів СЗМР з вибором, Методика «Таблиця»)
15	Резерви вегетативних функцій	Варіаційна пульсометрія
		Формалізовані оцінки спостереження та співбесіди

**3. Терапія на основі БЗЗ** [7]. БЗЗ ґрунтується на розвитку і вдосконаленні самоконтролю і саморегуляції фізіологічних функцій при різних патологічних станах організму пацієнта. До переваг БЗЗ-терапії належать: швидка корекція психосоматичних порушень, усунення самої причини захворювання, тривале збереження отриманих навичок саморегуляції, відсутність побічних ефектів, зниження потреби в лікарських препаратах, вплив на основні види дисфункцій регуляторних систем організму, відсутність зовнішніх впливів на пацієнта, схема терапії строго індивідуальна, активне включення в процес лікування самого пацієнта.

Створення уніфікованих, портативних і безпечних реабілітаційних систем нового покоління з використанням БЗЗ стає центральною проблемою на шляху кардинального підвищення ефективності медичної реабілітації.

**3.1. Принципи саморегуляції.** Стратегія медичної реабілітації полягає у досягненні людиною довголіття шляхом усунення її патологічних станів і захворювань через оптимізацію її регуляторних механізмів. Довголіття залежить від генотипу людини, раціонального харчування, розумової, рухової, сексуальної активності й оптимістичного настрою. Стійкість і довготривалість цих факторів визначається гомеостазом організму. В організмі людини виділяють множину фізіологічних систем, наприклад, з 9 складових: опорно-рухова, травна, дихальна, кровоносна, сенсорна, ендокринна, видільна, статова, нервова [8].

В життєдіяльності всі фізіологічні системи організму людини взаємозв'язані між собою й з навколишнім середовищем, забезпечуючи життєздатність всього організму. Основна властивість живих систем – здатність до саморегуляції створенням оптимальних умов взаємодії всіх елементів організму й забезпечення його цілісності, керуючись базовими принципами [9]:

- принцип неврівноваженості – це властивість живих систем підтримувати динамічний нерівновагий стан, асиметрію щодо навколишнього середовища;
- принцип замкнутості контуру регулювання здійснюється позитивним і негативним зворотним зв'язком;
- принцип прогнозування – здатність прогнозувати результат реакції на основі минулого досвіду;
- принцип цілісності. Для нормального функціонування живої системи потрібна її структурна цілісність.

**3.2. Сутність БЗЗ.** БЗЗ-терапія – це процедура безперервного моніторингу в режимі реального часу певних фізіологічних показників і свідомого управління ними за допомогою мультимедійних,



ігрових та інших прийомів у заданій області значень (рис. 8). Технічна сутність методу БЗЗ полягає в комп'ютерній реєстрації у режимі реального часу певних фізіологічних показників, не доступних для безпосереднього сприйняття людьми (електроенцефалограми, електричного опору шкіри, числа серцевих скорочень, температури тіла та ін.) та їх перетворення у форму, зрозумілу людям.

БЗЗ є немедикаментозним методом лікування, користуючись засобами реєстрації й демонстрації пацієнтові інформації про роботу його внутрішніх органів і систем згідно даних біоелектричної активності головного мозку, серця, м'язів, органів подиху.

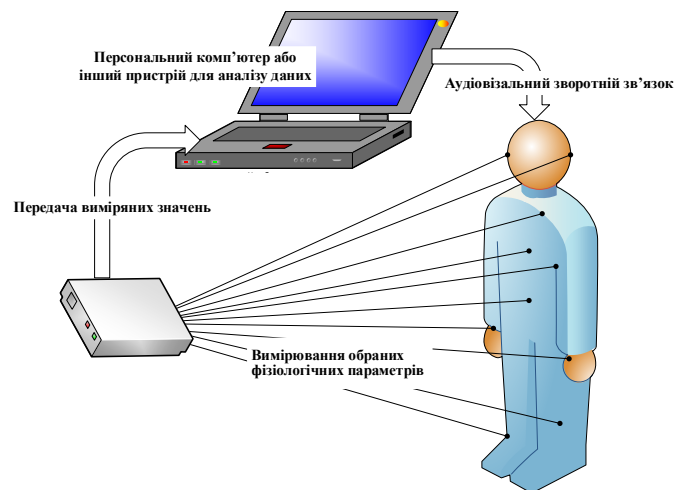


РИС. 8. Сутність БЗЗ-методу

Метод ґрунтується на принципі перекладу інформації у формі електричних фізіологічних сигналів, отримуваних від тіла людини за допомогою спеціальних датчиків, в інформацію зворотного зв'язку у формі зображень, природномовних повідомлень, мультимедійних, ігрових та інших форм інформаційної та матеріальної взаємодії у заданій області значень.

Класична модель БЗЗ припускає, що інформація про стан фізіологічної системи-мішені, стаючи доступною пацієнтові, загострює сприйняття самих симптомів порушення функціонування й дозволяє пацієнтові контролювати виконувану роботу, формувати стратегію поведінки для усунення цих симптомів. Самі думки, мотивація, терапевтичні очікування пацієнта, які виникають у процесі БЗЗ, приводять до зміни симптому [10].

Неінвазивність, нетоксичність, надійність і ефективність підвищують потребу БЗЗ-технологій та роблять БЗЗ-методи одними з найбільш перспективних при лікуванні багатьох хронічних захворювань в області неврології, кардіології, урології, гастроентерології, геріатрії, педіатрії, а також у реабілітаційній і превентивній медицині.

### 3.3. Переваги БЗЗ-терапії. До числа переваг БЗЗ-терапії зараховують:

- швидку корекцію психосоматичних порушень (зміни під час сеансів БЗЗ відбуваються на нейронному рівні);
- усунення самої причини захворювання, а не його наслідків;
- тривале збереження навичок саморегуляції, набутих у курсі БЗЗ-терапії;
- відсутність побічних ефектів, оскільки БЗЗ-терапія – немедикаментозна;
- зниження потреби пацієнта в лікарських препаратах;

- вплив не на окремі захворювання, а на основні види дисфункцій регуляторних систем організму – нервової, імунної, гуморальної;
- відсутність зовнішніх впливів на пацієнта;
- схема терапії призначається строго індивідуально, залежно від виду й ступеня розладу;
- активне включення в процес лікування самого пацієнта, постійно інформуючи його про досягнуті ним результати навчання і їхню кількісну оцінку.
- Переваги методу з погляду пацієнта:
- простота;
- неінвазивність (процедура абсолютно безболісна для пацієнта);
- відсутність побічних ефектів;
- можливість застосування вже з чотирирічного віку;
- можна поєднувати з іншими методами лікування й реабілітації;
- високий рівень мотивації пацієнта;
- висока ефективність.

**3.4. Впровадження БЗЗ-терапії.** Biofeedback включена в перелік методів лікування, офіційно застосовуваних у медичній реабілітації в Європі поряд з іншими відомими методами. БЗЗ-терапія нині розглядається як один з методів терапії, впровадження якого в медицину тої ж значущості, що й «третя терапевтична революція» [11]. БЗЗ-методи лише в США впроваджено більш ніж в 700 клінічних центрах, а також з успіхом використовуються в Україні.

Клініка сучасної фізіотерапії й реабілітації [12] застосовує метод БЗЗ в лікуванні захворювань:

- алергійний дерматит, бронхіальна астма;
- виразкові хвороби шлунку й дванадцятипалої кишки, хронічний гастрит, коліти;
- вегетативна дисфункція;
- психогенні порушення серцевого ритму;
- артеріальна гіпертензія;
- функціональні головні болі, головні болі напруги;
- порушення сну, безсоння;
- психогенні рухові розлади (тики);
- неврастенія (функціональний синдром);
- психогенні переїдання;
- алкоголізм, наркоманія.

Клініка АТОС [13] за допомогою апарата «Nexus-10 Mark II» компанії Mindmedia (Голландія) використовує методику БЗЗ, щоб вирішувати проблеми залежностей, різних психологічних дисфункцій та інших функціональних і психологічних станів, які вимагають корекції порушень у роботі серцево-судинної, нервової, м'язової й інших систем організму, здійснюючи керовані сесії психологічної корекції й лікувального гіпнозу.

Центр сімейної медицини лікар [14] застосовує апарат «Nexus-10 Mark II» не лише для повної функціональної діагностики організму, але й комп'ютерної біорегуляції різних функціональних систем організму на основі візуального й звукового БЗЗ за стандартними параметрами електроенцефалограми (ЕЕГ), ЕМГ, ЕКГ, СПГ, пульсового кровонаповнення судин, термометрії електричного опору шкіри.

ПАА «ФОРСАЙТ» [15] виробляє комплекси сімейства «Амбліокор ТМ», які поєднують у собі високу клінічну ефективність, надійність, простоту в експлуатації та широко застосовуються у медичній реабілітації.

### **3.5. Реабілітація з використанням БЗЗ.**

Метод БЗЗ переважно використовується в трьох напрямках [10]:

- регуляція рухових функцій за параметрами ЕМГ (електроміограма);

- регуляція вегетативних функцій за параметрами: частота серцевих скорочень (ЧСС), частота дихання (ЧД), шкірно-гальванічна реакція (ШГР), ЕМГ, температури тіла тощо;
- регуляція біоелектричної активності мозку за параметрами ЕЕГ.
- ЕЕГ-БЗЗ – найбільш перспективним видом біоуправління із зворотним зв'язком, оскільки:
  - усі системи організму безпосередньо підпорядковані регуляторному впливу центральної нервової системи (ЦНС);
  - за допомогою методу БЗЗ є можливість цільової перебудови самих різних параметрів ЕЕГ (потужності окремих ритмів, їхньої частоти, характеру часової послідовності хвиль ЕЕГ, просторової локалізації зазначених зрушень тощо);
  - численними дослідженнями встановлено, що цілеспрямована перебудова ритмів мозку за допомогою ЕЕГ-БЗЗ супроводжується специфічними змінами поведінки й стану ЦНС індивіда, міняє загальний рівень напруги й стан емоційно-вольової сфери.

Крім того, ЕЕГ – високоінформативний метод, який випереджає динаміку інших фізіологічних показників, а також, з технічної точки зору, ЕЕГ-сигнал відносно легко перетворюється в дискретну форму для інформування про динаміку нервових процесів [11].

Спосіб [16] корекції функціонального стану людини реалізує структура (рис. 9), виконуючи синхронізацію дихальних рухів з коливаннями власного серцевого ритму. Команди вдиху-видиху людині формує мікроконтролер на основі аналізу поточної кардіоінтервалограми таким чином, що команда на вдих видається при реєстрації максимуму кардіоінтервалограми, а команда на видих – при реєстрації мінімуму кардіоінтервалограми.

Для здійснення способу на пацієнта 1 накладають електроди 2 мікрокомп'ютерного реєстратора-аналізатора. Потенціали електрокардіограми підсилюються підсилювачем біопотенціалів 3, фільтруються від перешкод блоком фільтрів 4 і надходять на аналоговий вхід мікроконтролера 5, чия програма оцифровує сигнал, виділяє RR-інтервали, реєструє в пам'яті, аналізує й, у результаті формує керуючі команди на вдих-видих для блока 6 видачі команд. Блок 6 формує команди у звуковому і (або) візуальному, і (або) тактильному виді, доступному для людського сприйняття. Пацієнт, підкоряючись командам, робить дихальні рухи, які зворотно впливають на RR-інтервали (частоту серцевих скорочень), тобто ланцюг біологічного зворотного зв'язку замикається.



РИС. 9. Корекція функціонального стану пацієнта

Спосіб [17] нормалізації психофізіологічного стану узгоджує тривалість, амплітуду й форму кожного коливання сигналу мозку з параметрами кожного сенсорного сигналу.

Спосіб [18] класифікації ЕЕГ сигналів при комунікації мозку людини з комп'ютером (Brain-Computer-Interface (BCI)) полягає у тестуванні пацієнта, створенні вибірки оцифрованих фрагментів ЕЕГ, в обчисленні вагових коефіцієнтів і в класифікації фрагментів ЕЕГ для ідентифікації класів уявних команд пацієнта, відповідних до керуючих сигналів. Спосіб призначений,

зокрема, для електроенцефалографічної реєстрації, аналізу й інтерпретації сигналів головного мозку для керування зовнішніми виконавчими пристроями, наприклад, курсором «миші» на екрані монітора, інвалідною коляскою або спеціалізованими протезами, і може бути використаний у медичній діагностиці, операторській діяльності, у системах безпеки, індустрії розваг.

Загальна схема ВСІ (рис. 10) містить портативний енцефалограф 2, чий вхід з'єднано електродом зі скальпом пацієнта 1, а вихід підключено до комп'ютера 3, чий вихід з'єднано з керованим пристроєм 4 (наприклад, інвалідною коляскою).

Широко відомий – спосіб корекції порушень зору за допомогою БЗЗ [19]. Ефективним способом реабілітації постінсультних і посттравматичних хворих полягає у додатковій інтенсифікації моторних областей кори головного мозку сигналами соматосенсорної системи, які виникають при пасивному виконанні уявлюваного руху екзоскелетом паретичної кінцівки [20].

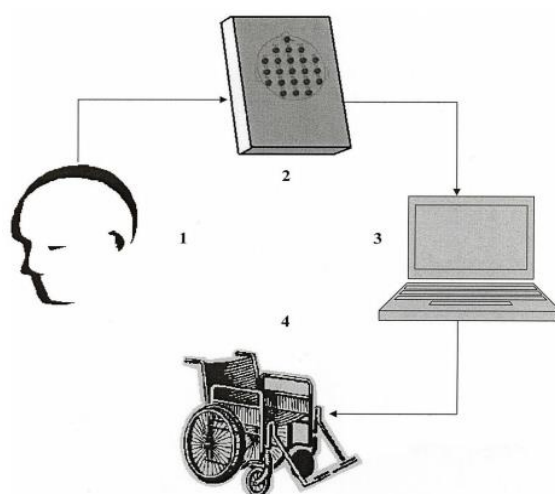


РИС. 10. Перетворення електричної активності мозку в конкретну дію

### 3.6. Проблеми підвищення ефективності БЗЗ-реабілітації.

**3.6.1. Недоліки відомих реалізацій медичної реабілітації.** Згідно даних ВООЗ потреби в реабілітації залишаються не задоволеними через ряд факторів, серед яких [21]:

- 1) недоступність реабілітаційних служб поза міських районів і тривалий час очікування;
- 2) високі витрати або недостатність фінансування;
- 3) відсутність кваліфікованих реабілітологів – у багатьох країнах на 1 мільйон людей припадає менш ніж 10 кваліфікованих фахівців;
- 4) необхідність подальших досліджень процесів реабілітації;
- 5) неефективні механізми надання послуг реабілітації.

Наведені недоліки обмежують ефективність всіх відомих способів медичної реабілітації, в тому числі й систем реабілітації із БЗЗ.

Всі відомі способи реалізації і використання в медичній реабілітації біологічного зворотного зв'язку не відповідають сучасним тенденціям створення уніфікованих, портативних і безпечних реабілітаційних систем нового покоління, які дозволять проводити лікувальні заходи різної природи не лише в медичних закладах, але й у побуті.

**3.6.2. Новий спосіб реабілітації і апаратний комплекс для його реалізації.** Вбачається, що кардинальне рішення проблеми підвищення ефективності медичної реабілітації з використанням БЗЗ можливе лише за рахунок розширення функціональних можливостей реабілітаційної БЗЗ-процедури, зокрема: уніфікації процесів і засобів реабілітації, використання засобів баз знань

для формалізації, еволюції та подальших досліджень процесів реабілітації, процесів комунікації мозку людини з комп'ютером.

Для підвищення ефективності медичної реабілітації з використанням БЗЗ в [22, 23] запропоновано новий спосіб реабілітації людей з обмеженими можливостями та програмно-апаратні засоби для його реалізації (рис. 11).

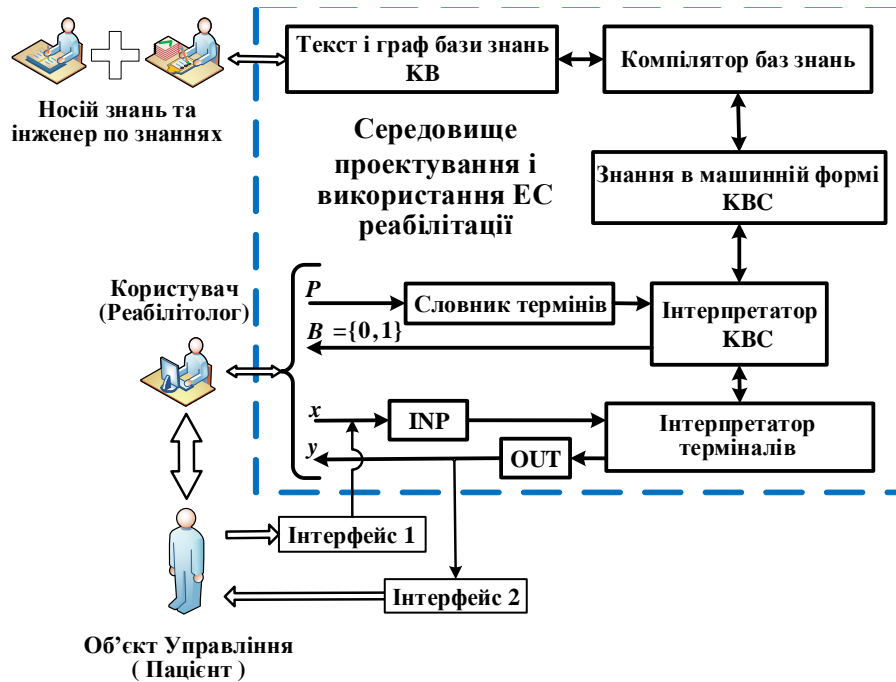


РИС. 11. Структура апаратно-програмного комплексу реалізації нового способу реабілітації з використанням БЗЗ людей з обмеженими можливостями

Вдосконалена реабілітаційна БЗЗ-процедура подається трьома етапами:

- носій знань (експерт у предметній області) разом з інженером по знаннях формують в текстовій (або графічній) формі базу знань КВ (knowledge base) предметної області з наступною її трансляцією у машинну форму КВС (knowledge base computer),
- користувач (реабілітолог) предметної бази знань:
  - a) попередньо, засобами середовища проектування і використання експертних систем (СПВ ЕС), складає і веде персональні реабілітаційні карти;
  - b) формулює згідно до персональної реабілітаційної карти і передає завдання до інтерпретатора КВС в суб'єктно-предикатній формі  $P(x)$ .
- пошук розв'язку «у» завдання  $P(x)$  в контурі «Пацієнт – СПВ ЕС» із можливим звертанням до користувача (реабілітолога) за додатковою інформацією.

Для здійснення вдосконаленої реабілітаційної БЗЗ-процедури СПВ ЕС приймає реальні значення фізіологічних показників пацієнта, які є результатом виконання завдання щодо уявного значення цих фізіологічних показників пацієнта, здійснює розпізнавання корисної інформації та виробляє і передає пацієнтові інформаційні повідомлення для направленої поведінки пацієнта.

Конкретний приклад реалізації СПВ ЕС – архітектура інструментального середовища CLIPS (C-Language Integrated Production System – мова Сі, інтегрована із продукційними системами) [24 – 26] або архітектура інформаційного комп'ютера [27].

Апаратно-програмні системи біоуправління повинні бути присутніми на кожному робочому місці лікаря, психолога, тренера, учителя. Вони здатні не тільки допомагати в лікуванні хворих, а також можуть змінити мотивацію, мобілізувати ресурси особистості, чого багатьом з нас сьогодні бракує.

**4. Схема реалізації БЗЗ за допомогою ПАК «Психолот-1».** Застосування ПАК «Психолот-1» для реалізації діагностичної компоненти медичної реабілітації дозволяє оцінити за допомогою кількісних метрик порушення показників психологічного та ПФ гомеостазу, провести інтерпретацію отриманих результатів та сформулювати реабілітаційний діагноз з метою обґрунтувати певні втручання чи скоригувати індивідуальну програму реабілітаційного лікування.

Відомий метод БЗЗ, який полягає у використанні неусвідомлюваних процесів та керуванні фізіологічними процесами спочатку, шляхом контролю зовнішніх сигналів, а потім шляхом свідомого регулювання внутрішнього фізіологічного стану. Згідно класичної моделі БЗЗ інформація про стан фізіологічної системи-мишені, яка стає доступною пацієнтові, загострює сприйняття симптомів порушення функціонування й дозволяє пацієнтові контролювати виконувану роботу, формувати стратегію поведінки, придатну для усунення цих симптомів.

У цьому контексті для реалізації БЗЗ комплекс «Психолот-1» повинен застосовуватися у режимі тренажера. На рис. 12 показано схему способу ПФ функціональної корекції стану людини й діагностики змін внаслідок корекції за допомогою зазначеного пристрою.

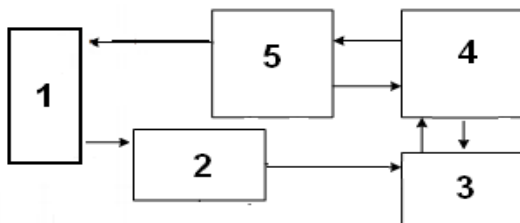


РИС. 12. Схема реалізації БЗЗ за допомогою ПАК «Психолот-1»: 1 – пацієнт, 2 – спеціалізована клавіатура, 3 – ПК чи ноутбук, 4 – програмне забезпечення ПАК «Психолот-1», 5 – монітор

Ідея цього підходу полягає у візуальному поданні пацієнтові ПФ тестів у реальному часі. При цьому пацієнт багатократно виконує тести руками шляхом натискання відповідних кнопок на спеціалізованій клавіатурі у режимі навчання, аналізує свої оцінки, намагається (навчається) зменшувати кількість помилок та збільшувати швидкість виконання тестів. При цьому несвідомо покращуються його ПФВЯ, зокрема, психомоторні навички, когнітивні здібності, швидкість реакції. Такий тренінг із застосуванням БЗЗ стимулює нервову систему, приводить до зниження рівня та тяжкості наявних ПФ порушень.

Для об'єктивної діагностики змін спочатку, до тренування, проводять тестування в режимі іспиту, визначають кількісні показники стану пацієнта. Потім після завершення тренування (БЗЗ-корекції) повторно проводять тестування та порівнюють результати двох тестів. В результаті це дає змогу кількісно оцінити покращення як ПФ стану пацієнта в цілому на основі інтегрального показника, так і зміни окремо рівня 11-ти найважливіших ПФВЯ з 15-ти, наведених у табл. 1: 1) пам'ять (зорова); 2) урівноваженість нервових процесів; 3) психомоторні якості; 4) функціональний стан; 5) стійкість до впливу стресів; 6) стійкість до моногонії; 7) відповідальність; 8) увага

(концентрація); 9) увага (концентрація, швидкість, переключення); 10) функціональна рухливість нервових процесів; 11) зорово-моторна координація.

Певний недолік – необхідність працювати з ноутбуком, що накладає обмеження на умови сеансів БЗЗ й утрудняє чи навіть унеможливує комбінацію сеансів БЗЗ з активним (фізичним) навантаженням на організм. Але при цьому можливе чи навіть доцільне пасивне навантаження у вигляді світло-звукової, теплової, електромагнітної чи іншої стимуляції. Перспективним також може бути застосування видів терапії, які не вимагають спеціальних технічних засобів, а можуть бути реалізовані лише за допомогою ноутбука. Наприклад, це може бути музикальна терапія, яка, як відомо, може стимулювати перебіг нервових процесів.

**Основні результати та висновки.** У даній роботі наведено склад і функціональні можливості комплексу діагностичних процедур. Він включає три складові: по-перше, інноваційну методику шкалювання електрокардіограм та варіабельності ритму серця (Universal Scoring System) з програмним забезпеченням і мініатюрним електрокардіографом (з можливістю використання в on-line режимі). По-друге, дослідження засобів психофізіологічного тестування на основі програмно-апаратного комплексу «Психолот-1» з перспективою його доповнення засобами БЗЗ. По-третє, аналіз існуючих засобів БЗЗ терапії та їхнього застосування для реабілітації з пропонованим способом реабілітації на основі БЗЗ з використанням засобів штучного інтелекту, що розробляються в рамках даного проекту. У подальшому планується провести контроль пацієнтів, які проходять реабілітацію з метою розроблення нових правил, спеціально пристосованих для оцінки та контролю поточного стану пацієнтів, які проходять реабілітацію, а також ефективності БЗЗ для реабілітації.

**Подяка.** Висловлюємо щирю подяку Національному фонду досліджень України за фінансову підтримку проекту 2020.01/02045 «Трансдисциплінарна інтелектуальна інформаційно-аналітична система супроводження процесів реабілітації при пандемії (TISP)» (2020–2021 рр., керівник – академік НАН України О.В. Палагін), в рамках конкурсу «Наука для безпеки людини та суспільства», договори № 44/01.2020 від 23.10.2020 р., № 159/01/0245 від 07.05.2021 р.). Автори висловлюють велику подяку директорам ТОВ «Експертно-навчальний центр» В.В. Маслюку та НВП «Метекол» М.С. Вербному за надання ПАК «Психолот-1» для тестування, а також співробітникам ІПММС НАН України пр.н.с. В.В. Вишневському, канд. техн. наук А.В. Шарипанову та Л.С. Кізуб за плідну творчу співпрацю з розвитку інструментальних засобів визначення функціонального стану людини.

#### Список літератури

1. Palagin A.V., Kryvyu S.L., Petrenko N.G. *Ontological methods and means of processing subject knowledge*. Lugansk: V.I. Dal East Ukrainian National University. 2012. <http://www.aduis.com.ua/books/Monography.pdf>
2. Палагін О. В., Семікопна Т. В., Чайковський І. А., Сівак О. В. Телереабілітація: інформаційно-технологічна підтримка та досвід використання. *Клінічна інформатика і телемедицина*. 2020. Т. 15. Вип. 16. С. 35–44. <https://doi.org/10.31071/kit2020.16.15>
3. Петров О.С., Ярема Т.М., Будник М.М., Єна А.І., Маслюк В.В., Берсеньов В.В. Розробка та впровадження у виробництво програмно-апаратного комплексу психофізіологічної діагностики «ПСИХОЛОТ-1». *Інформаційні системи та технології в медицині (ISM–2018)* : Зб. мат. міжн. наук.-практ. конф., м. Харків, 28–30.11.2018. Харків : ХНУРЕ. С. 124–125.
4. Єна А.І., Маслюк В.В., Будник М.М. Оцінка професійно важливих якостей при психофізіологічній експертизі працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки. *Біологічна і медична інформатика та кібернетика*. Зб. наук. праць / відп. ред. М. Будник. 2019. Київ: Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. С. 89–99.
5. Єна А.І., Маслюк В.В., Будник М.М. Програмно-апаратний комплекс для психофізіологічної експертизи «Психолот» : патент UA 83361U ; опубл. 10.09.2013, *Бюлетень «Промислова власність»* № 17.
6. Єна А.І., Маслюк В.В., Будник М.М. Спосіб психофізіологічної експертизи працівників: патент UA 83618U; опубл. 25.09.2013, *Бюлетень «Промислова власність»* № 18.

7. Kurgaev A.F., Palagin A.V. (09. 2021) Rehabilitation According to the Biological Feedback. *Idaacs 2021: The 11th IEEE International Conference On Intelligent Data Acquisition And Advanced Computing Systems: Technology And Applications*.
8. Фізіологічні системи організму людини. <https://naurok.com.ua/prezentaciya-fiziologichni-sistemi-organizmu-lyudini-125834.html> (звернення 01.09.2021)
9. Поняття про гомеостаз і гомеокінез. <https://moyaosvita.com.ua/biologija/ponyattya-pro-gomeostaz-i-gomeokinez/> (звернення 01.09.2021)
10. Neurofeedback Training & Therapy. Biofeedback Neurofeedback Therapy. <https://biofeedback-neurofeedback-therapy.com/neurofeedback-therapy-training/> (звернення 01.09.2021)
11. Basmajian J.V. The third therapeutic revolution: behavioral medicine. *Appl. Psychophysiology and Biofeedback*. 1999. 24. P. 107–116.
12. Клиника современной физиотерапии и реабилитации. <http://medicwell.com.ua/> (звернення 01.09.2021)
13. Биологическая Обратная Связь. АТОС. <https://atos.kiev.ua/metod/biologicheskaya-obratnaya-svyaz-bos-obsledovanie-bos-terapiya/> (звернення 01.09.2021)
14. БОС терапия (Biofeedback) – «NEXUS-10 Mark». Ваш врач. <https://vashvrach.com.ua/bos-terapiya-biofeedback-nexus-10-mark/> (звернення 01.09.2021)
15. Complexes BOSLAB, BOS-PULSE, BOS-TEST. Development, production, implementation. <https://boslab.ru/products/> (звернення 01.09.2021)
16. Кузьмин А.А., Филист С.А., Пронин Т.В. Пат. RU 2323681 С2 Способ коррекции функционального состояния человека. Оpubл. 10.05.2008. <http://www.freepatent.ru/patents/2323681> (звернення 01.09.2021)
17. Константинов К.В. Пат. RU 2410025 С2. Способ нормализации психофизиологического состояния. Оpubл. 27.01.2011.
18. Способ классификации электроэнцефалографических сигналов в интерфейсе мозг – компьютер: пат. RU 2415642 С1; опубл. 10.04.2011.
19. Балабанов Ю.В. Пат. UA 102193 С2 Україна. Спосіб корекції порушень зору і апаратний комплекс для його здійснення. Оpubл. 10.06.2013.
20. Бирюкова Е.В., Люкманов Р.Х., Коршаков А.В., Турбина Л.Г., Черникова Л.А., Червяков А.В., Фролов А.А., Котов С.В., Мокиенко О.А., Бобров П.Д. Пат. RU 2622206 С2. Способ реабилитации больных после инсульта или травмы с использованием роботизированного комплекса, включающего экзоскелет конечности человека, управляемый через интерфейс мозг-компьютер посредством воображения вижени. Оpubл. 13.06.2017.
21. Реабілітація. WHO. <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation> (звернення 01.09.2021)
22. Кургаев О.П., Палагін О.В., Малахов К.С., Семикопа Т.В. Спосіб реабілітації людей з обмеженими можливостями і апаратний комплекс для його реалізації, заявка на патент України на корисну модель. № u202102702, заявлено 24.05.2021.
23. Кургаев О.П., Палагін О.В., Малахов К.С., Семикопа Т.В. Спосіб реабілітації людей з обмеженими можливостями і апаратний комплекс для його реалізації, заявка на патент України на винахід. № a202102703; заявлено 24.05.2021.
24. Джарратано Дж. & Райли Г. *Экспертные системы: принципы разработки и программирование*. 4-е изд. Пер. с англ. Москва, Санкт-Петербург, Киев: 000 "И.Д. Вильямс", 2007. 1152 с.
25. Кургаев О.П. Характеристика інструментального середовища CLIPS. В кн.: О.П. Кургаев (ред.). *Практика використання інструментального середовища CLIPS*. Навч. посіб. Київ: НУХТ, 2013. С. 5–64. ISBN 978-966-612-149-6
26. A Tool for Building Expert Systems. CLIPS. <http://www.clipsrules.net/index.html> (звернення 01.09.2021)
27. Кургаев А.Ф. Концепт информации. Часть 2. Функции научной теории. *Международный научно-технический журнал Проблемы управления и информатики*. 2020. № 2. С. 124–140. <https://doi.org/10.1615/JAutomatInfScien.v52.i4.60>

Одержано 20.09.2021

**Палагін Олександр Васильович,**

доктор технічних наук, професор, академік НАН України  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,  
<http://incyb.kiev.ua/management/palagin-oleksandr-vasilyovic-2>  
<https://orcid.org/0000-0003-3223-1391>



**Кургаєв Олександр Пилипович,**

доктор технічних наук, професор,  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,  
<http://incyb.kiev.ua/employee/kurgayev-oleksandr-pilipovich>  
<https://orcid.org/0000-0001-5348-2734>

**Будник Микола Миколайович,**

доктор технічних наук, головний науковий співробітник  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ,  
<http://incyb.kiev.ua/employee/budnik-mikola-mikolayovich>  
<http://orcid.org/0000-0002-4020-0213>  
[budnyk@meta.ua](mailto:budnyk@meta.ua)

**Чайковський Ілля Анатолійович,**

кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, Київ.  
<http://incyb.kiev.ua/employee/chaykovskiy-illya-anatoliyovich>  
<http://orcid.org/0000-0002-4152-0331>

MSC 68U35, 92C50

**Oleksandr Palagin, Oleksandr Kurgaev, Mykola Budnyk\*, Ilya Chaikovsky**

## **Development of a Subsystem for Supporting a Complex of Diagnostic Procedures for the Information-Analytical System TISP**

*V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the NAS of Ukraine, Kyiv*

*Correspondence: [budnyk@meta.ua](mailto:budnyk@meta.ua)*

**Introduction.** During the implementation of the project "Transdisciplinary Intelligent Information-Analytical System for Supporting Rehabilitation Processes in a Pandemic (TISP)", all the capabilities of the basic cognitive information technology were focused on the implementation of the strategy of rehabilitation measures, which consists in taking into account the pathogenetic features of the development of the disease. In the subsystem of information and analytical support of the complex of diagnostic procedures, the central is the assessment of the effectiveness of rehabilitation based on the indicators of the electrocardiogram (ECG) and heart rate variability (HRV), control of the patient's condition using psychophysiological (PF) and psychological testing, the use of biological feedback (BF) to improve the efficiency of rehabilitation, as well as the use of PF testing for the implementation of BF.

**The purpose** of the article is detailing the composition and functionality of a complex of diagnostic procedures for supporting rehabilitation processes in a pandemic.

**Results.** The composition and functionality of the complex of diagnostic procedures are presented. It includes three components: first, an innovative technique for scaling electrocardiograms and heart rate variability (Universal Scoring System) with software and a miniature electrocardiograph (with the ability to use on-line mode). Secondly, the study of psychophysiological testing tools based on the software-hardware complex "Psykhlot-1" with the prospect of its addition by means of Biological Feedback (BF). Thirdly, the analysis of existing means of BF therapy and their application for rehabilitation with the proposed method of rehabilitation based on BF using artificial intelligence tools that are being developed within the framework of this project. In the future, it is planned to monitor patients undergoing rehabilitation in order to develop new rules specially adapted for assessing and monitoring the current state of patients undergoing rehabilitation, as well as the effectiveness of BF for rehabilitation. To implement the BF, the Psykhlot-1 complex should be used in a trainer mode with a visual presentation of PF tests to the patient in real time.

**Conclusions.** Hardware and software systems of biomanagement must be present at every workplace of a doctor, psychologist, coach, teacher. They can not only help in the treatment of patients, but also can change motivation, mobilize personal resources, and this is what many of us lack today.

**Keywords:** rehabilitation, diagnosis, psychophysiological testing, electrocardiogram, heart rate variability, biological feedback.