

УДК 591.044. 612: 616- 073

В.О. НОВІКОВ

Херсонський національний технічний університет

## ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК РЕАКЦІЇ СЕРЦЕВОЇ ТА ВИДІЛЬНОЇ СИСТЕМ НА НАВАНТАЖЕННЯ

У статті представлено результати та запропоновано використання модельних умов праці для оцінювання ефективності виконання завдань, з одночасним відстеженням показників стану організму за ієрархічною послідовністю: від нижнього – водного середовища до вищого функціонального рівня – роботи серця. Для цього аналізується тенденція зміни артеріального тиску, частоти серцевих скорочень та формування фрактальної кластерної структури біологічної рідини при психоемоційному навантаженні за технологією тестування.

Ключові слова: фрактал, кластер, біологічна рідина.

V.A. NOVIKOV

Kherson National Technical University, Kherson, Ukraine

## INTERRELATION OF CARDIOVASCULAR AND SECRETORY SYSTEM'S REACTION ON LOADING

Abstract

In article results are presented and is offered use of modeling working conditions for estimation of efficiency of performance of problems, with simultaneous tracing of indicators of a condition of an organism on hierarchical sequence: from bottom - the water environment to the higher functional level - heart works. The tendency of change of arterial pressure, frequency of heart reductions and formation of fractal cluster structures of a biological liquid is for this purpose analyzed at psychoemotional loading on technology of testing.

Keywords: a fractal, cluster, a biological liquid.

### Вступ

Однією з проблем сучасності як у світі, так і, зокрема, в Україні є зростання відсотка населення старшого віку. Така ситуація відбивається на економіці та соціальному статусі держави. Тому у першу чергу необхідно забезпечення повнокровного життя осіб старшого віку, що потребує задовільнення певного «індексу здоров'я», який визначається функціональним станом людини. У зв'язку з цим виникла необхідність поглибленого вивчення не тільки факторів його зміни при старінні, а й доцільного використання можливостей людини старшого віку для виконання певної роботи.

### Мета роботи

Мета роботи полягала в використанні тестової технології для встановлення взаємозв'язку між артеріальним тиском з серцевим ритмом та формування фрактальних кластерів біорідини при психоемоційному навантаженні для людей різних вікових груп.

### Методика експерименту

В експериментальних дослідженнях приймали участь три вікові групи:  $24,9 \pm 1,1$  рік;  $54,1 \pm 1,8$  років та  $69,8 \pm 2,6$  років. Для дослідження використовується пульт, на якому в певній послідовності розташовані кольорові індикатори [1]. На екрані комп'ютера періодично після початку випробування з'являлися різнобарвні кола у хаотичному порядку. Піддослідні повинні були знаходити правильну дію – вказати мишкою одне з периферичних кіл. Взаємодія піддослідних із пристроєм здійснювалося за допомогою екрана дисплея комп'ютера та вибору випробуванням дій за допомогою курсору мишки на дисплеї. При цьому контролювали стан серцев-судинної системи при виконанні завдань протягом 10 хвилин. Для оцінювання функціонального стану серцево-судинної системи людей, що мають різний рівень здоров'я, використовували динаміку змін співвідношення між частотою серцевих скорочень (ЧСС) або питомим середнім артеріальним тиском (ПСДТ) та середнім динамічним артеріальним тиском (СДТ). Загальноприйнятою формулою для визначення СДТ є:

$$СДТ = 0,4(САТ - ДАТ) + ДАТ, \quad (1)$$

де САТ – систолічний артеріальний тиск;

ДАТ – діастолічний артеріальний тиск.

Питомий артеріальний тиск визначає тиск, що приходить на одне серцеве скорочення:

$$ПСАТ = СДТ / ЧСС. \quad (2)$$

Артеріальний тиск та пульс вимірювали за допомогою автоматичного тонометру „Fuzze – Logic – Technic”. За паспортними даними тонометра похибка для систолічного артеріального тиску ( $4,6 \pm 3,3$ ) мм рт. ст. для діастолічного ( $3,8 \pm 3,4$ ) мм рт. ст., ЧСС – 10 %.

У якості біологічної рідини використовували сечу.

**Результати експерименту**

Адекватність поведінки серцево-судинної системи у відповідь на зовнішнє навантаження характеризується масою крові, яка утворюється за рахунок зміни витрат крові у кров'яній системі регулювання артеріального тиску. Ця фізіологічна ситуація реалізується за рахунок залучення інших функціональних систем. Якісний підхід до результатів експерименту складається у визначенні тенденції зміни артеріального тиску та водного стану при психоемоційному навантаженні по технології тесту.

За рахунок повторення завдань, час тестування збільшено до 10 хвилин, що дозволило вимірювати артеріальний тиск та ЧСС кожну хвилину. Інтегральним показником роботи системи вибрано середній динамічний артеріальний тиск, який виражає енергію безперервного руху крові. Результати приведені на рис. 1, 2.

З приведених даних видно, що для всіх вікових груп обстежених існує прямий взаємозв'язок між системою підтримки артеріального тиску та підсистемою роботи серця, функція зміни якого суттєво нелінійна.

На графіку функції  $СДТ = f(ЧСС)$  (рис. 1) можна виділити чотири зони, які мають певні особливості для кожної групи. Індикатором адекватності роботи серця вибрано швидкісну характеристику питомого середнього динамічного тиску, що дорівнює:  $\gamma = СДД / ЧСС$ .

Зона 1, для всіх груп зростання ЧСС, супроводжується зростом СДТ. Для першої групи зона 1 охоплює інтервал ЧСС від 69 до 76 уд./хв. Далі інтенсивність зросту СДТ в зоні 2 знижується, і зона 3 характеризується насиченням.

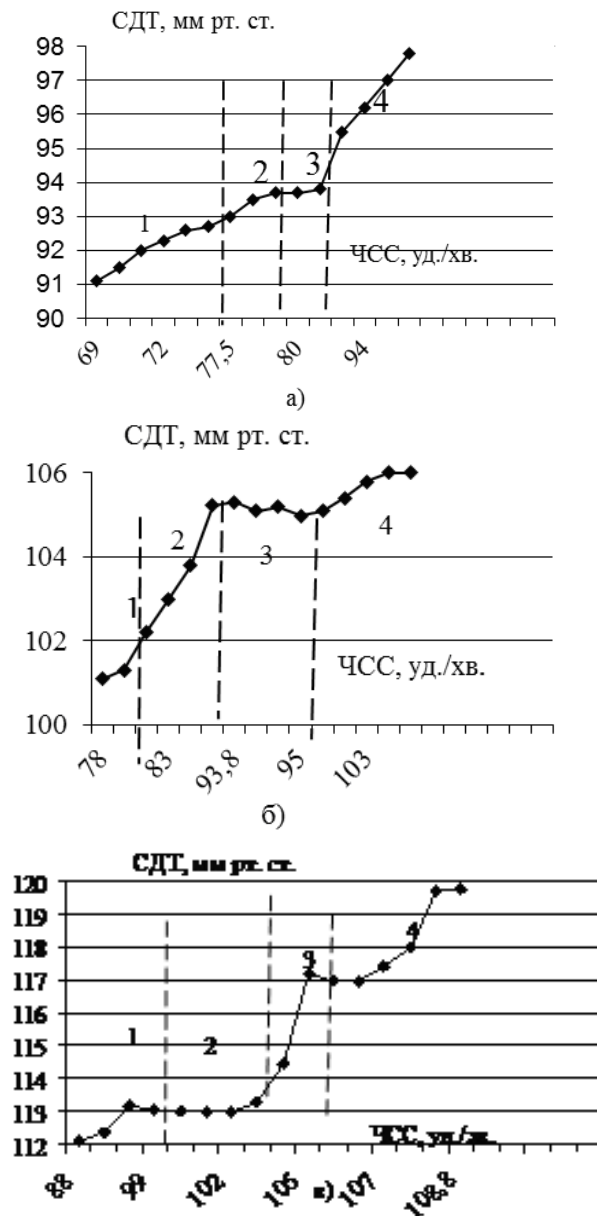
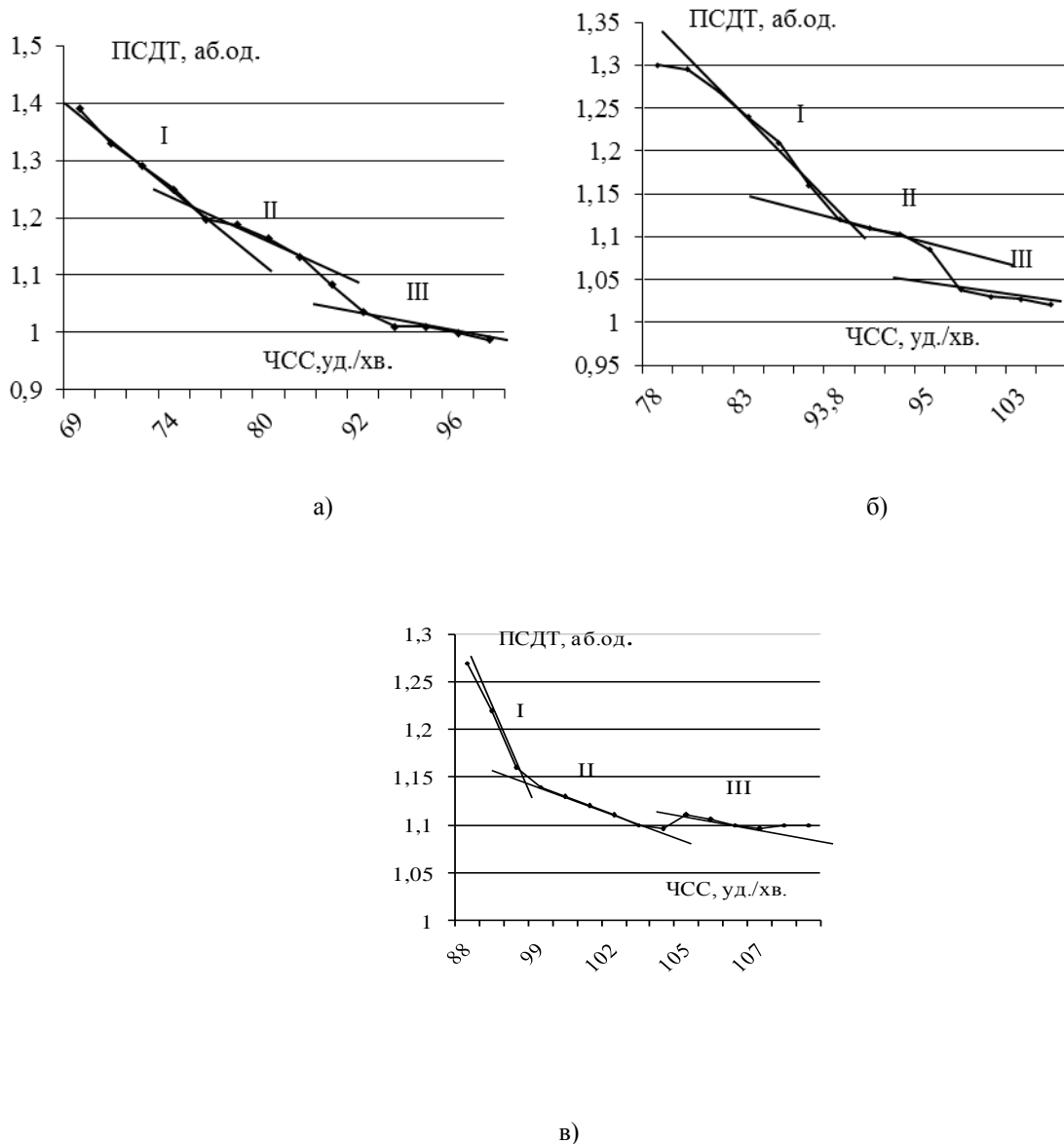


Рис. 1. Динамічна відповідність СДТ та ЧСС для людей середнього віку:  
 а – 24,9 ± 1,1 рік; б – 54,1 ± 1,8 років; в – 69,8 ± 2,6 років



**Рис. 2. Динамічна відповідність ПСДТ та ЧСС для людей середнього віку: а –  $24,9 \pm 1,1$  рік; б –  $54,1 \pm 1,8$  років; в –  $69,8 \pm 2,6$  років**

У зоні 4 відновлюється закономірність росту СДТ у відповідності до росту ЧСС. На залежності ПСДТ від ЧСС (рис. 2) також виділяються зони. Зломи ліній відповідності  $\gamma=f(ЧСС)$  відповідають межах зон рис. 1 (3 і 4 зони об'єднані в одну). Пояснити динаміку залежності  $СДТ = f(ЧСС)$  можна дією декількох контурів адаптації.

Інтервали зони 1 для обстежених більш старшого віку (групи 2 і 3) більш вузькі. Для другої групи, після досягнення ЧСС = 79 уд./хв., зростання залежності СДТ від ЧСС більш інтенсивне, і ця тенденція зберігається до значення ЧСС = 91 уд./хв. Потім настає рецесія, протяжність якої зберігається до зони 4, де відновлюється закономірність залежності СДТ від ЧСС.

У третій групі відзначаються два інтервали рецесії. Перший інтервал одразу після першої зони при досягненні ЧСС=98 уд./хв. настає рецесія (зона 2) до значення ЧСС=102 уд./хв., при досягненні якої спостерігається одночасне зростання СДТ та ЧСС (значення ЧСС =105 уд./хв. – зона 3) з переходом в короткочасну рецесію і відновленням стану та насиченням (зона 4).

Рис. 2 демонструє зміну варіації ПСДТ, віднесено до одного повного скорочення серця при виконанні завдання людьми в різних вікових групах. При аналізі функції  $\gamma = f(ЧСС)$  можна виділити 3 зони: в першій групі зони 1 і 2 залежності СДТ від ЧСС об'єднані в одну зону I в залежності  $\gamma$  від ЧСС. У інших залежностях зони співпадають. Відзначено різний нахил кривих в межах кожної зони та кожної групи. Якщо рахувати, що  $СДТ = f(ЧСС)$  характеризує швидкість росту СДТ відповідно до росту

ЧСС, тоді  $\gamma = f(\text{ЧСС})$  характеризує прискорення, яке можна встановити за нахилом кривої  $\alpha = \frac{\Delta\gamma}{\Delta\text{ЧСС}}$

у кожному інтервалі. Значення  $\alpha$  дозволяє оцінити чутливість системи підтримки артеріального тиску (СПАТ) до різних змін, що пов'язані з роботою серця. З результатів, що приведені в таблиці та на рис. 2 видно, що чутливість СПАТ у молодому віці (гр.1) набагато вища, ніж у більш старшому віці (гр. 2 і гр. 3). У зв'язку з цим виникає питання впливу навантаження на формування кластерних утворень БР у вікових групах людей, яких обстежували. При виборі БР враховували, що аналіз сечі можливо проводити після закінчення експерименту, тому крім дослідження світлорозсіювання сечі, отриманої після закінчення експерименту, вивчали морфологічний стан води, яку розміщували на тілі людини.

Таблиця 1

**Значення чутливості СПАТ в різних вікових групах**

Група	Зона	$\alpha$ , абс.од.	Група	Зона	$\alpha$ , абс.од.	Група	Зона	$\alpha$ , абс.од.
Перша (24,9 ± 1,1 рік)	1	0,0257	Друга (54,1 ± 1,8 років)	1	0,0118	Третя (69,8 ± 2,6 років)	1	0,011
	2	0,0183		2	0,017		2	0,009
	3	0,0098		3	0,0059		3	0,0026
Сума $\alpha$		0,0538			0,0347			0,0226

Дослідження можливості використання сечі у якості індикатора реакції організму на психоемоційне навантаження визначили, що максимальна перебудова кластерної структури відбувається через 8...10 хвилин після початку експерименту, тобто існує деяка інерційність у формуванні кластерної структури сечі у порівнянні з ВОВ. Разом з тим, загальні особливості кластероутворення сечі подібні до кластероутворення ВОВ.

Загальною реакцією організму на навантаження для всіх обстежених було збільшення сумарної кількості кластерів. Разом з тим визначено групову індивідуальність змін кластерів за розмірами, упорядкуванням та їх співвідношенням. Різниця у кількості кластерів ВОВ та сечі в середньому складала 10 % при збереженні загальної тенденції змін.

На рис. 3 приведена картина розподілу кластерів в групах у вихідному стані та при навантаженні.



**Рис. 3. Розподіл кластерів у вихідному стані (нижче угруповання) та при психоемоційному навантаженні (верхнє угруповання) у трьох групах**

З рис. 3 видно, що БР в молодому віці характеризується різноманітністю кластерів різних розмірів, діапазон яких не змінює навіть навантаження, на відміну від звуження розмірного кластерного діапазону БР двох старших вікових груп. Тестове навантаження на молодий організм практично не змінює кількості великих та середніх кластерів при незначному зниженні співвідношення кількості кластерів в окремому розмірному діапазоні до загальної кількості. Зростання кількості дрібних кластерів БР у першій групі напевно пов'язане з втягуванням у процес структурування частки неструктурованої води.

Після двохвилинного відпочинку робота серцево-судинної системи практично відновлюється при невеликій затримці у структурній перебудові середніх та дрібних кластерів. За відносно невеликим значенням показника розмірної фрактальності ( $D=1,52$ ) та її сталості як при навантаженні, так і при відновленні вихідного стану, система організму першої групи людей характеризується досить високою складністю. Практично незалежна від зовнішнього впливу стабільність кількості великих та середніх кластерів у першій групі вказує, що вони виступають у якості просторових інформаційних базових структур водного матриксу організму. Дрібні кластери розташовуються у проміжках між базовими структурами. Комбінація базових структур кодує інформацію про стан водного середовища і відповідає за здатність його відновлення при негативному впливі на організм.

На відміну від молодого організму, у старших вікових групах більш важко перевести рідину в нормалізований стан, оскільки зовнішній вплив викликає зміну у водному середовищі як за кількістю різнорозмірних кластерів, так і за ступенем їх упорядкування. Вплив на структурування БР старших вікових груп проявляється у зниженні співвідношення різнорозмірних кластерів та їх ступеня упорядкування. Після двохвилинного відпочинку функціональний стан у другій групі відновлюється на 90,4 %, а в третій на 85,6 %.

Психоемоційне тестування виявило, що загальновідомий факт зниження адаптаційних можливостей організму, який був підтверджений дослідженням реакції серцево-судинної системи на зовнішній вплив, супроводжується значними змінами водного середовища організму. Зміни відбуваються за всіма показниками, які характеризують структуру БР: загальна кількість та кількість кластерів різних розмірів, їх співвідношення, ступінь упорядкування, поява надвеликих кластерів, а також фрактальна розмірність або показник Херста.

У другій та третій групі середні значення фрактальної розмірності та показника Херста змінювалися відповідно: друга група – вихідний стан  $\overline{D}=1,65$ ,  $\overline{H}=0,35$ , навантаження  $\overline{D}=1,675$ ,  $\overline{H}=0,325$ ; третя група – вихідний стан  $\overline{D}=1,683$ ,  $\overline{H}=0,317$ , навантаження  $\overline{D}=1,708$ ,  $\overline{H}=0,292$ . Тобто, у порівнянні з фрактальною кластерною будовою водного середовища молодого організму, у старшому віці ріст значення  $\overline{D}$  вказує на ущільнення кластера, зміна його форми на зниження рухливості, а значення показника менше 0,5 свідчить про нестійкість системи. Зменшення кількості великих кластерів з високою фрактальністю структури знижує здатність молекул БР до взаємодії з біологічними молекулами організму. Відзначається, що зміна напрямку біохімічних процесів впливає на процеси пам'яті, концентрації уваги, якості зору, швидкості реакції. Зокрема, зниження короточасної пам'яті та загальмованість реакції при розпізнаванні стимулів у другій та третій групах можна пояснити зміною у співвідношенні великих та дрібних кластерів на фоні їх загального ущільнення, що приводить до поганого зв'язку молекул води з білками і погіршує проходження біохімічних реакцій. Крім того, поява надвеликих погано осцилюючих кластерів загальмовує відгук інших систем організму на навантаження.

За отриманими результатами простежується положення, що просторові інформаційні базові структури водного матриксу молодого організму з затиснутою в них інформацією при відсутності агресивних впливів можуть зберігатися досить довго. Відносна пухкість фрактальних кластерів забезпечує їм активність в реакції на будь-які зміни у функціонування молодого організму. У першу чергу реагують дрібні кластери, а при суттєвому впливі слід чекати реакції середніх та великих кластерів, що і проявляється у змінах водного матриксу з ростом віку людини.

Стан функціональних систем організму людини проходить стадії від народження до зрілості і від зрілості до старості, у такому ж напрямку розвивається і структура водного матриксу. Слід від структури водного матриксу молодого здорового організму зберігається протягом всього життя людини. З віком в організмі порушується узгодженість інформаційно-енергетичних потоків, зростає ентропія, і для утримання функціонального систем у стані «норма» організм реагує дією різного роду біохімічних, фізичних і т. д. реакцій: від нижнього – водного матрикса до верхніх ієрархічних рівнів – органів та систем. Зниження енергетики організму супроводжується змінами у водному середовищі. Організм втрачає можливість утримувати основну базову структуру з великих та середніх кластерів. Кластери стають більш дрібними, фрактальність їх зростає разом з ростом щільності та зміною форми. Це приводить до зниження біохімічних реакцій в системі. На відміну від молодого організму, де кластери активні, в організмі старшого віку кластери стають пасивними, і збільшення їх кількості в ряді випадків свідчить про формування ненормалізованої води, тобто води, яка несе негативний вплив. Відновлення організму відповідно до вікової групи стаціонарного стану у старшому віці вимагає більших зусиль на здійснення необхідних для цього конформаційних переходів молекул та біохімічних реакцій

#### Висновки

Встановлено, що між реакцією серцево-судинної системи та морфологією біорідини існує взаємозв'язок, який проявляється в реакції на тестове навантаження. За показниками встановлено, що адаптація молодого організму вища, ніж старого. Ця ситуація простежується, пояснюючись різною кластерною фрактальністю водного середовища.

#### Література

1. Новиков В.А. Согласование реакции сердечно-сосудистой системы и морфология биожидкости в разном возрасте / В.А. Новиков // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2013. – №1(3). – С. 22-29.

#### References

1. Novikov V.A. The coordination of reaction of cardiovascular system and bioliquid morphology at different age, Biomedical engineering and electronics, 2013, No. 1(3), pp. 22-29.