

УДК 519.7:619

*Е. В. ВЫСОЦКАЯ, Ю. Г. БЕСПАЛОВ, Л. И. РАК, А. И. ПЕЧЕРСКАЯ, К. В. ЦАПЕНКО***МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СОГЛАСОВАННОСТИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ АДАПТАЦИОННОГО СИНДРОМА**

Рассмотрена возможность использования для определения стадий генерализованного адаптационного синдрома меры согласованности значений таких параметров сердечно-сосудистой системы, как систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление, частота сердечных сокращений. На основании значений этих параметров с использованием математического аппарата дискретных моделей динамических систем были получены идеализированные траектории работы сердечно-сосудистой системы, позволяющие не только определить стадию адаптационного синдрома, но и оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы.

**Ключевые слова:** адаптационный синдром, дискретные модели динамических систем, траектория системы, латентный компонент.

Розглянуто можливість використання мір узгодженості значень таких параметрів серцево-судинної системи, як систолічний артеріальний тиск, діастолічний артеріальний тиск та частота серцевих скорочень для визначення стадій генералізованого адаптаційного синдрому. На підставі значень цих параметрів з використанням математичного апарату дискретних моделей динамічних систем були отримані ідеалізовані траєкторії роботи серцево-судинної системи, що дозволяють не тільки визначити стадію адаптаційного синдрому, але і оцінити функціональний стан серцево-судинної системи.

**Ключові слова:** адаптаційний синдром, дискретні моделі динамічних систем, траєкторія системи, латентний компонент.

The features of generalized adaptation syndrome, control over which is an effective tool for the treatment and prevention of many pathological conditions of the cardiovascular system are considered in the article. Status of adaptation and disadaptation is characterized by such non-invasively measured parameters as heart rate and blood pressure. These values were used to construct an idealized trajectories of the cardiovascular system. As the mathematical apparatus used discrete models of dynamic systems. The obtained trajectories reflect the changing states of the system cycle at different stages of development of generalized adaptation syndrome. As a result, the pair parameters which coherence indicators can be used for non-invasive diagnosis of the stage of generalized adaptation syndrome and forecast of its development, evaluation of the functional state of the cardiovascular system, diagnostic prepathological states, as well as descriptions of the features of adaptive reactions in different populations have been allocated.

**Keywords:** adaptation syndrome, discrete models of dynamic systems, trajectory of the system, latent component.

**Введение.** Количественное измерение разнообразия и выравнивания значимостей разных аспектов функционирования изучаемых систем важно для многих наук о живой материи. Вот уже около половины столетия оно широко используется в экологии, притом, что оценки полученных результатов весьма неоднозначны [1]. Серьезной и не получившей до сих пор удовлетворительного решения проблемой является выбор комплекса параметров системы, измерение разнообразия и выравнивания значений которых позволит оценивать определенные состояния системы, в частности как: неактивные и устойчивые, активные и неустойчивые, активные и устойчивые, неактивные и неустойчивые. Такие оценки важны не только в экологии, они присутствуют, например, в концепции темпераментов, а в рамках настоящей работы могут использоваться применительно к стадиям развития генерализованного адаптационного синдрома (ГАС). По Г. Селье, в ГАС можно выделить три стадии: тревоги или напряжения; резистентности (устойчивости) и истощения или дистресса. Именно третья стадия является основой для развития различных заболеваний человека.

Медицинская общественность из года в год констатирует прогрессирующее увеличение распространенности таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, инфаркт миокарда, сахарный диабет, ожирение и других, которые называют «болезнями цивилизации» и «болезнями адаптации». Многие из них – родом из детства, и сегодня артериальная гипертензия, сахарный диабет и избыточная масса тела – частая патология среди детей, особенно в подростковом возрасте. Главным патогенетическим звеном в развитии заболевания в этих случаях являются нарушения в си-

стеме «центр регуляции – орган», а также диссонанс взаимодействия стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем. Сердечно-сосудистая система (ССС) человека является эффектором приложения активации симпато-адреналовой системы [2]. Именно частота сердечных сокращений и уровень артериального давления – основные параметры, характеризующие состояние человека в покое и при нагрузке, изменяющиеся при болезни и разного рода деятельности, а также отражающие стадии адаптации-дезадаптации.

В связи с этим контроль за течением ГАС может стать эффективным инструментом лечения и предупреждения многих патологических состояний.

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** Для разработки способов контроля перспективным представляется подход, основанный на измерении, например – выраженной при помощи индекса Шеннона [3], меры разнообразия и выравниваемости. В некоторых случаях комплекс диагностических параметров может быть уменьшен до двух, отражающих какие-то альтернативные аспекты функционирования адаптационных механизмов, а вместо выравниваемости значений этой пары параметров может быть использована согласованность их значений с использованием в качестве ее меры значения коэффициента корреляции. Перспективность такого подхода, на наш взгляд, определяется возможностью широкого выбора непосредственно измеряемых для вычисления значения указанной меры параметров (что позволяет выбрать пары, удобные с точки зрения практической применимости). Проблема выбора таких пар параметров (связанных с определенными аспектами функционирования изучаемой системы) может быть решена

© Е. В. Высоцкая, Ю. Г. Беспалов, Л. И. Рак, А. И. Печерская, К. В. Цапенко. 2016

путем сравнения циклов изменения значений параметров в разных состояниях исследуемой системы (в нашем случае – на разных стадиях развития ГАС). Результатом такого сравнения должен быть выбор пар параметров, характер совпадения максимумов и минимумов значений которых в этих состояниях заметно различен. При использовании индекса Шеннона роль меры разнообразия играет количество параметров, использованных для вычисления значения этого индекса, меры выравненности – степень совпадения максимумов и минимумов. При использовании коэффициента корреляции для пар признаков мера разнообразия, по понятным причинам, не используется, роль меры выравненности играет мера согласованности.

В связи с желательностью использования максимально широкого набора диагностических параметров, измеряемых сравнительно простыми и дешевыми методами, возникает потребность в математическом аппарате и информационных технологиях (ИТ), позволяющих работать с исходным фактическим материалом, сравнительно небольшим по объему, имеющим погрешности и лакуны и не отражающим динамику изменений исследуемой системы в реальном времени. Такую возможность дают разрабатываемые в Харьковском национальном университете радиоэлектроники ИТ, базирующиеся на созданном в Харьковском национальном университете имени В. Н. Каразина новом классе математических моделей, получившем название дискретных моделей динамических систем (ДМДС), и уже нашедшем применение для формализованного описания поведения весьма широкого ассортимента живых систем [4 – 6]. ДМДС позволяет, в частности, на основе структуры корреляционных отношений между компонентами исследуемой системы описать идеализированную траекторию системы (ИТС), отражающую цикл смены ее состояний. Под сменой состояний, в данном случае, понимается смена при переходе от предыдущего условного шага по времени к текущему комбинаций значений (в условных баллах) компонентов системы. Сравнение ИТС, построенных для разных состояний, позволяет выделить пары параметров, показатели согласованности которых могут быть использованы для диагностики этих состояний [7–10]. Решение этой задачи, применительно к использованию неинвазивно измеряемых параметров функционирования ССС – для диагностики стадий развития ГАС является предметом настоящей работы.

**Материал и методика исследования траекторий функционирования ССС при разных стадиях ГАС.** Сравнимые ИТС строились на основе клинического материала обследований 287 подростков 12-18 лет с патологией ССС, из которых 67 человек перенесли миокардит в анамнезе, 14 имели артериальную гипертензию, у 206 была диагностирована вторичная кардиомиопатия. Всем пациентам проводилось общеклиническое обследование, включающее измерение ЧСС, систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления [11]; инструментальное: электрокардиография, эхо+доплерэхокардиография; клинический анализ крови по общепринятой методике.

При анализе ИТС использовалась также разность значений САД и ДАД – пульсовое артериальное давление (ПАД). Стадии развития ГАС определялись по лейкоцитарной формуле [12]. В роли четырех компонентов системы выступали значения САД, ДАД и ЧСС и четвертый латентный компонент (ЛК), с нулевыми значениями корреляции с САД, ДАД и ЧСС. Латентный компонент не имеет однозначного физического или физиологического смысла, он либо никак не связан САД, ДАД и ЧСС, либо связан с частью этих компонентов или с ними всеми отношениями типа «плюс-минус», поддерживающими состояние динамического равновесия системы. При построении ИТС использовался прием, получивший рабочее название «рехронизации», базирующийся на посылке, в соответствии с которой значения всех компонентов системы, относящиеся к определенной стадии развития ГАС, меняются в рамках одного цикла, но могут отражать разные его фазы (соответствующие в ИТС разным условным шагам по времени).

ИТС строились с помощью модификации ДМДС, использующей коэффициент корреляции по Спирмену и подход, основанный на законе Либиха, на материале следующих групп, отвечающих определенным стадиям развития ГАС:

- группа со стадией, характеризующейся процентом эозинофилов большим или равным единице и лимфоцитов большим 18 и меньшим или равным 28, в которой имела место малоактивная и устойчивая стратегия использования ресурсов (МАУС);

- группа со стадией, характеризующейся процентом эозинофилов большим или равным единице и лимфоцитов большим 28 и меньшим 32, в которой имела место высокоактивная и устойчивая стратегия использования ресурсов (ВАУС);

- группа со стадией, характеризующейся процентом лимфоцитов 32 и более или 37 и менее, в которой имела место высокоактивная и неустойчивая стратегия использования ресурсов (ВАНУС). Значения процента эозинофилов при этом могут быть любыми. В связи с неоднозначностью в наименовании и выделении соответствующих стадий ГАС в работах Г. Селье и Л. Х. Гаркави с соавторами [11] мы, в рамках настоящей работы, в качестве временных и рабочих, используем введенные выше рабочие термины и аббревиатуру.

Сформулированные в результате сравнительного анализа ИТС рабочие гипотезы относительно возможности использования меры согласованности значений вышеуказанных неинвазивных параметров для диагностики стадий развития ГАС, проверялись путем вычисления значений коэффициента корреляции по Спирмену.

**Полученные результаты и их обсуждение.** По результатам проведенного с помощью ДМДС моделирования были построены, представленные в табл. 1 – 3, ИТС, отражающие динамику САД, ДАД, ЧСС и ЛК, ее основные черты для случаев МАУС, ВАУС и ВАНУС. Значения параметров в таблицах выражены в условных баллах: один балл – низкие, 2 – средние, 3 – высокие. Максимальные, для данных таблиц значения параметров помечены жирным шрифтом; номера

столбцов, в которых находятся максимальные, для данной таблицы, значения ПАД, отмечены звездочкой.

Таблица 1 – ИТС, представляющая динамику параметров, соответствующую МАУС

Параметры	Номера условных шагов по времени														
	1	2	3	4	5	6	7	8*	9*	10*	11	12	13	14*	15*
САД	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1
ДАД	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
ЧСС	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2
ЛК	1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	1

Как видно из табл. 1, для МАУС характерна заметная степень несовпадения максимумов значений ЧСС и САД. Этот аспект вполне укладывается в логику развития МАУС – стабильной стадии развития ГАС, с малой активностью использования ресурсов, стадии, которая характеризуется преобладанием тенденции к их сохранению и накоплению над тенденцией к расходованию. Такой логике соответствует стратегия обеспечения необходимого уровня функционирования ССС путем чередования фаз с высокими значениями силы и скорости сердечных сокращений: в ситуациях, когда нет необходимости в использовании сразу нескольких путей достижения этой цели и одновременной мобилизации соответствующих этим путям разных видов ресурсов. Этой логике соответствует и значительная стабильность высоких значений ДАД – в сравнении с гораздо менее выраженной стабильностью и большей, на протяжении цикла, динамичностью значений САД.

Таблица 2 – ИТС, представляющая динамику параметров, соответствующую ВАУС

Параметры	Номера условных шагов по времени									
	1	2	3	4	5*	6*	7	8	9	10
САД	1	1	1	2	3	3	3	3	3	2
ДАД	1	1	1	2	2	2	3	3	3	2
ЧСС	1	2	3	3	3	3	3	2	1	1
ЛК	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1

В идеализированных траекториях системы, построенных на материале ВАУС и ВАНУС (табл. 2, 3), максимумы значений ЧСС и САД сближены. В иде-

Таблица 3 – ИТС, представляющая динамику параметров, соответствующую ВАНУС

Параметры	Номера условных шагов по времени														
	1	2	3	4	5	6	7	8*	9*	10*	11	12	13	14*	15*
САД	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1
ДАД	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1
ЧСС	1	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	1
ЛК	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	3	3	2

В связи с этим сравнение вида ИТС, построенных для случаев ВАУС и ВАНУС, позволяют предположить, что для этих случаев может наблюдаться различие в степени согласованности значений САД и ПАД. Вышеописанные результаты сравнения вида ИТС, построенных для случаев ВАУС, ВАНУС с одной стороны и МАУС – с другой, позволяет также предположить, что в этом случае будут наблюдаться существенные различия по характеру корреляций между САД и ЧСС. Проверка этих рабочих гипотез стандартными статистическими методами на исходном фактическом (клиническом) материале подтвердила их. А именно:

лизирующей траектории системы, построенной на материале МАУС (табл. 1), в отличие от случаев ВАУС и ВАНУС, совпадения максимумов ЧСС и САД нет ни на одном условном шаге по времени.

Причем в ИТС, построенной для ВАУС, этот аспект выражен сильнее (максимумы совпадают на трех условных шагах по времени) чем в ИТС, построенной для ВАНУС (совпадение только на одном шаге). В данном случае можно говорить о логике стратегий активного использования ресурсов, предполагающих одновременное использование нескольких их видов на некоторых фазах развития ГАС. При сравнении вида ИТС отличие между ВАУС и ВАНУС наблюдается также по характеру совпадения или несовпадения максимумов САД и ДАД. А именно: в случае ВАУС все максимумы ДАД наблюдаются на фоне максимумов САД, но не все максимумы САД наблюдаются на фоне максимумов ДАД, а в случае ВАНУС наблюдается обратная картина - все максимумы САД наблюдаются на фоне максимумов ДАД, но не все максимумы ДАД наблюдаются на фоне максимумов САД. Причем, в случае ВАНУС в десяти из пятнадцати условных шагов по времени, имеющих в ИТС, на фоне стабильно высоких трехбалльных значений ДАД наблюдаются все возможные (от одного до трех баллов) значения САД. Это означает, в частности, что на протяжении большей части цикла динамика значений ПАД, равных разности САД и ДАД, определяется динамикой САД и, соответственно – можно предположить хорошую согласованность значений ПАД и САД. Вид ИТС, построенной для случая ВАУС, оснований для такого предположения не дает.

- значения спирменовской корреляции между значениями САД и ПАД распределились следующим образом: случаям ВАУС и МАУС соответствовала положительная, статистически недостоверная ( $p > 0.05$ ) корреляция, случаю ВАНУС – положительная, статистически достоверная ( $p < 0.05$ );

- в выборках с вышеуказанными параметрами лейкоцитарной формулы, значения которых отвечают ВАУС и ВАНУС, наблюдались статистически недостоверные ( $p > 0.05$ ) положительные значения коэффициента корреляции по Спирмену между значениями САД и ЧСС, в случае МАУС наблюдалась отрицательная, статистически достоверная ( $p < 0.05$ ) корреляция.

Различие в характере корреляций САД и ПАД, вычисленных для случаев МАУС и ВАНУС при полном сходстве динамики этих параметров (табл. 1 и табл. 3), может, на наш взгляд, быть связано с влиянием значений ЧСС на значения САД. Речь идет о том, что различия в степени сближенности максимумов значений САД и ЧСС в случаях ВАУС и МАУС могут обусловить различия величины колебаний конкретных значений САД в пределах одно-, двух- и трех-балльных оценок, что повлияет на достоверность или недостоверность вычисленных на основе исходного клинического материала значений коэффициента корреляции значений САД и ПАД. Динамика ЛК, представленная в табл. 1, может свидетельствовать о его негативном влиянии на ЧСС, определяющем малую, в сравнении с ВАУС и ВАНУС, сближенность максимумов ЧСС и САД. В этих двух последних случаях динамика ЛК дает некоторые основания для предположения о, соответственно: стабилизации и уменьшения за счет влияния ЛК значений ДАД. Эти результаты моделирования не представляют интереса с точки зрения задачи, поставленной в настоящей работе. А вот результаты исследования характера согласованности значений САД, ПАД и ЧСС указывают на то, что применение ДМДС открывает перспективы разработки неинвазивных и достаточно простых в исполнении методов диагностики стадий развития ГАС. Физиологический смысл этих методов тесно связан с логикой определенных стратегий сбережения и использования адаптационных ресурсов человеческого организма, связанных с функционированием ССС.

**Выводы.** Результаты настоящей работы, рассматриваемые авторами как предварительные, могут применяться при описании особенностей адаптационных реакций, прогнозировании развития ГАС у разных категорий населения, а также диагностике предпатологических состояний. Снижение адаптационных возможностей сердца является отражением его болезни и приводит к стрессовому состоянию других органов и систем. Поэтому, предлагаемая ДМДС позволяет определить не только определенную стадию адаптационного синдрома, но и оценить функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, что очень важно как для конкретного человека, так и для медицинской науки.

Вместе с тем, соответствующая интерпретация этих аспектов открывает новые подходы к решению такой весьма актуальной задачи современной медицины как разработка неинвазивных, пригодных для массового использования методов диагностики стадий развития ГАС.

#### Список литературы:

1. Шитиков, В. К. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения [Текст] / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг // Структурный анализ экологических систем. Количественные методы экологии и гидробиологии. – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – С. 91–129.
2. Богмат, Л. Ф. Морфо-функциональні характеристики серця та показники нейрогуморальної регуляції у дітей і підлітків з патологією міокарда [Текст] / Л. Ф. Богмат, Л. І. Рак // Український кардіологічний журнал. – 2006. – №5. – С. 60–63.
3. Shannon, C. E. A mathematical theory of communication [Text] / C. E. Shannon // The Bell System Technical Journal. – 1948. – №27. – P. 379–423.
4. Biosafety issues of eutropicated sources of drinking-water supply in relation to the risk of mass development of toxic cyanobacteria: model of stability factors of zooplankton [Electronic resource] / K. Nosov, G. Zholtkevych, Y. Bepalov, Q. Mair // Konzept. – 2013. – №6. – Available at: <https://e-koncept.ru/en/2013/13125.htm>
5. Zholtkevych, G. Descriptive Models of System Dynamics [Text]: Proceedings of the 12th International Conference on ICT / G. Zholtkevych, K. Nosov, Yu. Bepalov, L. Rak, E. Vysotskaya, Y. Balkova, V. Kolomiychenko // Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. – Kharkiv, 2016. – P. 57–72.
6. Zholtkevych, G. N. Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Antropogeneous Eutrophication [Text] / G. N. Zholtkevych, Y. G. Bepalov, K. V. Nosov, M. Abhishek // Acta Biotheoretica. – 2013. – № 61 (4). – P. 449–465.
7. Vysotskaya, E. V. Unmasking the soil cover's disruption by modeling the dynamics of ground vegetation parameters [Text] / E. V. Vysotskaya, G. N. Zholtkevych, T. A. Klochko, Yu. G. Bepalov, K. V. Nosov // Вісник Національного Технічного Університету України «КПІ». Серія – Радіотехніка. Радиоапаратобудування. – 2016. – № 64. – С. 101–109.
8. Bepalov, Y. G. Using a discrete modeling of the dynamic systems in the environmental information systems [Text] / Yu. G. Bepalov, K. V. Nosov, E. V. Visotska, A. P. Porvan // Nauka I Studia. – 2013. – № 29 (97). – P. 55–58.
9. Bepalov, Yu. Discrete Dynamical Modeling of System Characteristics of a Turtle's Walk in Ordinary Situations and After Slight Stress [Text] / Yu. Bepalov, I. Gorodnyanskiy, G. Zholtkevych, etc. // Бионика интеллекта. – 2011. – № 3 (77). – С. 54–59.
10. Yakubovska, S. Developing a method for prediction of relapsing myocardial infarction based on interpolation diagnostic polynomial [Text] / S. Yakubovska, O. Vysotska, A. Porvan, D. Yelchaninov, E. Linyk // Eastern-european journal of enterprise technologies. – 2016. – Vol 5, №9(83). – P. 41–49. doi:10.15587/1729-4061.2016.81004
11. Еренков, В. А. Клиническое исследование ребенка [Текст] / В. А. Еренков. – К.: «Здоров'я», 1984. – 336 с.
12. Гаркави, Л. Х. Адаптационные реакции и резистентность организма [Текст] / Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакина, М. А. Уколова. – Ростов на Дону: Издательство Ростовского университета, 1990. – 224 с.

#### Bibliography (transliterated):

1. Shytykov, V. K., Rozenberh, H. S. (2005). Otsenka byoraznoobrazzia: popytka formalnoho obobshchennia. Strukturnyi analiz ekolohycheskykh system. Kolychestvennye metody ekolohyy y hydrobyolohyy. Toliatty: SamNTs RAN, 91–129.
2. Bohmat, L. F., Rak, L. Y. (2006). Morfo-funktsionalni kharakterystyky sertsia ta pokaznyky neirohumoralnoi rehuliiatsii u ditei i pidlitkiv z patolohiieiu miokarda. Ukrainskiy kardiologichnyi zhurnal, 5, 60–63.
3. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379–423.
4. Nosov, K., Zholtkevych, G., Bepalov, Y., Mair, Q. (2015). Biosafety issues of eutropicated sources of drinking-water supply in relation to the risk of mass development of toxic cyanobacteria: model of stability factors of zooplankton. Konzept: Scientific and Methodological E-Magazine, 9.
5. Zholtkevych, G., Nosov, K., Bepalov, Y., Rak, L., Vysotskaya, E., Balkova, Y., Kolomiychenko, V. (2016). Descriptive Models of System Dynamics. Proceedings of the 12th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, 57–72.
6. Zholtkevych, G. N., Bepalov, Y. G., Nosov, K. V., Abhishek, M. (2013). Discrete Modeling of Dynamics of Zooplankton Community at the Different Stages of an Antropogeneous Eutrophication. Acta Biotheoretica, 61(4), 449–465.
7. Vysotskaya, E. V., Zholtkevych, G. N., Klochko, T. A., Bepalov, Y. G., Nosov, K. V. (2016). Unmasking the soil cover's disruption by modeling the dynamics of ground vegetation parameters. Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu Ukrainy «KPI». Seriya – Radiotekhnika. Radioaпаратobuduvannia, 64, 101–109.
8. Bepalov, Y. G., Nosov, K. V., Visotska, E. V., Porvan, A. P. (2013). Using a discrete modeling of the dynamic systems in the environmental information systems. Nauka I Studia, 29 (97), 55–58.

9. Bespalov, Y., Gorodnyanskiy, I., Zholtkevych, G., Zaretskaya, I., Nosov, K., Bondarenko, T., Carrero, Y. (2011). Discrete Dynamical Modeling of System Characteristics of a Turtle's Walk in Ordinary Situations and After Slight Stress. *Byonyka Intellekta*, 3 (77), 54–59.
10. Yakubovska S., Vysotska O., Porvan A., Yelchaninov D., Linnyk E. (2016). Developing a method for prediction of relapsing myocardial infarction based on interpolation diagnostic polynomial. *Eastern-european journal of enterprise technologies*, 9 (83), 41–49. doi:10.15587/1729-4061.2016.81004
11. Erenkov, V. A. (1984). *Klynycheskoe issledovanye rebenka*. Kyiv: «Zdorovia», 336.
12. Harkavy, L. Kh., Kvakyna, E. B., Ukolova, M. A. (1990). *Adaptatsyonnye reaktsyi i rezystentnost orhanyzma*. Rostov na Dony: Izdatelstvo Rostovskoho unyversyteta, 224.

Поступила (received) 13.01.2016

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Моделирование динамики согласованности параметров сердечно-сосудистой системы на разных стадиях адаптационного синдрома/ Е. В. Высоцкая, Ю. Г. Беспалов, Л. И. Рак, А. И. Печерская, К. В. Цапенко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.79–84. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Модельовання динаміки узгодженості параметрів серцево-судинної системи на різних стадіях адаптаційного синдрому/ О. В. Висоцька, Ю. Г. Беспалов, Л. І. Рак, А. І. Печерська, К. В. Цапенко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.79–84. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Modeling the dynamics of the cardiovascular system parameters coherence at different stages of the adaptation syndrome/ O. Vysotska, Yu. Bespalov, L. Rak, A. Pecherska, K. Tsapenko//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P.79–84. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Высоцкая Елена Владимировна** – доктор технических наук, доцент, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, профессор кафедры Биомедицинской инженерии; пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166, e-mail: [olena.vysotska@nure.ua](mailto:olena.vysotska@nure.ua).

**Беспалов Юрий Гаврилович** – Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, старший научный сотрудник факультета Математики и информатики, площадь Свободы 4, г. Харьков, Украина, 61022; e-mail: [bespalov@univer.kharkov.ua](mailto:bespalov@univer.kharkov.ua).

**Рак Лариса Ивановна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения педиатрии и реабилитации, ГУ "Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины", пр. Юбилейный, 52-а, г. Харьков, Украина, 61153; e-mail: [lirack@yandex.ua](mailto:lirack@yandex.ua).

**Печерская Анна Ивановна** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, научный сотрудник кафедры Биомедицинской инженерии; пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166, e-mail: [anna.pecherska@nure.ua](mailto:anna.pecherska@nure.ua).

**Цапенко Ксения Владимировна** – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, магистрант группы ИТБМм-16-1, пр. Науки, 14, г. Харьков, Украина, 61166; e-mail: [kseniia.tsapenko@nure.ua](mailto:kseniia.tsapenko@nure.ua).

**Висоцька Олена Володимирівна** – доктор технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри Біомедицинської інженерії; пр. Науки, 14, г. Харків, Україна, 61166, тел.: 70-21-464; e-mail: [olena.vysotska@nure.ua](mailto:olena.vysotska@nure.ua).

**Беспалов Юрій Гаврилович** – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, старший науковий співробітник факультету математики та інформатики, площа Свободи 4, м Харків, Україна, 61022;

**Рак Лариса Іванівна** – доктор медичних наук, провідний науковий співробітник відділення педіатрії та реабілітації, ДУ "Інститут охорони здоров'я дітей та підлітків НАМН України", Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна, пр. Ювілейний, 52-А, м. Харків, Україна, 61153; e-mail: [lirack@yandex.ua](mailto:lirack@yandex.ua).

**Печерська Анна Іванівна** – кандидат технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки, науковий співробітник кафедри Біомедицинської інженерії; пр. Науки, 14, г. Харьков, Україна, 61166, тел.: 70-21-464; e-mail: [anna.pecherska@nure.ua](mailto:anna.pecherska@nure.ua).

**Цапенко Ксенія Володимирівна** – Харківський національний університет радіоелектроніки, магистрант групи ІТБМм-16-1, пр. Науки, 14, г. Харьков, Україна, 61166; e-mail: [kseniia.tsapenko@nure.ua](mailto:kseniia.tsapenko@nure.ua).

**Vysotska Olena** – doctor of technical sciences, professor, Kharkiv National University of Radio Electronics, professor of Biomedical Engineering Department; Nauky ave, 14, Kharkov, Ukraine, 61166,

**Bespalov Yuriy** – V. N. Karazin Kharkiv National University, senior researcher at the Faculty of Mathematics and Informatics, Svobody Square, 4, Kharkov, Ukraine, 61022; e-mail: [bespalov@univer.kharkov.ua](mailto:bespalov@univer.kharkov.ua).

**Rak Larisa** – doctor of medical sciences, leading research worker of separation of pediatrics and rehabilitation care, SO "Institute of health of children and teenagers of NAMS of Ukraine", Yubilejny ave, 52-a, Kharkov, Ukraine, 61153; e-mail: [lirack@yandex.ua](mailto:lirack@yandex.ua).

**Pecherska Anna** – candidate of technical sciences, Kharkiv National University of Radioelectronics, researcher at the Department of Biomedical Engineering; Nauky ave, 14, Kharkov, Ukraine, 61166, e-mail: [anna.pecherska@nure.ua](mailto:anna.pecherska@nure.ua).

**Tsapenko Xenia** – Kharkiv National University of Radio Electronics, undergraduate group ITBMM-16-1, Nauky ave, 14, Kharkov, Ukraine, 61166; e-mail: [kseniia.tsapenko@nure.ua](mailto:kseniia.tsapenko@nure.ua).