

***Математические  
модели в биологии  
и медицине***

*Построены интегральные оценки  
для прогнозирования надежности  
функционирования организма спорт-  
смена в различных условиях жиз-  
недеятельности.*

УДК 004.925.8

Н.И. АРАЛОВА, В.И.  
ВИШЕНСКИЙ, Ю.Н.  
ОНОПЧУК

## **МОДЕЛИ ДАННЫХ И АЛГОРИТМЫ ИХ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОЦЕНОК НАДЕЖНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНО СТИ СПОРТСМЕНОВ**

**Введение.** Современный спорт высоких достижений предъявляет высокие требования к физическому и психофизиологическому статусу спортсменов. Для оценки этих составляющих и функционального состояния в целом разработан ряд математических моделей [1 – 5], основу которых составляют уравнения линейной регрессии. Степень адекватности построенных моделей зависит от учета объективных законов саморегуляции и самоорганизации функциональных систем организма, обеспечивающих его нормальную жизнедеятельность при различных внутренних и внешних возмущениях [2], в том числе и при экстремальных нагрузках. Организм спортсмена при выполнении

им нагрузок обязан обеспечивать и поддерживать не только свою жизнедеятельность, но наилучшее выполнение поставленной задачи. При такой постановке задачи, интегральной оценкой функционального состояния спортсмена могла бы служить надежность выполнения тех или иных функций. В частности, такие требования предъявляются к спортсменам, занимающимся спортивными единоборствами (бокс, кикбоксинг, классическая и вольная борьба и многие другие виды единоборств). Естественно, что поединок должен вестись по заранее определенным правилам, которые, в том числе, определяют формулу выигрыша одного из противников в динамической игре. Успех игрока в спортивном

поединке зависит прежде всего от его функционального состояния на момент поединка, которое интегрально включает оценку физического здоровья, психофизиологических функций, оценку его энергетических ресурсов и степень его профессиональной подготовленности.

Выигрыш игрока в различных видах единоборств определяется по разному. Более того, даже в одном и том же виде правила игры и формула выигрыша меняются со временем. Однако в спортивной борьбе игра считается завершенной и выигрыш бесспорный, если игрок уложил противника на ковер и тот коснулся ковра обеими лопатками. Если же в отведенное, заранее определенное время игры этого не случилось, – итог игры определяется судьями на основании оценок эффективности применения противниками борцовских приемов. Общая оценка является аддитивной функцией, однако экспертные оценки указывают, что более высоко оцениваются успешные приемы, активность игрока в конце раундов (периодов), так как решение судей субъективно. Поэтому игроки должны так распределить свой ограниченный энергетический ресурс, чтобы в конце периодов игры выглядеть предпочтительнее соперника.

Работа игрока на ковре, ринге состоит из движений и концентрации усилий на сокращение мышц при выполнении борцовских или боксерских приемов. Каждый из этих видов работы мышц требует затраты энергии.

Очевидно, что высокая надежность функционирования организма в целом может поддерживаться лишь при условии надежности функционирования всех систем организма – дыхания и кровообращения, иммунной, центральной и периферической нервной системы и др. [2]. Если предположить, что все системы организма функционируют нормально, то надежность в значительной степени зависит от состояния психофизиологических функций и возможностей системы дыхания и кровообращения обеспечить соответствующий нагрузке уровень метаболизма в тканях. Таким образом, при оценке физического статуса спортсмена определяющими являются физиологические данные, характеризующие состояние функциональной системы дыхания.

Цель данной статьи – выбор модели данных и разработка алгоритмов оценки физического статуса спортсмена на основе показателей, характеризующих функциональную систему дыхания.

Функциональная система дыхания рассматривается как самоорганизованная динамическая система, в которой управляемым объектом является процесс массопереноса и массообмена респираторных газов, а саморегуляция осуществляется системой физиологических механизмов, включающей центральные, локальные и гуморальные звенья [6]. Цель такой саморегуляции – поддержание газового гомеостаза организма при различных возмущениях внешней и внутренней среды. Современная физиология выделяет структурные звенья массопереноса и массообмена респираторных газов (дыхательные пути, альвеолярное пространство, кровь легочных капилляров, артериальная кровь, ткани и кровь тканевых капилляров, смешанная венозная кровь). Основными параметрами, по которым судят о состоянии функциональной системы дыхания, являются парциальные

давления (напряжения) кислорода  $pO_2$  и углекислого газа  $pCO_2$  в альвеолярном пространстве, крови и тканях. Функционально данные звенья объединены в систему внешнего дыхания, сердечно-сосудистую систему и систему крови.

Опыт использования математической модели функциональной системы дыхания [7, 8], физиологические и клинические данные свидетельствуют, что для широкого класса возмущений, действующих на организм, определяющим при самоорганизации основной функции дыхания является гипоксический стимул. Повышение чувствительности организма к гиперкапнии и снижение к гипоксии обычно связывается со среднесрочной адаптацией к условиям жизнедеятельности. Поэтому в данной работе при разработке моделей данных и алгоритмов оценки состояния организма использованы данные, характеризующие процессы доставки кислорода к тканям и его массообмена, и определяемые в клинической практике.

Оценку надежности функционирования системы дыхания будем строить с учетом простых (первичных) данных, характеризующих каждое звено структуры, и их производных (интегральных) показателей.

Дадим краткое описание моделей данных для каждого из рассматриваемых звеньев системы.

**1. Система внешнего дыхания.** Внешнее дыхание обеспечивается в основном работой дыхательных мышц, регулируемой центральной и вегетативной нервной системами в соответствии с кислородным запросом организма. В ее состав входят подсистемы организации процесса массопереноса газа ( $S_1$ ) и вегетативного обеспечения внешнего дыхания. Наиболее существенными для обеспечения адекватности основной функции дыхания в звене ( $S_1$ ) является показатель  $МОД$ , более простыми – частота дыхания (ЧД) и дыхательный объем (ДО).

Поэтому  $S_1$  можно представить в виде:

$$S_1 = S_1(МОД, ЧД, ДО). \quad (1)$$

**2. Система движения кислорода в дыхательных путях ( $S_2$ ).** Конечная цель данного звена – формирование необходимого при заданных условиях жизнедеятельности  $p_A O_2$  (парциального давления кислорода в альвеолярном пространстве).

Наиболее информативным показателем данного звена процесса  $q_A O_2$  – скорость поступления кислорода в альвеолы.

Качество процесса оценивается показателями экономичности ( $VE$ ) и эффективности ( $VA$ ). Данные, характеризующие данное звено функциональной системы дыхания, условно можно представить такой параметрической записью:

$$S_2 = S_2(q_A O_2; VE, VA, p_A O_2), \quad (2)$$

где перед точкой с запятой перечислены производные показатели (интегральные), а после нее – простые (первичные) показатели.

Поддержание адекватного возмущающему воздействию *МОД* осуществляется регуляторными механизмами. Степень их напряжения при компенсации возмущений оценивается величинами, получаемыми в результате статистической обработки наблюдаемых данных в сериях планируемых экспериментов.

Степень напряжения вегетативного обеспечения внешнего дыхания целесообразно рассчитывать отдельно по параметрам *ЧД* и *ДО*. Поэтому в системе вегетативного обеспечения внешнего дыхания выделяются подсистемы  $S_3$  и  $S_4$ , описания моделей данных для которых идентичны. Для примера более подробно представим используемые данные для  $S_3$ .

Производный (интегральный) показатель для  $S_3$  – индекс напряжения вегетативной системы по показателю *ЧД* ( $ИН_{чд}$ ), отражающий соотношение между основными статистическими показателями внешнего дыхания и характеризующий степень напряжения систем краткосрочной адаптации к изменению условий жизнедеятельности и степень централизации процессов управления [9]. В качестве первичных (простых) показателей используются:

$M_{чд}$  – математическое ожидание *ЧД*;

$\delta_{чд}$  – относительная величина среднего отклонения *ЧД* от нормы (в %);

$\Delta\chi_{чд}$  – длина максимального разброса наблюдений *ЧД* в экспериментах;

$D_{чд}$  – общая дисперсия *ЧД*;

$D_{1чд}$ ,  $D_{2чд}$ ,  $D_{3чд}$  – дисперсии медленных волн первого, второго и третьего порядка для *ЧД* с помощью которых анализируется формирование средней *ЧД* под влиянием нервных сигналов подкорковых высокочастотных нервных центров.

Таким образом,

$$S_3 = S_3(ИН_{чд}; M_{чд}, \delta_{чд}, \Delta\chi_{чд}, D_{чд}, D_{1чд}, D_{2чд}, D_{3чд}). \quad (3)$$

Аналогично формируется модель данных, характеризующих напряжение системы вегетативного обеспечения внешнего дыхания по определению *ДО*:

$$S_4 = S_4(ИН_{до}; M_{до}, \delta_{до}, \Delta\chi_{до}, D_{до}, D_{1до}, D_{2до}, D_{3до}). \quad (4)$$

**3. Система переноса газов артериальной кровью** состоит из подсистем обеспечения циркуляции крови ( $S_5$ ) переноса газов кровью  $S_6$ , подсистем  $S_7$ ,  $S_8$  контроля и регуляции доставки кислорода кровью к тканям.

Принудительная циркуляция крови обеспечивается работой сердечных мышц (исполнительный орган регуляции).

Наиболее общим показателем, характеризующим адекватный уровень работы сердца является *МОК*. В качестве простых показателей используются ударный объем (*УО*), частота сердечных сокращений (*ЧСС*), общее периферическое сопротивление (*ОПС*), объем сердечного выброса (*ОСВ*), систолическое (*АДС*)

и диастолическое (АДД) артериальное давление. Все параметры связаны формированием МОК, однако роль каждого в развитии патологий своеобразна. Параметрическая запись модели данных для подсистемы  $S_5$  может быть представлена в виде

$$S_5 = S_5(\text{МОК}; \text{УО}, \text{ЧСС}, \text{ОПС}, \text{ОСВ}, \text{АДС}, \text{АДД}). \quad (5)$$

Система транспорта газов артериальной кровью обычно описывается моделью данных:

$$S_6 = S_6(q_a O_2; \text{НЕ}, \text{НА}, p_a O_2), \quad (6)$$

где  $q_a O_2$  – скорость транспорта кислорода артериальной крови;

$\text{НЕ}$  – гемодинамический эквивалент, характеризующий экономичность доставки кислорода тканям;

$\text{НА}$  – коэффициент эффективности доставки кислорода;

$p_a O_2$  – напряжение кислорода в артериальной крови.

Напряженность регуляторных механизмов системы кровообращения можно характеризовать данными, формирующимися на основе методов статистической обработки первичных показателей гемодинамики – ударного объема и ЧСС. С целью разграничения нарушений в системе регуляции строятся модели данных подсистем  $S_7, S_8$ , систем вегетативного обеспечения управлением сердечной мышцей по формированию УО и ЧСС. Основными производными показателями в данных моделях являются индексы напряженности  $\text{ИН}_{\text{УО}}$  и  $\text{ИН}_{\text{ЧСС}}$ . Заметим, что синергизм в работе механизмов регуляции систем внешнего дыхания и центральной гемодинамики в какой то мере учтен использованием в  $S_7, S_8$  величин дисперсии УО, ЧСС под влиянием дыхательных волн внешнего дыхания ( $D_{0\text{УО}}, D_{0\text{ЧСС}}$ ).

$$S_7 = S_7(\text{ИН}_{\text{УО}}; M_{\text{УО}}, \delta_{\text{УО}}, \Delta\chi_{\text{УО}}, D_{\text{УО}}, D_{0\text{УО}}, D_{1\text{УО}}, D_{2\text{УО}}, D_{3\text{УО}}). \quad (7)$$

$$S_8 = S_8(\text{ИН}_{\text{ЧСС}}; M_{\text{ЧСС}}, \delta_{\text{ЧСС}}, \Delta\chi_{\text{ЧСС}}, D_{\text{ЧСС}}, D_{0\text{ЧСС}}, D_{\text{ЧСС0}}, D_{2\text{ЧСС}}, D_{3\text{ЧСС}}). \quad (8)$$

**4. Система тканевого дыхания.** Основным показателем, характеризующим интенсивность метаболических процессов, наблюдаемым и снимаемым при обследованиях, является скорость потребления кислорода организмом  $q_t O_2$ . При оценке здоровья целостного организма знание данного показателя достаточно. Однако для характеристики тканевого в отдельных органах необходимо знание  $pO_2$  и периферического сопротивления току крови в тканевых капиллярах. К сожалению, современные методики не всегда гарантируют возможность одновременного получения данных по разным тканевым регионам. Поэтому для дополнения модели данных следует использовать математические модели основной функции дыхания [7, 8]. В предлагаемом подходе  $q_t O_2$  принимается как простой и интегральный показатель системы тканевого дыхания:

$$S_9 = S_9(q_t O_2). \quad (9)$$

Заметим, что все наблюдаемые в экспериментах данные существенно зависят от возраста и пола исследуемого. Учитывая это модели данных дополняются системой антропометрических (паспортных) данных  $S_0$ . В данном рассмотрении система  $S_0$  представляется в виде набора следующих данных: фамилия, имя, отчество, пол, возраст, вес ( $W$ ), рост ( $H$ ) спортсмена.

**5. Система специальной работоспособности.** Все вышеприведенные данные обычно получают при обследовании спортсменов в состоянии покоя (основного обмена), и при выполнении им нагрузки, как правило, на велоэргометре. Между тем, каждому виду спорта присуща своя специфика деятельности и, соответственно, свои требования к отдельным звеньям системы транспорта кислорода. В некоторых циклических видах спорта данная специфика учитывается наличием специальных эргометров – гребного, лыжного, движущейся дорожки. В других же таких возможностей нет и обследование проводится на велоэргометре, без учета специфики спортивной работы. Это касается в первую очередь спортивных единоборств, игровых видов спорта, альпинизма. Для этих спортсменов разработаны тесты специальной работоспособности, во время проведения которых можно снять ряд показателей, характеризующих систему дыхания и кровообращения, но, к сожалению, не полный объем параметров, необходимых для получения полноценной интегральной оценки системы дыхания. Поэтому также следует при интегральной оценке учитывать систему  $S_{10}$  – специальной работоспособности спортсмена

$$S_{10} = S_{10}(P_i), \quad (10)$$

где  $P_i$  – параметры системы дыхания, полученные при выполнении спортсменом тестов специальной работоспособности.

Известно, что модели данных систем регуляторного обеспечения процесса дыхания строятся на основе статистически обработанных данных экспериментов, которые, как правило, проводятся в условиях покоя, при физической нагрузке различной интенсивности и после нагрузок. В дальнейшем описанные модели данных, соответствующие различным условиям экспериментов, будут использованы при построении спектра оценок, на основе анализа которых строится интегральная оценка физического состояния спортсмена.

Каждая из рассмотренных подсистем с учетом обеспечения своей основной функции может быть оценена в результате анализа ее интегрального показателя. Наряду с такими оценками существенны также комплексные оценки рассматриваемых подсистем, строящиеся на основе анализа всех их простых показателей. Эти данные будут непосредственно использованы при получении оценок более высокого уровня, включая и оценки всего организма, что следует из дальнейшего описания.

Процедура анализа показателей и построения их оценок аналогична той, которая использована в [10]. Предполагается, что для каждого показателя  $x_k$  заданы интервалы норм  $[x_{k \min}^n, x_{k \max}^n]$ .

Оценка  $V_{x_k}$ , указывающая на степень отклонения  $x_k$  от своего интервала нормы, рассчитывается согласно правилу:

$$V_{x_k} = \begin{cases} V_{x_k}^0 - 50\%, & V_{x_k}^0 > 50\% \\ V_{x_k}^0 + 50\%, & V_{x_k}^0 < -50\% \\ 0, & |V_{x_k}^0| \leq 50\% \end{cases} \quad (11)$$

$$V_{x_k}^0 = \frac{2x_k - (x_{k \min}^H + x_{k \max}^H)}{2(x_{k \max}^H - x_{k \min}^H)} \bullet 100\%, \quad (12)$$

где  $V_{x_k}^0$  – степень отклонения  $x_k$  от своего оптимального (в %).

Из формул (11) и (12) следует, что нулевая оценка показателя  $x_k$  будет сформирована в случае, когда  $x_k$  в пределах нормы. Знак ненулевой оценки указывает на направление отклонения  $x_k$  от интервала нормы, а ее значение – на степень отклонения.

Комплексная оценка подсистемы  $S_0$  (паспортные данные) строится с помощью следующей регрессионной модели:

$$V_{S_0} = \gamma_w |V_w| + \gamma_H |V_H| + \gamma_{ОГК} |V_{ОГК}|, \quad (13)$$

где  $\gamma_w, \gamma_H, \gamma_{ОГК}$  – группа нормированных весовых коэффициентов, характеризующих важность построенных, согласно (11) и (12), оценок  $V_w, V_H, V_{ОГК}$  (для показателей  $W, H, ОГК$ ) в построении оценки  $V_{S_0}$ .

Аналогично строятся комплексные оценки  $V_{S_i}^j, i = \overline{1,10}, j = \overline{1,r}$ , где  $j$  – номер эксперимента, в ходе которого измерялись данные игрока ( $r$  – общее число проведенных экспериментов, данные которых используются при получении интегральных оценок):

$$V_{S_i}^j = \sum_{k=1}^{n_i} \gamma_{x_k^j} |V_{x_k^j}|, \quad (14)$$

где  $n_i$  – количество простых показателей  $x_k^j$  подсистемы  $S_i$ ;

$\gamma_{x_k^j}$  – весовые коэффициенты для фиксированного  $j$  составляющие отдельную группу нормированных коэффициентов;

$V_{x_k^j}$  – оценка показателя  $x_k^j$  системы  $S_i$ , измеренном при  $j$ -ом эксперименте.

Исходя из (13) формула для комплексной оценки системы  $S_1$  выглядит так:

$$V_{S_1}^j = \gamma_{VE^j} |V_{VE^j}| + \gamma_{VA^j} |V_{VA^j}| + \gamma_{P_A^j O_2} |V_{P_A^j O_2}|, \quad (15)$$

а для подсистем  $S_9, S_{10}$ , которые в данном рассмотрении характеризуются лишь одним показателем, оценка имеет вид:

$$V_{S_9}^j = |V_{q^i O_2}|. \quad (16)$$

$$V_{S_{10}}^j = |V_{P_i}|. \quad (17)$$

По полученным оценкам  $V_{S_i}^j, j = \overline{1, r}$  для каждой подсистемы  $S_i, i = \overline{1, 10}$ , формируется оценка более высокого уровня:

$$V_{S_i} = \sum_{j=1}^r v_{S_i}^j V_{S_i}^j, \quad (18)$$

где  $v_{S_i}^j$  – весовые коэффициенты, при фиксированном  $i$  составляющие группы нормированных коэффициентов.

Оценка системы доставки кислорода  $V_{SO_2}$  и общая оценка физического состояния организма  $V_S$  строятся по формулам:

$$V_{SO_2} = \sum_{j=1}^9 \theta_j V_{S_i}^j, \quad (19)$$

$$V_S = \gamma_0 V_{S_0} + \gamma_1 V_{SO_2}. \quad (20)$$

Формулы (14) – (20) представляют одну из двух ветвей описываемых алгоритмов. Построенные согласно этим формулам оценки получены на основе анализа оценок простых показателей систем  $S_i, i = \overline{1, 10}$  и паспортных данных игрока.

Другая ветвь алгоритма предназначена для получения оценок, формирующихся на основе анализа оценок интегральных показателей систем  $S_i, i = \overline{1, 10}$ , где учтены компенсирующие функции механизмов саморегуляции.

По рассчитанным согласно (11) и (12) оценкам  $V_{q^i O_2}, V_{МОД^j},$

$V_{ИН^i_{ЦД}}, V_{МОК^j}, V_{q^i O_2}, V_{ИН^o_{ЕВО}}$  строятся общие интегральные оценки, характеризующие функциональное состояние звеньев системы регуляции, ответственных за обеспечение должных значений интегральных показателей. Расчет таких оценок осуществляется по формуле:

$$V_x = \sum_{j=1}^r \gamma_{x^j} |V_{x^j}|, \quad (21)$$

где  $V_x$  – общая интегральная оценка интегрального показателя  $x$ ;  $V_{x^j}$  – оценка интегрального показателя по данным  $j$ -ого эксперимента;  $\gamma_{x^j}$  – нормированные весовые коэффициенты.

Далее строятся общие оценки  $V_{SO_2}^j$ -системы доставки кислорода в организме для каждого  $j = \overline{1, r}$ , в которых предусмотрены компенсирующие реакции механизмов интегральной регуляции:

$$V_{SO_2}^j = \theta_{S_1-S_6}^j \left| K_{S_1}^j V_{q_A^j O_2} + K_{S_6}^j V_{q_f^j O_2} \right| + \theta_{S_2-S_5}^j \left| K_{S_2}^j V_{МОД^j} + K_{S_5}^j V_{МОК^o} \right| + \theta_{S_3}^j \left| K_{S_3}^j + \right. \\ \left. + K_{S_3}^j + K_{S_4}^j V_{ИН^j_{до}} \right| + \theta_{S_7-S_8}^j \left| K_{S_7}^j V_{ИН^j_{yo}} + K_{S_8}^j V_{ИН^j_{cc}} \right| + \theta_{S_9}^j \left| V_{q_i^j O_2} \right|,$$

где  $\theta_l^j, l = S_1 - S_6, S_2 - S_5, S_3 - S_4, S_7 - S_8, S_9, S_{10}$  – группа нормированных весовых коэффициентов для каждого  $j = \overline{1, r}$ ;  $K_{S_i}^j, i = \overline{1, 8}$  – числовые коэффициенты, указывающие на степень компенсирующих реакций по поддержанию должных значений интегральных показателей.

Расчет общих оценок системы доставки кислорода  $V_{SO_2}^R$  и физического состояния организма  $V_S^R$ , в которых предусмотрены компенсирующие реакции механизмов регуляции, осуществляется с помощью следующих решающих правил:

$$V_{SO_2}^R = \sum_{j=1}^r \gamma^j V_{SO_2}^j. \quad (22)$$

$$V_S^R = \gamma_0 V_{S_0} + \gamma_1 V_{SO_2}^R, \quad (23)$$

где  $\gamma^j, j = \overline{1, r}, \gamma_0, \gamma_1$  – группы нормированных весовых коэффициентов.

Как следует из вышеизложенного, предложенный алгоритм позволяет получать спектр различных по уровню и степени информативности интегральных оценок. При этом использованы модели линейной регрессии. В качестве исходных данных алгоритма выступают: данные обследования и функциональных проб, характеризующих кислородные режимы организма; интервалы норм для каждого показателя по всем моделям экспериментальных данных; весовые и другие коэффициенты, задействованные в алгоритме.

**Заключение.** Построенные предложенным способом интегральные оценки могут оказаться полезными при прогнозировании надежности функционирования организма в различных условиях спортивной деятельности и тренировочного процесса. Предпосылкой к этому служат не только использование объективных показателей процесса кислородного обеспечения спортсмена, но и степени напряженности регуляторных систем, компенсирующих воздействия возмущений внешней и внутренней среды организма.

*Н.И. Аралова, В.И. Вишенский, Ю.М. Онопчук*

#### МОДЕЛІ ДАНИХ ТА АЛГОРИТМИ ЇХ ОБРОБКИ ПРИ ПОБУДОВІ ІНТЕГРАЛЬНИХ ОЦІНОК НАДІЙНОСТІ ТА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СПОРТСМЕНІВ

Побудовано інтегральні оцінки для прогнозування надійності функціонування організму спортсмена в різних умовах життєдіяльності.

*N.I. Aralova, V.I. Vyschenski, Yu.N. Onopchuk*

DATA MODELS AND ALGORITHMS FOR THEIR TREATMENT IN CONSTRUCTING INTEGRAL ESTIMATES OF PERFORMANCE OF ATHLETES

Integral estimates to predict reliability of a body of an athlete functioning in the various life conditions are constructed.

1. *Котова А.Б., Пустовойт А.Г.* Здоровье, как объект количественного исследования // Физиологическая и медицинская кибернетика. – Киев: Ин-т кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины. – 1993. – С. 10 – 15.
2. *Величко Н.И., Квашина Л.В., Марченко Д.И., Онопчук Ю.Н.* Модели данных о функционировании системы дыхания и оценка физического здоровья // УСиМ. – 1999. – № 5. – С. 7 – 13.
3. *Антомонов Ю.Г., Котова А.Б., Белов В.М. и др.* Открытая концепция здоровья / Киев, 1993. – 27 с. – (Препр. / НАН Украины. Ин-т кибернетики, 93-11).
4. *Антомонов Ю.Г., Гедеваншвили Г.С., Котова А.Б. и др.* Синтез оценок функционального состояния сердечно-сосудистой системы и системы регуляции давления при психоэмоциональной пробе // Кибернетика и вычислительная техника. – 1993. – Вып. 98. – С. 45 – 50.
5. *Белов В.М., Котова А.Б.* Концептуальные основы здоровья как проблемы // Биоэкомецицина. Единое информационное пространство. – Киев: Наук. думка, 2001. – С. 190 – 207.
6. *Вторичная тканевая гипоксия* / Под ред. А.З. Колчинской. – Киев: Наук. думка, 1983. – 255 с.
7. *Онопчук Ю.Н., Марченко Д.И.* Динамика кислородных режимов организма в условиях гипоксической гипоксии. Численный анализ // Кибернетика. – 1983. – № 4. – С. 134 – 137.
8. *Полинкевич К.Б., Онопчук Ю.Н.* Конфликтные ситуации при регулировании основной функции системы дыхания организма и математические модели их разрешения // Кибернетика. – 1986. – № 3. – С. 100 – 104.
9. *Осколкова М.К.* Функциональные методы исследования системы кровообращения у детей. – М.: Медицина, 1988. – 272 с.
10. *Проблемы человека – экология, здоровье, образование: Материалы Первого междунар. совещ. 18 – 21 мая 1995 г.* – Ужгород, Украина. – Ужгород: Хозрасчетный РИО Закарпатского комитета по делам печати и информации, 1996. – 144 с.

Получено 15.01.2013

**Об авторах:**

*Аралова Наталья Игоревна,*

кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины,  
E-mail: [aralova@ukr.net](mailto:aralova@ukr.net)

*Вишенский Виктор Иванович,*

кандидат технических наук, научный сотрудник  
Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины,

*Онопчук Юрий Николаевич,*

доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий отделом Института кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины.  
E-mail: [onopchuk@ukr.net](mailto:onopchuk@ukr.net)