

## ІНФОРМАТИКА

УДК 004.9:61

© Азархов О.Ю.<sup>1</sup>, Тимчик С.В.<sup>2</sup>, Коваль Л.Г.<sup>3</sup>,  
Зленко С.М.<sup>4</sup>, Вырозуб Р.М.<sup>5</sup>

### АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ І ЗДОРОВ'Я СТУДЕНТІВ

*В статті розглянуто апаратно-програмні засоби для інформаційної технології визначення стану здоров'я студентів, які представлені у вигляді каналу оцінки фізичної працездатності (КОФПЗ). Визначено перелік захворювань, якими найчастіше хворіють студенти, для якого вибрано та обґрунтовано мінімальну кількість інформативних первинних біосигналів. Побудовано структурну схему каналу КОФПЗ, показано напрямки формування і розрахунку вторинних параметрів для оцінювання здоров'я студентів. Отримані критерії, індекси, показники і параметри для зручності використання згруповані в окрему таблицю, що також наведено в статті.*

**Ключові слова:** процес, фізична працездатність, інформаційна технологія, здоров'я студентів, фізіологічний сигнал, розрахункова модель, база даних, ознака діагностична, ознака прогностична, критерій.

*Азархов А.Ю., Тымчик С.В., Коваль Л.Г., Зленко С.М., Вырозуб Р.М. Аппаратно-програмные средства для оценки физической работоспособности и здоровья студентов. В статье рассмотрены аппаратно-програмные средства для информационной технологии определения состояния здоровья студентов, которые представлены в виде канала оценки физической работоспособности (КОФПЗ). Определен перечень заболеваний, которыми чаще всего болеют студенты, для которого выбрано и обосновано минимальное количество информативных первичных биосигналов. Построена структурная схема канала КОФПЗ, показаны направления формирования и расчета вторичных параметров для оценки здоровья студентов.*

**Ключевые слова:** процесс, физическая работоспособность, информационная технология, здоровье студентов, физиологический сигнал, расчетная модель, база данных, признак диагностическая, признак прогностическая, критерий.

*O.Y. Azarkhov, S.V. Tymchyk, L.G. Koval, S.M. Zlepko, R.M. Vyrozub. Hardware and software for physical assessment work and health students. The hardware and software used to assess the state of the students' health by means of information technology were described in the article and displayed in the form of PEAC – (physical efficiency assessment channel). The list of the diseases that students often suffer from has been prepared for which minimum number of informative primary biosignals have been selected. The structural scheme PEAC has been made up, the ways to form and calculate the secondary parameters for evaluating the health of students have been shown. The resulting criteria, indices, indicators and parameters grouped in a separate table for ease of use, are also presented in the article. The given list necessitates the choice of vital activities parame-*

<sup>1</sup> д-р мед. наук, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [azarhov55@mail.ru](mailto:azarhov55@mail.ru)

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [tymchyksv@ukr.net](mailto:tymchyksv@ukr.net)

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [klg.ua.fm](mailto:klg.ua.fm)

<sup>4</sup> д-р техн. наук, професор, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [smzlepko@ukr.net](mailto:smzlepko@ukr.net)

<sup>5</sup> аспірант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [smzlepko@ukr.net](mailto:smzlepko@ukr.net)

ters, which are further to be used as the criteria for primary express-diagnostics of the health state according to such indicators as electrocardiogram, photoplethysmogram, spirogram, blood pressure, body mass length, dynamometry. But these indicators (qualitative) should be supplemented with measurement methods which provide quantitative component of an indicator. This method makes it possible to obtain assessments of students' health with desired properties. Channel of the student physical disability assessment, along with the channel of activity comprehensive evaluation and decision support subsystem ensure assessment of the student's health with all aspects of his activity and professional training, thereby creating adequate algorithm of his behavior that provides maximum health, longevity and professional activities. The basic requirements for hardware have been formed, and they are, minimum number of information-measuring channels; high noise stability of information-measuring channels; comfort, providing normal activity of a student; small dimensions, weight and power consumption; simplicity, and in some cases service authorization.

**Keywords:** process, physical performance, information technology, health students, option, physiological signal calculation model, database, feature diagnostic, prognostic sign, criterion.

**Постановка проблеми.** Проектування архітектури інформаційної технології моніторингу і підтримки прийняття рішень для ідентифікації здоров'я студентів дозволяє визначити структуру зазначеної технології як сукупність трьох компонентів: каналу оцінки фізичної працездатності студента, каналу комплексної оцінки діяльності і підсистеми підтримки прийняття рішень. Такий підхід вперше застосовується в практиці створення інформаційних технологій, але саме він максимально враховує особистість студента і процес оцінки його функціонального стану у взаємозв'язку із навчальним та фізичним навантаженням; саме він дозволяє ідентифікувати здоров'я студента з урахуванням усіх аспектів його діяльності та професійної підготовки, формуючи тим самим адекватний життєво-професійний алгоритм його поведінки, орієнтований на максимальний рівень здоров'я, довголіття і професійної діяльності.

Вирішення задачі розробки апаратно-програмних засобів базується на системно-технічних методах, що дозволяють інтегрувати існуючі наукові підходи і реалізувати технічну систему, яка адаптована під користувачів різного рівня підготовки.

Враховуючи достатньо велику кількість існуючих визначень понять «процес», «сигнал», «параметр», «індекс», «показник» для забезпечення однозначності сприйняття інформації в подальшому будемо використовувати ті, що наведені в [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Процес – зміна фізичної величини, що обумовлена функціонуванням фізіологічної системи організму, при цьому слід відрізнити це визначення від такого, за яким під процесом розуміється зміна фізичної величини, яка обумовлена життєдіяльністю організму в цілому. Відповідно до першого визначення, наприклад, зміна потенціалу електричного поля в точці поверхні тіла людини складається з декількох процесів (електрокардіографічного, електроміографічного, шкірно-гальванічної реакції) з різними спектральними і динамічними діапазонами, у той час як по другому визначенню, це – єдиний процес.

Індекс – характеристика процесу, що інформативна відносно визначеної групи психофізичних станів. У біотехнічному комплексі використовуються індекси варіаційної пульсометрії, середня амплітуда Т-зубця, частота і хвилинний об'єм подиху, потужність і усереднена кількість перетинань рівня шкірно-гальванічної реакції, відносини потужностей ритмів електроенцефалограми і т. д. При цьому варто віддавати перевагу індексам, що відбивають динамічні властивості окремих фізіологічних систем і динаміку їхньої взаємодії [1, 2].

Варто відмітити, що найчастіше параметр сигналу виступає як раз у ролі індексу. Необхідність поділу простору параметрів та індексів обумовлена системотехнічним розумінням проектування каналу оцінки стану, у якому безліч параметрів визначається апіорі, а безліч індексів може піддаватися істотній трансформації при проведенні експериментальних досліджень. Ці розуміння підтримуються сучасними тенденціями розвитку психофізіології, зв'язаними з генерацією нових індексів при використанні традиційних наборів параметрів.

Для побудови ефективної структури каналу оцінки фізіологічної працездатності (рис.) бажано визначитись із переліком захворювань, які найчастіше можна віднести до компетенції

студентського лікаря (а в недалекому минулому – фактично дільничного лікаря) і які можуть бути проліковані безпосередньо у медчастині навчального закладу. Це, перш за все, застудні і запальювальні процеси різного походження; захворювання серцево-судинної, центральної і периферійної нервової та ендокринної систем; проблеми, що пов'язані із шлунково-кишковим трактом та опорно-руховим апаратом, дихальною системою, невеликими травмами тощо.

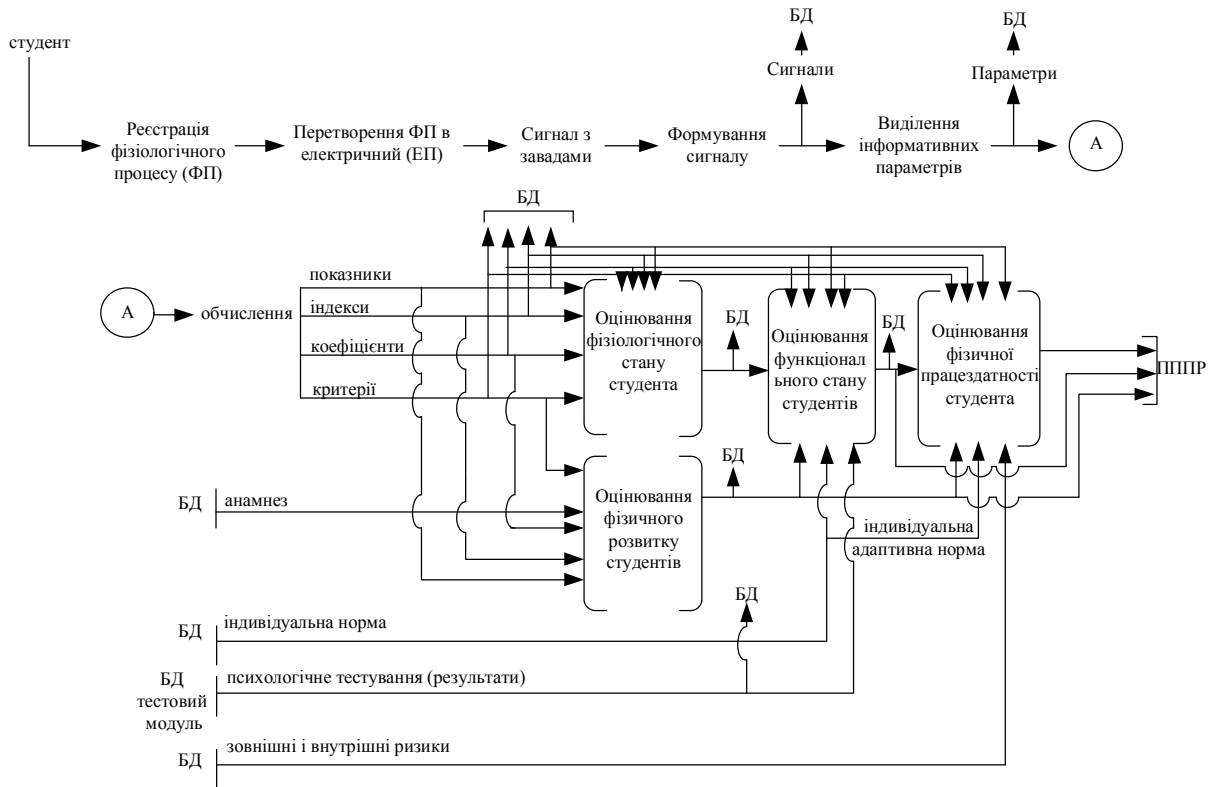


Рисунок – КОФПЗ – канал оцінки фізіологічної працездатності

Наведений перелік, хоча і є неповним, все ж таки зумовлює та обґрунтовує вибір тих первинних параметрів життєдіяльності, які в подальшому будуть використані в технології. На наш погляд, ті процедури і заходи лікувально-діагностичного характеру, що здійснює у віщому навчальному закладі лікар, фактично є первинною експрес-діагностикою стану людини, для проведення якої необхідна мінімальна кількість первинних електрофізіологічних сигналів та контролюючих параметрів: електрокардіограми у 6-ти відведеннях; фотоплетизмограми, яка реєструється на зап'ясті верхньої кінцівки; спірограми; артеріального тиску; довжини і маси тіла; динамометрії. При цьому до апаратного (технічного) забезпечення ми пропонуємо включати: ноутбук, модем зв'язку, електрокардіограф, спірограф, фотоплетизмограф і термосканер [3].

На даний час розроблено методичні підходи до математичного розрахунку величин ряду найважливіших показників системи кровообігу, зовнішнього дихання, електрокардіограми та інших параметрів, що знайшли широке застосування і отримали непогані рекомендації в спортивній медицині [4-8], авіації [9] та інших сферах життєдіяльності людини. Однак слід розуміти, що застосування розрахункових методів потребує обґрунтування, відповідності меті і завданням досліджень і ні в якому разі не підміняють саму суть функціональних досліджень [10].

Більше того, ми вважаємо, що використання розрахункових показників має на меті індикативний, тобто якісний характер, і безумовно повинно застосовуватись у сукупності із вимірювальними методами, що забезпечують кількісну складову того чи іншого фізіологічного показника [3].

Усі показники зберігаються в базі даних технології і класифіковані за 3-ма ознаками: основні, розрахункові і резервні. До основних віднесено параметри, що є вхідними даними для діагностичної і розрахункової моделі; клас розрахункових показників склали параметри, отри-

мані із тих, що виміряні і обчислені за допомогою стандартних формул або рівнозначних перетворень. Вони найбільш повно для лікаря та адекватно для пацієнта характеризують його функціональний стан, використовуються при постановці діагнозу і виборі тактики лікування. І, нарешті, резервні або додаткові параметри, служать для перевірки тих, що вимірюють, і тих, які розраховують, з метою виключення недостовірної інформації [3].

Такий набір діагностичних і прогностичних ознак сформовано шляхом накопичення емпіричних і суб'єктивних знань, отриманих в процесі спілкування з лікарем або в результаті експертного опитування.

В розробленій базі даних присутній, окрім зазначених, ще один клас медичних даних - довгострокових, що мають характер нормативно-довідкової інформації по кожному показнику або параметру: значення норми, меж діапазону норми, меж діапазону відхилень і т.д. [3].

Все вищезазначене важливо для ситуації, коли неможливо провести чітке розмежування між апаратурою для прийняття рішень і приладами, орієнтованими на контроль та оповіщення про стан пацієнта, оскільки подібні системи і комплекси відрізняються, головним чином, можливостями обробки і представлення даних та рівнем рекомендацій щодо вибору тактики лікування [3].

Однією з основних задач каналу оцінки стану є задача виміру і порівняння рівнів напруженості різних функціональних систем організму.

Традиційним підходом до рішення цієї задачі є вимір напруженості різних функціональних схем організму в одиницях зміни відповідного фізіологічного індексу.

Розходження в розмірностях і діапазонах зміни фізіологічних індексів не дозволяють безпосередньо порівняти рівні напруженості різних функціональних систем організму. Математично некоректна і задача нормування вектора фізіологічних зрушень з метою побудови узагальненого показника стану.

Необхідність порівняння рівнів напруженості різних функціональних систем організму обумовлює доцільність застосування процедури паспортизації з метою одержання кількісних показників стану.

**Мета статті** – визначення інформативних показників для оцінки фізіологічної працездатності студентів.

**Виклад основного матеріалу.** Для зручності подальшого застосування отриманих критеріїв, індексів, коефіцієнтів і показників вони згруповані в таблицю за визначенням, призначенням і мають відповідну математичну інтерпретацію та посилання на фізіологічні системи організму студента, до яких належать.

Таблиця

Критерії, індекси, коефіцієнти і показники

№ п/п	Найменування критерію, індексу, коефіцієнта, показника	Математична інтерпретація або формула	Призначення, (фізичний) зміст	До якої фізіологічної системи організму має відношення
1	Коефіцієнт пропорційності - КП	$КП = \frac{(L_1 - L_2) \times 100}{L_2}$	оцінка пропорційності тіла	фізичний розвиток
2	Індекс Кетле $I_k$	$I_k = \frac{M}{L_1}$	оцінка фізичного розвитку	фізичний розвиток
3	Показник життєдіяльності $P_{ж}$	$P_{ж} = \frac{ЖЕЛ}{M}$	оцінка фізичного розвитку	фізичний розвиток, респіраторна система, дихальна система
4	Силовий показник $P_c$	$P_c = \frac{C_k}{M} \times 100$	оцінка фізичного розвитку	фізичний розвиток, м'язова система
5	Індекс Піньє	$I_n = L_1 - (T + M)$	оцінка статури	фізичний розвиток

Продовження таблиці

6	Серцевий індекс $C_i$	$V_i = \frac{COK}{(MT_{0,425} \times DT_{0,725} \times 0,007184)}$	оцінка функціонального стану	ССС і система кровообігу
7	Ударний індекс $U_i$	$AP = 0,011 \times ЧСС + 0,014 AD_c + 0,008 AD_o + 0,0014 AB + 0,009 MT - 0,009 DT - 0,273$	оцінка функціонального стану	ССС і система кровообігу
8	Адаптаційний потенціал АП	$AP = 0,011 \times ЧСС + 0,014 AD_c + 0,008 AD_o + 0,0014 AB + 0,009 MT - 0,009 DT - 0,273$	адаптаційна здатність ССС, системи кровообігу та організму в цілому до фізичних навантажень	ССС, система кровообігу, організм
9	Проба Мартіне	Одномоментна проба з 20 присіданнями	адаптаційна здатність системи кровообігу до фізичних навантажень за типом реакції: гіпертонічний, нормотонічний, дистонічний, гіпотонічний, ступінчастий	система кровообігу,
10	Проба С.П.Летунова	3-х момент на комбінована проба з присіданнями, бігом і ходом	див. проба Мартіне	система кровообігу,
11	Субмаксимальний тест $PWC_{170}$	$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}$	оцінка фізичної працездатності	ССС
12	Індекс Гарвардського степ-тесту ІГПС	$ITC = \frac{t_c \times 100}{(f_1 + f_2 + f_3) \times 2}$	оцінка відновлення ЧСР після стандартної роботи	ССС
13	Максимальне споживання кисню – МСК	Формула Карамана $МСК = 1,7 \times PWC_{170} + 1240$	оцінка фізіологічного резерву	ССС, респіраторна система
14	Проба Руф'є (індекс Руф'є) $I_p$	$I_p = \frac{4(f_1 + f_2 + f_3) - 200}{10}$	оцінка відновлення ЧСС після стандартної роботи	ССС
15	Індекс Робінсона ДП	$ДП = ЧСС \times \frac{AD_c}{100}$	оцінка економічності серцево-судинної діяльності	ССС
16	Коефіцієнт економічності кровообігу КЕК	$КЕК = ЧСС \times AT_{II}$	оцінка економічності системи кровообігу	система кровообігу, ССС
17	Коефіцієнт ФС системи кровообігу $КФС_{CKO}$	$КФС_{CKO} = \frac{(PQ + QT)}{R - R}$	Оцінка ФС системи кровообігу	система кровообігу, ССС
18	Коефіцієнт ФС кардіореспіраторної системи $КФС_{KPC}$	$КФС_{KPC} = \frac{R - R}{60} \times (4D + (R - R))$	оцінка ФС кардіореспіраторної системи	ССС, респіраторна система
19	Хвилинний об'єм дихання ХОД	$ХОД = 4D \times ДО$	оцінка функціонального стану	респіраторна система, дихальна система
20	Резерв дихання – РД	$РД = \left( \frac{МВЛ - ХОД}{МВЛ} \right) \times 100$	оцінка дихального резерву	респіраторна система, дихальна система

Продовження таблиці

21	Індекс гіпоксії – ІГ	$IG = \frac{T_{вид}}{ЧСС}$	оцінка функціонального стану	респіраторна система
22	Індекс Тиффно-Вотчала – ІТВ	$ITB = \frac{ОФВ_1}{ЖЄЛ}$	оцінка фізіологічного стану	респіраторна система
23	Рівень працездатності м'язів – Р	$P = (f_1 + f_2 + f_3 + \dots f_n) \times \Pi$	оцінка втоми м'язів і загальної працездатності	м'язова система, організм
24	Показник зниження працездатності м'язів – S	$S = [(f_1 - f_{min}) \times f_{max}] \times 100$	оцінка втоми м'язів і загальної працездатності	м'язова система, організм
25	Індекс фізичного стану – ІФС	$I\Phi C = 0,2 \times CI + 0,3 \times PCI + 0,5 \times KCI$	оцінка рівня функціональної адаптації	ССС, респіраторна система, дихальна система
26	Пульмосоматичний індекс - ПС <sub>i</sub>	$PCI = \frac{ЖЄЛ}{НЖЄЛ}$	оцінка функціонування дихальної системи	дихальна система
27	Кардіосоматичний індекс – Кс <sub>i</sub>		оцінка функціонування системи кровообігу	система кровообігу, ССС
		$KCI = \frac{700 - 3 \times ЧСС - ОДШ \times АД_c - 1,6667 \times АД_o - 2,7 \times B + 0,28 \times MT}{350 - 2,6 \times B + 0,21 \times ДТ}$		

Системними характеристиками каналу оцінки фізичної працездатності, по аналогії з [11]:

- на рівні процесів (частотний діапазон, властивості просторової інваріантності);
- на рівні сигналів (частотний діапазон, відношення сигнал/шум, похибка виміру, стійкість і інваріантність);
- на рівні параметрів (частота виділення, надійність і похибка виміру, стійкість і інваріантність, шкала виміру);
- на рівні індексів (інформативність, частота виділення, надійність і похибка виміру, варіабельність і відтворюваність, стійкість та інваріантність, шкала виміру);
- на рівні показників (інформативність, частота виділення, надійність і похибка виміру, відтворюваність, стійкість та інваріантність, шкала виміру);
- на рівні оцінок стану (частота виділення, епоха аналізу, імовірність помилок першого і другого роду).

Запропонована структура дозволяє проводити цілеспрямований синтез каналу, орієнтований на одержання оцінок стану з заданими властивостями або на вивчення впливу окремих компонентів каналу на результат його роботи.

### Висновки

Розроблено апаратно-програмне забезпечення каналу оцінювання фізичної працездатності і здоров'я студентів, який характеризується системними характеристиками на рівні процесів, сигналів, параметрів, показників та індексів, і забезпечує вимір фізіологічних параметрів, які визначають рівні напруженості різних фізіологічних систем організму, що зумовлює доцільність і необхідність застосування процедури паспортизації з метою усунення розходжень в розмінностях і діапазонах зміни фізіологічних індексів для подальшого одержання відносних кількісних оцінок зазначеного процесу.

### Перелік використаних джерел:

1. Толковый словарь русского языка [Электронный ресурс]. – (<http://www.vedu.ru/expdic>).
2. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – (<http://www.vedu.ru/bigencdic>).
3. Управление тренировочным процессом с помощью системы комплексного компьютерного

- исследования физического состояния «ОМЕГА-С» [Электронный ресурс]. – ([http://omegas.dyn.ru/media/upload/Managing\\_the\\_training\\_process\\_with\\_the\\_help\\_of\\_Omega.Sport.pdf](http://omegas.dyn.ru/media/upload/Managing_the_training_process_with_the_help_of_Omega.Sport.pdf)).
4. Спортивна медицина і фізична реабілітація : навчальний посібник / В.А. Шаповалова [та ін.]. – К. : Медицина, 2008. – 246 с.
  5. Спортивная медицина : Учебник для институтов физической культуры / Под ред. В.Л. Карпмана. – М. : Физкультура и спорт, 1980. – 349 с.
  6. Макарова Г.А. Спортивная медицина : Учебник / Г.А. Макарова. – М. : Советский спорт, 2003. – 480 с.
  7. Маліков М. В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні та спорті: навчальний посібник / М.В. Маліков, А.В. Сватъєв, Н.В. Богдановська. – Запоріжжя : ЗДУ, 2006. – 227 с.
  8. Душанин С.А. Система многофакторной экспресс-диагностики функциональной подготовленности спортсменов при текущем и оперативном врачебном контроле / С.А. Душанин. – К. : Здоровье, 1986. – 24 с.
  9. Авиационная медицина в цифрах и формулах / Г.Л. Комендантов [и др.]. – М. : ЦОЛИУВ, 1980. – 38 с.
  10. Об инфраструктуре информационной поддержки клинической медицины / А.В. Гаврилов, Г.В. Шевченко, В.А. Лищук, А.И. Данилевич // Медицинская техника, 2003. – № 3. – С. 36-42.
  11. Попечителей Е.П. Проблемы синтеза биотехнических систем / Е.П. Попечителей // Медицинская техника. – 2013. – № 2(278). – С. 1-6.

**Bibliography:**

1. Dictionary of Russian language [Electronic resource]. – (<http://www.vedu.ru/expdic>).
2. Great Encyclopedic Dictionary [Electronic resource]. – (<http://www.vedu.ru/bigencdic>).
3. Control the training process by means of a complex system of computer studies the physical condition of «Omega-C» [Electronic resource]. – ([http://omegas.dyn.ru/media/upload/Managing\\_the\\_training\\_process\\_with\\_the\\_help\\_of\\_Omega.Sport.pdf](http://omegas.dyn.ru/media/upload/Managing_the_training_process_with_the_help_of_Omega.Sport.pdf)).
4. Sports medicine and physical rehabilitation : textbook / V.A. Shapovalova [et al.]. – K. : Medicina, 2008. – 246 p. (Ukr.)
5. Sports Medicine : Training. for institutes of physical culture / Ed. V.L. Karpman. – Moscow : Physical Culture and Sports, 1980. – 349 p. (Rus.)
6. Makarova G.A. Sports Medicine : Textbook / G.A. Makarova. – Moscow : Soviet sport, 2003. – 480 p. (Rus.)
7. M.V. Malikov. Functional diagnosis in physical education and sport : Textbook / M.V. Malikov, A. Svatyev, N.V. Bogdanovskaya. – Zaporozhye : ZSU, 2006. – 227 p. (Ukr.)
8. Dushanin S.A. System multifactorial express diagnostics of functional training of athletes with the current operational and medical control / S.A. Dushanin. – K. : Zdorov'ye 1986. – 24 p. (Rus.)
9. Aviation Medicine in numbers and formulas / G.L. Komendantov [et al.]. – M. : TSOLIUV, 1980. – 38 p. (Rus.)
10. On the infrastructure of information support of clinical medicine / A.V. Gavrillov, G.V. Shevchenko, V.A. Lishchuk, A.I. Danilevich // Biomedical Engineering, 2003. – № 3. – P. 36-42. (Rus.)
11. Trustees E.P. Problems synthesis biotechnical systems / E.P. Trustees // Biomedical Engineering, – 2013. – № 2(278). – P. 1-6. (Rus.)

Рецензент: С.В. Павлов  
д-р техн. наук, проф., ВНТУ

Стаття надійшла 02.03.2016