

---

# ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ПІДГОТОВКИ СПОРТСМЕНІВ

---

## МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ КВАЛІФІКОВАНИХ БОРЦІВ

---

*Григорій Данько, Олександр Григоренко, В'ячеслав Орлюк*

**Резюме.** На основі аналізу ведучих факторів, характеризуючих структуру функціональної підготовленості борців і детермінуючих високий рівень їх спеціальної работоспособності, розроблені і обґрунтовані моделі оптимальної структури функціональної підготовленості, показана можливість її удосконалення в щорічному циклі підготовки.

**Ключевые слова:** кваліфіковані борці, функціональна підготовленість, оптимальна структура, модель, нейрокомп'ютеринг.

**Summary.** Based on the results of analysis of the major factors characterizing the structure of physiological fitness of wrestlers and determining the high level of their special performance, the model of optimal structure of physiological fitness was developed, and the opportunity of its improvement in the annual training cycle was demonstrated.

**Keywords:** skilled wrestlers, physiological fitness, optimal structure, modeling, neurocomputing.

**Постановка проблеми.** Одним із інструментів підвищення ефективності наукового процесу є моделювання. У сучасній спортивній науці математичне моделювання є основним методом вирішення завдань керування системами організму спортсмена [7, 9]. Математичні моделі дозволяють проводити дослідження без залучення об'єкта моделювання. Тому, якщо модель досить адекватна (не в математичному сенсі, а в змістовному), її можна використовувати для розширення розуміння досліджуваного біологічного процесу, а також для того, щоб зменшити час дослідження реальних біосистем та працездатності й матеріальні витрати. Моделювання становить невід'ємну частину будь-якої методики прогнозування, навіть якщо це не цілком усвідомлюється експертом, який надає прогноз. Багато спортивних прогнозів будується на адекватних математичних моделях, у розробці яких беруть участь спільно педагоги, психологи, біологи, тренери й лікарі. Розробка моделей оптимальної структури функціональної підготовленості кваліфікованих борців на основі оцінки їх функціонального стану є одним з перспективних напрямів вирішення завдання удосконалення тренувального процесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми оцінювання й підвищення функціональної підготовленості (ФП) кваліфікованих борців, формування її структури в процесі тривалої адаптації борців до фізичних навантажень не втрачають своєї актуальності протягом багатьох

років [3, 6, 8]. Особливості спортивної підготовки борців, високий темп і відносно короткий період часу ведення двобою, протидія суперника – це фактори, які обумовлюють формування специфічної структури підготовленості спортсменів, у функціональній складовій якої певне місце посідають швидкісно-силова й спеціальна витривалість, вибуховий характер м'язової діяльності, сенсомоторні функції, резерви анаеробної алактатної, лактацидної і аеробної систем енергозабезпечення, рівень розвитку, співвідношення й взаємозв'язку яких забезпечують прояв спеціальної працездатності, здатність до протидії стомленню [1, 4] та швидкого відновлення тощо. На основі аналізу особливостей функціональної підготовленості кваліфікованих борців вільного стилю висвітлено питання індивідуалізації їх підготовки, зокрема вікові відмінності [5]. Функціональна підготовленість борців вивчалася за окремими вегетативними або соматичними показниками [9] без урахування рівня спеціальної працездатності або інших компонентів структури їх підготовленості.

Результати аналізу наукової літератури свідчать, що проблема моделювання оптимальної структури функціональної підготовленості борців у процесі її вдосконалення на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей досліджена частково, оскільки вивчалася без урахування вагових категорій, кваліфікації борців, періоду підготовки.

Дослідження проведено згідно зі Зведеним планом НДР у сфері фізичного виховання і спорту на 2011–2015 рр. Міністерства України у справах сім'ї, молоді і спорту за темою 2.9 «Удосконалення тренувального процесу кваліфікованих спортсменів у силових видах спорту і єдиноборствах на основі сучасних технологій і моделювання ключових характеристик підготовки» (номер держреєстрації 0111U001723).

**Мета дослідження** – обґрунтування й розробка моделей оптимальної структури функціональної підготовленості борців різних вагових категорій і кваліфікації.

**Методи дослідження:** теоретичний аналіз і узагальнення даних літератури; тестування з використанням інструментальних методів (варіаційна пульсографія, телепульсометрія, тензодинамометрія, треморометрія, комп'ютерна рефлексометрія, теплінґграфія, газоаналіз видихуваного повітря, тести спеціальної працездатності тощо); моделювання; методи математичної статистики.

Дослідження проводилися на експериментальній базі Науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України, а також на навчально-тренувальних базах у Конча-Заспі (м. Київ), м. Алушта, в яких взяли участь 154 кваліфіковані борці у віці від 18 до 28 років, у тому числі члени збірних команд України з різних видів боротьби: греко-римської, вільної, дзюдо. Спортивний стаж становить від 5 до 15 років. Серед обстежених – 8 заслужених майстрів спорту (ЗМС), 33 майстри спорту міжнародного класу (МСМК), 83 майстри спорту (МС), 30 кандидатів у майстри спорту (КМС). Вивчення функціонального стану організму борців високої кваліфікації здійснювалося в різні періоди річного макроциклу підготовки: перед широкомасштабними турнірами, чемпіонатами України, Європи і світу.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Оцінка функціонального стану проводилася як у стані спокою, так і під час виконання різних тестів (кидків партнера рівної ваги, стрибкового тесту, велоергометрії), а також специфічних і неспецифічних фізичних навантажень: борцівських двобоїв, швидкісного бігу (60 м), бігу на витривалість (4 км).

У стані спокою визначалася структура функціональної підготовленості борців за показниками, що характеризують провідні фізіологічні й функціональні системи організму – нервово-м'язову, серцево-судинну, дихальну, кровоносну, опорно-рухову. Було проаналізовано також абсолютні значення цих систем у борців різних вагових категорій і кваліфікації, співвідношення у загальній структурі функціональної підготовленості; внутрішні й міжсистемні взаємозв'язки. Визнача-

лися провідні показники і їх парціальний внесок у досліджувану структуру підготовленості спортсменів, аналізувалася специфіка адаптаційного процесу в борців різних вагових категорій.

Визначення рівня функціональної підготовленості борців і ступенів розвитку таких її провідних факторів, як аеробна потужність, рухливість, економічність за результатами виконання блоку тестових фізичних навантажень різної потужності й тривалості за методикою, запропонованою В. С. Міщенко [6], дозволили з'ясувати узагальнені її властивості, основні структурні складові, які піддаються цілеспрямованому вдосконаленню в процесі річного циклу підготовленості із застосуванням спеціально підібраних тренувальних впливів.

Показники теплінґ-тесту доповнили інформацію про функціональний стан рухової системи, який характеризує швидкість рефлекторних перебудов у керуючих нервових центрах, рухливість нервових процесів. Критерієм ефективного функціонування рухової системи за даним параметром вважається висока частота локальних рухів за одиницю часу і стабільність її утримання у процесі тестування. У результаті дослідження розроблено математичну модель у вигляді такого рівняння регресії, що характеризує частоту рухів у теплінґ-тесті у борців:

$$y = 0,0034 \cdot x^2 - 0,2714 \cdot x + 32,995; \\ r = 0,743; p = 0,008, \quad (1)$$

де  $y$  – частота ритмічних рухів у теплінґ-тесті,  $x$  – час виконання тесту, с.

Основними інтегративними показниками структури ФП борців, що проявляють високий рівень взаємозв'язку з їхньою кваліфікацією, ваговою категорією і рівнем спеціальної працездатності, є анаеробна потужність і загальний рівень ФП [2].

Дослідження взаємозв'язків показників ФП із рівнем спеціальної працездатності та визначення модельних характеристик провідних факторів структури функціональної підготовленості борців, їх взаємозв'язків із кваліфікацією, ваговою категорією дозволило здійснювати моделювання, порівняння отриманих на моделях результатів з реальними значеннями ФП спортсменів, рівнем їх спеціальної працездатності. Це дало можливість корегувати алгоритм моделювання й здійснювати надалі розробку найбільш оптимальних моделей, а також практичних рекомендацій з удосконалення структури ФП кваліфікованих борців різних вагових категорій.

Оскільки структура ФП кваліфікованих борців розглядалася на основі аналізу комплексу показників, отриманих у стані спокою й при виконанні фізичних навантажень, надалі оцінка загального рівня ФП борців здійснювалася за проявами функцій дихання й кровообігу у відповідь на тестові

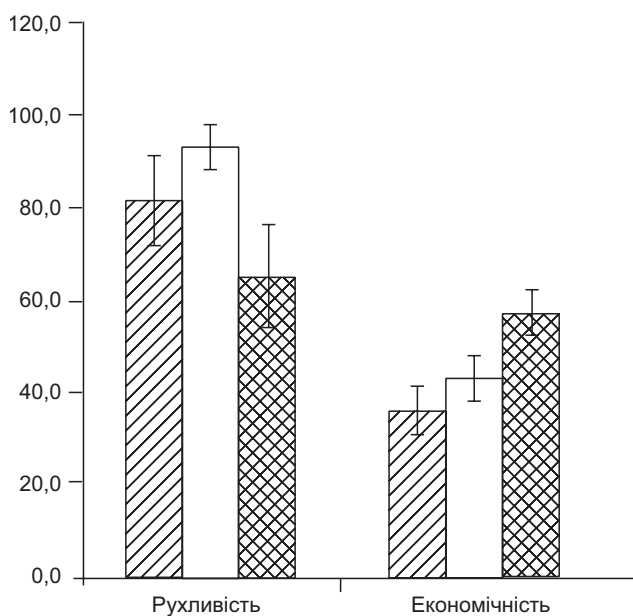


Рисунок 1 – Параметри рухливості й економічності у спортсменів-борців трьох груп вагових категорій: – легкі; – середні; – важкі.

навантаження і за досягнутими показниками працездатності з визначенням ступеня розвитку таких її провідних структурних властивостей, як анаеробна та аеробна потужність, рухливість і економічність [6].

Застосування даного підходу до аналізу структури ФП борців дозволило показати, що загальний рівень ФП єдиноборців характеризується наступним співвідношенням її провідних факторів: анаеробна потужність –  $52,6 \pm 4,9$  %, аеробна потужність –  $52,8 \pm 4,1$  %, рухливість –  $80,4 \pm 5,3$  %, економічність –  $43,3 \pm 3,0$  %. Вивчення структури ФП з урахуванням вагових категорій показало, що відмінності в порівнюваних групах вагових категорій виражені незначно. Спортсмени трьох вагових груп несуттєво різняться за такими показниками структури ФП, як анаеробна та аеробна потужність, загальний рівень ФП. Кваліфікація та вік також незначно відрізняються у трьох порівнюваних вагових групах. Більш виражені відмінності проявляються у показниках рухливості й економічності (рис. 1).

Вивчення структури ФП борців різної кваліфікації дозволило виявити більш виражені відмінності показників анаеробної потужності, рухливості й загального рівня функціональної підготовленості.

Результати свідчать про те, що з підвищенням кваліфікації спортсменів від МС до МСМК і ЗМС зростає здатність організму борців до виконання високоінтенсивної короткочасної роботи за рахунок анаеробних джерел енергії, здатність до якнайшвидшого відновлення функцій після фізичного навантаження, загальний рівень функціональної підготовленості.

Оскільки рівень ФП спортсменів визначався за функціональними проявами функцій дихання й кровообігу у відповідь на виконуваних тестових навантажень й за досягнутими показниками працездатності, було вивчено взаємозв'язки показників структури ФП між собою та їх зв'язок із ваговою категорією, кваліфікацією й рівнем спеціальної працездатності борців, а також розроблено відповідні модельні характеристики.

За допомогою методу покрокової регресії була розроблена модель, що відтворює співвідношення факторів структури ФП борців у процесі їх парціального й взаємодіючого впливу на рівень загальної фізичної підготовленості (ЗФП) борців:

$$y = 10,496 + 0,282 \cdot x^1 + 0,312 \cdot x^2 + 0,174 \cdot x^3; \\ r = 0,988; p = 0,0097 \quad (2)$$

де  $y$  – загальний рівень ФП, %;  $x^1$  – рухливість, %;  $x^2$  – анаеробна потужність, %;  $x^3$  – економічність, %.

Високі коефіцієнти множинної кореляції ( $r=0,988$ ) і детермінації ( $d = 0,977$ ) свідчать про те, що дана модель високопрогностична, вона пояснює 97,7 % варіації загального рівня ФП і дозволяє робити досить точні прогнози при зміні окремих показників моделі або їх співвідношень: анаеробної потужності, рухливості, економічності. На рисунку 2 подано результати моделювання за допомогою даного рівняння, які свідчать про те, що на загальний рівень ФП значно впливає показник анаеробної потужності, незначно – показник економічності. Найбільші зрушення спостерігаються у випадку одночасної зміни всіх компонентів моделі (5 і 9-й стовпчики).

Результати прогностичного моделювання зміни загального рівня ФП в умовах збільшення або зменшення на 20 % факторів рухливості, анаеробної потужності, економічності показали, що найбільші зміни на рівні загальної ФП спостерігаються при найвищих значеннях анаеробної потужності, рухливості й економічності.

Дисперсійний аналіз трьохфакторних комплексів дозволив визначити ступінь впливу всіх у цілому та і кожного з них зокрема на загальний рівень ФП спортсменів (табл. 1).

Результати дисперсійного аналізу показують, що найбільший вплив на загальний рівень ФП виявляє фактор анаеробної потужності ( $d = 0,6954$ ,  $p < 0,01$ ), потім – рухливості ( $d = 0,2138$ ,  $p < 0,01$ ). Фактор економічності, що ввійшов у модель, впливає на загальний рівень ФП кваліфікованих борців. Сумарний вплив трьох досліджуваних факторів з урахуванням їх взаємодії на загальний рівень ФП становить 97,7 % ( $p < 0,001$ ).

Перспективою поданих досліджень є фундаментально новий підхід до математичного моделювання в сучасній спортивній науці – нейрокомп'ютинг –

**Таблиця 1** – Розподіл дисперсії загального рівня фізичної підготовки за факторами

Фактор	Сума квадратів	P	% дисперсії	Кумулятивна дисперсія, %
Анаеробна потужність	10441,6	0,0000	69,54	69,54
Рухливість	3209,7	0,0000	21,38	90,92
Економічність	171,5	0,1628	1,14	92,06
Невраховані	1191,8		7,94	100

це технологія створення систем обробки інформації (наприклад, нейронних мереж), які здатні генеруватимуть, правила й алгоритми обробки у вигляді адаптивної відповіді в умовах функціонування в конкретному інформаційному середовищі. Такий підхід не вимагає готових алгоритмів і правил обробки – система повинна «уміти» виробляти правила й модифікувати їх у процесі вирішення конкретних завдань, тобто бути здатною «вчитися». Навчання нейронної мережі засноване на тому, що ми знаємо, яким повинен бути вихідний сигнал. Дані за минулі періоди містять структурні залежності, виявивши які можна визначити поведінку системи в майбутньому. Порівняно з традиційними методами математичної статистики, нейромережеві технології дозволяють виявляти нелінійні закономірності в дуже зашумлених неоднорідних даних, забезпечують високу якість рішень за умови заданого комплексу показників, так і при відносно невеликих обсягах розрізнених даних. До найбільш перспективних завдань нейромережевого моделювання в спорті слід віднести: прогнозування спортивного (рекордного) результату, відбір і селекцію (профілювання спортсменів), оцінювання можливостей спортсмена; оптимізацію параметрів тренувальної програми.

## Висновки

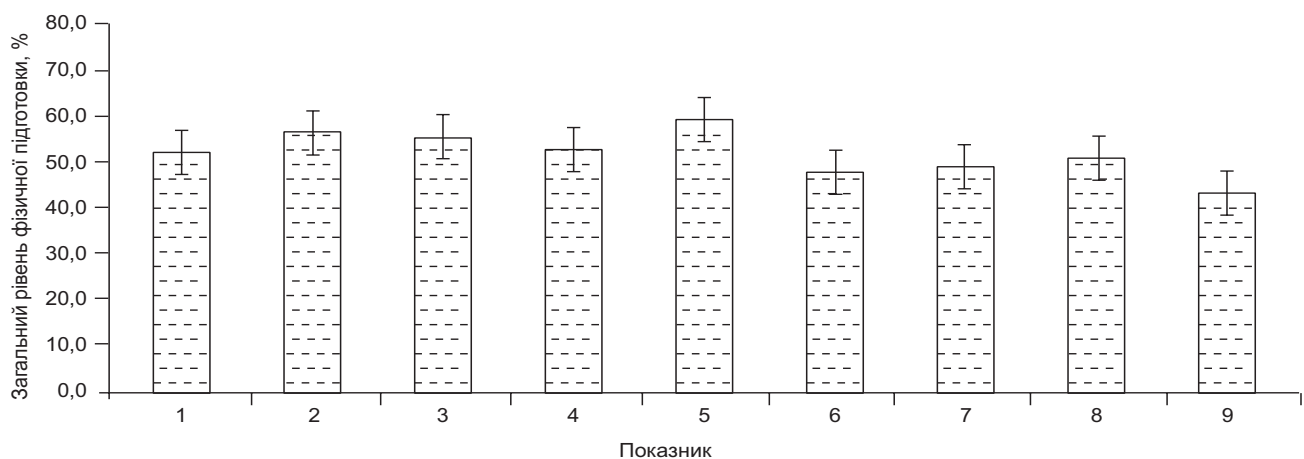
Анаеробна потужність і загальний рівень ФП є провідними інтегративними показниками структури ФП борців, що проявляють високі взаємозв'язки з їхньою кваліфікацією, ваговою категорією й рівнем спеціальної працездатності.

Прояв високої спеціальної працездатності в спортивній боротьбі значною мірою визначається механізмами анаеробного енергозабезпечення. Зростання питомої ролі провідних функціональних параметрів, що визначають кваліфікацію й рівень спеціальної працездатності борців, є одним з найважливіших критеріїв специфіки вдосконалення структури ФП.

Розроблені математичні моделі можуть використовуватися як для характеристики рівня ФП кваліфікованих борців, так і для її оцінювання в динаміці спортивного вдосконалення, а також для моделювання різних варіантів структури ФП борців при досягненні запланованого результату, для корекції тренувального процесу спортсменів на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей, розширення їх функціональних резервів, прогнозування “зривів” адаптаційних процесів, при відборі спортсменів.

Сьогодні одним із перспективних напрямів у моделюванні оптимальної структури ФП борців, а також прогнозуванні способів удосконалення функціональної підготовленості (на основі контролю як тренувальної, так і змагальної діяльності спортсмена) слід визнати нейрокомп'ютинг.

**Перспективи подальших досліджень** полягають в оптимізації структури ФП борців окремих вагових категорій, а також корекції тренувального процесу для підвищення резервних можливостей окремих спортсменів кожної вагової категорії на основі використання нейрокомп'ютингу.



**Рисунок 2** – Моделювання залежності загального рівня фізичної підготовки від складових функціональної підготовленості (ФП) борців: рухливості, анаеробної потужності, економічності, %: 1 – вихідний рівень загальної ФП; 2–4 – рівень загальної ФП при збільшенні на 20 % показників анаеробної потужності (2), рухливості (3), економічності (4) при вихідних значеннях двох інших факторів; 5 – рівень загальної ФП при збільшенні на 20 % усіх факторів; 6–8 – загальний рівень ФП при зменшенні на 20 % анаеробної потужності (2), рухливості (3), економічності (4) при вихідних значеннях двох інших факторів; 9 – рівень загальної ФП при зменшенні на 20 % усіх проаналізованих факторів.

## Література

1. *Бойко В.Ф.* Физическая подготовка борцов / В. Ф. Бойко, Г. В. Данько. – К.: Олимп. лит., 2004. – 225 с.
2. *Данько Г. В.* Особенности контроля за состоянием специальной работоспособности борцов на этапе непосредственной подготовки к соревнованиям / Г. В. Данько // Физ. воспитание студ. творческих спец.: сб. науч. тр. / под ред. С. С. Ермакова. – Х.: ХГАДИ (ХХПИ), 2004. – № 3. – С. 3–7.
3. *Данько Т. Г.* Характеристика структуры функциональной подготовленности борцов высокой квалификации на предсоревновательном этапе подготовки / Т. Г. Данько // Педагогіка, психологія та мед.-біол. пробл. фіз. виховання і спорту. – Х.: ХДАДМ (ХХПИ), 2008. – № 3. – С. 72–78.
4. *Коленков О. В.* Моделювання спеціальної фізичної підготовленості борців високої кваліфікації в ключовому макроциклі на етапі максимальної реалізації індивідуальних можливостей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. наук з фіз. виховання і спорту: спец. 24.00.01 «Олімпійський і професійний спорт» / О. В. Коленков; НУФВСУ. – К.: 2007. – 20 с.
5. *Малинский И. И.* Индивидуальные особенности функциональной подготовленности квалифицированных борцов вольного стиля (включая возрастные отличия): дис. ... канд. наук по физ. воспитанию и спорту : спец. 24.00.01 «Олимпийский и профессиональный спорт» / И. И. Малинский; НУФВСУ. – К., 2002. – 171 с.
6. *Мищенко В. С.* Функциональная подготовленность квалифицированных спортсменов: подходы к повышению специализированности оценки и направленному совершенствованию / В. С. Мищенко, А. И. Павлик, В. А. Сиренко и др. // Наука в олимп. спорте. Спец. вып. – 1999. – С. 61–69.
7. *Платонов В. Н.* Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение. – К.: Олимп. лит., 2004. – 808 с.
8. *Приймаков А. А.* Взаимосвязи компонентов структуры функциональной подготовленности борцов высокой квалификации на предсоревновательном этапе подготовки / А. А. Приймаков, Т. Г. Данько, Я. Ящанин // Актуал. пробл. суч. біомеханіки фіз. виховання та спорту. – Вісн. Чернігів. держ. пед. ун-ту. – Чернігів, 2008. – Вип. 54. – С. 208–213.
9. *Jagiello W.* Age peculiarities of speed and endurance development in young judo athletes / W. Jagiello, Kalina, S. Tkaczuk // Biology of Sport. – 2001. – Vol. 18, N 4. – S. 281–295.

## References

1. *Boiko V. F.* Physical training of wrestlers / V. F. Boiko, G. V. Danko. – Kyiv: Olympic literature, 2004. – 225 p.
2. *Danko G. V.* Features of the control for the special performance state in wrestlers at the stage of direct training for competitions / G. V. Danko // Physical education of the students of creative specialties: proceedings of scientific papers, ed. S.S. Ermakov. – Kharkiv: KhSADA (KhAPI), 2004. – N 3. – P. 3–7.
3. *Danko T. G.* Characterization of the structure of physiological fitness of elite wrestlers at the precompetitive training stage / T. G. Danko // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports. – Kharkiv: KhSADA (KhAPI), 2008. – N 3. – P. 72–78.
4. *Kolenkov A.V.* Modeling the special physical preparedness of highly skilled wrestlers in final macrocycle at the stage of maximal realization of individual capabilities: authoref. of the dis. of Cand. of Sci. in physical education and sports: speciality 24.00.01 "Olympic and professional sports" / A. V. Kolenkov; NUPESU. – Kyiv, 2007. – 20 p.
5. *Malynsky I. I.* Individual features of physiological fitness of qualified freestyle wrestlers (including age differences): dis. of Cand. of Sci. in physical education and sports: speciality 24.00.01 "Olympic and professional sports" / Igor Iosiphovich Malinsky; NUPESU. – Kyiv, 2002. – 171 p.
6. *Mishchenko V. S.* Physiological fitness of qualified athletes: approaches to enhancement of assessment specialization and targeted improvement / V. S. Mishchenko, A. I. Pavlik, V. A. Syrenko etc. // Science in Olympic sports, Spec. is. – 1999. – P. 61–69.
7. *Platonov V. N.* System of preparation of athletes in Olympic sports. The general theory and its practical application / V. N. Platonov. – Kiev: Olympic literature, 2004. – 808 p.
8. *Pryimakov A. A.* Interconnections of structural components of physiological fitness of elite wrestlers at the precompetitive training stage / A. A. Pryimakov, T. G. Danko, Ya. Yashchanin // Actual problems of modern biomechanics in physical education and sports. – Visnyk Chernihivskogo derzh. universitetu. – Chernihiv, 2008. – Is. 54. – P. 208–213.
9. *Jagiello W.* Age peculiarities of speed and endurance development in young judo athletes / W. Jagiello, R. M. Kalina, S. Tkaczuk. // Biology of Sport. – 2001. – Vol. 18, N 4. – S. 281–295.