ISSN 2221-1217

*ФІЗИЧНА АКТИВНІСТЬ, ЗДОРОВ'Я І СПОРТ. 2017. №4(30). С. 19-31*

*PHYSICAL ACTIVITY HEALTH AND SPORT. 2017. №4(30). P. 19-31*

УДК 378.016:796.011.3:612.172-057.875(045)

# ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІГРОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ, ЯКІ СПЕЦІАЛІЗУЮТЬСЯ У ВОЛЕЙБОЛІ

**Сергій ПРИЙМАК**

*Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна, e-mail: Spriimak1972@gmail.com*

**Анотація.** Моделювання фізичного стану організму студентів різних груп спортивно-педагогічного удосконалення (СПУ), які відрізняються за метою, біомеханічними параметрами рухів, характером м'язових скорочень, потужністю і тривалістю роботи, механізмами енергозабезпечення відповідно до особливостей виду спорту із застосуванням інтелектуального аналізу даних, дає змогу деталізувати співвідношення засобів і методів, які застосовують у педагогічному процесі. *Мета* – з'ясувати структуру та відповідність функціонального стану систем організму студентів, які спеціалізуються у волейболі, залежно від домінування режимів енергозабезпечення реалізації діяльності. *Організація.* У дослідженнях брало участь 27 осіб чоловічої статі віком 19–21 рік, що відвідують секцію СПУ з волейболу і належать до основного складу студентської команди спортивного волейбольного клубу «Буревісник», який діє на базі факультету фізичного виховання Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка. *Результати.* За підсумками проведених досліджень було виокремлено інформативні ознаки, які з високою вірогідністю диференціюють студентів-волейболістів за ігровими амплуа та домінуванням в їхній ігровій діяльності атакувальних або захисних дій. Гравці, у яких домінує швидкісно-силовий компонент реалізації діяльності (лінії атаки), мали відносно низькі абсолютні значення потужності серцевого ритму та загальну потужність спектра варіабельності серцевого ритму (ВСР). Натомість гравці з домінуванням аеробного компонента (лінії оборони) мали високі абсолютні значення потужностей ВСР, що супроводжується значним недовідновленням абсолютних значень спектральних потужностей після виконання дозованих фізичних навантажень циклічного характеру. Для гравців з гіперстенічним типом будови тіла, яким притаманне домінування анаеробного швидкісно-силового компонента реалізації діяльності, характерним є наявність кисневого дефіциту під час виконання циклічних навантажень аеробного характеру, менші значення спектральних потужностей ВСР у фазі реституції після виконання проби $PWC_{170}$. Для гравців з домінуванням аеробного компонента реалізації діяльності характерною є більша варіабельність серцевого ритму при меншій централізації регуляції ВСР. Гравці з домінуванням парасимпатичної регуляції ВСР мають відносно високі абсолютні значення потужності всіх спектрів як у базальних умовах, так і під час реституції.

**Ключові слова:** біопедагогіка, освітній процес, волейбол, студенти, штучний інтелект, фізичний стан організму.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Функціями штучного інтелекту є розроблення і впровадження методів комп'ютерного моделювання для реалізації різноспрямованих завдань у різних галузях науки та техніки. Застосування складних інструментів аналізу дає змогу виявити особливості, які не можуть бути визначені за допомогою описових статистичних методів інтерпретації даних. Методи штучного інтелекту, які стали доступними для застосування завдяки розширенню можливостей апаратно-програмного забезпечення дослідницьких завдань, що базуються на запам'ятовуванні (дерева розв'язків, апроксимаційні моделі на основі сумішей гаусових розподілів, регресійні алгоритми, вірогіднісні нейронні мережі, векторні машини підтримки, k-найближчих сусідів, імовірнісні орієнтовані ациклічні графові моделі тощо), мають прикладне значення у багатьох галузях науки і техніки для реалізації проблем асоціації, класифікації, сегментації, діагностики і прогнозування [11].

Методи штучного інтелекту останнім часом мають застосування у забезпеченні управлінням складними кібернетичними системами, пов'язаними з підготовкою фахівців з фізичного виховання і спорту у процесі спортивно-педагогічного удосконалення (СПУ) студентів.

© Приймак С., 2017

Зокрема, складні методи машинного навчання й інтелектуальний аналіз даних у фізичній культурі та спортивній аналітиці важливі для обґрунтування ухвалення рішень з різноспрямованих аспектів спортивно-педагогічної діяльності, а саме: фінансове забезпечення команд і клубів, моделювання тренувального процесу й техніко-тактичного плану дій і стратегій на змаганнях, прогнозування і профілактика травматизму, прогнозування результатів матчів тощо [10, 11, 13].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання цієї проблеми.** В окремих роботах розглянуто такі питання: моделювання параметрів серцевого ритму для оцінювання працездатності бігунів і велосипедистів на тренувальних заняттях [9]; моделювання фізіологічних процесів, які впливають на фізичну працездатність під час підготовки велосипедистів; розроблення методів кількісного оцінювання педагогічного впливу під час виконання фізичних навантажень [8]; оптимізація швидкості руху велосипедистів, детермінована режимом енергозабезпечення тренувальних та змагальних навантажень [7]. Водночас у цих роботах не розглянуто структуру та моделі фізичного стану організму студентів різних груп СПУ, які відрізняються біомеханічними параметрами рухів; характером м'язових скорочень, потужністю і тривалістю роботи, режимами енергозабезпечення відповідно до особливостей виду спорту (ігрового амплуа, кваліфікації, вагової категорії тощо) із застосуванням інтелектуального аналізу даних.

**Мета** – з'ясувати структуру та відповідність функціонального стану систем організму студентів, які спеціалізуються у волейболі, залежно від домінування режимів енергозабезпечення реалізації діяльності.

**Методи та організація дослідження.** У дослідженнях брало участь 27 осіб чоловічої статі віком 19–21 рік, які відвідували секцію СПУ з волейболу і належали до основного складу студентської команди спортивного волейбольного клубу «Буревісник» ШВСМ, що діє на базі факультету фізичного виховання Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, з яких – 20 майстрів спорту і кандидатів у майстри спорту України, 7 спортсменів І розряду. Дослідження проведено впродовж квітня – травня 2013 року на базі лабораторії психофізіології м'язової діяльності зазначеного університету відповідно до таких тем: «Дидактичні основи формування рухової функції осіб, які займаються фізичним вихованням і спортом» (номер 0108U 000854 від 19 лютого 2008 року); «Методичні засади професійної підготовки майбутніх вчителів фізичного виховання до формування здорового способу життя сучасної молоді» (номер 0110U 000020 від 29 січня 2010 року).

Особливості тотальних розмірів тіла вивчали згідно зі стандартизованою методикою: реєстрували показники довжини тіла та окремих сегментів (довжину тулуба, корпуса, нижньої та верхньої кінцівок), маси тіла, обводу грудної клітки (ОГК) у спокої, фазах вдиху і видиху, життєвої ємності легень (ЖЄЛ), сили м'язів кисті і спини [2]. Особливості вегетативної регуляції серцевого ритму вивчали на підставі аналізу показників ВРС 5–7-хвилинних фрагментів електрокардіограми за допомогою монітора серцевого ритму Polar RS 800 (Polar Electro, Finland). Дані проаналізовано за допомогою програмного забезпечення Kubios HRV 2.1 (Kuopio, Finland). Артефакти й екстрасистоли видаляли з електронного запису за допомогою ручного методу. Аналізували такі показники ВРС: RRNN, SDNN, RMSSD, $pNN_{50}$ [3, 5]. Серед показників спектрального (частотного) аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) та кардіоінтервалографії (КІГ) оцінювали такі: загальну потужність спектра (Total Power, TP), потужність високочастотного (High Frequency, HF), низькочастотного (Low Frequency, LF) і наднизькочастотного (Very Low Frequency, VLF) компонентів, внесок зазначених компонентів у загальну потужність спектра, а також співвідношення LF до HF хвиль, розрахованих відповідно до абсолютних ($мс^2$) одиниць (LF/HF, у. о.); Мо, АМо, ΔХ, ІН (за Р. М. Баєвським). Аналізовані показники реєстрували відповідно до рекомендацій спільного засідання Європейського товариства кардіологів та Північно-Американського товариства електростимуляції і електрофізіології щодо єдиних стандартів для аналізу варіабельності ритму серця [12].

Периферичну кисневу сатурацію ($SpO_2$,%) визначали за допомогою фотоплетизмографічної методики із застосуванням пульсокиметра Ohmeda Biox 3700e Puls-Oximeter (Ohmeda, USA), інтегрованого з комп'ютером для тривалого моніторингу пульсової хвилі з можливістю запису, аналізу та інтерпретації результатів [5]. Параметри пульсової хвилі реєстрували за допомогою фотоплетизмографічного давача на дистальній фаланзі 3 пальця лівої кисті у стані спокою в положенні сидячи та через 7 хв після виконання проби $PWC_{170}$ синхронно з параметрами серцевого ритму. Під час реєстрації зазначених показників обстежуваного обмежували від впливу аудіовізуальних подразників за допомогою світлоізолювальної тканинної маски чорного кольору та звукопоглинальнох навушників, які не створювали дискомфорту.

Виконання проби $PWC_{170}$ здіснювалося на велоергометрі ВЭ-02 із застосуванням 2 навантажень тривалістю 5 хв із трихвилинним періодом відпочинку між навантаженнями відповідно до стандартів її виконання [1]. Дозування І навантаження здійснювалося відповідно до маси тіла обстежуваного згідно з методикою проведення проби [1]. Потужність ІІ навантаження залежала від потужності І і ЧСС в останні 30 с виконання. Оцінювання рівня фізичної працездатності відбувалася на підставі розрахунку абсолютних (кгм·хв$^{-1}$) та відносних (кгм·хв$^{-1}$·кг$^{-1}$) значень $PWC_{170}$ відповідно до маси тіла обстежуваного. У стані спокою, після І та ІІ навантажень, у фазах реституції (через 3 хв після І та 7 хв після ІІ навантажень) визначали зазначені показники.

Студенти були ознайомлені зі змістом тестів і дали згоду на їх проведення. Під час проведення комплексних обстежень дотримувалися законодавства України про охорону здоров'я, Гельсінської декларації 2013 р., директиви Європейського товариства 86/609 щодо участі людей у медико-біологічних дослідженнях.

Для класифікації студентів у відповідності до домінування режимів енергозабезпечення реалізації діяльності було застосовано один із методів машинного навчання – дерево розв'язків (decision trees). З цією метою було використано мову Python (v. 3.6.3 Anaconda custom) та пакет scikit-learn (v. 0.19.1) [4].

**Виклад основного матеріалу.** Для досягнення поставленої мети групу студентів було розділено на 2 набори даних – навчальний і тестовий, що дало змогу визначити впливовість окремих ознак на рівень успішності спортивно-педагогічної діяльності. Зокрема, навчальний і тестовий набори вказують на відповідний характер вірогідності побудованої моделі. Так, на першій глибині дерева спостерігається, відносно низький рівень правильності на навчальному наборі (0,600), за умови високого рівня тестового набору, що, на нашу думку, не пояснює ієрархію і діапазон коливань ознак, які вивчають. Отож для оптимізації дерева розв'язків ми вирішили його поглибити до 3 рівня, що забезпечило правильність класифікації навчального набору 100,0 %, тестового – 28,6 %.

Результатом проведеного аналізу було відокремлення 6 найвпливовіших ознак, які з високою вірогідністю диференціюють студентів за ігровими амплуа та домінуванням під час реалізації діяльності гравців атакувальних або захисних дій, зокрема абсолютних значень потужності високочастотної складової частини спектра варіабельності серцевого ритму (High Frequency, мс$^2$) у фазі реституції через 7 хв після виконання проби $PWC_{170}$, варіаційного розмаху кардіоінтервалів R-R ($\Delta X$, с) і мінімального його значення ($X_{min}$, с) безпосередньо після виконання проби $PWC_{170}$, довжини верхньої кінцівки (см), маси тіла (кг) та обводу грудної клітки у фазі видиху ($ОГК_{вид}$, см) (рис. 1).

Як видно з визначених ознак, що детермінують морфофункціональний стан систем організму студентів-волейболістів, найінформативнішим є показник абсолютного значення потужності високочастотної складової частини спектра варіабельності серцевого ритму (High Frequency, мс$^2$) у фазі реституції через 7 хв після виконання проби $PWC_{170}$, який виокремлює 2 групи студентів, що мають діапазон коливання цієї ознаки в межах 59,770–171,365 мс$^2$ (37,04 % обстежуваних) та 198,4064–1902,859 мс$^2$ (62,96 % обстежуваних) (див. рис. 1). Перша група об'єднує діагональних нападників (5 осіб із 5), нападників І темпу – централь-

них блокувальників (2 особи із 4), зв'язувальних гравців (2 особи із 4) та нападників атаки II темпу (1 особа із 11). Для них характерними є відносно низькі значення потужності високочастотної складової частини спектра ВСР. До другої групи з відносно високими значеннями вказаної ознаки (198,4064–1902,859 мс$^2$) належать нападники атаки II темпу (10 осіб із 11), ліберо (3 особи із 3), зв'язні гравці (2 особи із 4) та нападники атаки I темпу (2 особи із 4).

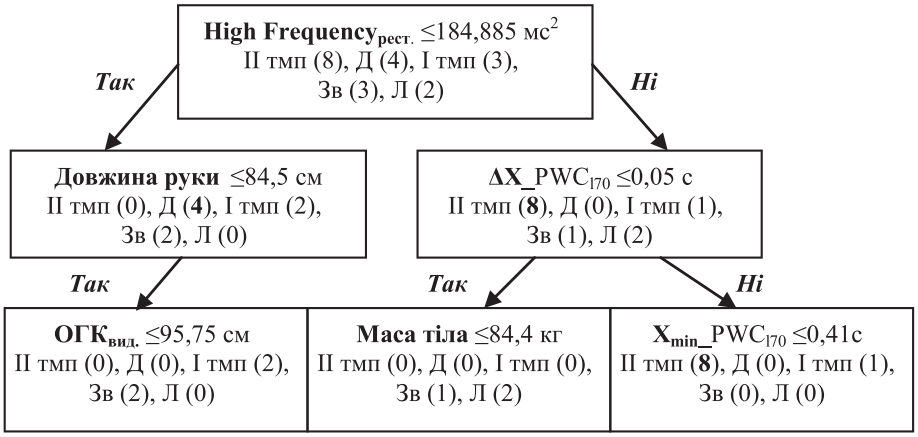



**Рис. 1. Дерево розв'язків диференціації студентів-волейболістів за ігровими амплуа**

*Примітки: II тмп – нападник II темпу;*
*Д – діагональний нападник;*
*I тмп – нападник I темпу (центральний блокувальний нападник);*
*Зв – зв'язувальний гравець; Л – ліберо;*
*ΔX_PWC$_{170}$ – варіаційний розмах кардіоінтервалів R-R (ΔX, с) після виконання проби PWC$_{170}$; X$_{min}$–PWC$_{170}$ – мінімальне значення кардіоінтервалів R-R у варіаційному ряді після виконання проби PWC$_{170}$;*
*ОГК$_{вид.}$ – обвід грудної клітки у фазі видиху.*

Домінантними амплуа, у яких спостерігається відносно низька потужність HF (мс$^2$), були діагональні нападники (5 осіб із 5), а з високими значеннями цієї ознаки – нападники II темпу (10 осіб із 11) та ліберо (3 особи із 3). Оскільки потужності окремих складових частин спектра варіабельності серцевого ритму детермінують сумарну потужність спектра ВСР (Total Power, мс$^2$), для гравців окремих амплуа існують особливості енергетичного забезпечення ігрової діяльності. Зокрема, для гравців, у яких потужність високочастотної складової частини спектра варіабельності серцевого ритму (HF$_{рест.}$) у фазі реституції >184,885 мс$^2$, характерними були більші значення потужності окремих компонентів спектра ВСР та сумарної потужності спектра ВСР як у базальних умовах (VLF$_{баз.}$, мс$^2$; LF$_{баз.}$, мс$^2$; HF$_{баз.}$, мс$^2$; TP$_{баз.}$, мс$^2$), так і у фазі реституції після виконання проби PWC$_{170}$ (VLF$_{рест.}$, мс$^2$; LF$_{рест.}$, мс$^2$; HF$_{рест.}$, мс$^2$; TP$_{рест.}$, мс$^2$). Вони істотно відрізнялися (2,32–719,59 %) від гравців, у яких ця ознака була в діапазоні 198,4064–1902,859 мс$^2$. Найбільші відмінності за цими показниками (454,04–719,59 %) спостерігали у фазі реституції після виконання проби за умови відносно незначних відмінностей (2,32–16,07 %) спектральних потужностей у базальних умовах. Винятком у базальних умовах була істотна відмінність потужності високочастотного компонента спектра ВСР (High Frequency, мс$^2$), який на 69,25 % більший у групі зі швидкою реституцією цієї ознаки.

Оскільки високочастотний компонент спектра ВСР є основним компонентом вагусної активності, який відображається потужністю дихальних хвиль серцевого ритму, слід вказати на домінування у нападників II темпу та ліберо аеробного енергозабезпечення реалізації діяльності. Для них характерним є вищий рівень фізичної працездатності та менший час відновлення показників спектральних потужностей ВСР. При цьому трофічно-кисневе забезпечення виконання проби ($SpO_2$) не залежало від амплуа і у фазі реституції відновлювалось у повному обсязі.

На нашу думку, ці особливості пов'язані з домінуванням у гравців лінії захисту (зв'язних гравців та ліберо) аеробного енергозабезпечення на відміну від атакувальних гравців

(діагональні нападники), у яких анаеробний режим роботи визначає успішність реалізації діяльності. Для гравців з домінуванням анаеробного забезпечення роботи характерним було виконання проби з високою енергетичною «ціною», на що вказують параметри спектральних потужностей ВСР, що своєю чергою призводило до нижчих значень результатів виконання проби (кгм·хв$^{-1}$·кг$^{-1}$). Для організму цих гравців виконання проби реалізується під час напруження регуляторних систем завдяки церебральним ерготропним (гуморальним) і нервовим субстратам, специфічним для виконання швидкісно-силової ациклічної роботи, що, на нашу думку, є компенсувальним чинником, який детермінує особливості енергетичного забезпечення їх діяльності. Підтвердженням цього висновку була певна перевага у гравців лінії атаки за показником затримки дихання на вдиху, який є детермінантою стійкості організму до гіпоксії на відміну від результатів виконання проби Штанге (час затримки дихання на видиху), яка більшою мірою взаємопов'язана з мотивацією та здатністю індивіда до прояву вольових зусиль [6]. Натомість гравці з більш розвинутими аеробними можливостями виконували роботу в економнішому режимі енергозабезпечення завдяки парасимпатичному компонентові регуляції ВСР, що свідчить про домінування аеробного компонента діяльності гравців лінії захисту. При цьому гравці лінії атаки і захисту незначно відрізнялися за показниками відносної сили м'язів кисті та спини (табл. 1).

*Таблиця 1*

**Показники високочастотного компонента спектра варіабельності серцевого ритму (High Frequency, мс$^2$) та окремі морфофункціональні показники у студентів-волейболістів у фазі реституції після виконання проби PWC$_{170}$**

| Показники | | $HF_{рест}$, мс$^2$ | | Δ,% |
|---|---|---|---|---|
| | | ≤184,885 | >184,885 | |
| VLF, мс$^2$ | базальні умови | 1675,86±365,54 | 1637,80±245,32 | -2,32 |
| | у фазі реституції | 69,28±8,23 | 567,77±54,16 | +719,53 |
| Δ,% | | 2318,97 | 188,46 | -2130,51 |
| LF, мс$^2$ | базальні умови | 1451,58±188,65 | 1684,91±126,87 | +16,07 |
| | у фазі реституції | 93,72±6,54 | 754,38±88,78 | +704,93 |
| Δ,% | | 1448,85 | 123,35 | -1325,50 |
| HF, мс$^2$ | базальні умови | 592,40±64,54 | 1002,63±103,65 | +69,25 |
| | у фазі реституції | 118,74±16,32 | 657,87±65,42 | +454,04 |
| Δ,% | | 398,91 | 52,41 | -346,50 |
| TP, мс$^2$ | базальні умови | 3980,02±254,63 | 4160,80±365,45 | +4,54 |
| | у фазі реституції | 281,75±57,36 | 1980,02±88,74 | +602,76 |
| Δ,% | | 1312,61 | 110,14 | -1202,47 |
| Час затримки дихання на вдиху, с | | 139,74±13,32 | 155,58±8,65 | +11,34 |
| Час затримки дихання на видиху, с | | 95,98±7,54 | 95,23±3,21 | -0,78 |
| $F_{max\ (K)}$, кг× маса тіла, кг$^{-1}$, у. о. | | 0,594±0,09 | 0,590±0,06 | -0,67 |
| $F_{max\ (C))}$, кг × маса тіла, кг$^{-1}$, у. о. | | 1,434±0,12 | 1,476±0,11 | +2,93 |
| $PWC_{170}$× маса тіла, кг$^{-1}$, кгм·хв$^{-1}$·кг$^{-1}$ | | 17,084±0,36 | 18,793±0,56 | +10,00 |

На нашу думку, такі відмінності енергетичного забезпечення діяльності гравців лінії захисту та оборони пов'язані з техніко-тактичними особливостями реалізації завдань гри. У гравців лінії оборони домінує технічне виконання прийомів у складних умовах діяльності – під час виконання стрибків за вертикальною віссю з незначним пересуванням по ігровому майданчику, на відміну від гравців лінії захисту, у яких реалізація діяльності більшою мірою детермінована пересуванням у фронтальній або сагітальній площині. Це зумовлює домінування у гравців лінії атаки анаеробного, а оборони – аеробного режимів енергозабезпечення реалізації діяльності.

**Другий рівень дерева розв'язків** відокремлює студентів за показниками довжини верхньої кінцівки та варіаційного розмаху кардіоінтервалів R-R (ΔX, с) безпосередньо після виконання проби $PWC_{170}$. Зокрема, групу з домінуванням анаеробного компонента реалізації діяльності (гравці лінії атаки) сформовано із двох підгруп гравців, у яких довжина верхньої кінцівки коливалася в діапазоні 78,50–84,00 см (6 осіб) та 85,00–89,00 см (3 особи) (див. рис. 1). Першу підгрупу, для якої довжина верхньої кінцівки дорівнювала 78,50–84,00 см, становлять зв'язні гравці (2 особи із 2) та нападники I темпу (2 особи із 2) (див. рис. 1), а другу – діагональні нападники (3 особи із 4) (85,00–89,00 см).

Оскільки більшість антропометричних ознак мають вірогідні прямі кореляційні взаємозв'язки ($p \leq 0{,}001$), як із загальною потужністю спектра (Total, мс$^2$), так і окремими її компонентами (VLF, мс$^2$; LF, мс$^2$; HF, мс$^2$) у фазі реституції після проби $PWC_{170}$, то можна стверджувати про наявність на внутрішньогрупової диференціації за домінуванням енергозабезпечення реалізації діяльності (табл. 2).

*Таблиця 2*

**Взаємозв'язок антропометричних ознак зі спектральними компонентами ВСР у фазі реституції після проби $PWC_{170}$**

| Показники | Довжина тіла, см | Довжина тулуба, см | Довжина нижньої кінцівки, см | Довжина верхньої кінцівки, см |
|---|---|---|---|---|
| Довжина верхньої кінцівки, см | 0,793*** | 0,521** | 0,822*** | 1,0 |
| $ОГК_{сп.,}$ см | 0,270 | 0,185 | 0,182 | 0,346* |
| $ОГК_{вд.}$ см | 0,293 | 0,227 | 0,213 | 0,348* |
| $ОГК_{вид.}$ см | 0,333* | 0,226 | 0,182 | 0,345* |
| $VLF_{рест.}$, мс$^2$ | -0,423* | -0,296 | -0,405* | -0,314 |
| $LF_{рест.}$, мс$^2$ | -0,351* | -0,147 | -0,352* | -0,313 |
| $HF_{рест.}$, мс$^2$ | -0,501** | -0,380* | -0,377* | -0,428* |
| $TP_{рест.}$, мс$^2$ | -0,460* | -0,283 | -0,417* | -0,383* |

*Примітки: $LF_{рест.}$, $VLF_{рест.}$, $HF_{рест.}$, $TP_{рест.}$ – потужність наднизькочастотного (Very Low Frequency, VLF), низькочастотного (Low Frequency, LF) та високочастотного (High Frequency) компонентів ВСР та їх загальна потужність (Total Power) у фазі реституції після виконання проби $PWC_{170}$;*
** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \leq 0{,}05$;*
*** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \leq 0{,}01$;*
**** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \leq 0{,}001$.*

Зокрема, особи з меншими значеннями довжини тіла (180,00–201,00 см), верхньої (78,50–84,00 см), нижньої (91,59–104,18 см) кінцівки та ОГК у положенні видиху (91,5–94,50 см) мають певну схильність до домінування парасимпатичного впливу на регуляцію ВСР на відміну від осіб з більшими значеннями цих ознак (196,00–203,00 см; 85,00–89,00 см; 98,12–112,98 см відповідно) (табл. 3). Особам з меншою довжиною верхньої кінцівки притаманне домінування як за загальною потужністю спектра (Total Power, мс$^2$), так і за її компонентами (High Frequency, Low Frequency, Very Low Frequency), співвідношенням низько- до високочастотних компонентів ритму (LF/HF, у. о.).

*Таблиця 3*

**Відповідність довжини верхньої кінцівки окремим морфофункціональним показникам у студентів-волейболістів**

| Показники | Довжина верхньої кінцівки, см | |
|---|---|---|
| | ≤84,5 (78,50–84,00) | >84,5 (85,00–89,00) |
| | 81,25±2,42 | 87,33±1,56 |
| Δ,% | 7,49 | |
| Довжини тіла, см | 180,00–201,00 | 196,00–203,00 |
| | 193,45±7,23 | 199,33±3,04 |
| Δ,% | 3,04 | |
| Довжина нижньої кінцівки, см | 91,59–104,18 | 98,12–112,98 |
| | 97,60±3,94 | 106,96±5,89 |
| Δ,% | 9,59 | |
| $LF_{рест.}$, мс$^2$ * | 36,47–208,14 | 41,15–122,92 |
| | 97,84±41,65 | 70,80±34,74 |
| Δ,% | -27,64 | |
| $VLF_{рест.}$, мс$^2$ * | 22,35–108,54 | 18,32–86,91 |
| | 61,62±37,46 | 48,95±25,31 |
| Δ,% | -20,55 | |
| $HF_{рест.}$, мс$^2$ * | 74,48–171,37 | 59,77–87,61 |
| | 138,44±28,72 | 78,29±12,35 |
| Δ,% | -43,44 | |
| $TP_{рест.}$, мс$^2$ * | 220,76–456,23 | 146,98–297,44 |
| | 330,44±80,50 | 182,34±57,55 |
| Δ,% | -44,82 | |
| $ОГК_{вид.}$, см | 91,5–94,50 | 97,0–110,00 |
| | 95,92±3,08 | 100,00±8,00 |
| Δ,% | 4,26 | |
| LF/HF, у. о. | 0,356–1,488 | 0,472–1,403 |
| | 0,705±0,26 | 0,894±0,34 |
| Δ,% | 26,81 | |

*Примітка. * – умовні позначки див. табл. 2.*

Відмінність, крім того, полягає за показником ОГК у положенні видиху, який з високим рівнем значущості обернено взаємопов'язаний з кисневою сатурацією у базальних умовах і під час виконання проби $PWC_{170}$ та у фазах реституції (табл. 4).

*Таблиця 4*

**Взаємозв'язки обводу грудної клітки у фазах вдиху та видиху з кисневою сатурацією при виконанні проби $PWC_{170}$ студентів загальної групи**

| Показники кисневої сатурації | $ОГК_{вд}$, см | $ОГК_{вид}$, см |
|---|---|---|
| $SpO_{2\ баз.}$,% | -0,271 | -0,334 |
| $SpO_2$ 1 $PWC_{170}$,% | -0,495** | -0,503*** |
| $SpO_2$ $1_{рест.}$ $PWC_{170}$,% | -0,502** | -0,558** |
| $SpO_2$ 2 $PWC_{170}$,% | -0,426* | -0,442* |
| $SpO_2$ $2_{рест.}$ $PWC_{170}$,% | -0,457* | -0,477* |

*Примітки: $SpO_{2\ баз.}$ – сатурація крові киснем у базальних умовах; $SpO_2$ 1 $PWC_{170}$ – киснева сатурація після виконання 1 навантаження проби $PWC_{170}$; $SpO_2$ $1_{рест.}$ $PWC_{170}$ – киснева сатурація у фазі реституції після виконання 1 навантаження проби $PWC_{170}$; $SpO_2$ 2 $PWC_{170}$ – киснева сатурація після виконання 2 навантаження проби $PWC_{170}$; $SpO_2$ $2_{рест.}$ $PWC_{170}$ – киснева сатурація у фазі реституції після виконання 2 навантаження проби $PWC_{170}$;*

** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \le 0,05$;*

*** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \le 0,01$;*

**** – статистична значущість коефіцієнтів кореляції Пірсона на рівні $p \le 0,001$.*

З метою виявлення передумов взаємозалежності антропометричних параметрів і рівня кисневої сатурації, ми в групі студентів, які мають довжину верхньої кінцівки в межах 78,50–84,00 см (6 осіб), виокремили дві підгрупи ОГК у стані видиху з діапазоном коливань цієї ознаки в межах 91,5–94,5 см та 97,0–110 см (табл. 5). Зокрема, виявлено, що для осіб з меншими значеннями цієї ознаки була характерна відповідна відносна сатурація крові киснем ($SpO_2$,%), відмінність якої коливалася в діапазоні 0,23–1,36% залежно від стану визначення. Найбільша відмінність (1,09–1,36%) спостерігалася при виконанні I (1,18%) та II (1,09%) навантажень проби $PWC_{170}$ та у фазі реституції після I (1,36%).

*Таблиця 5*

**Показники високочастотного компонента спектра варіабельності серцевого ритму (ВСР) та окремі функціональні показники у студентів влейболістів у фазі реституції після виконання проби $PWC_{170}$**

| Показники | $ОГК_{вид}$, см | | Δ,% |
|---|---|---|---|
| | ≤95,75 (91,5–94,5) | >95,75 (97,0–110) | |
| Довжина тіла, см | 180,00–201,00 | | |
| Довжина верхньої кінцівки, см | 78,50–84,00 | | |
| Довжина нижньої кінцівки, см | 91,59–104,18 | | |
| $SpO_{2\ баз.}$,% * | 97,64 | 97,41 | -0,23 |
| $SpO_2$ 1 $PWC_{170}$,% * | 97,72 | 96,54 | -1,18 |
| $SpO_2$ $1_{рест.}$ $PWC_{170}$,% * | 98,27 | 96,91 | -1,36 |
| $SpO_2$ 2 $PWC_{170}$,% * | 96,67 | 95,58 | -1,09 |
| $SpO_2$ $2_{рест.}$ $PWC_{170}$,%* | 97,19 | 96,40 | -0,79 |
| Δ $SpO_{2\ баз.}$ – $SpO_2$ $2_{рест.}$ $PWC_{170}$,% * | 0,45 | 1,01 | 0,56 |

*Примітка. * – умовні позначки див. табл. 4.*

Ця закономірність вказує на детермінованість ознак кисневого дефіциту як під час виконання дозованих фізичних навантажень, так і у фазах реституції, що призводить до істотного недовідновлення $SpO_2$ (1,01 %) у групі студентів, які мали схильність до гіперстенічної будови тіла (широкої грудної клітки). Зважаючи на консолідацію у цій групі гравців лінії атаки (2 діагональні нападники, 2 нападники I темпу) з ОГК у стані видиху в межах 97,0–110 см, можна вказувати на їх схильність до домінування швидкісно-силового компонента реалізації діяльності. Гравці з меншими величинами цієї ознаки (91,5–94,5 см) (2 діагональні нападники, 3 зв'язувальні гравці) навпаки мали вищі аеробні можливості відповідно до ігрових функцій.

У групі з домінуванням аеробного компонента реалізації діяльності (переважно гравці лінії оборони – 11 нападників II темпу; 2 нападники I темпу; 2 зв'язувальні гравці; 3 ліберо), у яких спостерігалися відносно високі абсолютні значення потужностей спектра ВСР ($VLF_{рест.}$, мс$^2$; $LF_{рест.}$, мс$^2$; $HF_{рест.}$, мс$^2$; $TP_{рест.}$, мс$^2$), виокремлено дві підгрупи за показником варіаційного розмаху (ΔX, мс) після виконання проби в діапазонах ≤0,05 с (0,040–0,045 с) та >0,5 с (0,06–0,12 с). До підгрупи з відносно високими значеннями варіабельності серцевого ритму (0,06–0,12 с) увійшли студенти, які мали нижчий рівень централізації управління ритмом серця, на що вказує індекс напруження регуляторних систем (за Р. М. Баєвським), який становить 941,58±36,89 (табл. 6). На відміну від цієї підгрупи, студенти з меншими значеннями варіаційного розмаху (0,040–0,045 с) мали схильність до домінування симпатичної ланки управління ритмом серця. При цьому у стані відносного спокою індекс напруження несуттєво відрізнявся в зазначених підгрупах студентів-волейболістів. Ця закономірність може вказувати на домінування в підгрупі з вищими значеннями варіабельності серцевого ритму (ΔX після виконання проби $PWC_{170}$) і меншим рівнем централізації регуляторних механізмів (ІН після виконання проби $PWC_{170}$) більш розвинутих механізмів аеробного енергозабезпечення виконання фізичних навантажень.

*Таблиця 6*

**Показники варіаційного розмаху кардіоінтервалів R-R (ΔX, с) після виконання проби $PWC_{170}$ та окремі морфофункціональні показники у студентів-волейболістів у фазі реституції**

| Показники | | ΔX_$PWC_{170}$, с | | Δ,% |
|---|---|---|---|---|
| | | ≤0,05 (0,04–0,045) | >0,05 (0,06–0,12) | |
| VLF, мс$^2$ | базальні умови | 1512,72±124,66 | 1666,66±116,32 | +9,24 |
| | у фазі реституції | 1278,84±65,32 | 445,67±38,32 | -186,95 |
| Δ,% | | -18,29 | -273,97 | +255,68 |
| LF, мс$^2$ | базальні умови | 1897,83±98,74 | 1635,78±105,16 | -16,02 |
| | у фазі реституції | 1429,17±77,54 | 651,21±56,32 | -119,46 |
| Δ,% | | -32,79 | -151,19 | 118,40 |
| HF, мс$^2$ | базальні умови | 1161,60±63,21 | 994,64±69,78 | -16,79 |
| | у фазі реституції | 1449,35±69,25 | 488,27±16,32 | -196,83 |
| Δ,% | | 19,85 | -103,71 | +123,56 |
| TP, мс$^2$ | базальні умови | 4572,16±116,35 | 4297,07±124,56 | -6,40 |
| | у фазі реституції | 4157,36±235,16 | 1513,45±354,36 | -174,69 |
| Δ,% | | -9,98 | -183,93 | +173,95 |
| ІН (за Р. М. Баєвським) у базальних умовах, у. о. | | 34,39±4,56 | 41,21±2,41 | +19,83 |
| ІН (за Р. М. Баєвським) після виконання проби $PWC_{170}$, у. о. | | 1352,61±59,87 | 941,58±36,89 | -30,39 |
| Час затримки дихання на вдиху, с | | 196,67±14,36 | 146,78±19,87 | -25,37 |
| Час затримки дихання на видиху, с | | 125,00±18,54 | 88,85±9,85 | -28,92 |

Це припущення підтверджують показники стійкості організму до гіпоксії (час затримки дихання на вдиху, видиху), які в підгрупі зі схильністю до централізації варіабельності ритмом серця значно більші (196,67±14,36 і 125,00±18,54 с відповідно), ніж у підгрупі з домінуванням автономних механізмів регуляції (146,78±19,87 і 88,85±9,85 відповідно). Очевидно студентам зі схильністю до домінування гліколітичних механізмів енергозабезпечення діяльності притаманнй менш «економний» режим реалізації циклічних рухових дій аеробної спрямованості, що проявляється у задіянні церебральних механізмів управління ритмом серця і розширеними можливостями стійкості до гіпоксії. Водночас студенти з розширеними аеробними можливостями виконують фізичні навантаження при автономному управлінні СР з меншими можливостями протидії гіпоксії.

**Висновки:**

1. Виокремлено найвпливовіші ознаки, які з високою вірогідністю диференціюють студентів-волейболістів за ігровими амплуа та домінуванням в їхній ігровій діяльності атакувальних або захисних дій. Гравці, у яких домінує швидкісно-силовий компонент реалізації діяльності (лінії атаки), мали відносно низькі абсолютні значення потужності серцевого ритму та загальну потужність спектра ВСР. Натомість гравці з домінуванням аеробного компонента (лінії оборони) мали високі абсолютні значення потужностей ВСР, що супроводжувалося значним недовідновленням абсолютних значень спектральних потужностей після виконання дозованих фізичних навантажень циклічного характеру.

2. Для гравців з гіперстенічним типом будови тіла, яким притаманне домінування анаеробного швидкісно-силового компонента реалізації діяльності, характерним є наявність кисневого дефіциту під час виконання циклічних навантажень аеробного характеру, менші значення спектральних потужностей ВСР у фазі реституції після виконання проби $PWC_{170}$. Для гравців з домінуванням аеробного компонента реалізації діяльності характерною є більша варіабельність серцевого ритму при меншій централізації регуляції ВСР.

3. Гравці з домінуванням парасимпатичної регуляції ВСР мали відносно високі абсолютні значення потужності всіх спектрів як у базальних умовах, так і під час реституції. Для них характерною є більша варіабельність кардіоінтервалів завдяки її мінімальній тривалості ($X_{min}$, с) у межах 0,32–0,40 с.

**Перспективи подальших пошуків у цьому** напрямі спрямовані на розроблення методичної системи розвитку функціональних можливостей майбутніх учителів фізичної культури у процесі спортивно-педагогічного удосконалення.

**Список використаних джерел**

1. Белоцерковский З. Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З. Б. Белоцерковский. – Москва : Советский спорт, 2005. – 312 с.

2. Иваницкий М. Ф. Анатомия человека / М. Ф. Иваницкий. – изд. 7-е. – Москва : Олимпия, 2008. – 624 с.

3. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В. М. Михайлов. – Иваново : Ивановская гос. мед. акад., 2002. – 290 с.

4. Мюллер А. Введение в машинное обучение с помощью Python: руководство для специалистов по работе с данными / Андреас Мюллер, Сара Гвидо. – Москва ; Санкт-Петербург : Диалектика, Альфа-Книга, 2017. – 472 с.

5. Приймак С. Г. Спортивно-педагогічне удосконалення студентів: морфофункціональне забезпечення діяльності : [монографія] / С. Г. Приймак. – Чернігів : Десна, 2018. – 292 с.

6. Романенко В. А. Диагностика двигательных способностей : учеб. пособие. для студ. биол. ф-тов. – Донецк : ДонНУ, 2005. – 290 с.

7. Aftalion A. Optimization of running strategies based on anaerobic energy and variations of velocity / Aftalion A., Bonnans J. F. // SIAM J. Applied Math. – 2014. – Vol. 74, N 5. – P. 1615–1636.

8. Churchill T. Modelling athletic training and performance: a hybrid artificial neural network ensemble approach: PhD Thesis / Churchill T.; University of Canberra, 2014–238 p.

9. Heart rate modelling as a potential physical fitness assessment for runners and cyclists. Proceedings of the Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics Workshop at ECML/ PPKD / Dimitri de Smet, Marc Francaux, Julien M. Hendrickx and Michel Verleysen. – Riva del Garda, Italy, 2016.

10. Gilbert Owusu G. AI and computer-based methods in performance evaluation of sporting feats: an overview / Gilbert Owusu G. // Artifcial Intelligence Review. – 2007. – Vol. 27, N 1. – P. 57–70.

11. Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics ECML / PKDD 4th workshop. – Skopje, Macedonia, 2017.

12. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standarts of Measurement. Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – P. 1043–1065.

13. Wicker P. Analysis of problems using Data Mining techniques – fndings from sports clubs in Germany / Wicker P., Breuer C. // European Journal for Sport and Society. – 2010, Vol. 7, N 2. – P. 131–140.

## ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ИГРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ, СПЕЦИАЛИЗИРУЮЩИХСЯ В ВОЛЕЙБОЛЕ

**Сергей ПРИЙМАК**

*Национальный университет «Черниговский коллегиум» имени Т. Г. Шевченко, Чернигов, Украина, e-mail: Spriimak1972@gmail.com*

**Аннотация.** Моделирование физического состояния организма студентов различных групп спортивно-педагогического совершенствования (СПС), отличающихся целью, биомеханическими параметрами движений, характером мышечных сокращений, мощностью и продолжительностью работы, механизмами энергообеспечения в соответствии с особенностями вида спорта с использованием интеллектуального анализа данных, позволяет детализировать соотношение средств и методов, которые применяются в педагогическом процессе. *Цель* – определить структуру и соответствие функционального состояния систем организма студентов, специализирующихся в волейболе, в зависимости от доминирования режимов энергообеспечения реализации деятельности. *Организация.* В исследованиях принимали участие 27 человек мужского пола в возрасте 19–21 года, посещающих секцию СПС по волейболу и входящих в основной состав студенческой команды спортивного волейбольного клуба «Буревестник», который действует на базе факультета физического воспитания Национального университета «Черниговский коллегиум» имени Т. Г. Шевченко. *Результаты.* По итогам проведенных исследований были выделены информативные признаки, которые с высокой достоверностью дифференцируют студентов-волейболистов по игровыми амплуа и доминированием в их игровой деятельности атакующих или защитных действий. Игроки, у которых доминирует скоростно-силовой компонент реализации деятельности (линии атаки), имели относительно низкие абсолютные значения мощности сердечного ритма и общую мощность спектра ВСР. При этом игроки с доминированием аэробного компонента (линии обороны) имели высокие абсолютные значения мощностей ВСР, сопровождающееся значительным недовосстановлением абсолютных значений спектральных мощностей после выполнения дозированных физических нагрузок циклического характера. Для игроков с гиперстеническим типом телосложения, у которых доминирует

анаэробный скоростно-силовой компонент реализации деятельности, характерно наличие кислородного дефицита при выполнении циклических нагрузок аэробного характера, меньшие значения спектральных мощностей ВСР в фазе реституции после выполнения пробы $PWC_{170}$. У игроков с доминированием аэробного компонента реализации деятельности наблюдается большая вариабельность сердечного ритма при меньшей централизации регуляции ВСР. Для организма игроков, у которых доминирует парасимпатическая регуляция ВСР, характерны относительно высокие абсолютные значения мощности всех спектров как в базальных условиях, так и в период реституции.

**Ключевые слова:** биопедагогика, образовательный процесс, волейбол, студенты, искусственный интеллект, физическое состояние организма.

## ENERGY SUPPLY OF GAME ACTIVITY OF THE STUDENTS SPECIALIZING IN VOLLEYBALL

**Serhij PRYIMAK**

*"Chernigov Collegium" National University named after T. G. Shevchenko,*
*e-mail: Spriimak1972@gmail.com*

**Abstract.** Modeling of the body physical state of the students belonging to various groups of sports and pedagogical improvement (SPI), characterized by the purpose, biomechanical parameters of movements, the nature of muscle contractions, the power and duration of work, energy supply mechanisms in accordance with the peculiarities of the sport using intelligent data analysis allows to detail the ratio of means and methods, which are used in the pedagogical process. *The objective of the study* is to clarify the structure and conformity of the functional state of the body systems of students specializing in volleyball, with the dominance of energy supply regimes for the activities performance. *Organization.* The research involved 27 male participants aged 19–21 who attended the SPI volleyball section and are part of the student first team of the «Burevestnik» sports club, which functions at the facilities of the Physical Education Department of the "Chernigov Collegium" National University named after T. G. Shevchenko. *Results.* According to the results of the studies, informative features were identified, which, with high probability, differentiate students volleyball players according to the playing roles, as well as by the dominance of attacking or defensive actions during their playing activity. Players who are dominated by the speed-strength component of the activity (attack line) had relatively low absolute values of cardiac rate power and the total power of the HRV spectrum. Whereas the players with the dominance of the aerobic component (defense line) had high absolute values of HRV powers, accompanied by a significant insufficient restoration of absolute values of spectral powers after the performance of dose-related physical loads of a cyclic character. For players with a hypersthenic type of constitution, in which the anaerobic speed-strength component of the activity is dominant, the presence of an oxygen deficiency while carrying out cyclic aerobic loads is characteristic, smaller values of the spectral powers of the HRV in the restitution phase after performing the $PWC_{170}$ test could be observed. Players with the dominance of the aerobic component of activity realization display greater variability of the heart rate with less centralization of HRV regulation. Players with dominance of parasympathetic regulation of HRV have relatively high absolute power values of all spectra, both in basal conditions and during restitution.

**Keywords:** biopedagogics, educational process, volleyball, students, artificial intellect, physical state of the body.

**References**

1. Belotserkovskyy Z. B. Erhometrycheskye i kardyolohycheskye kryteryy fyzycheskoy rabotosposobnosty u sportsmenov [Ergometric and cardiological criteria for physical performance among the athletes]. Moscow: Sovetskyy sport, 2005. (*in Russian*)

2. Ivanickij M. F. Anatomiya cheloveka (red. Nikityuk V. A.. Gladysheva A. A.. Sudzilovskiy F. V.) [Anatomy of man]. Moscow: Olympia, 2008. (*in Russian*)

3. Mikhaylov V. M. Variabelnost ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya metoda [Heart rate variability: experience of practical application of the method]. Ivanovo: Ivanovskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya, 2002. (*in Russian*)

4. Müller, Andreas C. Vvedenie v mashinnoe obuchenie s pomoshyu Python: rukovodstvo dlya specialistov po rabote s dannymi [Introduction to machine leaning with Python Beijing]. Moscow, St. Petersburg: Dialektika, Alfa-Kniga, 2017. (*in Russian*)

5. Priymak S. G. Sporty`vno-pedagogichne udoskonalennya studentiv: morfofunkcional`ne zabezpechennya diyal`nosti [Sports and pedagogical improvement of students: morphofunctional conditionality of activity]. Chernigiv: PAT PVK; Desna, 2018. (*in Ukrainian*)

6. Romanenko V. A. Diagnostika dvigatelnyih sposobnostey [Diagnostic of motor abilities]. Donetsk: DonNU, 2005. (*in Russian*)

7. Aftalion A., Bonnans J. F. Optimization of running strategies based on anaerobic energy and variations of velocity. SIAM J. Applied Math 74–5. 2014, 1615–1636.

8. Churchill T. Modelling athletic training and performance: a hybrid artificial neural network ensemble approach. [PhD Thesis]. University of Canberra, 2014. 238.

9. Dimitri de Smet, Marc Francaux, Julien M. Hendrickx and Michel Verleysen. Heart rate modelling as a potential physical fitness assessment for runners and cyclists. Proceedings of the Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics Workshop at ECML/PPKD. Riva del Garda, Italy, September 2016.

10. Gilbert Owusu G. AI and computer-based methods in performance evaluation of sporting feats: an overview Artifcial Intelligence Review, 2007, 27 (1): 57–70.

11. Machine Learning and Data Mining for Sports Analytics ECML / PKDD 4th workshop, 27 September 2017, Skopje, Macedonia, September 18th, 2017.

12. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standarts of Measurement. Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. V.93. – P. 1043–1065.

13. Wicker P., Breuer C. Analysis of problems using Data Mining techniques – fndings from sports clubs in Germany, European Journal for Sport and Society 2010, 7 (2):131–140.

*Стаття надійшла до редколегії 29.11.2017*
*Прийнята до друку 27.12.2017*
*Підписана до друку 29.12.2017*