

Точність шкал оцінювання результатів у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії і за рівнями фізичної підготовленості студентів закладів вищої освіти

Михайлов Віт. В., Михайлов Вол. В., Коростильова Ю. С.

Навчально-спортивна база літніх видів спорту МОУ

Анотація. У дослідженні порівнювались шкали оцінювання на основі математичного моделювання різних способів їхнього укладання у фізичному вихованні студентів. **Мета:** удосконалення методики оцінювання результатів у тестових вправах за рівнями фізичної підготовленості. **Методи:** теоретичний аналіз та узагальнення; тестування; метод лінійної інтерполяції; метод найменших квадратів; метод графіків; методи кореляційного і регресійного аналізу. **Матеріал:** аналізували якість шкал, отриманих за рівняннями лінійної регресії і за оцінками рівнів фізичної підготовки. Якість шкал чотирьох тестових вправ порівнювали за коефіцієнтами детермінації і середньою похибкою апроксимації у відсотках. Для інтегрального підходу до точності шкал використали показники придатності рівнянь множинної регресії визначати фізичну підготовленість різних груп студентів. Рівняння множинної регресії розраховані за результатами фізичної підготовленості студентів 1÷3 курсів ($n = 142$). **Результати:** встановлено, що шкали, бали в яких нараховані за рівняннями лінійної регресії, мають більш високу точність, ніж шкали, які отримані за рівнями фізичної підготовленості. **Висновки:** шкали оцінювання, що укладені за рівняннями лінійної регресії, характеризуються добрим підбором ($D = 99,93 \div 100 \%$) і високою точністю нарахування балів ($\bar{A} = 0,09 \div 0,53 \%$). Шкали, які визначають бали за рівнями фізичної підготовленості, при доброму підборі ($D = 93,81 \div 94,05 \%$) мають недостатню точність ($\bar{A} = 12,07 \div 13,03 \%$), що не дозволяє отримати єдине рівняння множинної регресії, придатного для оцінювання фізичної підготовленості студентів у різних семестрах і курсах навчання. З'ясовано, що шкали оцінювання результатів у чотирьох тестових вправах за рівняннями лінійної регресії, в середньому на $0,44 \pm 0,297$ або $17,1 \%$ більше нараховують балів, ніж шкали, які отримані за рівнями фізичної підготовленості.

Ключові слова: фізичне виховання; шкали оцінювання; фізичні вправи; студенти; рівні фізичної підготовки; рівняння лінійної і множинної регресії; коефіцієнти детермінації й апроксимації.

Вступ. При визначенні ефективності занять фізичним вихованням спеціалісти велику увагу приділяють фізичній (руховій) підготовленості, яку розглядають як важливу складову процесу фізичного виховання студентів закладів вищої освіти (ЗВО). У сучасних дослідженнях широкої розповсюженості набув аналіз результатів виконання тестових вправ за оцінками рівнів фізичної підготовленості. У такому способі оцінювання бали спочатку встановлюють за параметрами (результатами вимірювань), а потім підраховують їхню суму (Начинская, 2008). При тестуванні фізичної підготовленості студентів оцінки

отримують за різними типами шкал: пропорційними, регресивними, прогресивними або сигмовидними. У пропорційній шкалі однаковий приріст результату дає однакову кількість очок. У регресивній шкалі підвищення результату супроводжується зменшенням кількості очок. Прогресивна шкала, навпаки, за покращання результатів у зоні більш високих досягнень, нараховує більше очок. Сигмовидна шкала у зоні низьких досягнень за однаковий приріст результату дає менше очок, а у зоні високих – більший (Зациорский, 1979; Начинская, 2012).

Оцінювання за рівнями фізичної підготовленості дозволило включити у діагностичні комплекси різноманітні тестові вправи, оцінки яких отримані як за

різними типами шкал, так і обчислені у різних одиницях вимірювання (кг, метрах, секундах, повтореннях тощо). Завдяки такому способу нарахування балів були виявлені і усунуті суттєві недоліки методичного і організаційного характеру, показана необхідність підвищення професійної майстерності викладачів, встановлена потреба у покращанні матеріально-технічного і метрологічного забезпечення навчально-виховного процесу. Оцінювання результатів студентів за рівнями фізичної підготовленості розширило можливості використання засобів тестування, сприяло накопиченню значного експериментального матеріалу. Разом з цим, виявилися і певні недоліки (Болтенкова, 2010; Грибан, 2014). З'ясовано, що у такому способі оцінювання шкала нарахування балів дає похибку, яка складає половину кроку рівня підготовки, що може бути більшою, ніж точність вимірювання результатів у конкретній тестовій вправі (Заневський, 2011). За висновками автора, якщо суміжні рівні підготовки розрізняються на 1 бал, то похибка оцінювання досягає 0,5 бала, якщо на 2 бали, то – 1 бал.

Одним із шляхів удосконалення системи оцінювання тестових вправ за рівнями фізичної підготовленості є подальший розвиток методики нарахування балів шляхом математичного моделювання цього процесу на основі рівнянь регресії. Шкали оцінювання у тестових вправах можуть бути утворені за рівняннями лінійної або нелінійної регресії. У фізичному вихованні широкої поширеності набули пропорційні шкали, оцінки в яких отримують за простими рівняннями лінійної регресії.

Обмеження застосування шкал, в яких оцінки здобуті за рівняннями лінійної регресії, полягає не стільки у процедурі їхнього обчислення, скільки у відсутності об'єктивних критеріїв, які б переконливо свідчили про перевагу цього способу нарахування балів. Рівняння регресії укладають на опорних точках. За опорні точки обирають як середнє арифметичне значення між суміжними рівнями

підготовки (Заневський, 2011; Михайлов, Михайлов & Коростильова, 2015, 2016, 2019), так і нормативи, які визначають границі рівнів фізичної підготовленості. При укладанні рівнянь регресії за нормативами, зменшується кількість проміжних розрахунків, але погіршується точність нарахування балів, яка, залишаючись достатньо високою, тим не менш поступається оцінюванню за опорними точками, що отримані за середнє арифметичними значеннями (Михайлов et al, 2019).

Серед вимог, які визначають якість рівнянь регресії спеціалісти першочергово вказують на їхній підбір і точність оцінювання (Базака & Разинков, 2015). Підбір рівнянь регресії встановлюють за коефіцієнтом детермінації. Коефіцієнт детермінації – це один з найбільш ефективних показників адекватності регресійної моделі, міра якості рівняння регресії, характеристика його прогностичної сили (Кремер, Путко & Кремер (Ed), 2007; Руська, 2012). Він дозволяє серед можливих варіантів вибрати регресійну модель, тобто математичний вираз, який найкраще зв'язує залежні (y) і незалежні значення (x) (Іванов, 1990). Підбір рівняння регресії буде добрим, якщо $D > 80\%$ (Базака et al, 2015). Щільність зв'язку між залежними і незалежними показниками рівняння регресії обчислюють за середньою похибкою апроксимації у відсотках ($\bar{A}\%$) (Лещинський, Рязанцева, Юнькова, Юртин & Юнькової (Ed), 2009; Рогачов & Мелихова, 2014; Базака et al, 2015). Якщо залежний показник представлений балами, то $\bar{A}\%$ характеризує точність оцінювання результатів тестової вправи за рівнянням регресії (Михайлов et al, 2019). Точність рівняння регресії буде високою, при $\bar{A} < 5$ (Лещинський et al, 2009) або $\bar{A} < 5 \div 7\%$ (Базака et al, 2015) і незадовільною, якщо $\bar{A} > 15\%$ (Лещинський et al, 2009; Рогачов et al, 2014). Рівняння регресії, яке має $\bar{A} > 15\%$, не використовується до математичного опису фактичних процесів.

Гіпотеза. Розроблення критеріїв придатності шкал нарахування балів буде

сприяти кращому оцінюванню фізичної підготовленості студентів ЗВО.

Метою роботи удосконалення методики оцінювання результатів у тестових вправах за рівнями фізичної підготовки.

Завдання дослідження.

1. Запропонувати критерії придатності шкал, що оцінюють досягнення у тестових вправах з фізичної підготовки.
2. Порівняти точність шкал оцінювання тестових вправ, укладених за рівняннями лінійної регресії і за оцінками рівнів фізичної підготовки.

Матеріал і методи дослідження.

Теоретичний аналіз та узагальнення спеціальної літератури. За методом тестування з'ясували фізичну підготовленість студентів ЗВО (Михайлов et al, 2019). Метод лінійної інтерполяції (Кветний, Богач, Бойко, Софина & Шушура, Кветний (Ed), 2012) використали для укладання шкал оцінювання. Шкали оцінювання отримали для чотирьох тестових вправ за двома способами нарахування балів: за рівняннями лінійної регресії і за рівнями

фізичної підготовки. Шкали уклали у межах від 1 до 5 балів.

Для шкал оцінювання, в яких бали нараховані за рівняннями лінійної регресії, використали формули, які обчислені за методом найменших квадратів (Михайлов et al, 2019). Формули рівнянь, їхній підбір і точність оцінювання за показниками $D\%$ і $\bar{A}\%$ подані у таблиці 1.

Якість шкал оцінювання у тестових вправах визначили за коефіцієнтом детермінації $D = R^2 * 100\%$ і середньою похибкою апроксимації у відсотках за формулою (Лещинський et al, 2009; Рогачов et al, 2014; Базака et al, 2015):

$$\bar{A} = \frac{\sum |y - y_x| / y}{n} 100\%$$

де: Σ – знак суми;

$|y - y_x|$ – різниця за модулем, яку в MS Excel отримали: = ABS (y-y_x);

y – фактичні значення оцінок опорних точок;

y_x – розрахункові значення оцінок опорних точок;

n – обсяг вибірки (кількість опорних результатів у шкалі оцінювання).

Таблиця 1

Рівняння лінійної регресії, які використані для укладання шкал оцінювання результатів у тестових вправах з фізичної підготовленості студентів ЗВО

№	Тестові вправи з фізичної підготовленості студентів	Оцінка за рівняннями лінійної регресії, бали	Якість оцінювання опорних точок	
			D %	$\bar{A}\%$
1.	Стрибок у довжину з місця, м	$Бали_{стриб.} = 5,7792x - 9,9598$	99,98	0,52
2.	Вис на зігнутих руках, с	$Бали_{вис} = 0,0813x + 0,1547$	99,99	0,30
3.	Човниковий біг 4×9 м, с	$Бали_{човн.} = -2,0605x + 23,013$	99,94	0,90
4.	Підйом тулуба в сід за 1 хв., разів	$Бали_{сід} = 0,1574x - 3,3559$	99,96	0,85

Лінійність шкал оцінювання встановили за формою зв'язку між результатами та виставленими балами. При її очевидності обмежились побудовою і аналізом графіків, у інших випадках – скористались формулою критерію зв'язку (Лакин, 1973):

$$t_\gamma = \frac{\gamma}{m_\gamma},$$

де t_γ – критерій зв'язку;

r – коефіцієнт кореляції між результатами і оцінками;

η – кореляційне відношення між результатами і оцінками;

$\gamma = \eta^2 - r^2$ – показник лінійності зв'язку;

$$m_{\gamma} = \frac{2\sqrt{\gamma - \gamma^2(2 - \eta^2 - r^2)}}{\sqrt{n}} - \text{вибіркова}$$

похибка;

n – обсяг вибірки.

Форму зв'язку (лінійна, нелінійна) визначили за критерієм Стьюдента (t_{st}) для $p = 0,05$ при $k = n-2$. Якщо $t_{\phi} < t_{st}$, то зв'язок між результатами і балами у шкалі оцінювання був лінійним.

Рівняння множинної регресії використали як інтегральний показник якості шкал, укладених на основі двох способів нарахування балів. Придатність шкал оцінювання результатів у тестових вправах встановили за здатністю укладених на їхній основі рівнянь множинної регресії визначати фізичну підготовленість різних груп студентів.

Усі обчислення проведені у MS Excel.

Порівнювалась якість шкал, укладених за двома способами нарахування балів, за точністю оцінювання опорних точок тестових вправ і точністю оцінювання фізичної підготовленості студентів.

У дослідженні прийняли участь студенти основного начального відділення технічних спеціальностей ЗВО: 1 курс – 42, 2 і 3 курс – по 50, всього – 142 особи. Оцінка фізичної підготовленості студентів, у заняттях яких були включені елементи

навчання та гра у настільний теніс, виставлялась як середнє арифметичний (далі – середній) бал чотирьох тестових вправ. Тестові вправи виконувались у наступній послідовності: стрибок у довжину з місця; вис на зігнутих руках, хватом зверху, підборіддя вище перекардини; човниковий біг 4×9 м; піднімання тулуба в сід за 1 хв. із положення лежачи руки за головою, ноги зігнуті в колінах, стопи зафіксовані. Бали у стрибку в довжину з місця та човниковому бігу виставляли за кращим результатом у двох спробах, в інших вправах – за однією спробою. Тестування фізичної підготовленості проводили в основній частині заняття після оцінювання морфологічного і функціонального стану студентів у кожному із 6 семестрів навчання за місяць до початку зимової сесії і через місяць після зимових канікул (Михайлов et al, 2016; 2019). Результати тестування оперативно повідомляли студентам на тому ж самому занятті.

Результати дослідження та їх обговорення. Шкали, що оцінюють результати у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії, укладені на опорних точках, які отримані між суміжними нормативами рівнів з фізичної підготовленості студентів (табл. 2).

Таблиця 2

Рівні, нормативи, оцінки та опорні точки у тестових вправах з фізичної підготовленості студентів ЗВО

Фізична підготовленість			Стрибок у довжину з місця, м		Вис на зігнутих руках, с		Човниковий біг 4×9 м, с		Підйом тулуба в сід за 1 хв., разів	
Рівень	оцінка, бали	опорні точки	норматив	опорні точки	норматив	опорні точки	норматив	опорні точки	норматив	опорні точки
високий	5		2,60		60		8,8		53	
		4,5		2,505		53,5		9,00		50,0
вище за середній	4		2,41		47		9,2		47	
		3,5		2,325		41,0		9,45		43,5
середній	3		2,24		35		9,7		40	
		2,5		2,155		29,0		9,95		37,0
нижче за середній	2		2,07		23		10,2		34	
		1,5		1,985		16,5		10,45		31,0
низький	1		1,90		10		10,7		28	

Значення опорних точок, наприклад, у човниковому бігу 4×9 м отримані так: для рівнів високий-вище за середній – результат $(8,8+9,2)/2 = 9,0$ с, оцінка – $(5+4)/2 = 4,5$ бала; вище за середній-середній – результат $(9,2+9,7)/2 = 9,45$ с, оцінка $(4+3)/2 = 3,5$ бала; середній-нижче за середній – результат $(9,7+10,2)/2 = 9,95$ с, оцінка $(3+2)/2 = 2,5$ бала; нижче за середній-низький – результат $(10,2+10,7)/2 = 10,45$ с, оцінка $(2+1)/2 = 1,5$ бала.

Аналіз показав, що оцінки рівнянь лінійної регресії, дещо відрізняються від нормативних вимог. Так, у човниковому бігу 4×9 м норматив високого рівня – результат 8,8 с оцінюється у 5 балів, а рівняння лінійної регресії дає 4,88 бала. Рівень вище за середній – 9,2 с оцінюється у 4 бала, а рівняння лінійної регресії начисляє 4,06 бала. Середній рівень – 9,7 с оцінюється у 3 бала, рівняння лінійної регресії дає 3,03 бала. Рівень нижче за середній – 10,2 с оцінюється у 2 бала, рівняння лінійної регресії начисляє 2,00 бала. Низький рівень – 10,7 с оцінюється у 1 бал, а рівняння лінійної регресії передбачає 0,97 бала.

Розбіжності в оцінюванні нормативів за рівняннями лінійної регресії мають місце і в інших тестових вправах.

Тому виникла необхідність визначити точність шкал, укладених за рівняннями лінійної регресії. Для цього виконали наступні розрахунки. У стрибках у довжину з місця оцінки обчислили для 71 результату з кроком 1 см від 1,90 м (1 бал) до 2,60 м (5 балів). У висі на зігнутих руках їх отримали для 51 результату з кроком 1 с від 10 с (1 бал) до 60 с (5 балів). У човниковому бігу 4×9 м бали розраховували для 20 результатів з кроком 0,1 с від 10,7 с (1 бал) до 8,8 с (5 балів). У підйомі тулуба в сід за 1 хв. оцінили 26 результатів з кроком 1 підйом від 28 (1 бал) до 53 (5 балів).

Розрахунок $D\%$ і $\bar{A}\%$ для шкал, що обчислюють бали за рівняннями лінійної регресії, показаний на прикладі човникового бігу 4×9 м (вправа обрана тому, що її шкала має найменшу кількість кроків оцінювання – $n = 20$). Нормативи у човниковому бігу, графік залежності оцінок від часу виконання цієї вправи, формула зв'язку між ними та значення R^2 представлені на рисунку 1.

Графік, що на рисунку 1, свідчить про лінійну форму зв'язку між результатами і виставленими оцінками ($r = -0,9997$). Отримане $R^2 = 0,9993$ показує добрий підбір рівняння лінійної регресії, оскільки $D = 99,93\%$.

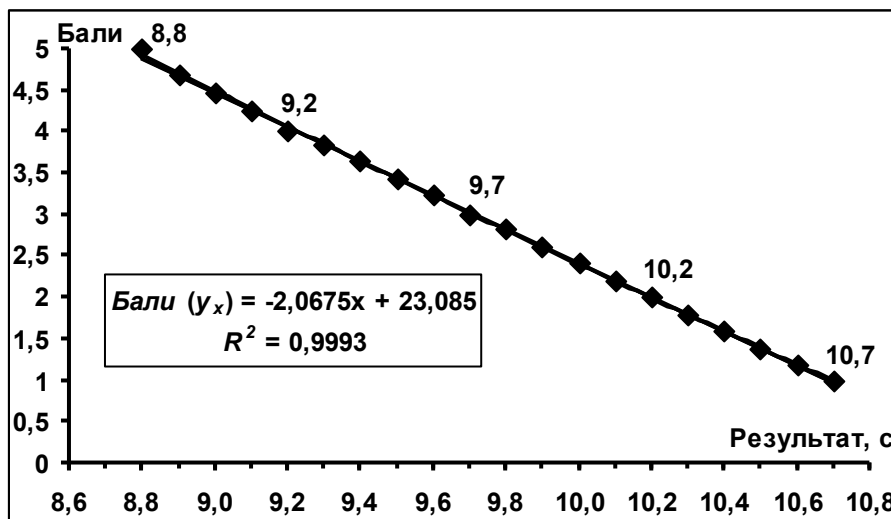


Рис. 1. Зв'язок результатів човникового бігу 4×9 м з балами у шкалі оцінювання, що отримана за рівнянням лінійної регресії

На рисунку 1 показано рівняння лінійної регресії, яке використали для визначення точності шкали оцінювання у

цій тестовій вправі. Результати обчислення $\bar{A}\%$ представлені у таблиці 3.

У таблиці 3:

1-й стовпчик – кількість результатів у шкалі оцінювання – $n = 20$;

2-й стовпчик – опорні результати (нормативи виділені напівжирним шрифтом), що оцінюються від 1 до 5 балів;

3-й стовпчик – оцінки, які отримані за нормативами і за рівнянням лінійної регресії (див. табл. 1):

$$Бали_{човн.} = -2,0605 * x + 23,013 ;$$

Таблиця 3

Точність шкали оцінювання результатів у човниковому бігу 4×9 м, укладеної за рівнянням лінійної регресії

<i>n</i>	Час бігу 4×9 м, с (<i>x</i>)	Оцінка, бали (<i>y</i>)	Оцінка, бали (<i>y_x</i>)	$ y-y_x /y$
1	8,8	5	4,8910	0,021800
2	8,9	4,6746	4,6843	0,002075
3	9,0	4,4685	4,4775	0,002014
4	9,1	4,2625	4,2708	0,001947
5	9,2	4	4,0640	0,016000
6	9,3	3,8504	3,8573	0,001792
7	9,4	3,6443	3,6505	0,001701
8	9,5	3,4383	3,4438	0,001600
9	9,6	3,2322	3,2370	0,001485
10	9,7	3	3,0303	0,010083
11	9,8	2,8201	2,8235	0,001206
12	9,9	2,6141	2,6168	0,001033
13	10,0	2,4080	2,4100	0,000831
14	10,1	2,2020	2,2033	0,000590
15	10,2	2	1,9965	0,001750
16	10,3	1,7899	1,7898	0,000056
17	10,4	1,5838	1,5830	0,000505
18	10,5	1,3778	1,3763	0,001089
19	10,6	1,1717	1,1695	0,001878
20	10,7	1	0,9628	0,037250
				$\Sigma = 0,106685$

4-й стовпчик – бали (y_x), які характеризують зв'язок часу виконання вправи (x) (2-й стовпчик) з оцінками (y) (3-й стовпчик) за формулою, що на рисунку 1;

5-й стовпчик – результати, що розраховані за формулою: $|y-y_x|/y$, а також їхня сума (Σ).

Точність шкали оцінювання буде:

$$\bar{A} = \frac{0,106685}{20} 100\% = 0,53\%.$$

Значення $\bar{A} = 0,53\%$ значно менше 5%, що вказує на високу точність шкали оцінювання результатів у човниковому бігу 4×9 м за рівнянням лінійної регресії.

Аналогічно одержали якість шкали оцінювання, яка нараховує бали за рівнями фізичної підготовленості у човниковому бігу 4×9 м. Нормативи, графік залежності оцінок від часу подолання човникового бігу 4×9 м, формула зв'язку між ними та значення R^2 представлені на рисунку 2.

Графік на рисунку 2 показує, що лінійність шкали оцінювання у цьому способі нарахування балів неочевидна і вимагає свого підтвердження. Для цього між результатами і оцінками шкали розрахували коефіцієнт кореляції – $r = -0,970$, кореляційне відношення – $\eta = 1$, а за їхніми значеннями – міру лінійності регресії – $\gamma = 0,060$ і вибіркочну похибку – $m_\gamma = 0,1156$. Для $k = 18$ критерій зв'язку буде – $t_\gamma = 0,52$. При $p = 0,05$ критичне значення $t_{st} = 2,10$. Оскільки $t_\phi = 0,52 < t_{st} = 2,10$, то шкала оцінювання буде лінійною. Рисунок 2 засвідчує добрий підбір рівняння регресії, оскільки $R^2 = 0,9397$, дає $D = 93,97\%$, що більше 80%.

Для шкал у інших трьох тестових вправах, укладених у такий самий спосіб нарахування балів, також зафіксована лінійність зв'язку між результатами та їхніми оцінками: у стрибку в довжину з місця $t_\phi = 1,04 < t_{st} = 2,00$;

- у висі на зігнутих руках

$$t_{\phi} = 0,87 < t_{st} = 2,02;$$

- у підйомі тулуба в сід за 1 хв.

$$t_{\phi} = 0,60 < t_{st} = 2,06.$$

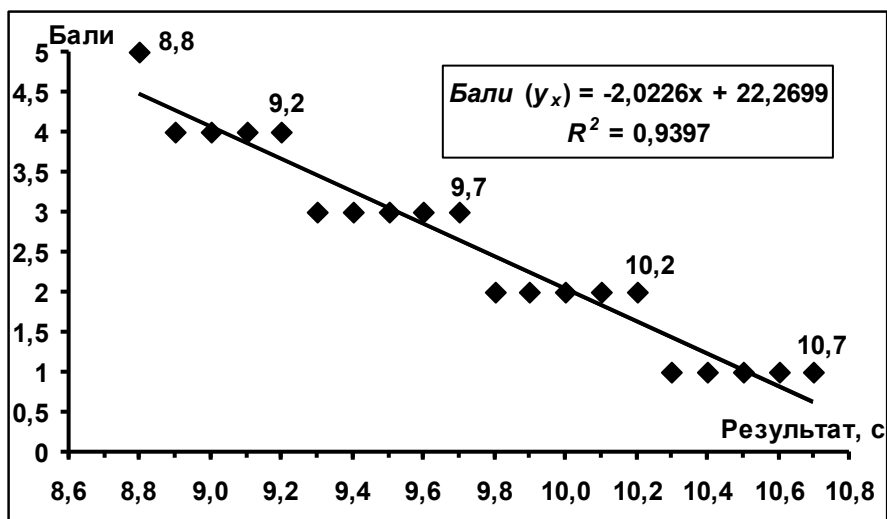


Рис. 2. Зв'язок результатів човникового бігу 4×9 м з балами у шкалі, що отримана за оцінками рівнів фізичної підготовленості

Отже, зв'язок між результатами у тестових вправах та їхніми оцінками у цих шкалах можна встановити за простими рівняннями лінійної регресії.

Для визначення точності шкали, яка нараховує бали за рівнями фізичної

підготовленості у човниковому бігу 4×9 м, використали рівняння, що на рисунку 2. Результати обчислення \bar{A} % представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Точність шкали оцінювання результатів у човниковому бігу 4×9 м, укладеної за оцінками рівнів фізичної підготовленості

n	Результати, бігу 4×9 м, с (x)	Оцінка, бали (y)	Оцінка, бали (y _x)	y-y _x /y
1	8,8	5	4,4710	0,105796
2	8,9	4	4,2688	0,067190
3	9,0	4	4,0665	0,016625
4	9,1	4	3,8642	0,033940
5	9,2	4	3,6620	0,084505
6	9,3	3	3,4597	0,153240
7	9,4	3	3,2575	0,085820
8	9,5	3	3,0552	0,018400
9	9,6	3	2,8529	0,049020
10	9,7	3	2,6507	0,116440
11	9,8	2	2,4484	0,224210
12	9,9	2	2,2462	0,123080
13	10,0	2	2,0439	0,021950
14	10,1	2	1,8416	0,079180
15	10,2	2	1,6394	0,180310
16	10,3	1	1,4371	0,437120
17	10,4	1	1,2349	0,234860
18	10,5	1	1,0326	0,032600
19	10,6	1	0,8303	0,169660
20	10,7	1	0,6281	0,371920

$$\Sigma = 2,605866$$

У таблиці 4:

1-й стовпчик – кількість результатів у шкалі оцінювання – $n = 20$;

2-й стовпчик – опорні результати (нормативи виділені напівжирним шрифтом), що оцінюються від 1 до 5 балів;

3-й стовпчик – оцінки, що встановлені за нормативами і за рівнями фізичної підготовленості;

4-й стовпчик – бали (y_x), які характеризують зв'язок часу виконання вправи (x) (2-й стовпчик) з оцінками (y) (3-й стовпчик) за формулою, що на рисунку 2;

5-й стовпчик – результати, що обчислені за формулою: $|y - y_x|/y$, а також їхня сума (Σ).

Точність шкали нарахування балів, яка укладена за оцінками рівнів фізичної підготовки, буде:

$$\bar{A} = \frac{2,605866}{20} 100\% = 13,03\%.$$

Отже, отримане значення $\bar{A} = 13,03\%$ менше 15% , що допускає оцінювання часу човникового бігу 4×9 м за оцінками рівнів фізичної підготовленості.

Якість шкал оцінювання у чотирьох тестових вправах за показниками $D\%$ і $\bar{A}\%$, отриманих за двома способами нарахування балів, представлена у таблиці 5.

Таблиця 5

Якість шкал оцінювання у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії і за рівнями фізичної підготовленості студентів ЗВО

№	n	Тестові вправи з фізичної підготовленості студентів	Якість шкал оцінювання тестових вправ			
			за рівнянням регресії		за рівнями підготовки	
			D %	\bar{A} %	D %	\bar{A} %
1.	71	Стрибок у довжину з місця, м	99,99	0,09	93,81	12,38
2.	51	Вис на зігнутих руках, с	100	0,16	93,89	12,93
3.	20	Човниковий біг 4×9 м, с	99,93	0,53	93,97	13,03
4.	26	Підйом тулуба в сід за 1 хв., разів	99,98	0,41	94,05	12,07

Дані таблиці 5 свідчать про те, що шкали, в яких досягнення оцінюються за рівняннями лінійної регресії, є кращими від шкал, які укладені за оцінками рівнів фізичної підготовленості. Ці шкали характеризуються не тільки добрим підбором формул ($D = 99,93 \div 100\%$), але і високою точністю нарахування балів ($\bar{A} = 0,09 \div 0,53\%$). На протилежність цьому, шкали, які оцінюють за рівнями фізичної підготовленості, при доброму підборі ($D = 93,81 \div 94,05\%$) демонструють значно гіршу точність нарахування балів ($\bar{A} = 12,07 \div 13,03\%$), проте таку, що не виходить за межі критично допустимого значення – $\bar{A}\% = 15\%$.

Виявлено, що чотири шкали, в яких оцінки отримані за рівняннями лінійної регресії, в середньому на $0,44 \pm 0,297$ або на

$17,1\%$ більше нараховують балів, ніж шкали, що укладені за оцінками рівнів фізичної підготовленості.

Різниця залежить від тестової вправи. У стрибку в довжину з місця вона досягає $0,47 \pm 0,297$ бала, у висі на зігнутих руках – $0,45 \pm 0,299$ бала; у човниковому бігу 4×9 м – $0,37 \pm 0,304$ бала; у підйомі тулуба в сід за 1 хв. – $0,40 \pm 0,296$ бала. У сумі для чотирьох тестових вправ шкали, які оцінюють за рівняннями лінійної регресії, дають на $1,76 \pm 1,19$ бала більше, ніж шкали, які виставляють оцінки за рівнями фізичної підготовленості. Це одна із можливих причин, чому при обстеженні одних і тих же студентів за одними і тими ж тестовими вправами, але різними способами їхнього оцінювання фіксуються різні показники фізичної підготовленості.

З'ясовано, що реальні оцінки з фізичної підготовленості студентів 1-3 курсів ($n = 142$), які обчислені за рівняннями лінійної регресії, в середньому більші від оцінок, отриманих за рівнями фізичної підготовленості, на $0,46 \pm 0,190$ бала.

Точність оцінювання фізичної підготовленості студентів у цілому для

$$\text{Бали} = 0,03935 * x_1 - 0,51513 * x_2 + 0,02033 * x_3 + 1,4448 * x_4 + 2,463, \quad (1)$$

де Бали – середня оцінка фізичної підготовленості студентів;

x_1 – кількість підйомів тулуба в сід, разів;

x_2 – час човникового бігу, с;

x_3 – тривалість вису на зігнутих руках, с;

x_4 – дальність стрибка у довжину з місця, м.

Щоб отримати оцінку з фізичної підготовленості студента необхідно у

чотирьох тестових вправ встановили за рівнянням множинної регресії. Рівняння множинної регресії уклали за оцінками, розрахованими за двома способами нарахування балів.

Рівняння множинної регресії, яке визначає фізичну підготовленість студентів за балами, виставленими за рівняннями лінійної регресії, буде таким:

формулу (1) внести показані ним результати тестових вправ.

Встановлено, що рівняння множинної регресії (1) має добрий підбір, оскільки $R^2 = 1,000$, а значить $D = 100\%$. Точність нарахування балів за цим рівнянням визначили відносно оцінок опорних точок чотирьох тестових вправ. Розрахунок $\bar{A}\%$ представлений у таблиці 6.

Таблиця 6

Точність оцінювання опорних точок тестових вправ з фізичної підготовленості за рівнянням множинної регресії (1)

Опорні точки тестових вправ з фізичної підготовленості					Оцінка за формулою (1), бали (y_x)	$ y - y_x /y$
Стрибок у довжину з місця, м (x_4)	Вис на зігнутих руках, с (x_3)	Човниковий біг 4×9 м, с (x_2)	Підйом тулуба в сід за 1 хв., разів (x_1)	Оцінка, бали (y)		
2,505	53,5	9,00	50,0	4,5	4,5013	0,000289
2,325	41,0	9,45	43,5	3,5	3,4995	0,000134
2,155	29,0	9,95	37,0	2,5	2,4966	0,001352
1,985	16,5	10,45	31,0	1,5	1,5032	0,002146

$$\Sigma = 0,003921$$

У таблиці 6:

1-4 й стовпчики – опорні результати у тестових вправах (див. табл. 2);

5-й стовпчик – опорні оцінки у тестових вправах (див. табл. 2);

6-й стовпчик – оцінки, що отримані за рівнянням множинної регресії (1);

7-й стовпчик – результати, що обчислені за формулою: $|y - y_x|/y$, а також їхня сума (Σ).

Розрахункові оцінки рівняння множинної регресії (1) відхиляються від фактичних оцінок опорних точок тестових вправ: $\bar{A} = \frac{0,003921}{4} 100\% = 0,10\%$.

Отже, у представленому цифровому форматі рівняння множинної регресії (1) характеризується високою точністю оцінювання опорних точок тестових вправ з фізичної підготовленості ($\bar{A} = 0,10\%$).

Отримане рівняння множинної регресії (1) перевірили на можливість визначати фізичну підготовленість студентів у різних семестрах і курсах навчання. Для цього розраховали рівняння множинної регресії для кожного із шести семестрів і трьох курсів навчання і порівняли їх з формулою (1). При цьому керувались наступними припущеннями. Якщо рівняння множинної регресії будуть однаковими з формулою (1), то це буде

вказувати на необхідну високу точність оцінювання тестових вправ за рівняннями лінійної регресії.

З'ясовано, що обчислені рівняння множинної регресії для 6 семестрів і 3 курсів навчання не відрізняються від формули (1). Підбір усіх цих рівнянь множинної регресії добрий – $D = 100 \%$. Точність оцінювання кожного з шести семестрів ($\bar{A} = 0,0041 \div 0,0046 \%$) і трьох курсів навчання ($\bar{A} = 0,0044 \div 0,0045 \%$) практично не поступаються точності формули (1) – $\bar{A} = 0,0044 \%$. Можна сказати, що рівняння множинної регресії (1) однаково придатне для оцінювання як усієї вибірки, так і її частин – семестрів і курсів навчання.

Отже, рівняння множинної регресії (1) підтвердило потрібну високу точність шкал оцінювання тестових вправ за рівняннями лінійної регресії.

Встановлено, що оцінки рівняння множинної регресії (1) співпадають з оцінками студентів, виставленими за рівняннями лінійної регресії до другого-третього знаку після коми. (Нагадаємо, що оцінки фізичної підготовленості студентів

отримані як середній бал для чотирьох тестових вправ). Якщо спростити формулу (1) до четвертого знаку, то оцінки будуть однаковими до першого-другого знаку, якщо до третього, то різниця вже фіксується між десятими бала.

Отже, необхідна точність оцінювання фізичної підготовленості студентів за рівнянням множинної регресії досягається через обрання потрібного цифрового формату формули: чим менше знаків після коми, тим менша її точність. Якщо фізичну підготовленість студентів потрібно оцінити з точністю до сотих бала, то рівняння множинної регресії повинно бути розраховане до п'ятого знаку після коми.

Встановлено, що висока точність оцінювання чотирьох тестових вправ за рівняннями лінійної регресії дозволила безпосередньо одержати рівняння множинної регресії без попереднього обчислення балів з фізичної підготовленості студентів. Для цього достатньо об'єднати чотири рівняння лінійної регресії (див. табл. 1) в одну формулу:

$$\text{Бали} = (5,7792 * x_1 + 0,0813 * x_2 - 2,0605 * x_3 + 0,1574 * x_4 + 9,852) / 4, \quad (2)$$

де Бали – середня оцінка фізичної підготовленості студента;

x_1 – дальність стрибка у довжину з місця, м;

x_2 – час вису на перекладині, с;

x_3 – час човникового бігу 4×9 м, с;

x_4 – кількість підйомів тулуба в сід за 1 хв., разів.

9,852 – число, яке представляє суму вільних чисел чотирьох рівнянь лінійної регресії:

$$\sum = -9,9598 + 0,1547 + 23,013 - 3,3559$$

Фактично формула (2) відрізняється від формули (1) тим, що дістаємо не середню оцінку фізичної підготовленості студентів, а суму балів для чотирьох тестових вправ. Якщо кожний коефіцієнт і вільний член рівняння множинної регресії (2) поділити на 4, то тоді отримуємо формулу (1). Зрозуміло, що

точність двох рівнянь множинної регресії буде однаковою, хоча у формулі (2) менша кількість знаків після коми. Формула (2) відрізняється від формули (1) зворотнім представленням тестових вправ, що збігається з послідовністю їхнього виконання. Це додає зручності для практики ведення протоколу здачі нормативів з фізичної підготовленості на контрольному занятті. Крім того, процедура обчислення рівняння множинної регресії значно скорочується, оскільки не потрібно фіксувати бали з фізичної підготовленості студентів.

Тепер щодо точності визначення фізичної підготовленості тих же самих студентів ($n = 142$) за оцінками рівнів фізичної підготовленості. Оскільки з'ясовано, що шкали оцінювання у цьому способі нарахування балів побудовані на лінійній залежності між результатами і їхніми оцінками у всіх чотирьох вправах,

то є всі підстави укласти рівняння множинної регресії для цього способу

нарахування балів:

$$\text{Бали} = 0,03609 * x_1 - 0,55512 * x_2 + 0,01405 * x_3 + 1,36053 * x_4 + 3,00038, \quad (3)$$

де Бали – середня оцінка фізичної підготовленості студента;

x_1 – кількість підйомів тулуба в сід, разів;

x_2 – час човникового бігу, с;

x_3 – тривалість вису на зігнутих руках, с;

x_4 – дальність стрибка у довжину з місця, м.

Щоб дістати оцінку з фізичної підготовленості необхідно у формулу (3) підставити досягнення студента у тестових вправах. Підбір цього рівняння множинної регресії буде добрим, оскільки $R^2 = 0,8626$, а значить $D = 86,26 \%$, що більше критичного значення – $D = 80 \%$.

Точність рівняння множинної регресії (3) визначили відносно оцінок опорних точок чотирьох тестових вправ з фізичної підготовленості. Результати обчислення $\bar{A} \%$ представлені у таблиці 7.

У таблиці 7:

1-4 й стовпчики – опорні результати у тестових вправах;

5-й стовпчик – опорні оцінки у тестових вправах;

6-й стовпчик – оцінки, що розраховані за рівнянням множинної регресії (3);

7-й стовпчик – результати, що отримані за формулою: $|y-y_x|/y$, а також їхня сума (Σ).

Таблиця 7

Точність оцінювання опорних точок тестових вправ з фізичної підготовленості за рівнянням множинної регресії (3)

Опорні точки тестових вправ з фізичної підготовленості					Оцінка за формулою (3), бали (y_x)	$ y-y_x /y$
Стрибок у довжину з місця, м (x_4)	Вис на зігнутих руках, с (x_3)	Човниковий біг 4×9 м, с (x_2)	Підйом тулуба в сід за 1 хв., разів (x_1)	Оцінка, бали (y)		
2,505	53,5	9,00	50,0	4,5	3,9686	0,118088
2,325	41,0	9,45	43,5	3,5	3,0637	0,124659
2,155	29,0	9,95	37,0	2,5	2,1517	0,139337
1,985	16,5	10,45	31,0	1,5	1,2506	0,166238

$\Sigma = 0,548322$

Точність нарахування балів за рівнянням множинної регресії (3) буде:

$$\bar{A} = \frac{0,548322}{4} 100\% = 13,71\%.$$

Рівняння множинної регресії (3) характеризується відхиленням розрахункових оцінок від оцінок опорних точок значенням $\bar{A} = 13,71 \%$, що значно гірше від високої точності оцінювання ($\bar{A} = 5 \%$), але не виходить за границі критичного допустимого показника – $\bar{A} = 15 \%$.

У дослідженні порівняли оцінки рівняння множинної регресії (3) з оцінками фізичної підготовленості студентів 1-3 курсів ($n = 142$), що отримані за

рівняннями лінійної регресії. Обчислення показало, що формула (3) відносно оцінок фізичної підготовленості студентів за рівняннями лінійної регресії має $\bar{A} = 13,23 \%$.

Наближення оцінок рівняння множинної регресії (3) до оцінок опорних точок тестових вправ ($\bar{A} = 13,71 \%$) і до оцінок фізичної підготовленості студентів 1-3 курсів ($\bar{A} = 13,23 \%$) значно нижче критерію високої точності ($\bar{A} < 5 \%$), що послужило підставою для перевірки придатності цього рівняння до оцінювання різних груп студентів. Для цього за оцінками фізичної підготовленості студентів, виставленими за рівнями фізичної підготовленості, розраховали

рівняння множинної регресії для кожного семестру і курсу навчання і порівняли їх з формулою (3). Якщо усі рівняння множинної регресії будуть однаковими, то формула (3) у представленому цифровому форматі буде придатною для визначення фізичної підготовленості студентів.

Встановлено, що формули рівнянь множинної регресії для кожного із шести семестрів і для кожного із трьох курсів навчання будуть різними. Вони також відрізняються від формули (3). Це означає, що формула (3) неспроможна визначити фізичну підготовленість різних груп студентів, зокрема, у семестрах і курсах навчання. Причиною цього є низька точність оцінювання результатів у тестових вправах за рівнями фізичної підготовленості.

Отже, рівняння множинної регресії (3), що укладене на оцінках, здобутих за рівнями фізичної підготовленості, засвідчило недостатню точність цього способу нарахування балів у тестових вправах.

Висновки. 1. Встановлено, що шкали, які нараховують бали за рівняннями лінійної регресії, характеризуються добрим підбором ($D = 99,93 \div 100 \%$) і високою точністю оцінювання ($\bar{A} = 0,09 \div 0,53 \%$) опорних точок тестових вправ. Рівняння множинної регресії, яке отримане на основі таких шкал, має добрий підбір ($D = 100 \%$) і високу точність оцінювання опорних точок ($\bar{A} = 0,10 \%$). Бали, які виставлені за цим рівнянням, співпадають до другого-третього знаку після коми з оцінками фізичної підготовленості студентів 1-3 курсів, обчисленими за рівняннями лінійної регресії і мають незначну похибку апроксимації у відсотках ($\bar{A} = 0,0044 \%$).

2. Визначено, що шкали, які укладені за оцінками рівнів фізичної підготовки, добре підібрані ($D = 93,81 \div 94,05 \%$) з високою точністю нарахування балів – $\bar{A} = 12,07 \div 13,03 \%$. Рівняння множинної регресії, яке отримане за цим способом нарахування балів, має добрий підбір ($D = 86,26 \%$), а точність оцінювання

опорних точок тестових вправ ($\bar{A} = 13,71 \%$) і точність оцінювання фізичної підготовленості студентів 1-3 курсів ($\bar{A} = 13,23 \%$) виявилась недостатньою, аби одержати єдину формулу рівняння множинної регресії для різних семестрів і курсів навчання.

3. З'ясовано, що шкали, котрі укладені за рівняннями лінійної регресії, нараховують більше балів від шкал, оцінки яких обчислені за рівнями фізичної підготовленості. Різниця для чотирьох шкал оцінювання в середньому складає $0,44 \pm 0,30$ бала, або $17,1 \%$, що для чотирьох тестових вправ дає більшу суму на $1,76 \pm 1,19$ бала. Різниця у кількості нарахованих балів залежить від тестової вправи. Вона максимальна для дальності стрибка у довжину з місця – $0,47 \pm 0,30$ бала і мінімальна – у човниковому бігу 4×9 м – $0,37 \pm 0,31$ бала.

4. Якість шкал, отриманих за різними способами нарахування балів, можна встановити за рівняннями множинної регресії. Якщо одержане рівняння множинної регресії буде придатним для визначення фізичної підготовленості, як усіх студентів, так і їхньої частини, зокрема, у семестрах і курсах навчання, то шкали оцінювання результатів у тестових вправах будуть достатньо точними. Підвищення точності оцінювання досягається або через збільшення у рівнянні множинної регресії кількості знаків після коми, або через вибір іншого способу укладання шкал нарахування балів у тестових вправах.

Перспектива подальших досліджень. Встановити точність шкал оцінювання результатів у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії і за рівнями фізичної підготовленості студенток ЗВО.

Конфлікт інтересів. Автори відзначають, що не існує ніякого конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Ця стаття не отримала фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Базака, Л.Н., & Разинков, А.И. (2015). *Статистическая обработка данных в среде пакетов Statistica, EViews и MS Excel: методические указания по выполнению лабораторных работ*. Пинск : ПолесГУ.
- Болтенкова, О.М. (2010). Визначення рівня фізичної підготовленості студентів як умова створення науково-обґрунтованої системи їх оцінювання на заняттях з фізичної культури. *Слобожанський науково-спортивний вісник спортивний вісник*, 4, 44-47.
- Грибан, Г.П. (2014). Особливості фізичної підготовленості студентів вищих навчальних закладів України. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер. : Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт*, Вип. 118 (1), 88-92. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuPN_2014_118\(1\)](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuPN_2014_118(1)).
- Заневський, І.П. (2011). Точність шкал оцінювання рівня фізичного здоров'я. Частина 1. Інтер- та екстраполяція шкали оцінювання. *Фізична активність, здоров'я і спорт*, 2 (4), 8-19.
- Заціорский, В.М. (Eds.). (1979). *Основы спортивной метрологии*. М. : ФИС.
- Кветний, Р.Н., Богач, І.В., Бойко, О.Р., Софіна, О.Ю., & Шушура, О.М., Кветний, Р.Н. (Ed). (2012). *Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навч. посіб.* Вінниця : ВНТУ.
- Кремер, Н.Ш., Путко, Б.А., & Кремер, Н.Ш. (Ed). (2007). *Эконометрика : учебник для вузов*. М. : ЮНИТИ-ДАНА.
- Лакин, Г.Ф. (1973). *Биометрия : учебн. пособ. для универ. и пед. ин-тов*. М. : Высшая школа.
- Михайлов, Віт.В., Михайлов, Вол.В., & Коростильова, Ю.С. (2015). Оцінювання оздоровчої ефективності фізичного виховання за рівнем морфофункціональної та фізичної підготовленості студенток ВНЗ. *Актуальні проблеми розвитку традиційних і східних єдиноборств* : Збірн. наук. праць ІХ Міжн. наук.-метод. конф. Вип. 9 : Національна академія Національної Гвардії України, 173-181. <http://avv.gov.ua>.
- Михайлов, Віт.В., Михайлов, Вол.В., & Коростильова, Ю.С. (2016). Морфофункціональна підготовленість за оцінкою маси тіла та ЧСС студентів ВНЗ. *Сучасні технології в сфері фізичного виховання і спорту та валеології* : Збірник наук праць Х Міжн. Інтернет наук-метод. конф. Вип. 10 : Національна академія Національної Гвардії України. 202-216. <http://avv.gov.ua>.
- Михайлов, Віт.В., Михайлов, Вол.В., & Коростильова, Ю.С. (2019). Застосування рівнянь регресії для оцінювання ефективності виконання тестових вправ у фізичному вихованні студентів закладів вищої освіти. *Спортивні ігри*, 4 (14), 35-47. doi: 10.15391/si.2019-3.05.
- Начинская, С.В. (2008). *Спортивная метрология*. М. : Издательский центр «Академия».
- Начинская, С.В. (2012). *Спортивная метрология : учебн. для студ. учреждений высш. проф. образования*. Изд. 4-е, стер. М. : Изд. центр «Академия». ISSN 978-5-76-9264-5.
- Иванов, В.С. (Eds.). 1990. *Основы математической статистики : учебное пособие для ин-тов физ. культ.* М. : ФИС.
- Лещинський, О.Л., Рязанцева, В.В., Юнькова, О.О., & Юртин, І.І., Юнькова, О.О. (Ed). (2009). *Практикум з економітриї: навч. посіб.* К. : ДП «Вид. дім «Персонал». ISBN 978-966-608-841-6.
- Рогачев, А.Ф., & Мелихова, Е.В. (2014). *Эконометрика : учеб. пособие*. Волгоград : ФГБОУ ВПО Волгоградский ГТУ.
- Руська, Р.В. (2012). *Эконометрика : навч. посібник*. Тернопіль : Тайп.

Стаття поступила до редакції: 04.10.2020.

Опублікована: 01.11.2020.

Аннотація. Михайлов Виталий, Михайлов Владимир, Коростылева Юлия. Точность шкал оценивания результатов в тестовых упражнениях по уравнениям

линейной регрессии и по уровням физической подготовленности студентов высших учебных заведений. В исследовании сравнивались шкалы оценивания на основе математического моделирования разных способов их составления в физическом воспитании студентов. **Цель:** совершенствование методики оценивания результатов в тестовых упражнениях по уровням физической подготовленности. **Методы:** теоретический анализ и обобщение; тестирование; метод линейной интерполяции; метод наименьших квадратов; метод графиков; методы корреляционного и регрессионного анализа. **Материал:** анализировали качество шкал, полученных по уравнениям линейной регрессии и по оценкам уровней физической подготовки. Качество шкал четырех тестовых упражнений сравнивали по коэффициентам детерминации и средней ошибке детерминации в процентах. Для интегрального подхода к точности шкал использовали показатели пригодности уравнений множественной регрессии к оцениванию физической подготовленности разных групп студентов. Уравнения множественной регрессии рассчитаны по результатам физической подготовленности студентов 1-3 курсов ($n = 142$). **Результаты:** установлено, что шкалы, баллы в которых начислены по уравнениям линейной регрессии, имеют более высокую точность, нежели шкалы, которые получены по уровнями физической подготовленности. **Выводы:** шкалы оценивания результатов по уравнениям линейной регрессии характеризуются хорошим подбором ($D = 99,93 \div 100 \%$) и высокой точностью начисления баллов ($\bar{A} = 0,09 \div 0,53 \%$). Шкалы, определяющие баллы по уровням физической подготовленности, при хорошем подборе ($D = 93,81 \div 94,05 \%$) имеют недостаточную точность оценивания ($\bar{A} = 12,07 \div 13,03 \%$), что не позволяет получить единственное уравнение множественной регрессии, пригодного для оценивания физической подготовленности студентов в разных семестрах и курсах обучения. Выяснено, что шкалы оценивания результатов по уравнениям линейной регрессии, в среднем на $0,44 \pm 0,30$ или $17,1 \%$ больше начисляют баллов, чем шкалы, оценки которых получены по уровням физической подготовленности.

Ключевые слова: физическое воспитание; шкалы оценивания; физические упражнения; студенты; уровни физической подготовленности; уравнения линейной и множественной регрессии; коэффициенты детерминации и аппроксимации.

Abstract. Vitaliy Mykhaylov, Volodymyr Mykhaylov, Yuliya Korostylova. **The accuracy of the scales for results evaluation in test exercises using linear regression equations and levels of students' physical training in higher education establishments.** The study compares two scales that assess achievements based on mathematical modelling of different methods of giving marks to students for physical education. **Aim:** Improvement of the methodology for results evaluation in test exercises using levels of students' physical training. **Methods:** Theoretical analysis and generalization; testing; linear interpolation method; least square method; method of graphs; correlation and regression analysis. **Materials:** We have studied the quality of the scales which give marks according to either linear regression equations or assessment of levels of physical training. The quality of the scales has been analyzed with the coefficients of determination and the average error of determination in per cent. In order to provide an integral approach to the accuracy of the scales, we have used the indicators of the suitability of multiple regression equations, which have been obtained by two methods of getting marks, to assess physical preparedness in different students' groups. Multiple regression equations have been calculated with the students' results of 1st–3rd years of studies ($N = 142$) in four test exercises. **Results:** It has been found that the scales whose marks were calculated according to the linear regression equations have a higher accuracy in assessing both the reference point of test exercises and the students' physical fitness compared to the scales that determine the marks for the levels of physical training. **Conclusions:** The scales for results evaluation using linear regression equations are characterized by good fitting ($D = 99.93 \div 100 \%$) and high accuracy in giving marks ($\bar{A} = 0.09 \div 0.53 \%$). The scales that determine the marks using the levels of physical training, have good fitting ($D = 93.81 \div 94.05 \%$), yet insufficient estimation accuracy ($\bar{A} = 12.07 \div 13.03 \%$), which does not allow obtaining a single multiple regression equation suitable for assessment of the physical training in different semesters

and years of studies. It has been found that, on average, the scales for results evaluation using linear regression equations give 0.44 ± 0.30 or 17.1 % higher marks compared to the assessments of the scales that are obtained using the levels of physical training.

Key words: physical education; grading scales; physical exercises; students; physical training levels; linear and multiple regression equations; determination coefficient and approximation coefficient.

References

- Basaka, L. N., & Rasinkow, A. I. (2015). *Statistitscheckaja obrabotka dannykh w crede paketow Statistica, EViews i MS Excel: metoditscheckie ukasaniya po vypolneniju laboratornykh rabot* [Statistical data processing in the environment of the Statistica, EViews and MS Excel packages: guidelines for laboratory work]. Pinck : PolecGU. [In Belarus].
- Boltjenkova, O. M. (2010). Vyznachennja rivnja fizychnoi' pidgotovlenosti studentiv jak umova stvorennya naukovy-obg'runtovanoi' systemy i'h ocinjuvannja na zanjattjah z fizychnoi' kul'tury [Determining the level of physical fitness of students as a condition for creating a scientifically sound system of their assessment in physical education classes]. *Slobozhans'kyj naukovy-sportyvnyj visnyk sportyvnyj visnyk* [Slobozhansky scientific and sports bulletin sports bulletin], 4, 44-47. [in Ukrainian].
- Gryban, G. P. (2014). Osoblyvosti fizychnoi' pidgotovlenosti studentiv vyshhyh navchal'nyh zakladiv Ukraïny [Features of physical fitness of students of higher educational institutions of Ukraine]. *Visnyk Chernigivs'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu* [Bulletin of Chernihiv National Pedagogical University.] Ser. : Pedagogichni nauky. Fizyчне vyhovannja ta sport, Vyp. 118 (1), 88-92. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuPN_2014_118\(1\)](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuPN_2014_118(1)). [in Ukrainian].
- Zanevs'kyj, I. P. (2011). Tochnist' shkal ocinjuvannja rivnja fizychnogo zdorov'ja. Chastyna 1. Inter- ta ekstrapoljacija shkaly ocinjuvannja [Accuracy of physical health assessment scales. Part 1. Inter- and extrapolation of the rating scale]. *Fizychna aktyvnist', zdorov'ja i sport* [Physical activity, health and sports], 2 (4), 8-19. [in Ukrainian].
- Zaciorskij, V.M. (Eds.). (1979). *Osnovy sportivnoj metrologii* [Fundamentals of Sports Metrology]. M. : FiS. [In Russian].
- Kvjetynyj, R.N., Bogach, I.V., Bojko, O.R., Sofyna, O.Ju., & Shushura, O.M., Kvjetynyj, R.N. (Ed). (2012). *Komp'juterne modeljuvannja system ta procesiv. Metody obchyslen'*. [Computer modeling of systems and processes. Calculation methods]. Chastyna 1: navch. posibVinnycja : VNTU. [in Ukrainian].
- Kremer, N.Sh., Putko, B.A., & Kremer, N.Sh. (Ed). (2007). *Jekonometrika : uchebnik dlja vuzov*. [Econometrics: a textbook for universities]. M. : JuNITI-DANA. [In Russian].
- Lakin, G.F. (1973). *Biometrija : uchebn. posob. dlja univer. i ped. in-tov* [Biometrics]. M. : Vysshaja shkola. [In Russian].
- Myhajlov, Vit.V., Myhajlov, Vol.V., & Korostyl'ova, Ju.S. (2015). Ocinjuvannja ozdorovchoi' efektyvnosti fizychnogo vyhovannja za rivnem morfofunkcional'noi' ta fizychnoi' pidgotovlenosti studentok VNZ [Evaluation of health effectiveness of physical education by the level of morphofunctional and physical fitness of university students]. *Aktual'ni problemy rozvytku tradycijnyh i shidnyh jedynoborstv* [Actual problems of development of traditional and oriental martial arts]: Zbirn. nauk. prac' IX Mizhn. nauk.-metod. konf. Vyp. 9 : Nacional'na akademija Nacional'noi' Gvardii' Ukraïny. 173-181. <http://avv.gov.ua>. [in Ukrainian].
- Myhajlov, Vit.V., Myhajlov, Vol.V., & Korostyl'ova, Ju.S. (2016). Morfofunkcional'na pidgotovlenist' za ocinkoju masy tila ta ChSS studentiv VNZ [Morphofunctional preparedness according to the assessment of body weight and heart rate of university students.]. *Suchasni tehnologii' v sferi fizychnogo vyhovannja i sportu ta valeologii'* [Modern technologies in the field of physical education and sports and valeology]: Zbirnyk

- nauk prac' H Mizhn. Internet nauk-metod. konf. Vyp. 10 : Nacional'na akademija Nacional'noi' Gvardii' Ukrainy. 202-216. <http://avv.gov.ua>. [in Ukrainian].
- Myhajlov, Vit.V., Myhajlov, Vol.V., & Korostyl'ova, Ju.S. (2019). Zastosuvannja rivnjan' regresii' dlja ocinjuvannja efektyvnosti vykonannja testovyh vprav u fizychnomu vyhovanni studentiv zakladiv vyshhoi' osvity [Application of regression equations to evaluate the effectiveness of test exercises in physical education of students of higher education institutions]. *Sportyvni igry* [Sports games], 4 (14), 35-47. doi: 10.15391/si.2019-3.05. [in Ukrainian].
- Nachinskaja, S.V. (2008). *Sportivnaja metrologija* [Sports metrology]. M. : Izdatel'skij centr «Akademija». [In Russian].
- Nachinskaja, S.V. (2012). *Sportivnaja metrologija* [Sports metrology]: uchebn. dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija. Izd. 4-e, ster. M. : Izd. centr «Akademija». ISBN 978-5-76-9264-5. [In Russian].
- Ivanov, V.S. (Eds.). 1990. *Osnovy matematicheskoj statistiki* [Fundamentals of Mathematical Statistics]: uchebnoe posobie dlja in-tov fiz. kul't. M. : FiS. [In Russian].
- Leshhyns'kyj, O.L., Rjazanceva, V.V., Jun'kova, O.O., & Jurty, I.I., Jun'kova, O.O. (Ed). (2009). *Praktykum z ekonometrii'*: navch. Posib [Workshop on econometrics]. K. : DP «Vyd. dim «Personal». ISBN 978-966-608-841-6. [in Ukrainian].
- Rogachev, A.F., & Melihova, E.V. (2014) *Jekonometrika* [Econometrics]: ucheb. posobie. Volgograd : FGBOU VPO Volgogradskij GTU. [In Russian].
- Rus'ka, R.V. (2012). *Ekonometryka* [Econometrics]: navch. posibnyk. Ternopil' : Tajp. [in Ukrainian].

Відомості про авторів / Information about the Authors

Михайлов Віталій Вікторович: кандидат педагогічних наук, доцент; Навчально-спортивна база літніх видів спорту МОУ; вул. Клепарівська 39а, 79000 м. Львів;

Михайлов Віталій Вікторович, кандидат педагогічних наук, доцент; Учебно-спортивная база летних видов спорта МОУ; ул. Клепаривсь-ка 39а, 79000 м. Львов;

Vitaliy Mykhaylov: PhD; Educational Sports Base of Summer Sports; 39a Kleparivska st. 79000 Lviv;

<https://orcid.org/0000-0001-7935-7579>

E-mail: nmv@nsblvs.org

Михайлов Володимир Віталійович: кандидат наук з фізичного виховання і спорту; Навчально-спортивна база літніх видів спорту МОУ; вул. Клепарівська 39а, 79000 м. Львів,

Михайлов Владимир Викторович: кандидат педагогічних наук, доцент; Учебно-спортивная база летних видов спорта МОУ; ул. Клепаривсь-ка 39а, 79000 м. Львов;

Volodymyr Mykhaylov: PhD; Educational Sports Base of Summer Sports; 39a Kleparivska st. 79000 Lviv;

<https://orcid.org/0000-0002-2517-6016>

E-mail: nmv@nsblvs.org

Коростильова Юлія Сергіївна: кандидат наук з фізичного виховання і спорту; Навчально-спортивна база літніх видів спорту МОУ; вул. Клепарівська 39а, 79000 м. Львів,

Коростылева Юлия Сергеевна: кандидат наук по физическому воспитанию и спорту.

Учебно-спортивная база летних видов спорта МОУ; ул. Клепаривсь-ка 39а, 79000 м. Львов;

Yuliya Korostylova: PhD; Educational Sports Base of Summer Sports; 39a Kleparivska st. 79000 Lviv;

<https://orcid.org/0000-0001-8939-3530>

E-mail: nmv@nsblvs.org