

DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.1\(173\).22](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.1(173).22)
УДК 796.011.2

Михайлов В.В.,
кандидат наук з фізичного виховання та спорту
Національний університет оборони України, м. Київ
Коростильова Ю.С.
кандидат наук з фізичного виховання та спорту
Навчально-спортивна база літніх видів спорту Міністерства оборони України, м. Львів
Віталій Михайлов,
кандидат педагогічних наук, доцент
Навчально-спортивна база літніх видів спорту Міністерства оборони України, м. Львів

ТОЧНІСТЬ ОБЧИСЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МАСИ ТІЛА СТУДЕНТІВ ЗА ФОРМУЛОЮ ДЛЯ ЧОЛОВІКІВ

Мета – розроблення методики оцінювання якості поправок оптимальної маси тіла студентів за формулою математичної моделі для чоловіків. *Методи*: теоретичний аналіз та узагальнення; педагогічний експеримент; антропометрія; метод найменших квадратів; регресійний аналіз. *Матеріал* – розглянута придатність формули оптимальної маси тіла для чоловіків для одержання оптимальної маси тіла студентів ($n = 142$) з поправками на їхню конституцію, вік і зріст. *Результати*. Якість поправок оптимальної маси тіла студентів визначено відповідно опорних точок або опорних формул за коефіцієнтами детермінації та середніми похибками апроксимації у відсотках. *Висновки*: рівняння регресії, за якими отримали поправки на різну конституцію, вік і зріст студентів, максимально вдало підібрані ($D = 100\%$) і забезпечують точність від $\bar{A} = 1,27E-05\%$ до $\bar{A} = 2,00E-03\%$, що практично не відрізняється від максимальної ($\bar{A} = 0\%$).

Ключові слова: маса і конституція тіла; вік; зріст; студенти; коефіцієнти детермінації та апроксимації; рівняння регресії.

Volodymyr Mykhaylov, Yuliya Korostylova, Vitaly Mykhaylov. Accuracy of calculating the optimal body weight of students according to the men's formula. The use of mathematical modeling for various processes of improving the physical education of student youth is a promising, but at the same time insufficiently studied direction in solving current scientific and practical problems. Regression equations are widely used in mathematical modeling, the quality of which specialists recommend to determine by their selection and approximation of calculated values to actual indicators. The aim of the research is to develop a methodology for assessing the quality of corrections of students' optimal body weight based on the formula of the mathematical model for men. Methods: theoretical analysis and generalization; pedagogical experiment; anthropometry; method of least squares; regression analysis. Material – considered the suitability of the men's optimal body weight formula to obtain the optimal body weight of students with corrections for their constitution, age and height ($n = 142$). The results. The quality of corrections of student's optimal body weight is determined, respectively, by reference points or reference formulas by coefficients of determination and average errors of approximation in percent. Conclusions. During calculating the optimal body weight of students, the quality of corrections that take into account their body constitution, age and height is determined by coefficients of determination and average approximation errors in percentages based on the sequential change of the components of the men's optimal body weight. It was found that in the formula of men's optimal body weight, the equation of linear regression, which determines the correction for the different constitution of students within the limits of wrist circumference $14.0 \div 23.0$ cm, is selected as successfully as possible ($D = 100\%$) and is characterized by an accuracy ($\bar{A} = 1.23E-05\%$) that practically does not differ from reference formula ($\bar{A} = 2.00E-03\%$). The men's optimal body weight formula gives the same percentages for reference points with accuracy up to and including the fourth decimal place. It was established that the correction of the body weight of students aged $17 \div 26$ according to the formula of men's optimal body weight was performed with the most successful selection of the linear regression equation ($D = 100\%$) and with accuracy ($\bar{A} = 1.27E-05\%$), which practically does not differ from the maximum ($\bar{A} = 0\%$). It was determined that the correction of body weight for students in the height range from 1.60 m to 2.00 m has the most successful selection ($D = 100\%$) and accuracy ($\bar{A} = 1.37E-05\%$), which practically does not differ from the maximum ($\bar{A} = 0\%$).

Keywords: body mass and constitution; age; height; students; coefficients of determination and approximation; regression equation.

Постановка проблеми. Застосування математичного моделювання для різних процесів удосконалення фізичного виховання студентської молоді перспективний, але одночасно і недостатньо вивчений напрям у вирішенні актуальних науково-практичних завдань. Для побудови математичних моделей широко застосовують рівняння регресії, якість яких спеціалісти, в першу чергу, рекомендують визначати за їхнім підбором і наближенням розрахункових значень до фактичних показників [9, 11-13]. Рівняння регресії укладають за опорними елементами (точками або формулами), отриманими в різний спосіб [1; 5; 6], що об'єктивно стимулює пошук найкращого критерію їхнього оцінювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підбір рівнянь регресії спеціалісти оцінюють за коефіцієнтом детермінації: $D = R^2 * 100\%$ [9, 11]. Чим більше D % наближено до 100 %, тим краще підбрано рівняння регресії. Якщо $D < 80$ %, то такі рівняння не використовують для математичного моделювання [11].

Точність рівняння регресії оцінюють за середньою похибкою апроксимації у відсотках (\bar{A} %). Ця похибка може бути обчислена за середнє арифметичним значенням індивідуальних відносних похибок і подана у відсотках [2, 4, 12, 13]:

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

де \sum – знак суми; $|y - y_x|$ – різниця за модулем; y – розрахункові значення, що здобуто за рівнянням регресії; y_x – показник, що отримано за зв'язком фактичних (x) і розрахункових значень (y); n – обсяг вибірки.

Для розрахунку \bar{A} % розроблені критерії точності. Але думка спеціалістів на їхні значення неоднозначна, наприклад, для високої точності рекомендується: $\bar{A} < 5$ % [2] або $\bar{A} < 5-7$ % [11], або $\bar{A} < 8-10$ % [9]. Існування розбіжностей чітко не визначає межу високої точності рівняння регресії, але дає певну допомогу в першому наближенні до розв'язання поставлених завдань. Так, орієнтація на вказані вимоги дозволило виявити більшу точність шкал, укладених за рівняннями регресії, відносно шкал, котрі оцінюють фізичні вправи за рівнями підготовки [6]. Проте з'ясовано, що при виборі кращого рівняння регресії (лінійного чи нелінійного) або при пошуку їхніх оптимальних цифрових форматів цього явно недостатньо [5-7]. У таких випадках цілком прийнятні результати дає порівняння якості двох моделей, укладених за двома різними способами. Якщо між змодельованими результатами будуть отримані D % і \bar{A} %, які будуть однакові з показниками якості гіршої моделі, то краща з них як раз і буде відповідати бажаному значенню її підбору та точності [8].

Інтегральну оцінку придатності математичної моделі, укладеної з декількох рівнянь лінійної регресії, дає рівняння множинної лінійної регресії. Для досягнення необхідного показника високої точності \bar{A} % потрібно отримати таке рівняння множинної лінійної регресії, яке буде однаковим як для всієї вибірки, так і для окремих її частин [6-8].

Указані методики успішно справляються з оцінюванням якості відносно простих математичних моделей, які складаються з одного рівняння регресії. У випадку, коли математична модель включає декілька рівнянь регресії, то аналіз її якості вимагає іншого підходу. За такою математичною моделлю, наприклад, обчислюють оптимальну масу тіла у жінок (ОМТЖ) і чоловіків (ОМТЧ) [3]. Ці моделі об'єднують поправки, які обумовлюють оптимальну масу тіла з урахуванням конституції, віку і зросту людини. Для визначення якості такої структури можна застосувати класичний підхід, у якому передбачена цілеспрямована і послідовна зміна однієї з трьох поправок, а якість математичної моделі дана в цілому. Така математична модель буде відповідати необхідним вимогам тоді, коли її D % і \bar{A} % будуть практично однакові з показниками якості опорних точок або опорних формул усіх відповідних поправок, передбачених для одержання оптимальної маси тіла [7]. Границі вказаних поправок обумовлюють значення, що зафіксовані у того контингенту, для якого така математична модель призначена. У даному дослідженні вони отримані за показниками маси й конституції тіла, віку і зросту студентів закладів вищої освіти на період трирічного проведення занять фізичним вихованням.

Мета роботи – розробка методики оцінювання якості поправок оптимальної маси тіла студентів за формулою математичної моделі для чоловіків.

Завдання дослідження. За коефіцієнтом детермінації та середньою похибкою апроксимації у відсотках диференційовано оцінити якість поправок маси тіла з урахуванням конституції, віку і зросту студентів.

Матеріал і методи дослідження. Стан проблеми вивчено на основі теоретичного аналізу та узагальнення даних спеціальної літератури. За методом антропометрії отримано масу, зріст і конституцію тіла студентів віком від 17 до 22 років ($n = 142$), які навчалися на 1÷3 курсах основного навчального відділення Національного університету «Львівська політехніка» [4]. Метод найменших квадратів використано для обчислення рівнянь лінійної регресії, за якими уклали формулу ОМТЧ:

$$ОМТЧ = (4,7619 * O3 - 90,4762) * (0,08135 * вік + 21,6916) * L^2 / 100 + (0,08135 * вік + 21,6916) * L^2, \quad (1)$$

де $O3$ – обвід зап'ястка робочої руки, см; 23,4 – оптимальне значення IMT кг/м² [1]; $вік$ – вік у повних роках; L^2 – квадрат зросту, м².

Формула (1) включає три поправки, які коректують ОМТЧ в залежності від конституції тіла, віку і зросту.

Поправку на конституцію тіла чоловіків отримано на основі вимог Г. Соловйова до астеників, нормостеніків і гіперстеніків. У формулі ОМТЧ ця поправка представлена рівнянням лінійної регресії, яку здобуто на опорних точках, обчислених за середнє арифметичними значеннями $O3$ і відсотками суміжних типів конституції тіла [3]:

$$\% = 4,7619 * O3 - 90,4762 \quad (2)$$

Якщо у формулі (2) використати $O3 = 19,0$ см, то корекція оптимальної маси тіла чоловіків з урахуванням їхньої конституції буде -0,0001 %, тобто практично нульовою.

Поправка на вік одержана за формулою, взятою із комплексної діагностичної системи (КОНТРЕКС-2) для чоловіків:

$$0,25 * (вік - 21) \quad (3)$$

Формула (3) щорічно зменшує оптимальну масу тіла на 0,25 кг, а після 21 року – збільшує на 0,25 кг. У формулі ОМТЧ поправку на вік виконано через корекцію IMT за рівнянням лінійної регресії [3]:

$$IMT = (0,08135 * вік + 21,6916) \quad (4)$$

За формулою (4) для 21 р. одержано $IMT = 23,39995 \text{ кг/м}^2$. Якщо це значення IMT помножити на квадрат середнього зросту чоловіків України – 1,753 м [10], то отримуємо масу тіла, для якої вікова поправка практично відсутня. Формула (4) для зросту 1,753 м дає IMT , який до 21 року щорічно знижує масу тіла на 0,250 кг, а після 21 року – збільшує на 0,250 кг. У чоловіків зростом нижче 1,753 м щорічна поправка маси тіла буде менше, а при більшому зрості – більша, але у відсотках для різного зросту вона однакова [3].

Поправку на зріст обчислено за формулою, яку запропонував І. П. Заневський для чоловіків [1]:

$$OMT = 23,4 * L^2 \quad (5)$$

де OMT – оптимальна маса тіла, кг; 23,4 – оптимальне значення IMT кг/м²; L^2 – квадрат зросту, м².

Показники якості трьох поправок маси тіла у формулі $OMTЧ$ визначено за $D\%$ і $\bar{A}\%$. Якість поправки на конституцію тіла студентів порівняли з опорною формулою (2), поправки на вік – опорною формулою (3), поправки на зріст – опорною формулою (5).

Оцінювання якості тієї чи іншої поправки виконано для умов, коли значення інших двох поправок були такими, що не впливали на $OMTЧ$. Значення $D\%$ і $\bar{A}\%$ опорних формул розглядали як фактичні, а формули $OMTЧ$ – як розрахункові. Якщо різниця між фактичними та розрахунковими поправками була практично відсутня, то обчислення оптимальної маси тіла студентів за формулою $OMTЧ$ виконано з достатньою точністю. У дослідженні для оцінювання цієї різниці проміжні обчислення, в тому числі оптимальної маси тіла подано з більшою точністю, ніж це потрібно для практичних рекомендацій.

Усі математичні розрахунки проведено у середовищі пакетів *MS Excel*.

Виклад основного матеріалу. Формула (2), що обумовлює поправку $OMTЧ$ з урахуванням трьох типів конституції тіла, отримано на трьох опорних точках для $O3$ (17,95 см; 19,0 см; 20,05 см) і трьох значеннях відсотків (-5 %; 0 %; 5 %) підібрана дуже вдало ($D = 100\%$) [3]. У попередньому дослідженні точність цієї формули не обчислювали, тому, що для обчислення $\bar{A}\%$ необхідно ділити на відсотки однієї з опорних точок, яка має нульове значення. У представлений роботі точність формули (2) визначено не за трьома, а двома крайніми парами опорних точок, а саме: 17,95 см/-5 % і 20,05 см/5 %. Такий підхід виправдає себе, якщо здобуте рівняння регресії буде однаковим з формулою (2). Тоді $D\%$ і $\bar{A}\%$ цього рівняння можна прийняти за показники якості формули (2). Результати розрахунку показників якості рівняння регресії на двох крайніх парах опорних точок представлено на рисунку 1.

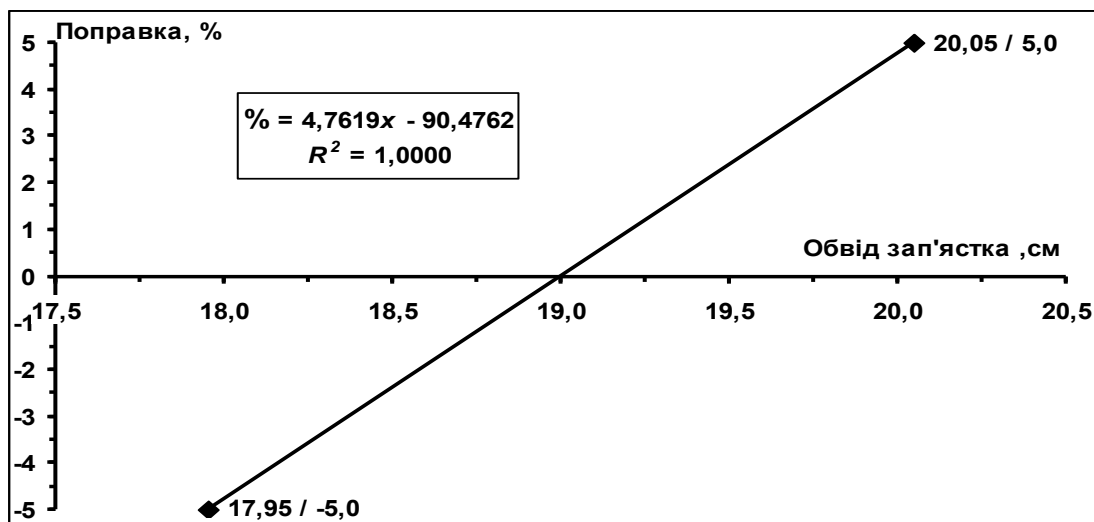


Рис. 1. Поправка маси тіла залежно від $O3$ чоловіків, що отримана на двох крайніх парах опорних точок

Дані, які показані на рисунку 1, засвідчують, що рівняння регресії, яке одержано на двох крайніх парах опорних точок, буде однаковим з формулою (2). Статистичний зв'язок між $O3$ і відсотковими поправками маси тіла чоловіків вказує на дуже вдалий підбір цього рівняння, оскільки $R^2 = 1,0000$ дає $D = 100\%$.

Отже, точність відсоткової поправки маси тіла чоловіків за формулою (2) можна отримати на двох крайніх парах опорних точок. Її розрахунок представлено в таблиці (1).

Таблиця 1

Точність відсоткової поправки маси тіла залежно від $O3$ чоловіків, що отримана на двох крайніх парах опорних точок

n	Опорні точки		Формула (2), % (y_x)	$y - y_x / y$
	$O3$, см (x)	Поправка, % (y)		
1	17,95	-5	-5,000095	0,000019
2	20,05	5	4,999895	0,000021

$$\Sigma = 0,000040$$

Точність відсоткової поправки маси тіла на конституцію чоловіків буде:

$$\bar{A} = \frac{0,00004}{2} 100\% = 0,002\%.$$

Значення $\bar{A} = 0,002\%$ або $\bar{A} = 2,00E-03\%$ практично не відрізняється від максимально можливого показника ($\bar{A} = 0\%$). Аналіз показав, що здобуте $\bar{A}\%$ обумовлено цифровим форматом формули (2). Якщо ця формула буде мати не чотири, а шість знаків після коми, а саме: $\% = 4,761905 * O3 - 90,47619$, то $\bar{A} = 0,0001\%$.

Отже, опорна формула (2) має максимально вдалий підбір ($D = 100\%$) і точність, що практично не відрізняється від максимальної ($\bar{A} = 0,002\%$).

Відносно показників якості опорної формули (2) розглянули значення $D\%$ і $\bar{A}\%$ поправки на конституцію тіла студентів, яку дає формула ОМТЧ. Для цього виконали такі розрахунки. За ОЗ від 14,0 до 23,0 см (у студентів ОЗ зафіксовано у межах від 14,2 до 18,4 см [4]) одержали масу тіла для зросту 1,80 м (зріст може бути будь-який) і 21 року, тобто віку, який практично не змінює ОМТЧ. Позаяк опорна формула (2) подає поправку маси тіла у відсотках, то у формулі ОМТЧ її також здобули у відсотках. Для цього для зросту 1,80 м, ОЗ = 19,0 см і 21 р. одержали ОМТЧ = 75,8158 кг. Потрібні відсотки розраховували за формулою:

$$\% = OMTЧ * 100 / 75,8158 - 100 \quad (6)$$

Статистичний зв'язок між відсотковими поправками маси тіла студентів, що обчислені за формулою (6) і опорною формулою (2), графік, рівняння регресії та значення R^2 представлено на рисунку 2.

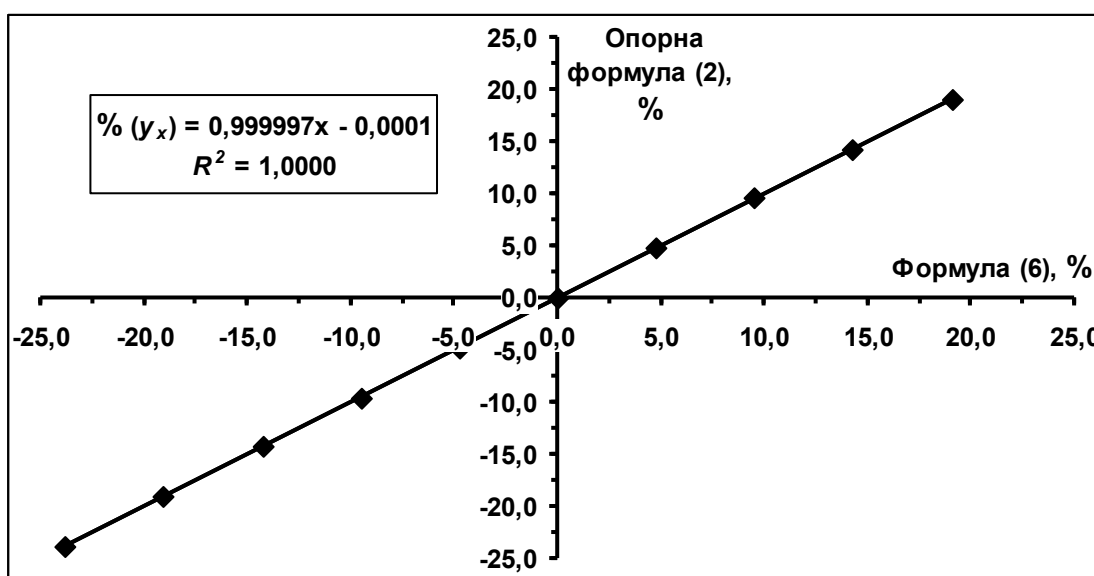


Рис. 2. Статистичний зв'язок між відсотковими поправками маси тіла студентів з різною конституцією, що отриманий за формулами (6) і (2)

Дані рисунку 2 показують, що статистичний зв'язок між відсотками формули (6) і опорної формули (2) характеризується простим рівнянням лінійної регресії:

$$\% (y_x) = 0,999997x - 0,0001, \quad (7)$$

де x – відсоткова поправка маси тіла, що здобута за формулою (6).

Значення R^2 , що на рисунку 2, засвідчує дуже вдалий підбір формули (7), оскільки $R^2 = 1,0000$ дає $D = 100\%$.

Для оцінювання точності поправки на конституцію тіла, яку дає формула ОМТЧ, одержано $\bar{A}\%$ між відсотками формули (6) і формули (2). Якщо отримане $\bar{A}\%$ буде незначно відрізнятись від нуля, то точність поправки маси тіла студентів, обчислених за формулою (6), буде практично такою як і для опорної формули (2). Проведені розрахунки представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Точність поправки на конституцію тіла студентів у формулі ОМТЧ

n	ОЗ, см	ОМТЧ*, формула 1, кг	Формули поправок маси тіла, %			y-yx /y
			6, (x)	2, (y)	7, (yx)	
1	14,0	57,7644	-23,8096	-23,8096	-23,8096	1,37E-07
2	15,0	61,3746	-19,0477	-19,0477	-19,0477	1,37E-07
3	16,0	64,9849	-14,2857	-14,2858	-14,2858	1,37E-07
4	17,0	68,5952	-9,5238	-9,5239	-9,5239	1,37E-07

5	18,0	72,2055	-4,7619	-4,7620	-4,7620	1,37E-07
6	19,0	75,8158	0,0000	-0,0001	-0,0001	3,32E-11
7	20,0	79,4260	4,7619	4,7618	4,7618	1,37E-07
8	21,0	83,0363	9,5238	9,5237	9,5237	1,37E-07
9	22,0	86,6466	14,2857	14,2856	14,2856	1,37E-07
10	23,0	90,2569	19,0477	19,0475	19,0475	1,37E-07

$\Sigma = 1,23E-06$

Примітка – *ОМТЧ для зросту 1,80 м, 21 року та ОЗ = 14,0÷22,0 см;

Середня похибка наближення відсотків формули (6) до відсотків опорної формули (2) буде:

$$\bar{A} = \frac{1,23E - 06}{10} 100\% = 1,23E - 05\%.$$

Отримане $\bar{A} = 1,23E-05\%$ або 0,0000123% означає, що точність поправки на конституцію тіла за формулою (6), практично не відрізняється від точності обчислення поправки за опорною формулою (2), тобто від $\bar{A} = 0,002\%$.

Крім того, у дослідженні проаналізували наскільки відсотки формули (6) відрізняються від відсотків опорних точок, а саме від: -5%; 0%; +5%. Розрахунок представлено в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняння відсотків формули (6) з відсотками опорних точок

Зріст, м	Вік, р.	Опорні точки		ОМТЧ, кг	Формула (6), %
		ОЗ, см	%		
1	2	3	4	5	6
1,80	21	17,95	-5	72,0250	-5,00001
1,80	21	19,00	0	75,8158	0,00000
1,80	21	20,05	5	79,6066	5,00001

У таблиці 3 значення ОМТЧ (5-й стовпчик) одержано за формулою (1) для зросту, віку та ОЗ, що подані у 1÷3-ому стовпчиків. Відтак за формулою (6) одержали відхилення ОМТЧ у відсотках щодо 75,8158 кг. З'ясовано, що здобуті відсотки (6-й стовпчик) узгоджуються з відсотками опорних точок (4-й стовпчик) до четвертого знаку після коми, що значно краще за обрану у дослідженні точність до другого знаку після коми.

Отже, формула ОМТЧ визначає поправку на конституцію тіла студентів з точністю, що практично не відрізняється від опорної формули ($\bar{A} = 1,23E-05\%$) при максимально вдалому підборі ($D = 100\%$) і високої точності ($\bar{A} = 2,00E-03\%$) останньої. Для формули ОМТЧ отримано відсотки, що будуть однакові з відсотками опорних точок до четвертого знаку після коми включно.

Порівняння з попередніми дослідженнями [7] показало, що формула ОМТЧ відносно формули ОМТЖ при максимально вдалому підборі опорних рівнянь лінійної регресії ($D = 100\%$) дещо поступається у точності обчислення поправки на конституцію тіла студенток ($\bar{A} = 3,69E-10\%$), а також відсоткам формули ОМТЖ, котрі узгоджуються з відсотками опорних точок до шостого знаку після коми.

Точність поправки маси тіла на вік студентів за формулою (1) отримано для умов, коли ОЗ і зріст практично не впливають на ОМТЧ, а основним чинником її зміни є вік. Показники якості поправок для різного віку у формулі ОМТЧ одержано відносно опорної формули (3): $0,25 * (\text{вік} - 21)$. Зрозуміло, що для опорної формули $D = 100\%$ і $\bar{A} = 0\%$. Вікову поправку маси тіла обчислили у межах від 17 до 26 років, що перекривало вік студентів 1÷3 курсів – 17÷22 роки [4]. У цьому віковому діапазоні розраховано ОМТЧ для ОЗ = 19,0 см і середнього зросту чоловіків України – 1,753 м. При таких значеннях ОЗ і зросту ОМТЧ повинна змінюватись тільки від віку людини. Потім від цієї ОМТЧ відняли ОМТЧ для 21 року, ОЗ = 19,0 см і зросту 1,753 м, що дало 71,90819 кг. Отримана різниця між цими ОМТЧ і буде поправкою маси тіла на вік, що охоплює повний період навчання студентів (див. табл. 4). Графік, рівняння регресії, значення R^2 , котрі характеризують статистичний зв'язок між віковими поправками формули (1) ОМТЧ і опорної формули (3), представлено на рисунку 3.

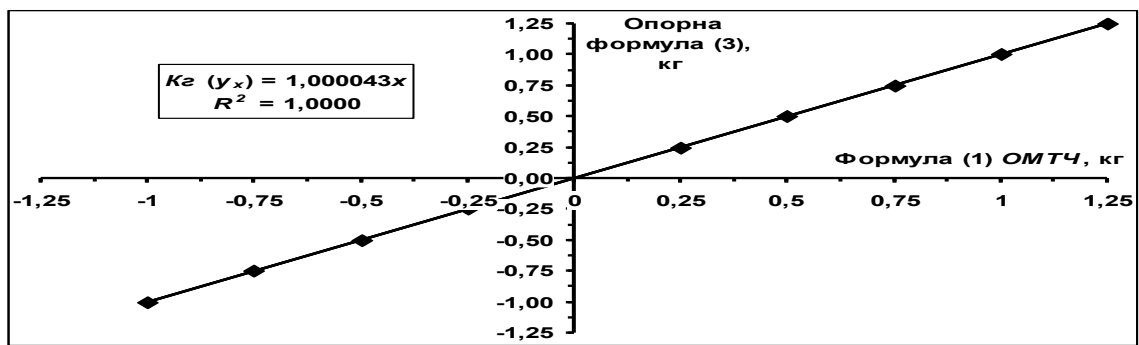


Рис. 3. Статистичний зв'язок між віковими поправками маси тіла студентів, що отриманий за формулами (1) і (3)

Дані, які подано на рисунку 3, засвідчують, що статистичний зв'язок між віковими поправками маси тіла, обчисленими за формулою (1) і опорною формулою (3), характеризується простим рівнянням лінійної регресії:

$$Kz(y_x) = 1,000043x, \quad (8)$$

де x – поправка ОМТЧ, що здобута за формулою (1).

Значення $R^2 = 1,0000$, що на рисунку 3, дає $D = 100\%$. Це означає максимально вдалий підбір формули (8).

Точність розрахунку вікової поправки маси тіла студентів за формулою ОМТЧ одержано відносно опорної формули (3) за середньою похибкою апроксимації у відсотках (табл. 4)

Таблиця 4

Точність поправки на різний вік студентів у формулі ОМТЧ

n	Вік, роки	ОМТЧ*, кг		Формули поправок маси тіла, кг			y-yx /y
		17÷26 р	21 року	1, (x)	3, (y)	8, (yx)	
1	17	70,90823	71,90819	-0,99996	-1,00	-1,0000001	1,27E-07
2	18	71,15822	71,90819	-0,74997	-0,75	-0,7500001	1,27E-07
3	19	71,40821	71,90819	-0,49998	-0,50	-0,5000001	1,27E-07
4	20	71,65820	71,90819	-0,24999	-0,25	-0,2500000	1,27E-07
5	22	72,15817	71,90819	0,24999	0,25	0,2500000	1,26E-07
6	23	72,40816	71,90819	0,49998	0,50	0,5000001	1,26E-07
7	24	72,65815	71,90819	0,74997	0,75	0,7500001	1,27E-07
8	25	72,90814	71,90819	0,99996	1,00	1,0000001	1,27E-07
9	26	73,15813	71,90819	1,24995	1,25	1,2500002	1,27E-07

$\Sigma = 1,14E-06$

Примітка – *ОМТЧ для зросту 1,753 м, ОЗ = 19 см

Середня похибка наближення вікової поправки маси тіла студентів, одержаною за формулою ОМТЧ, щодо до опорної формули (3) у відсотках буде:

$$\bar{A} = \frac{1,14E-06}{9} 100\% = 1,27E-05\%.$$

Здобує $\bar{A} = 1,27E-05\%$ або $0,0000127\%$ практично не відрізняється від нуля.

Отже, формула ОМТЧ має таку ж саму точність обчислення поправок на вік студентів ($\bar{A} = 1,27E-05\%$), що й опорна формула (3), котра максимально вдало підібрана ($D = 100\%$) і має високу точність ($\bar{A} = 0\%$).

Привертає увагу однакові значення індивідуальних відносних похибок апроксимації ($1,27E-07$), що у 8-ому стовпчику таблиці 4. Це вказує на те, що для різного віку поправки маси тіла студентів обчислені не тільки з високою, але і з однаковою точністю.

Якщо порівняти $D = 100\%$ і $\bar{A} = 1,27E-05\%$ формули ОМТЧ для студентів-чоловіків з аналогічними показниками якості поправок маси тіла студенток різного віку ($D = 100\%$ і $\bar{A} = 3,62E-05\%$) [7], то вони будуть практично однакові.

Точність поправки маси тіла на зріст студентів за формулою (1) з'ясовано за $D\%$ і $\bar{A}\%$ для умов, коли конституція тіла і вік практично не впливають на ОМТЧ, а основним фактором, який вносить зміни, є зріст. Для цього за формулою ОМТЧ виконано розрахунки для ОЗ = 19 см, 21 р. і зросту від 1,60 до 2,00 м (зріст студентів був у межах від 1,67 до

1,97 м [4]). Потім отримані значення $ОМТЧ$ порівняли з масою тіла, що здобута за опорною формулою (5): $ОМТ = 23,4 * L^2$. Зрозуміло, що ця формула має $D = 100\%$ і $\bar{A} = 0\%$. Графік, рівняння регресії, значення R^2 , котрі характеризують статистичний зв'язок між поправками формули (1) $ОМТЧ$ і опорної формули (5), представлено на рисунку 4.

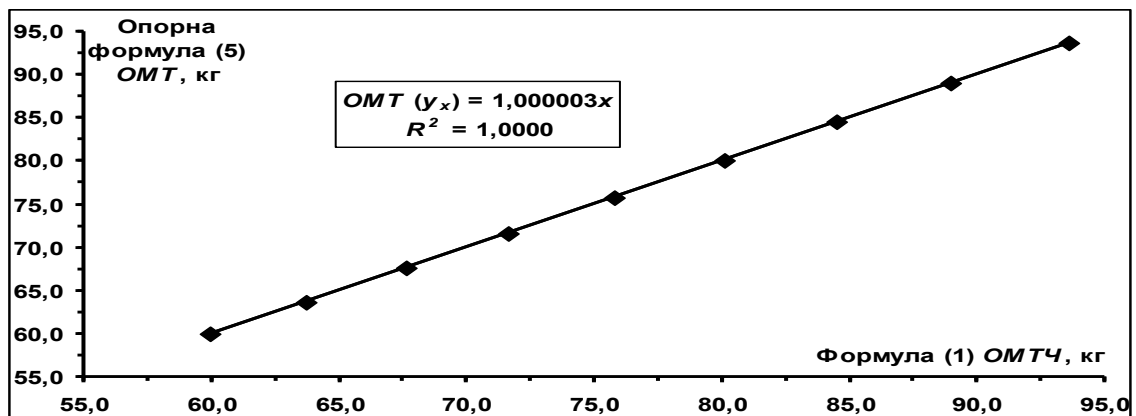


Рис. 4. Статистичний зв'язок між $ОМТЧ$ і $ОМТ$ у студентів різного зросту

Дані, котрі подано на рисунку 4, вказують, що статистичний зв'язок між $ОМТЧ$ і $ОМТ$, обчисленими за формулами (5) і (1), характеризується простим рівнянням лінійної регресії:

$$ОМТ (y_x) = 1,000003x, \quad (9)$$

де x – поправка $ОМТЧ$, що здобута за формулою (1).

Значення R^2 , що на рисунку 4, засвідчує дуже вдалий підбір формули (9), оскільки $R^2 = 1,0000$ дає $D = 100\%$.

Точність поправки маси тіла на зріст студентів за формулою $ОМТЧ$ одержано за середньою похибкою апроксимації у відсотках відносно опорної формули (5). Результати обчислення $\bar{A}\%$ представлено в таблиці 5.

Таблиця 5

Точність поправки на різний зріст студентів у формулі $ОМТЧ$

n	Зріст, м	$ОМТЧ^*$, кг (x)	$ОМТ^{**}$, кг (y)	$ОМТ(y_x)^{***}$, кг (y_x)	$ y-y_x /y$
1	1,60	59,9038	59,9040	59,9040	1,37E-07
2	1,65	63,7063	63,7065	63,7065	1,37E-07
3	1,70	67,6258	67,6260	67,6260	1,37E-07
4	1,75	71,6623	71,6625	71,6625	1,37E-07
5	1,80	75,8158	75,8160	75,8160	1,37E-07
6	1,85	80,0862	80,0865	80,0865	1,37E-07
7	1,90	84,4737	84,4740	84,4740	1,37E-07
8	1,95	88,9782	88,9785	88,9785	1,37E-07
9	2,00	93,5997	93,6000	93,6000	1,37E-07

$\Sigma = 1,23E-06$

Примітки:

* $ОМТЧ$, що здобута за формулою (1) для $OЗ = 19$ см, 21 р. і зросту 1,60÷2,00 м;

** $ОМТ$, яка обчислена за опорною формулою (5) для зросту 1,60÷2,00 м;

*** $ОМТ(y_x)$, що отримана за формулою (9)

Середня похибка наближення поправки маси тіла студентів різного зросту у формулі $ОМТЧ$ до $ОМТ$ у відсотках буде:

$$\bar{A} = \frac{1,23E-06}{9} 100\% = 1,37E-05\%.$$

Здобує $\bar{A} = 1,37E-05\%$ або 0,0000137% практично не відрізняється від нуля.

Отже, формула $ОМТЧ$ дає таку ж саму точність обчислення поправок на зріст студентів ($\bar{A} = 1,37E-05\%$), що й опорна формула (5), котра максимально вдало підібрана ($D = 100\%$) і має високу точність ($\bar{A} = 0\%$).

Якщо порівняти $D = 100\%$ і $\bar{A} = 1,37E-05\%$ формули *ОМТЧ* для студентів-чоловіків з аналогічними показниками якості поправок маси тіла студенток різного зросту ($D = 100\%$ і $\bar{A} = 2,9E-06$) [7], то вони будуть практично однакові.

Важливо сказати, що індивідуальна відносна похибка апроксимації, котра представлена у 6 стовпчику таблиці 5, для різного зросту є однакою ($1,37E-07$). Це означає, що поправки на зріст студентів у формулі *ОМТЧ*, одержано не тільки з високою, але й однаковою точністю.

Якщо обчислити *ІМТ* для *ОМТЧ*, то при $OЗ = 19,0$ см, 21 р. і зросту від 1,60 до 2,00 м отримаємо однакові значення – 23,39993 кг/м². Здобуті *ІМТ* будуть менші на 0,00007 кг/м² від рекомендованих І. П. Заневським оптимальних вимог для чоловіків – 23,4 кг/м². За такої точності *ОМТЧ* буде однакою з *ОМТ* до 3-2 знаку після коми. Такої точності цілком вистачає для обчислення індивідуальних показників оптимальної маси тіла студентів. Для того, щоб підвищити точність формули *ОМТЧ* до рівня $ІМТ = 23,400$ кг/м² достатньо у формулі (2), що обумовлює поправку на конституцію тіла, збільшити кількість знаків після коми з чотирьох до шести. А от знижує точність формули (1) зменшення кількості знаків після коми. Три знаки після коми дають однакові результати з *ОМТ* з точністю до десятих, а два – тільки до кілограмів, Один знак після коми збільшує *ОМТЧ* на 1,4÷2,3 кг. Чим вищий зріст, тим різниця більше. Але, якщо різницю подати не у кілограмах, а у відсотках, то незалежно від зросту *ОМТЧ* буде більше від *ОМТ* на 2,41 %.

Подальше порівняння показало, що при однакових цифрових форматах обчислення оптимальної маси тіла у студентів-чоловіків за формулою *ОМТЧ* показує меншу точність, ніж у студенток за формулою *ОМТЖ*. Так, при одному знаку після коми *ОМТЖ* буде відрізнятись від опорної *ОМТ* всього на 0,5÷0,8 кг або на 0,98 % [7] проти отриманих 2,41 % для чоловіків.

І на сам кінець, $ОМТ = 23,4 * L^2$ можна використати для контролю за точністю запису формули (1). Для цього за формулою (1) потрібно одержати *ОМТЧ* для $OЗ = 19,0$ см, 21 р. і того ж зросту, що і для *ОМТ*. При безпомилковому запису *ОМТЧ* буде однакою з *ОМТ* до третього знаку після коми.

Висновки: При обчисленні оптимальної маси тіла студентів якість поправок, що враховують їхню конституцію тіла, вік і зріст, визначено за коефіцієнтами детермінації та середніми похибками апроксимації у відсотках на основі послідовної зміни однієї зі складових математичної моделі *ОМТЧ*.

З'ясовано, що у формулі *ОМТЧ* рівняння лінійної регресії, що обумовлює поправку на різну конституцію студентів у межах $OЗ$ від 14,0 до 23,0 см, максимально вдало підбрано ($D = 100\%$) і характеризується точністю, яка практично не відрізняється від опорної формули ($\bar{A} = 1,23E-05\%$) при високій точності ($\bar{A} = 2,00E-03\%$) останньої. Формула *ОМТЧ* дає однакові відсотки щодо опорних точок з точністю до четвертого знаку після коми включно.

Установлено, що корекція за формулою *ОМТЧ* маси тіла студентів віком від 17 до 26 років виконана з максимально вдалим підбором рівняння лінійної регресії ($D = 100\%$) і з точністю ($\bar{A} = 1,27E-05\%$), яка практично не відрізняється від максимальної ($\bar{A} = 0\%$).

Визначено, що поправка маси тіла на зріст студентів у межах від 1,60 м до 2,00 м має максимально вдалий підбір ($D = 100\%$) і точність ($\bar{A} = 1,37E-05\%$), яка практично не відрізняється від максимальної ($\bar{A} = 0\%$).

У представленому цифровому форматі *ОМТЧ* буде однакою з *ОМТ* до 2-3 знаку після коми, що цілком достатньо для обчислення індивідуальних показників оптимальної маси тіла студентів. Зменшення кількості знаків після коми погіршує точність формули *ОМТЧ*. Якщо формула *ОМТЧ* буде представлена одним знаком після коми, то вона нараховує залежно від зросту на 1,4÷2,3 кг або на 2,41 % більше, ніж опорна формула: $ОМТ = 23,4 * L^2$.

Напрямок подальших досліджень. Визначити точність оцінювання *ОМТЧ* з поправками на різну конституцію вік і зріст за бальною шкалою, укладеною за рівнянням нелінійної регресії.

Література

1. Заневський І. П. Точність шкал оцінювання рівня фізичного здоров'я. Частина 1. Інтер- та екстраполяція шкали оцінювання. Фізична активність, здоров'я і спорт. – 2011. – №2. – С. 8–19.
2. Єрьоменко В. О., Алілуйко А. М., Мартинюк О. М., Попіна С. Ю. Економетрія (економетрика) : навч. посіб. для студ. заочної форми навчання економічних спеціальностей. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2012. – 116 с. ISBN 978-966-07-2117-6.
3. Михайлов Вол. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Віт. В. Оптимальні показники норми маси тіла у жінок і чоловіків. Сучасний соціокультурний простір : зб. наук. праць X міжн. наук.-практ. Інтернет-конф. – К., 2013. – С. 65–73 с.
4. Михайлов Віт. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Вол. В. Морфофункціональна підготовленість за оцінкою маси тіла та ЧСС студентів ВНЗ. Сучасні технології в сфері фізичного виховання, спорту і валеології: збірн. наук. праць X міжн. Інтернет наук.-метод. конф. – Харків, 2016 : НАНГУ. – Вип. 10. – С. 196-202.
5. Михайлов Віт. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Вол. В. Застосування рівнянь регресії для оцінювання ефективності виконання тестових вправ у фізичному вихованні студентів закладів вищої освіти. Спортивні ігри. – 2019. – №4(14). – С. 35–47 doi: 10.15391/si.2019-3.05.
6. Михайлов Віт. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Вол. В. Точність шкал оцінювання результатів у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії і за рівнями фізичної підготовки студентів закладів вищої освіти. Спортивні ігри. – 2020. – №4(18). – С. 44–59. doi: 10.15391/si.2020-4.05.
7. Михайлов Вол. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Віт. В. Точність обчислення оптимальної маси тіла студенток за рівнянням регресії. Зб. наук. пр. «Військова освіта» НУОУ ім. Івана Черняхівського, К. – 2022. №1 (45). – С. 144-153.
8. Михайлов Вол. В., Коростильова Ю.С., Михайлов Віт. В. Точність оцінювання фізичної підготовленості студенток закладів вищої освіти. Спортивні ігри. – 2022. – №3(25). – С. 97–113. doi: 10.15391/si.2022-3.09.
9. Практикум з економетрії: навч. посіб. /О. Л. Лещинський, В. В. Рязанцева, О. О. Юнькова, І. І. Юртин. – К. : ДП «Вид.дім «Персонал», 2009. – 94 с.

10. Українське суспільство 1992-2010. Соціологічний моніторинг. / за ред. д. ек. наук В. Воронина, д. соц. наук М. Шулги. – К. : Інститут соціології НАН України, 2010. – 636 с.
11. Korn G. A., Korn T. M. Mathematical handbook – London : McGraw-Hill Book Co., 2005. – 832 p.
12. Morrow J., Jackson A., Disch J., Mood D. Measurement and evaluation in human performance. Champaign : Human Kinetics, 2009. – 472 p.
13. Wood T., Zhu W. Measurement theory and practice in kinesiology. Champaign : Human Kinetics, 2006. – 440 p.

References

1. Zanevskiy I.P. Accuracy of physical health assessment scales. Part 1. Interpolation and extrapolation of the rating scale. Physical activity, health and sports. – 2011. – No. 2. – pp. 8–19.
2. Yeryomenko V.O., Aliluyko A.M., Martynuk O.M., Popina S.Yu. Econometria (econometrics): academic manual for students of part-time study of economic specialties. – Ternopil: Textbooks and manuals, 2012. – 116 p. ISBN 978-966-07-2117-6.
3. Mykhaylov Vol. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vit. V. Optimal indicators of body weight norm of women and men. Modern sociocultural space: coll. of science works X international science and practice Internet Conf. - K., 2013. – pp. 65–73.
4. Mykhaylov Vit. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vol. V. Morphofunctional readiness according to body weight assessment and heart rate of university students. Modern technologies in the field of physical education, sports and valeology: collection of science works of X international Internet of Science and Method. conf. – Kharkiv, 2016: NANGU. – Vol. 10. – P. 196-202.
5. Mykhaylov Vit. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vol. V. Applicability of Regression Equations for Evaluation of the Effectiveness of Physical Education among Students of Higher Education Establishments. Sports Games. – 2019. – No. 4(14). – P. 35–47 doi: 10.15391/si.2019-3.05.
6. Mykhaylov Vit. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vol. V. Accuracy of scales for evaluating results in test exercises according to linear regression equations and according to the levels of physical training of students of higher education institutions. Sports Games. – 2020. – No. 4(18). – pp. 44–59. doi: 10.15391/si.2020-4.05.
7. Mykhaylov Vol. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vit. V. The accuracy of estimation of the optimal body weight of female students according to the regression equation. Coll. of science Ave. "Military education" NUOU named after Ivan Chernyakhovsky, K. – 2022. No. 1 (45). - P. 144-153.
8. Mykhaylov Vol. V., Korostylova Yu.S., Mykhaylov Vit. V. Accuracy of physical fitness assessment of female students of higher educational institutions. Sports games. – 2022. – No. 3(25). – P. 97–113. doi: 10.15391/si.2022-3.09.
9. Workshop on econometrics: teaching manual /O. L. Leshchynskiy, V. V. Ryazantseva, O. O. Yunkova, I. I. Yurtyн. - K.: Personal Publishing House, 2009. – 94 p.
10. Ukrainian society 1992-2010. Sociological monitoring. / under the editorship V. Voronina, M. Shulga. - K.: Institute of Sociology of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2010. – 636 p.
14. Korn G. A., Korn T. M. Mathematical handbook – London : McGraw-Hill Book Co., 2005. – 832 p.
15. Morrow J., Jackson A., Disch J., Mood D. Measurement and evaluation in human performance. Champaign : Human Kinetics, 2009. – 472 p.
16. Wood T., Zhu W. Measurement theory and practice in kinesiology. Champaign : Human Kinetics, 2006. – 440 p.

DOI: [https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.1\(173\).23](https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2024.1(173).23)
УДК:796.011.3:378.6:351.741(477)«364»

Нікітенко О. В.,
кандидат наук з фізичного виховання і спорту,
доцент кафедри фізичного виховання, спорту та здоров'я людини,
Університет державної фіскальної служби України, м. Ірпінь

АКТУАЛІЗАЦІЯ ЗМІСТУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ ЗВО ЗІ СПЕЦИФІЧНИМИ УМОВАМИ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Висвітлено напрями вдосконалення змісту спеціальної фізичної підготовки курсантів ЗВО зі специфічними умовами навчання під час воєнного стану. На підставі анкетування інспекторів з тактики самозахисту та особистої безпеки тренінгових центрів ГУ НП України (n=27), визначено прогалини у фізичній підготовленості правоохоронців зі стажем практичної діяльності до одного року. Встановлено необхідність розроблення єдиного тематичного наповнення навчальної дисципліни для всіх закладів вищої освіти, які здійснюють підготовку поліцейських; упровадження в освітній процес практичних завдань, які передбачають моделювання ситуацій службової діяльності з комплексним застосуванням поліцейських заходів примусу; посилення ролі загальної фізичної підготовки шляхом виконання різноманітних фізичних вправ перебуваючи в повному екіпуванні. Перспективи подальших досліджень вбачаємо в розробленні комплексу вправ, які сприятимуть розвитку професійно-прикладних фізичних якостей правоохоронців.

Ключові слова: воєнний стан; курсант; правоохоронець; спеціальна фізична підготовка; фізична підготовка.