

УДК 796.011.2

**Володимир Михайлов,**

кандидат наук з фізичного виховання та спорту  
Національний університет оборони України  
імені Івана Черняхівського, м. Київ  
<https://orcid.org/0000-0002-2517-6016>

**Юлія Коростильова,**

кандидат наук з фізичного виховання та спорту  
Навчально-спортивна база літніх видів спорту  
Управління фізичної культури і спорту  
Міністерства оборони України, м. Київ  
<https://orcid.org/0000-0001-8939-3530>

**Віталій Михайлов,**

кандидат педагогічних наук, доцент  
Навчально-спортивна база літніх видів спорту  
Управління фізичної культури і спорту  
Міністерства оборони України, м. Київ  
<https://orcid.org/0000-0001-7935-7579>

DOI: 10.33099/2617-1775/2022-01/144-153

## ТОЧНІСТЬ ОБЧИСЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МАСИ ТІЛА СТУДЕНТОК ЗА РІВНЯННЯМ РЕГРЕСІЇ

*Мета:* розробка методики оцінювання якості рівняння регресії, за яким одержали оптимальну масу тіла студенток. *Методи:* теоретичний аналіз та узагальнення; педагогічний експеримент; антропометрія; метод найменших квадратів; регресійний аналіз. *Матеріал:* На основі математичного моделювання визначили точність корекції оптимальної маси тіла студенток ( $n = 116$ ) з урахуванням їхньої конституції, віку і зросту. *Результати:* з'ясовано, що якість поправок оптимальної маси тіла студенток можна встановити відносно опорних формул за коефіцієнтом детермінації і середньою похибкою апроксимації у відсотках. *Висновки:* поправки на конституцію, вік і зріст студенток мають максимально вдалий підбір ( $D = 100\%$ ) і забезпечують корекцію оптимального значення маси тіла з високою точністю ( $\bar{A} = 0\%$ ).

**Ключові слова:** маса і конституція тіла; вік; зріст; студентки; коефіцієнти детермінації і апроксимації.

**Постановка проблеми.** Математичне моделювання різних процесів морфологічного, функціонального і фізичного розвитку – перспективний напрям аналізу впливу фізичного виховання на допризовну молодь, в тому числі – на студенток, які, після здобуття вищої освіти, все частіше пов'язують своє життя з сектором безпеки і оборони України. Разом з широкими можливостями цього підходу у оцінюванні різних напрямків удосконалення людських можливостей, існують проблеми, що вимагають подальшого вирішення. Щодо рівнянь регресії, які широко застосовують у математичному моделюванні, то найбільшу стурбованість викликає оцінювання їхньої придатності до вирішення актуальних науково-практичних завдань.

Придатність рівнянь регресії спеціалісти рекомендують встановлювати за їхньою якістю, яка обумовлюється, в першу чергу, підбором і точністю розрахункових значень щодо фактичних показників [1; 3; 8; 9]. Останні представляють собою опорні елементи, які встановлені або за опорними точками, або за рівняннями регресії і які можуть бути обчислені у різний спосіб

[2; 6; 7]. Рівняння регресії застосовують, як правило, для розв'язання найбільш складних завдань, які потребують високої, але не завжди однакової точності побудови математичної моделі. Існування різноманітних вимог і різних способів укладання рівнянь регресії стимулює до пошуку адекватних конкретних шляхів для оцінювання їхньої якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** встановив, що підбір рівнянь регресії оцінюють за коефіцієнтом детермінації:  $D = R^2 * 100\%$  [1; 8]. Чим більше  $D$  наближено до 100 %, тим краще підібрано рівняння регресії.

Точність рівняння регресії обчислюють за середньою похибкою апроксимації у відсотках ( $\bar{A}$  %), яка характеризується середнім відхиленням розрахункових значень від фактичних. Ця похибка може бути отримана за різними формулами [3; 9], але найбільш поширеною є:

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

де  $\sum$  – знак суми;  $|y - y_x|$  – різниця за модулем;  $y$  – розрахункові значення, що здобуті за рівнянням регресії;  $y_x$  – показник, що обчислений між фактичними ( $x$ ) і розрахунковими значеннями ( $y$ );  $n$  – обсяг вибірки.

Рекомендовані спеціальною літературою орієнтири якості підбору ( $D > 80\%$ ) і точності рівнянь регресії ( $\bar{A} < 5\%$ ) [1; 8] дають можливість обрати кращий спосіб оцінювання результатів у тестових вправах з фізичної підготовки студентів [6]. З'ясовано, що нарахування балів за рівняннями регресії значно точніше, ніж за рівняннями, призначеними для визначення фізичної підготовленості студентів [6; 7]. Перевага оцінювання результатів за рівняннями регресії буде також у більшій кількості нарахованих балів, які в середньому будуть на 17,1 % більше, ніж за рівняннями підготовки студентів. Укладене за цим способом оцінювання рівняння множинної регресії буде однаковим як для усієї вибірки студентів, так і для її окремих частин, має максимально вдалий підбір ( $D = 100\%$ ) і незначну похибку апроксимації у відсотках ( $\bar{A} = 0,0044\%$ ), яка практично не відрізняється від нуля [7].

**Мета роботи** – розробка методики оцінювання якості рівняння регресії, за яким одержали оптимальну масу тіла студенток.

**Завдання дослідження** – встановити точність поправок оптимальної маси тіла студенток за показниками конституції, віку і зросту студенток.

**Матеріал і методи дослідження.** На основі математичного моделювання визначали точність корекції оптимальної маси тіла студенток з урахуванням їхньої конституції тіла, віку і зросту. Обстежували студенток 1÷3 курсів основного навчального відділення ( $n = 116$ ) Національного університету “Львівська політехніка” [5].

Стан проблеми вивчали на основі теоретичного аналізу та узагальнення даних спеціальної літератури. За методом антропометрії визначили масу і конституцію тіла студенток та їхній зріст. Метод найменших квадратів використали для того, щоб укласти формулу оптимальної маси тіла жінок (ОМТЖ) [4]:

$$ОМТЖ = (4,7619 * OЗ - 76,1905) * (0,07463 * вік + 19,8327) * L^2 / 100 + (0,07463 * вік + 19,8327) * L^2, \quad (1)$$

де  $OЗ$  – обвід зап'ястка, см;  $вік$  – вік у повних роках;  $L^2$  – зріст<sup>2</sup>, м.

Точність поправок на конституцію тіла, вік і зріст у формулі  $ОМТЖ$  з'ясували відносно опорних формул, на основі яких вони укладені. Значення опорних формул, розглядалися як фактичні, а відповідні поправки  $ОМТЖ$  – як розрахункові. Корекція  $ОМТЖ$ , вважалась достатньо точною, якщо якість її поправок були наближені до фактичних ( $D = 100\%$  і  $\bar{A} = 0\%$ ).

Оцінка якості тієї чи іншої поправки у формулі  $ОМТЖ$  дана для широкого діапазону їхніх значень, у той час коли інші дві поправки були такими, що не впливали на значення оптимальної маси тіла студенток. Оскільки різниця між опорними і розрахунковими поправками була дуже малою, то для більшої наочності проміжні обчислення виконали з більшою точністю, ніж це представлено у підсумку.

Усі математичні розрахунки проведені у програмі *MS Excel*.

**Виклад основного матеріалу.** Точність поправок з урахуванням типів конституції тіла (астенік, нормостенік, гіперстенік) визначили для умов, коли зріст і вік були постійними, а у формулі  $ОМТЖ$  змінювали тільки значення  $OЗ$ . Результати порівняли з опорною формулою [4]:

$$\% = 4,7619 * OЗ - 76,1905. \quad (2)$$

Оскільки формула (2) подає поправку маси тіла у відсотках, то для формули  $ОМТЖ$  її також визначили у відсотках:

$$\% = ОМТЖ * 100 / 61,8457 - 100, \quad (3)$$

де 61,8757 – маса тіла у кілограмах, яка розрахована за формулою  $ОМТЖ$  для  $OЗ = 16$  см і віку = 21 рік, тобто за параметрами, які не передбачають корекцію маси тіла (табл. 1).

Для того, щоб отримати  $D\%$  з'ясували статистичний зв'язок між відсотками, які отримані за формулами (3) і (2) у межах  $OЗ = 12,0 \div 18,0$  см, що перекриває значення обводу зап'ястка у студенток (13,79  $\div$  0,68 см) [5]. Обчислення виконали для зросту 1,70 м (зріст може бути будь-який) і одержали лінійну регресію:

$$\% (y_x) = 0,999999 * x - 0,0001, \quad (4)$$

де  $x$  – це поправка за формулою (3).

Встановлено, що формула (4) підібрана максимально точно, оскільки  $R^2 = 1,0000$  дає  $D = 100\%$ . Це рівняння регресії використали для обчислення точності поправок на конституцію тіла студенток у формулі  $ОМТЖ$  за середньою похибкою апроксимації у відсотках відносно формули (2). Результати представлені у таблиці 1.

Точність поправок *ОМТЖ* з урахуванням конституції тіла студенток

Таблиця 1

n	ОЗ, см	ОМТЖ, кг	Відсоткова поправка маси тіла			y-y <sub>x</sub>  /y
			формула (3) (x)	формула (2) (y)	формула (4) (y <sub>x</sub> )	
1	2	3	4	5	6	7
1	12,0	50,0656	-19,0476	-19,0477	-19,0477	1,87E-16
2	13,0	53,0106	-14,2857	-14,2858	-14,2858	7,46E-16
3	14,0	55,9557	-9,5238	-9,5239	-9,5239	3,73E-16
4	15,0	58,9007	-4,7619	-4,7620	-4,7620	7,46E-16
<b>5</b>	<b>16,0</b>	<b>61,8457</b>	<b>0,0000</b>	<b>-0,0001</b>	<b>-0,0001</b>	<b>3,32E-11</b>
6	16,5	63,3183	2,3810	2,3809	2,3809	7,27E-15
7	17,0	64,7908	4,7619	4,7618	4,7618	7,46E-16
8	17,5	66,2633	7,1429	7,1427	7,1428	2,49E-15
9	18,0	67,7358	9,5238	9,5237	9,5237	1,87E-15

$$\Sigma = 3,32E-11$$

У таблиці 2 подано:

1-й стовпчик – обсяг вибірки –  $n = 9$ ;

2-й стовпчик – обвід зап'ястка;

3-й стовпчик – *ОМТЖ*, яку розраховували для зросту 1,70 м, 21 року і  $ОЗ = 12,0 \div 18,0$  см;

4-й стовпчик – відсоткова поправка маси тіла, яку отримали за формулою (3);

5-й стовпчик – відсоткова поправка маси тіла, яку обчислили за формулою (2);

6-й стовпчик – відсоткова поправка маси тіла, що здобута за формулою (4);

7-й стовпчик – результати обчислення за формулою:  $|y-y_x|/y$ , а також їхня сума ( $\Sigma$ ).

Точність відсоткової поправки маси тіла студенток з урахуванням їхньої конституції буде:

$$\bar{A} = \frac{3,32E-11}{9} 100\% = 3,69E-10\%.$$

Отримане  $\bar{A} = 3,69E-10$  % практично не відрізняється від нуля.

Отже, поправка *ОМТЖ* на конституцію тіла студенток підібрана вдало ( $D = 100$  %) і має високу точність ( $\bar{A} = 0$  %).

Формула (2) укладена на опорних точках і характеризується дуже вдалим підбором ( $D = 100$  %) і високою точністю ( $\bar{A} = 0$  %) [4]. Оскільки поправка на конституцію тіла студенток у формулі *ОМТЖ* має такі ж самі показники якості, що і формула (2), то, отримані за цими формулами відсотки, повинні також бути однакові. Для перевірки цього припущення виконали обчислення, які представлені у таблиці 2.

Точність корекції *ОМТЖ* щодо опорних точок для осіб з різною конституцією тіла

Таблиця 2

Зріст, м	Вік, років	Опорні точки		<i>ОМТЖ</i> , кг	Поправка за формулою (3) %
		ОЗ, см	Поправка, %		
1	2	3	4	5	6
1,70	21	14,95	-5	58,7534	-5,000000
1,70	21	16,00	0	61,8457	0,000000
1,70	21	17,05	5	64,9380	5,000000

У таблиці 2 представлені опорні точки формули (2) для *OЗ* і відсотків. У 5-стовпчику *ОМТЖ* одержали для зросту, віку і конституції тіла, що подані у 1÷3-ому стовпчиках. Поправку *ОМТЖ* на конституцію тіла (6-й стовпчик) розраховували за формулою (3). Дані таблиці 2 засвідчують, що відсотки опорних точок і відсотки формули (3) є однаковими. Це підтверджує високу точність поправок на конституцію тіла студенток, що має місце у формулі *ОМТЖ*.

Точність корекції маси тіла за віком у формулі *ОМТЖ* встановили відносно вимог комплексної діагностичної системи (КОНТРЕКС-2) [4]:

$$0,2 * (\text{вік} - 21) . \quad (5)$$

Ця формула до 21 року щорічно зменшує оптимальну масу тіла на 0,2 кг, а після 21 року – її збільшує на 0,2 кг. Точність поправок обчислили для умов, коли зріст і конституція тіла не впливають на *ОМТЖ*, а основним фактором, який змінює масу тіла, є вік студенток. З цією метою за формулою *ОМТЖ* одержали масу тіла для зросту 1,637 м (середній зріст жінок України) і *OЗ* = 16 см для осіб різного віку від 16 до 25 років (вік обстежених студенток 16÷21 р.) [5]. Потім від отриманої маси тіла відняли масу тіла, яка обчислена за формулою *ОМТЖ* для 21 року, зросту 1,637 м і *OЗ* = 16 см. Здобуту різницю порівняли з поправками, що дає формула (5). Статистичний зв'язок між поправками на вік характеризується простим рівнянням лінійної регресії:

$$Kz(y_x) = 1,000447 * x . \quad (6)$$

Щоб отримати поправку за формулою (6) потрібно замість  $x$  вставити поправку, що дає формула *ОМТЖ*.

Встановлено, що ця формула підібрана дуже вдало, оскільки  $R^2 = 1,0000$  дає  $D = 100$  %. Її використали для обчислення точності поправок на вік у формулі *ОМТЖ* відносно формули (5) за середньою похибкою апроксимації у відсотках (табл. 3).

### Точність поправок маси тіла студенток різного віку у формулі *ОМТЖ*

Таблиця 3

$n$	Вік, років	<i>ОМТЖ</i> , кг	<i>ОМТЖ</i> для 21 р., кг	Різниця, кг ( $x$ )	Формула (5), кг ( $y$ )	Формула (6), кг ( $y_x$ )	$ y-y_x /y$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	16	56,3456	57,3451	-0,9996	-1	-1,0000	3,62E-07
2	17	56,5455	57,3451	-0,7996	-0,8	-0,8000	3,62E-07
3	18	56,7454	57,3451	-0,5997	-0,6	-0,6000	3,62E-07
4	19	56,9453	57,3451	-0,3998	-0,4	-0,4000	3,62E-07
5	20	57,1452	57,3451	-0,1999	-0,2	-0,2000	3,62E-07
6	22	57,5450	57,3451	0,1999	0,2	0,2000	3,62E-07
7	23	57,7449	57,3451	0,3998	0,4	0,4000	3,62E-07
8	24	57,9449	57,3451	0,5997	0,6	0,6000	3,62E-07
9	25	58,1448	57,3451	0,7996	0,8	0,8000	3,62E-07

$$\Sigma = 3,26E-06$$

У таблиці 3 подано:

1-й стовпчик – обсяг вибірки –  $n = 9$ ;

2-й стовпчик – вік;

3-й стовпчик – *ОМТЖ*, яку обчислили для зросту 1,637 м, *OЗ* = 16 см і віку 16÷25 років;

- 4-й стовпчик – *ОМТЖ* за формулою (1) для 21 року, зросту 1,637 м і  $OЗ = 16$  см;  
 5-й стовпчик – поправка *ОМТЖ*, яку отримали за різницею між 3-м і 4-м стовпчиками;  
 6-й стовпчик – фактична поправка, яку розрахували за формулою (5);  
 7-й стовпчик – поправка маси тіла, що вирахували за формулою (6);  
 8-й стовпчик – результати обчислення за формулою:  $|y - y_x|/y$ , а також їхня сума ( $\Sigma$ ).  
 Точність поправки *ОМТЖ*, що враховує вік студенток, буде:

$$\bar{A} = \frac{3,26E - 06}{9} 100\% = 3,62E - 05\%.$$

Отримане значення  $\bar{A} = 3,62E - 05\%$ , або  $0,00004\%$  практично не відрізняється від нуля.

Отже, частина формули *ОМТЖ*, яка забезпечує корекцію маси тіла за віком студенток, характеризується вдалим підбором ( $D = 100\%$ ) і максимально високою точністю ( $\bar{A} = 0\%$ ).

Дані стовпчику 8 таблиці 3 засвідчують, що індивідуальна відносна похибка апроксимації для студенток різного віку є однакою ( $3,62E - 07$ ). Це означає, що для різного віку студенток поправка обчислена однаково точно.

Точність поправки за зростом студенток визначили для умов, коли вік і конституція тіла не впливають на *ОМТЖ*, а основним чинником, якій її змінює, є зріст. Оцінка точності поправок на вік дана відносно опорної формули, яку запропонував І. П. Заневський [2]:

$$ОМТ = 21,4 * L^2, \quad (7)$$

де *ОМТ* – оптимальна маса тіла, кг; 21,4 – оптимальне значення індексу маси тіла (*ІМТ*) для жінок, од.;  $L^2$  – квадрат зросту,  $m^2$ .

За формулою *ОМТЖ* одержали масу тіла для  $OЗ = 16$  см і віку 21 рік для зросту 1,50÷1,90 м (середній зріст студенток  $1,65 \pm 0,06$  м) [5]. Отримані значення *ОМТЖ* порівняли з *ОМТ*. Встановлено, що статистичний зв'язок характеризується простим рівнянням лінійної регресії:

$$ОМТ(y_x) = 0,0000043 * x. \quad (8)$$

Щоб одержати  $ОМТ(y_x)$  замість  $x$  потрібно вставити *ОМТЖ*.

Встановлено, що формула (8) підібрана дуже вдало, оскільки  $R^2 = 1,0000$  дає  $D = 100\%$ . Цю формулу використали для обчислення точності поправок оптимальної маси тіла у жінок різного зросту щодо формули (7) за середньою похибкою апроксимації у відсотках (табл. 4).

#### Точність поправок маси тіла студенток різного зросту у формулі *ОМТЖ*

Таблиця 4

<i>n</i>	Зріст, м	<i>ОМТЖ</i> , кг ( <i>x</i> )	<i>ОМТ</i> , кг ( <i>y</i> )	Формула (8), кг ( $y_x$ )	$ y - y_x /y$
1	2	3	4	5	6
1	1,50	48,1498	48,1500	48,1500	2,90E-08
2	1,55	51,4133	51,4135	51,4135	2,90E-08
3	1,60	54,7838	54,7840	54,7840	2,90E-08
4	1,65	58,2613	58,2615	58,2615	2,90E-08
5	1,70	61,8457	61,8460	61,8460	2,90E-08
6	1,75	65,5372	65,5375	65,5375	2,90E-08
7	1,80	69,3357	69,3360	69,3360	2,90E-08

Закінчення табл.4

1	2	3	4	5	6
8	1,85	73,2412	73,2415	73,2415	2,90E-08
9	1,90	77,2537	77,2540	77,2540	2,90E-08

$$\Sigma = 2,61E-07$$

У таблиці 4 подано:

1-й стовпчик – обсяг вибірки –  $n = 9$ ;

2-й стовпчик – зріст, м;

3-й стовпчик – *ОМТЖ*, що обчислена для  $OЗ = 16$  см, 21 р. і зросту  $1,50 \div 1,90$  м;

4-й стовпчик – *ОМТ*, що отримана за формулою (7);

7-й стовпчик – маса тіла, яку розраховували за формулою (8);

8-й стовпчик – результати, що вираховані за формулою:  $|y - y_x|/y$ , а також їхня сума ( $\Sigma$ ).

Точність поправки маси тіла на зріст студенток у формулі *ОМТЖ*:

$$\bar{A} = \frac{2,61E - 07}{9} 100\% = 2,90E - 06\%.$$

Отримане значення  $\bar{A} = 2,9E-06$  або 0,000003 практично не відрізняється від нуля.

Отже, та частина формули *ОМТЖ*, яка забезпечує корекцію маси тіла за зростом студенток, характеризується максимально вдалим підбором ( $D = 100\%$ ) і максимально високою точністю ( $\bar{A} = 0\%$ ).

Дані стовпчику 6 таблиці 4 засвідчують, що індивідуальна відносна похибка апроксимації (2,90E-08) для студенток будь якого зросту є однакою. Це означає, що поправка у формулі *ОМТЖ* для осіб різного зросту обчислена однакою точно.

Якщо у формулі *ОМТЖ* визначити *ІМТ* у межах зросту від 1,50 до 1,90 м для осіб з однакою конституцією тіла ( $OЗ = 16$  см) і віку (21 р.), то отримаємо 21,3999 од, що буде на 0,0001 од. менше від рекомендованих оптимальних вимог для жінок – 21,4 од. За такої точності результати розрахунків за формулою *ОМТЖ* співпадають з формулою *ОМТ* до 2-3 знаку після коми. Це дозволяє використати формулу  $ОМТ = 21,4 * L^2$  для контролю за точністю запису формули *ОМТЖ* у *MS Excel*. Отриманої точності цілком достатньо для обчислення індивідуальних та середнє арифметичних значень оптимальної маси тіла для певної групи студенток.

Тепер щодо впливу різного цифрового формату на точність формули *ОМТЖ*. Якщо складові формули *ОМТЖ*, за якими внесені поправки за віком, конституцією тіла і зросту представлені не чотирма а трьома знаками після коми, то для осіб, які мають 21 рік,  $OЗ = 16$  см будь якого зросту, результати будуть однакові з *ОМТ* до 2-3 знаку, якщо двома, – то до 1-2 знаку. Формула *ОМТЖ* з одним знаком після коми дає масу тіла, яка буде менше від *ОМТ* на  $0,5 \div 0,8$  кг. Чим більший зріст, тим більше різниця у масі тіла. Але, якщо цю різницю представити у відсотках, то для кожного зросту такий формат зменшує *ОМТЖ* на 0,98 % відносно формули *ОМТ*.

### Висновки:

1. Визначено точність обчислення оптимальної маси тіла студенток щодо опорних формул за коефіцієнтами детермінації і середніми похибками апроксимації у відсотках.

2. Установлено, що авторські рівняння регресії, які коректують оптимальне значення маси тіла студенток з урахуванням їхньої конституції тіла, віку і зросту, максимально добре підібрані і мають високу точність поправок ( $D = 100\%$ ;  $\bar{A} = 0\%$ ). Отже, авторська формула дозволяє якнайкраще визначити оптимальну масу тіла у студенток за вказаними показниками.

3. Визначено, що авторська формула розрахунку оптимальної маси тіла у жінок, що представлена у цифровому форматі, характеризується високою точністю і дає значення, які будуть однакові з авторською формулою оптимальної маси тіла до 2-3 знаку після коми. Це цілком достатньо для обчислення індивідуальних та групових значень маси тіла студенток.

**У подальших дослідженнях** планується визначити точність шкали оцінювання оптимальної маси тіла у жінок за рівнянням регресії.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Базака, Л. Н., Разинков, А. И. (2015). Статистическая обработка данных в среде пакетов Statistica, EViews и MS Excel : метод. указания по выполнению лабораторных работ. Пинск: Полес ГУ, 138.
2. 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, 8–19.
3. Малова, Н. Н. (2017). Об одном подходе к расчету средней ошибки аппроксимации регрессионных моделей. Международный технико-экономический журнал, 5, 54–57.
4. Михайлов, Вол. В., Коростильова, Ю. С., Михайлов, Віт. В. (2013). Оптимальні показники норми маси тіла у жінок і чоловіків. Сучасний соціокультурний простір : зб. наук. праць Х міжн. наук.-практ. Інтернет-конф. К., 65–73.
5. Михайлов, Віт. В., Михайлов, Вол. В., Коростильова, Ю. С. (2015). Взаємозв'язок та динаміка складових оздоровчої ефективності фізичного виховання студенток ВНЗ. Сучасні технології в галузі фізичного виховання і спорту : збірн. наук. праць ІХ міжн. наук.-метод. конф. Харків : НАНГУ, 9, 149-162.
6. 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.
7. Михайлов, Віт. В., Михайлов, Вол. В., Коростильова, Ю. С. (2020). Точність шкал оцінювання результатів у тестових вправах за рівняннями лінійної регресії і за рівнями фізичної підготовки студентів закладів вищої освіти. Спортивні ігри, 4 (18), 44–59.
8. Лещинський, О. Л., Рязанцева, В. В., Юнькова, О. О., Юртин, І. І. Практикум з економетрії: навч. посіб. К.: ДП «Вид. дім «Персонал», 94.
9. Рогачов, А. Ф., Мелихова, Е. В. (2014) Эконометрика : учеб. пособ. В.: ФГБОУ ВПО ВГТУ, 86.

### REFERENCES

1. Bazaka, L. N., Razyнков, A. Y. (2015). Statystycheskaia obrabotka dannykh v srede paketov Statistica, EViews y MS Excel [Statistical data processing in the Statistica and the EViews packages in MS Excel]: metod. ukazaniya po vypolneniyu laboratornykh rabot. Pynsk: Poles HU, 138.
2. Zanevskiy, I. P. (2011). Tochnist shkal otsiniuvannia rivnia fizychnoho zdorovia. Chastyna 1. Inter- ta ekstrapoliatsiia shkaly otsiniuvannia [Accuracy of physical health assessment scales. Part 1. Inter- and extrapolation of the rating scale]. Fizychna aktyvnist, zdorovia i sport, 2, 8–19.
3. Malova, N. N. (2017). Ob odnom podkhode k raschetu srednei oshybky approksymatsyy rehressyonnykh modelei [About one approach to calculate the average approximation error of regression models]. Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomycheskyi zhurnal, 5, 54–57.
4. Mykhaylov, Vol. V., Korostylova, Yu. S., Mykhaylov, Vit. V. (2013). Optymalni



pokaznyky normy masy tila u zhinok i cholovikiv [Optimal indices of female and male body mass norms]. Suchasnyi sotsiokulturnyi prostir : zb. nauk. prats Kh mizhn. nauk.-prakt. Internet-konf. K., 65–73.

5. Mykhaylov, Vit. V., Mykhaylov, Vol. V., Korostylova, Yu. S. (2015). Vzaiemozviazok ta dynamika skladovykh ozdorovchoi efektyvnosti fizychnoho vykhovannia studentok VNZ [Relationships and dynamics of components health-improving efficiency of female students' physical education]. Suchasni tekhnolohii v haluzi fizychnoho vykhovannia i sportu : zbirn. nauk. prats IKh mizhn. nauk.-metod. konf. Kharkiv : NANHU, 9, 149-162.

6. Mykhaylov, Vit. V., Mykhaylov, Vol. V., Korostylova, Yu. S. (2019). Zastosuvannia rivnian rehresii dlia otsiniuvannia efektyvnosti vykonannia testovykh vprav u fizychnomu vykhovanni studentiv zakladiv vyshchoi osvity [Applicability of regression equations for evaluation of the effectiveness of physical education among students of higher education establishments]. Sportyvni ihry, 4 (14), 35–47.

7. Mykhailov, Vit. V. Mykhailov, Vol. V., Korostylova, Yu. S. (2020). Tochnist shkal otsiniuvannia rezultativ u testovykh vpravakh za rivnianniomy liniinoi rehresii i za rivniamy fizychnoi pidhotovky studentiv zakladiv vyshchoi osvity [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]. Sportyvni ihry, 4 (18), 44–59.

8. Leshchynskiy, O. L., Riazantseva, V. V., Yunkova, O. O., Yurtyyn, I. I. Praktykum z ekonometrii [Econometrics workshop]: navch. posib. K.: DP «Vyd. dim «Personal», 94.

9. Rohachov, A. F., Melykhova, E. V. (2014) Ekonometryka [Econometrics]: ucheb. posob. V.: FNBVOU VPO VHTU, 86.

## РЕЗЮМЕ

**Владимир Михайлов,**

кандидат наук по физическому воспитанию и спорту  
Национальный университет обороны Украины  
имени Ивана Черняховского

**Юлия Коростылева,**

кандидат наук по физическому воспитанию и спорту  
Учебно-спортивная база летних видов спорта  
Управление физической культуры и спорта  
Министерства обороны Украины

**Виталий Михайлов,**

кандидат педагогических наук, доцент  
Учебно-спортивная база летних видов спорта  
Управление физической культуры и спорта  
Министерства обороны Украины

### **Точность вычисления оптимальной массы тела студенток по уравнению регрессии**

*Цель: разработка методики оценивания качества уравнения регрессии, за которым получили оптимальную массу тела студенток. Методы: теоретический анализ и обобщение; педагогический эксперимент; антропометрия; метод наименьших квадратов; регрессионный анализ. Материал: На основе математического моделирования определили точность коррекции оптимальной массы тела студенток ( $n = 116$ ) с учетом их конституции, возраста и роста. Результаты: выяснено, что качество поправок оптимальной массы тела студенток можно определить относительно опорных формул по коэффициенту детерминации и средней ошибке аппроксимации в процентах. Выводы: поправки на конституцию, возраст и рост студенток имеют максимально удачный подбор ( $D = 100\%$ ) и обеспечивают коррекцию оптимального значения массы тела с*

высокой точностью ( $\bar{A} = 0\%$ ).

**Ключевые слова:** масса и конституция тела; возраст; рост; студентки; коэффициенты детерминации и аппроксимации.

## SUMMARY

**Volodymyr Mykhaylov,**

PhD in Physical Education and Sports  
The National Defence University of Ukraine  
named after Ivan Cherniakhovskyi

**Yuliya Korostylova,**

PhD in Physical Education and Sports  
Educational and Sports Base of Summer Sports  
Department of Physical Culture and Sports  
Ministry of Defence of Ukraine

**Vitaliy Mykhaylov,**

PhD in Pedagogics, docent  
Educational and Sports Base of Summer Sports  
Department of Physical Culture and Sports  
Ministry of Defence of Ukraine

### **The accuracy of estimation of the optimal body weight of female students according to the regression equation**

**Introduction.** *Mathematical modeling of various processes of morphological, functional and physical development is a promising area of impact analysis of physical education of female students.*

**The purpose** of the article is to develop the assessment methodology of the quality of the regression equation, using which the optimal body weight of female students has been obtained.

**The methods** of the research are as following: theoretical analysis and generalization; pedagogical experiment; anthropometry; least squares method; regression analysis. **Material.** The accuracy of the optimal body weight correction of female students ( $n = 116$ ) taking into account their constitution, age and height is determined using the basis of mathematical modelling.

**Results.** It was found that the quality of the optimal body weight corrections of female students could be established relative to the reference formulas by the coefficient of determination and the approximation average error in percent.

**Originality.** It is determined that the formula of women optimal body weight in the presented digital format is characterized by high accuracy and gives values that will be the same as the formula of optimal body weight up to 2-3 decimal places. This is quite enough to calculate the individual and group values of body weight of female students.

**Conclusions.** It was found that the regression equations that correct the optimal value of body weight of female students taking into account their body constitution, age and height have the most successful selection ( $D = 100\%$ ) and have a high accuracy of corrections ( $\bar{A} = 0\%$ ).

In further researches it is planned to determine the scale accuracy of estimating of female optimal body weight by regression equation.

**Key words:** body weight and constitution; age; height; female students; coefficients of determination and approximation.