

Толочний ВікторORCID 0000-0002-0463-4073
Researcher ID AAC-6825-2020Старший викладач,
Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка (Чернігів, Україна)
E-mail: tolvikne@gmail.com**Сичова Ірина**ORCID 0000-0003-3055-1703
Researcher ID AAC-8803-2020Викладач,
Національний університет «Чернігівський колегіум»
імені Т.Г. Шевченка (Чернігів, Україна)
E-mail: bilyaffka@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ТІЛА СПОРТСМЕНА ЗА ДОПОМОГОЮ MICROSOFT EXCEL

Ступінь стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги є важливою біомеханічною характеристикою, що визначає його здатність підтримувати та відновлювати рівновагу під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників. Вміння швидко та правильно визначати ступінь стійкості тіла спортсмена в положенні рівноваги є важливим для оптимізації техніки рухів, підвищення ефективності тренувань і зниження ризику травм.

Більшість авторів визначають ступінь стійкості тіла таким чином: виготовляють фотографії у сагітальній та фронтальній площинах; визначають на них ЗЦМ та його висоту; знаходять відповідні розміри площ опор, кути стійкості та плечі прикладання сил; розраховують перекидаючий момент та моменти стійкості і вираховують коефіцієнт стійкості тіла в досліджуваному положенні.

Мета роботи. Запропонувати алгоритм створення засобу визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги для здобувачів освіти, які опановують дисципліну біомеханіка, дослідників та тренерів, використовуючи можливості програмного забезпечення MS Excel 2019.

Методологія. Базується на дослідженні навчально-методичних матеріалів і аналізі функціоналу програмного забезпечення, поєднанні методів біомеханіки і математичних підходів, застосуванні комп'ютерних технологій та моделювання.

Наукова новизна. Використовуючи функціонал програмного забезпечення MS Excel 2019, створено продукт, який можна застосовувати при вивченні біомеханіки, наукових дослідженнях ступеня стійкості тіла спортсмена та при оперативному контролі тренувального процесу тренерами.

Висновки. Представлений у статті шаблон розрахунку ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги, дає можливість відносно швидко провести розрахунки показників стійкості. Це дає можливість здобувачам освіти зменшити витрати часу, покращити якість та точність побудови при виконанні практичної роботи на заняттях з біомеханіки. Широке використання програмного забезпечення MS Excel дозволяє застосовувати його в умовах дистанційного навчання студентів, а також тренерами та дослідниками у сфері фізичної культури та спорту.

Ключові слова: ступінь стійкості тіла спортсмена, положення рівноваги, загальний центр мас (ЗЦМ) тіла людини, Microsoft Excel, студенти, біомеханіка.

Постановка проблеми. Ступінь стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги є важливою біомеханічною характеристикою, що визначає його здатність підтримувати та відновлювати рівновагу під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників. Під час виконання рухових дій спортсмен часто має утримувати статичні пози протягом певного часу, тому у процесі аналізу рухової діяльності часто необхідно визначати рівень стійкості тіла спортсмена, який під час виконання фізичних вправ займає різні положення в просторі. Вміння швидко та правильно визначати ступінь стійкості тіла спортсмена в положенні рівноваги є важливим для оптимізації техніки рухів, підвищення ефективності тренувань і зниження ризику травм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більшість авторів визначають ступінь стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги за таким алгоритмом [2; 3; 4].:

- виготовляють фотограми спортсмена в досліджуваному положенні у сагітальні та фронтальній площинах;
- на обох фотографіях визначають ЗЦМ графічним методом;
- опускають лінію тяжіння на площу опори та визначають її довжину;
- знаходять сагітальні та фронтальні розміри площі опори;
- визначають кути стійкості та плечі прикладання сили в усіх напрямках;
- розраховують перекидаючий момент та моменти стійкості в усіх напрямках;
- вираховують коефіцієнт стійкості тіла в досліджуваному положенні та роблять висновки щодо ступеня стійкості тіла.

Мета роботи. Запропонувати алгоритм створення засобу визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги для здобувачів освіти, які опановують дисципліну біомеханіка, дослідників та тренерів, використовуючи можливості програмного забезпечення Microsoft Excel 2019.

Методологія. Базується на дослідженні навчально-методичних матеріалів і аналізі функціоналу програмного забезпечення, поєднанні методів біомеханіки і математичних підходів, застосуванні комп'ютерних технологій та моделювання.

Наукова новизна. Використовуючи функціонал програмного забезпечення Microsoft Excel 2019, створено продукт, який можна застосовувати при вивченні біомеханіки, наукових дослідженнях ступеня стійкості тіла спортсмена та при оперативному контролі тренувального процесу тренерами. Перевагою даного продукту є можливість контролю введених даних, оперативної корекції в разі помилки, що дозволяє більш точно та з меншими затратами часу визначити показники коефіцієнта стійкості тіла.

Результати дослідження. Функціональні можливості Microsoft Excel, дозволяють застосовувати його при дослідженні різних біомеханічних характеристик, зокрема ступеня стійкості тіла спортсмена, що знаходиться в положенні рівноваги. Як приклад розглянемо використання даного програмного забезпечення версії 2019. Алгоритми, описані в даній роботі, можна адаптувати і до інших версій застосування.

Ключовим елементом у визначенні ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги, є положення точки загального центру мас, так як більшість показників розраховується на основі розміщення цієї точки. Для визначення ЗЦМ скористаємось вже наявним шаблоном, створення якого описано в статті «Визначення ЗЦМ тіла людини за допомогою Microsoft Excel» [6]. Архів з шаблоном та прикладом побудови можна завантажити за посиланням: <https://cutt.ly/QTXX2YPd>.

Даний файл містить два аркуші: «Розрахунки» та «Побудова», що дозволяє визначити положення ЗЦМ лише в одній площині. Оскільки нам потрібно визначити координати ЗЦМ на фотографіях спортсмена у фронтальній та сагітальній площинах, скопіюємо наявні аркуші. Виділяємо обидва аркуші, це потрібно для збереження зв'язків між парою аркушів, для цього, утримуючи клавішу Ctrl клікаємо лівою клавішею миші на назви. Далі правою клавішею викликаємо контекстне меню та обираємо *Перемістити або копіювати...*, ставимо позначку *Створити копію* та натискаємо *ОК* (рис. 1).

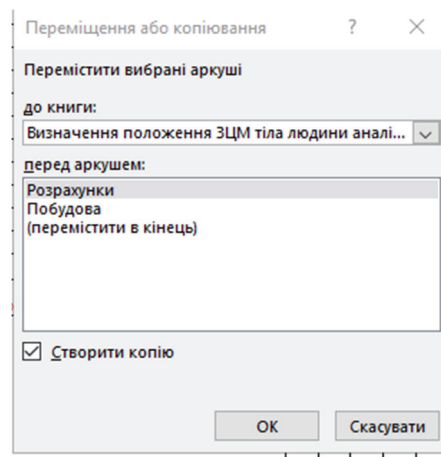


Рис. 1. Копіювання аркушів

Змінюємо назви аркушів, наприклад: «Розрахунки» – на «Розрахунки сагіталь», «Розрахунки (2)» – на «Розрахунки фронталь», «Побудова» – на «Побудова сагіталь», «Побудова (2)» – на «Побудова фронталь» за допомогою пункту контекстного меню – *Перейменувати*.

Для розрахунків нам знадобляться додаткові показники, додамо їх в таблиці. На аркуші «Побудова фронталь» в комірки: A23, A24, A25 – 20, 21, 22; B 23 – «Початкова точка площі опори»; B24 – «Кінцева точка площі опори»; B25 – «Проекція ЗЦМ на вісь ОХ»; об'єднуємо A26 та B26 – «Фронтальний розмір площі опори»; C25 – «=C22»; об'єднуємо C26 та D26 – «=C24-C23» (різниця координат Х кінцевої та початкової точок); D23-D25 «0» (рис. 2, а).

На аркуші «Побудова сагіталь» виконаємо аналогічні дії, тільки в об'єднання комірок A26 та B26 надрукувати текст «Сагітальний розмір площі опори» (рис. 2 б).

№	Назва точок	Координати	
		x	y
1	Центр мас голови		
2	Правий плечовий суглоб		
3	Лівий плечовий суглоб		
4	Правий ліктьовий суглоб		
5	Лівий ліктьовий суглоб		
6	Правий променево-зап'ястковий суглоб		
7	Лівий променево-зап'ястковий суглоб		
8	Центр мас правої кисті		
9	Центр мас лівої кисті		
10	Правий кульшовий суглоб		
11	Лівий кульшовий суглоб		
12	Правий колінний суглоб		
13	Лівий колінний суглоб		
14	Правий надп'яtkово-гомільковий суглоб		
15	Лівий надп'яtkово-гомільковий суглоб		
16	Право п'яtkова точка		
17	Ліва п'яtkова точка		
18	Кінцева точка правої ноги		
19	Кінцева точка лівої ноги		
20	ЗЦМ	=Розрахунки фронталь'!F3	=Розрахунки фронталь'!F4
21	Початкова точка площі опори		0
22	Кінцева точка площі опори		0
23	Проекція ЗЦМ на вісь X	=C22	0
24	Фронтальний розмір площі опори	=C24-C23	

№	Назва точок	Координати	
		x	y
1	Центр мас голови		
2	Правий плечовий суглоб		
3	Лівий плечовий суглоб		
4	Правий ліктьовий суглоб		
5	Лівий ліктьовий суглоб		
6	Правий променево-зап'ястковий суглоб		
7	Лівий променево-зап'ястковий суглоб		
8	Центр мас правої кисті		
9	Центр мас лівої кисті		
10	Правий кульшовий суглоб		
11	Лівий кульшовий суглоб		
12	Правий колінний суглоб		
13	Лівий колінний суглоб		
14	Правий надп'яtkово-гомільковий суглоб		
15	Лівий надп'яtkово-гомільковий суглоб		
16	Право п'яtkова точка		
17	Ліва п'яtkова точка		
18	Кінцева точка правої ноги		
19	Кінцева точка лівої ноги		
20	ЗЦМ	=Розрахунки сагіталь'!F3	=Розрахунки сагіталь'!F4
21	Початкова точка площі опори		0
22	Кінцева точка площі опори		0
23	Проекція ЗЦМ на вісь X	=C22	0
24	Сагітальний розмір площі опори	=C24-C23	

Рис. 2. Доповнена таблиця для розрахунку координат ЗЦМ (у режимі відображення формул)

Для обчислення розмірів площі опори, додамо візуальні маркери відповідних точок: «Початкова точка площі опори» та «Кінцева точка площі опори». Клікнемо на діаграмі лівою клавішею миші, для її виділення, потім правою клавішею викликаємо контекстне меню, обираємо «Вибрати дані...». З'явиться вікно «Вибір джерела даних», натискаємо «Додати», у вікні «Редагування ряду» зазначаємо назву ряду та відповідні дані.

Аркуш «Побудова фронталь». Початкова точка площі опори (рис. 3 а): Ім'я ряду – «ПТПО»; Значення ряду X – «=Побудова фронталь'!\$C\$23»; Значення ряду Y – «=Побудова фронталь'!\$D\$23». Кінцева точка площі опори (рис. 3 а1): Ім'я ряду – «КТПО»; Значення ряду X – «=Побудова фронталь'!\$C\$24»; Значення ряду Y – «=Побудова фронталь'!\$D\$24». Проекція ЗЦМ на вісь X (рис. 3 а2): Ім'я ряду – «ПЗЦМ»; Значення ряду X – «=Побудова фронталь'!\$C\$22»; Значення ряду Y – «={0}».

Аркуш «Побудова сагіталь». Початкова точка площі опори (рис. 3 б): Ім'я ряду – «ПТПО»; Значення ряду X – «=Побудова сагіталь'!\$C\$23»; Значення ряду Y – «=Побудова сагіталь'!\$D\$23». Кінцева точка площі опори (рис. 3 б1): Ім'я ряду – «КТПО»; Значення ряду X – «=Побудова сагіталь'!\$C\$24»; Значення ряду Y – «=Побудова сагіталь'!\$D\$24». Проекція ЗЦМ на вісь X (рис. 3 б2): Ім'я ряду – «ПЗЦМ»; Значення ряду X – «=Побудова сагіталь'!\$C\$22»; Значення ряду Y – «={0}».

Редагування ряду

а

Ім'я ряду:

=ПТПО

= ПТПО

Значення ряду X:

=Побудова фронталь'!\$C\$23

=

Значення ряду Y:

=Побудова фронталь'!\$D\$23

= 0

OK

Скасувати

Редагування ряду

а1

Ім'я ряду:

=КТПО

= КТПО

Значення ряду X:

=Побудова фронталь'!\$C\$24

=

Значення ряду Y:

=Побудова фронталь'!\$D\$24

= 0

OK

Скасувати

Редагування ряду

а2

Ім'я ряду:

=ПЗЦМ

= ПЗЦМ

Значення ряду X:

=Побудова фронталь'!\$C\$22

=

Значення ряду Y:

= {0}

= 0

OK

Скасувати

Редагування ряду

б

Ім'я ряду:

=ПТПО

= ПТПО

Значення ряду X:

=Побудова сагіталь'!\$C\$23

=

Значення ряду Y:

=Побудова сагіталь'!\$D\$23

= 0

OK

Скасувати

Редагування ряду

б1

Ім'я ряду:

=КТПО

= КТПО

Значення ряду X:

=Побудова сагіталь'!\$C\$24

=

Значення ряду Y:

=Побудова сагіталь'!\$D\$24

= 0

OK

Скасувати

Редагування ряду

б2

Ім'я ряду:

=ПЗЦМ

= ПЗЦМ

Значення ряду X:

=Побудова сагіталь'!\$C\$22

=

Значення ряду Y:

= {0}

= 0

OK

Скасувати

Рис. 3. Введення даних для побудови візуальних маркерів

Наступним кроком створимо аркуш «Критерії стійкості». Внизу біля аркуша «Побудова сагіталь» натискаємо кнопку  додаємо новий аркуш [5] та перейменовуємо його, як описано вище. Щоб виконати подальші обчислення необхідно створити таблицю, як показано на малюнку (рис. 4).

	A	B	C	D	E
1	Критерій стійкості тіла людини				
2	P (H)				
3					
4					
5	№	Показники	Значення показників		
6	1	Висота розташування ЗЦМ	=AVERAGE('Побудова фронталь'!D22;Побудова сагіталь'!D22)		
7	2	Сагітальний розмір площі опори	=Побудова сагіталь'!C26:D26		
8	3	Фронтальний розмір площі опори	=Побудова фронталь'!C26:D26		
9	4	Величина площі опори	=C7*C8		
10	5	Передньо-задній кут стійкості (α_1)	=IF(E10=0;0;DEGREES(ASIN(C14/E10)))		
11	6	Задньо-передній кут стійкості (α_2)	=IF(E11=0;0;DEGREES(ASIN(C16/E11)))		
12	7	Правий кут стійкості (α_3)	=IF(E12=0;0;DEGREES(ASIN(C18/E12)))		
13	8	Лівий кут стійкості (α_4)	=IF(E13=0;0;DEGREES(ASIN(C20/E13)))		
14	9	Плече прикладання сили тяжіння в передньо-задньому напрямку (l_1)	=Побудова сагіталь'!C24-Побудова сагіталь'!C25		
15	10	Момент стійкості в передньо-задньому напрямку (M_1) $M_{cm} = P \times l$	=C3*C14		
16	11	Плече прикладання сили тяжіння в задньо-передньому напрямку (l_2)	=Побудова сагіталь'!C25-Побудова сагіталь'!C23		
17	12	Момент стійкості в задньо-передньому напрямку (M_2)	=C3*C16		
18	13	Плече прикладання сили тяжіння справа наліво (l_3)	=Побудова фронталь'!C25-Побудова фронталь'!C23		
19	14	Момент стійкості правий (M_3)	=C3*C18		
20	15	Плече прикладання сили тяжіння зліва направо (l_4)	=Побудова фронталь'!C24-Побудова фронталь'!C25		
21	16	Момент стійкості лівий (M_4)	=C3*C20		
22	17	Перекидаючий момент $M_{np} = h \times P$	=C3*C6		
23	18	Коефіцієнт стійкості у передньо-задньому напрямку (k_1)	=IF(C15=0;0;C15/C22)		
24	19	Коефіцієнт стійкості у задньо-передньому напрямку (k_2)	=IF(C17=0;0;C17/C22)		
25	20	Коефіцієнт стійкості правий (k_3)	=IF(C19=0;0;C19/C22)		
26	21	Коефіцієнт стійкості лівий (k_4)	=IF(C21=0;0;C21/C22)		
27	22	Загальний коефіцієнт стійкості $k_{\Sigma} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$	=C23+C24+C25+C26		
28					
29	Висновок:				
30					
31	=IF(C27=0;"Заповніть пусті клітинки таблиці";IF(C27>1;"Рівнодіюча (R) двох сил тяжіння та ваги проходить в межах площі опори. Стійка				

Рис. 4. Таблиця для визначення критеріїв стійкості тіла людини (у режимі відображення формул)

Ставимо курсор у комірку A1 та вводим назву таблиці: «Критерії стійкості тіла людини». Виділяємо та об'єднуємо комірки A1-C1. В комірку B3 вводим текст P (H), у комірку C3, при подальших розрахунках, будемо вносити значення ваги тіла досліджуваного у ньютонках. На аркушах «Розрахунки фронталь» та «Розрахунки сагіталь» зробимо посилання на цю комірку. Для цього у C3 введемо формулу «='Критерії стійкості'!C3» та внесемо зміни до формул у комірках: F3 – з «=IF(F21>0;F21/100; "Введіть координати x")» на «=F21/100»; F4 – з «=IF(G21>0;G21/100; "Введіть координати y")» на «=G21/100».

Продовжимо будувати таблицю на аркуші «Критерії стійкості». У комірку A5 вносимо «№», у B5 – «Показники», у C5 – «Значення показників». У комірки A6-A27 – номер за порядком від 1 до 22, B6 – «Висота розташування ЗЦМ», а у C6 – її значення, його обчислимо, як середнє арифметичне значення координати Y на аркушах «Побудова фронталь» та «Побудова сагіталь» за формулою «=AVERAGE('Побудова фронталь'!D22;'Побудова сагіталь'!D22)». Переходимо на новий рядок, B7 – «Сагітальний розмір площі опори», C7 – «='Побудова сагіталь'!C26:D26» (посилання на комірку аркуша «Побудова сагіталь», де ми обраховували сагітальний розмір площі опори). Аналогічно, B8 – «Фронтальний розмір площі опори», C8 – «='Побудова фронталь'!C26:D26». Далі, B9 – «Величина площі опори», C9 – «=C7*C8». У рядках 10-13 будемо визначати кути стійкості, для цього використаєм теорему Піфагора та теорему синусів [1]: B10 – «Передньо-задній кут стійкості (α_1)», C10 – «=IF(E10=0;0;DEGREES(ASIN(C14/E10)))», E10 – «=SQRT(\$C\$6*\$C\$6+C14*C14)»; B11 – «Задньо-передній кут стійкості (α_2)», C11 – «=IF(E11=0;0;DEGREES(ASIN(C16/E11)))», E11 – «=SQRT(\$C\$6*\$C\$6+C16*C16)»; B12 – «Правий кут стійкості (α_3)», C12 – «=IF(E12=0;0;DEGREES(ASIN(C18/E12)))», E12 – «=SQRT(\$C\$6*\$C\$6+C18*C18)»; B13 – «Лівий кут стійкості (α_4)», C13 – «=IF(E13=0;0;DEGREES(ASIN(C20/E13)))», E13 – «=SQRT(\$C\$6*\$C\$6+C20*C20)». У наступних рядках, визначимо плечі прикладання сили тяжіння та відповідні моменти стійкості: B14 – «Плече прикладання сили тяжіння в передньо-задньому напрямку (l_1)», C14 – «='Побудова сагіталь'!C24-'Побудова сагіталь'!C25» (різниця координат X кінцевої точки та проєкції ЗЦМ); B15 – «Момент стійкості в передньо-задньому напрямку (M_1) $M_{cm} = P \cdot l$ », C15 – «=C3*C14» (добуток ваги на плече); B16 – «Плече прикладання сили тяжіння в задньо-передньому напрямку (l_2)», C16 – «='Побудова сагіталь'!C25-'Побудова сагіталь'!C23» (різниця координат X проєкції ЗЦМ та початкової точки); B17 – «Момент стійкості в задньо-передньому напрямку (M_2)», C17 – «=C3*C16»; B18 – «Плече прикладання сили тяжіння справа наліво (l_3)», C18 – «='Побудова фронталь'!C25-'Побудова фронталь'!C23»; B19 – «Момент стійкості правий (M_3)», C19 – «=C3*C18»; B20 – «Плече прикладання сили тяжіння зліва направо (l_4)», C20 –

«=Побудова фронталь!»C24-Побудова фронталь!»C25»; B21 – «Момент стійкості лівий (M_l)», C21 – «=C3*C20»; B22 – «Перекидаючий момент $M_{пер.} = h \cdot P$ », C22 – «=C3*C6».

Далі переходимо до визначення коефіцієнтів стійкості: B23 – «Коефіцієнт стійкості у передньо-задньому напрямку (k_1)», C23 – «=IF(C15=0;0;C15/C22)» (визначається, як частка відповідного моменту стійкості, до перекидаючого моменту); B24 – «Коефіцієнт стійкості у задньо-передньому напрямку (k_2)», C24 – «=IF(C17=0;0;C17/C22)»; B25 – «Коефіцієнт стійкості правий (k_3)», C25 – «=IF(C19=0;0;C19/C22)»; B26 – «Коефіцієнт стійкості лівий (k_4)», C26 – «=IF(C21=0;0;C21/C22)»; B27 – «Загальний коефіцієнт стійкості $k_{заг.} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$ », C27 – «=C23+C24+C25+C26» (визначаємо загальний коефіцієнт стійкості, як суму знайдених вище).

На основі значення загального коефіцієнта, робимо висновок про ступінь стійкості тіла спортсмена, який перебуває у положенні рівноваги: об'єднуємо комірки A29 та B29 – «Висновок:», A30-C31 (виділяємо та об'єднуємо діапазон комірок) – «=IF(C27=0;"Заповніть пусті клітинки таблиці";IF(C27>1;"Рівнодіюча (R) двох сил тяжіння та ваги проходить в межах площі опори. Стійка рівновага.";IF(C27=1;"Тіло спортсмена приймає крайнє положення рівноваги. Не стійка рівновага.";IF(C27<1;"Лінія дії рівнодіючої двох сил проходить за межами площі опори і тіло втрачає рівновагу."))))».

Зберігаємо файл у форматі шаблону Excel, щоб при відкритті мати новий документ, а шаблон залишався незмінним.

Отже для визначення ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги відкриваємо файл за допомогою програми Excel та слідуємо алгоритму:

✓ Вставляємо на аркуш «Побудова сагіталь» фотографію спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги, зроблену у сагітальній площині, виділяємо, переходимо на вкладку «**Формат зображення**» обрізаємо до верхньої точки зображення за допомогою інструменту «**Обітнути**» та встановлюємо її висоту 17 см (вкладка «**Формат**», панель «**Розмір**», висота 17 см);

✓ Суміщаємо краї фотографії з осями x та y діаграми та переміщуємо її на задній план (клікаємо правою кнопкою миші і в контекстному меню обираємо «**На задній план**»);

✓ Знаходимо координати ЗЦМ: вводим координати x та y відповідних елементів, одночасно можемо контролювати правильність внесення координат на діаграмі, коли з'являються маркери. Програма Excel розраховує значення координат x та y ЗЦМ тіла людини та будує відповідну точку.

✓ Вказуємо координати початкової та кінцевої точок площі опори (відповіді маркери з'являються на діаграмі) (рис. 5).

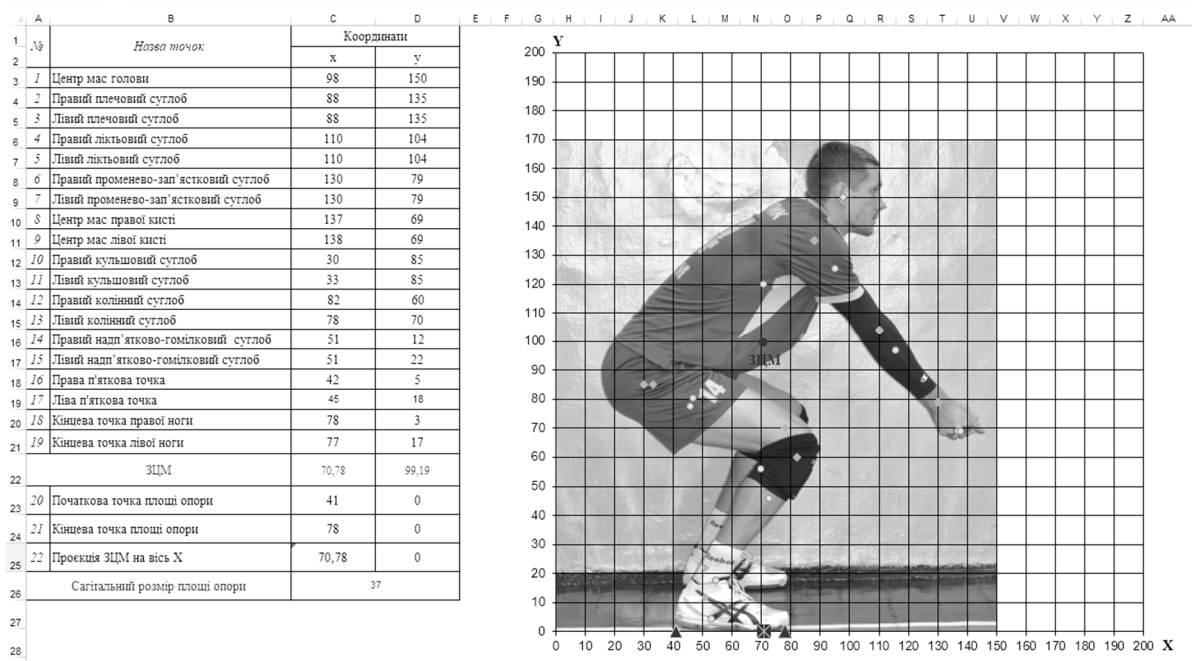


Рис. 5. Візуалізація координат ЗЦМ тіла людини та розміру площі опори на аркуші «Побудова сагіталь»

✓ Все вищевказане повторюємо на аркуші «Побудова фронталь», куди вставляємо фотографію спортсмена зроблену у фронтальній площині (рис. 6).

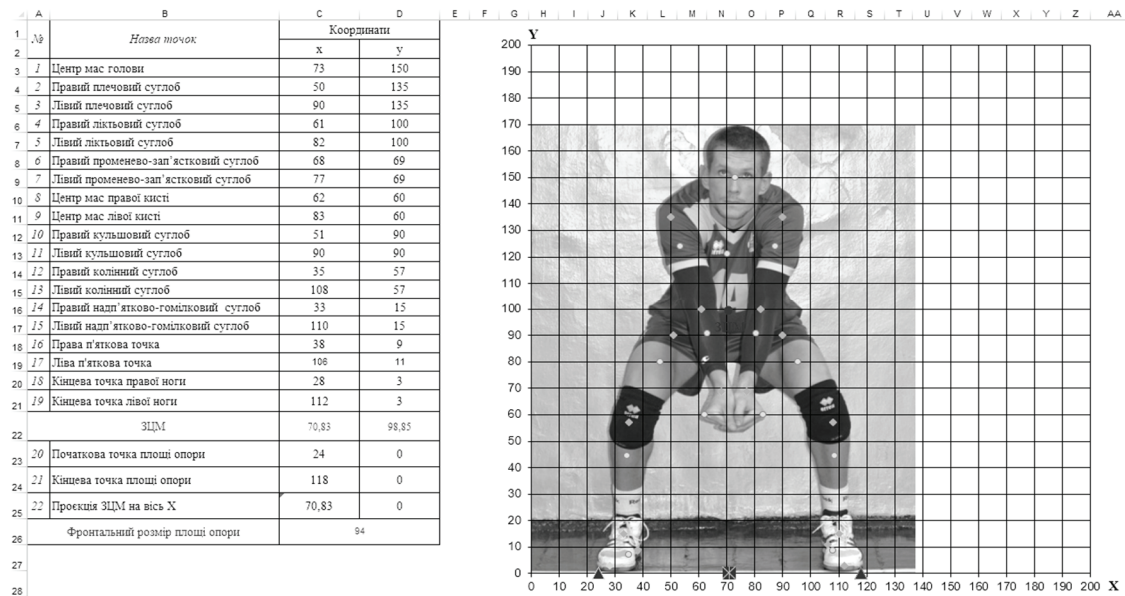


Рис. 6. Візуалізація координат ЗЦМ тіла людини та розміру площі опори на аркуші «Побудова фронталь»

Ввівши відповідні дані на аркушах «Побудова сагіталь» та «Побудова фронталь», на аркуші «Критерії стійкості» зазначаємо вагу спортсмена у ньютонатах та отримаємо, автоматично розраховані, показники стійкості тіла спортсмена, який перебуває у положенні рівноваги (рис. 7).

Критерії стійкості тіла людини		
Р (Н)		950
№	Показники	Значення показників
1	Висота розташування ЗЦМ	99,02
2	Сагітальний розмір площі опори	37,00
3	Фронтальний розмір площі опори	94,00
4	Величина площі опори	3478
5	Передньо-задній кут стійкості (α_1)	4
6	Задньо-передній кут стійкості (α_2)	17
7	Правий кут стійкості (α_3)	25
8	Лівий кут стійкості (α_4)	25
9	Плече прикладання сили тяжіння в передньо-задньому напрямку (l_1)	7,22
10	Момент стійкості в передньо-задньому напрямку (M_1) $M_{cm} = P \times l$	6859,32
11	Плече прикладання сили тяжіння в задньо-передньому напрямку (l_2)	29,78
12	Момент стійкості в задньо-передньому напрямку (M_2)	28290,68
13	Плече прикладання сили тяжіння справа наліво (l_3)	46,83
14	Момент стійкості правий (M_3)	44483,93
15	Плече прикладання сили тяжіння зліва направо (l_4)	47,17
16	Момент стійкості лівий (M_4)	44816,07
17	Перекидаючий момент $M_{np} = h \times P$	94067,51
18	Коефіцієнт стійкості у передньо-задньому напрямку (k_1)	0,07
19	Коефіцієнт стійкості у задньо-передньому напрямку (k_2)	0,30
20	Коефіцієнт стійкості правий (k_3)	0,47
21	Коефіцієнт стійкості лівий (k_4)	0,48
22	Загальний коефіцієнт стійкості $k_{zn} = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$	1,32
Висновок:		
Рівнодіюча (R) двох сил тяжіння та ваги проходить в межах площі опори.		
Стійка рівновага.		

Рис. 7. Таблиця критеріїв стійкості тіла людини

На даному аркуші також відображається висновок про ступінь стійкості тіла спортсмена, розрахований на основі значення коефіцієнта стійкості (при $k > 1$ – рівнодіюча (R) двох сил тяжіння та ваги проходить в межах площі опори, стійка рівновага; при $k = 1$ – тіло спортсмена приймає крайнє положення рівноваги, не стійка рівновага; при $k < 1$, лінія дії рівнодіючої двох сил проходить за межами площі опори – тіло втрачає рівновагу [4]).

Вищеописані формули для розрахунку показників стійкості справедливі при розташуванні спортсмена: на фронтальній фотографії – обличчям до нас, а на сагітальній – правим боком. У разі іншого

розташування тіла спортсмена на аркуші «Критерії стійкості» потрібно поміняти формули місцями: для фронтальної площини – С10 з С11 та С14 з С16; для сагітальної – С12 з С13 та С18 з С20.

У разі використання даного шаблону для навчання студентів, для наочності рекомендовано побудувати: висоту ЗЦМ, плечі, кути стійкості та інші допоміжні відрізки та підписати відповідні елементи (рис. 8).

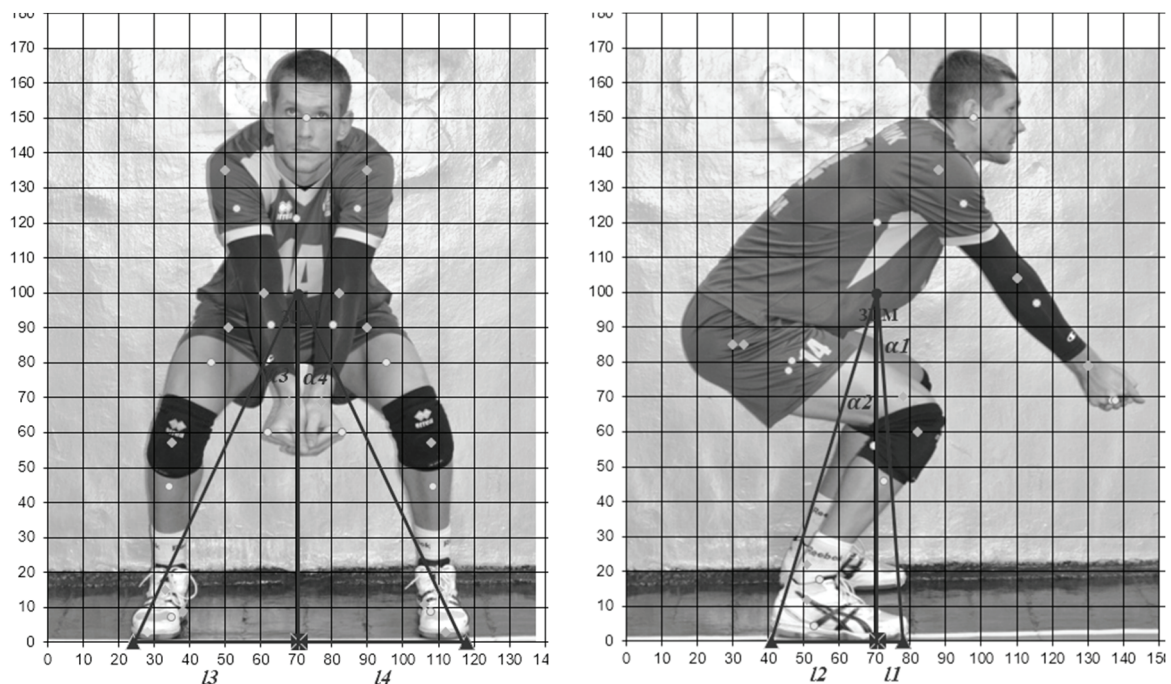


Рис. 8. Фотограми із зображенням висоти ЗЦМ, плечей та кутів стійкості у фронтальній та сагітальній площинах



Архів з відеоінструкцією як користуватись файлом, шаблоном та прикладом побудови можна завантажити за посиланням: <https://cutt.ly/Wri0JLaq>

Висновки. Представлений у статті шаблон, на відміну від класичних способів розрахунку ступеня стійкості тіла спортсмена, який знаходиться в положенні рівноваги, дає можливість відносно швидко провести автоматичні розрахунки показників стійкості. Ще однією перевагою запропонованого методу є можливість візуального контролю правильності введених координат ключових точок. Запропонований засіб визначення ступеня стійкості спортсмена дає можливість здобувачам освіти зменшити витрати часу, покращити якість та точність побудови при виконанні практичної роботи на заняттях з біомеханіки. Широке використання програмного забезпечення Microsoft Excel дозволяє застосовувати його в умовах дистанційного навчання студентів, а також тренерами та дослідниками у сфері фізичної культури та спорту.

References

1. Дубовик В. П., Юрик І. І. Вища математика: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. 4-те вид. Київ : Ігнатекс-Україна, 2013. 648 с. + іл.
Dubovyk V. P., Yuryk I. I. (2013) Vyscha matematyka [Higher mathematics] : navch. posib. dlia stud. vyshch. navch. zak. 4-te vyd. Kyiv, Ukraine. Ihnateks-Ukraine. 648.
2. Лапутин А. Н., Гамалій В. В., Архипов О. А., Кашуба В. О., Носко О. М., Хабінець Т. О. Біомеханіка спорту. К.: Олімп. л-ра, 2001. 318 с.
Laputyn A. N., Hamalii V. V., Arkhypov O. A., Kashuba V. O., Nosko O. M., Khabinets T. O. (2001) Biomechanika sportu [Biomechanics of sport]. Kyiv, Ukraine.: Olimp. l-ra. 318.
3. Носко М. О., Бріжати́й О. В., Гаркуша С. В., Бріжата І. А. Біомеханіка фізичного виховання і спорту : навчальний посібник для студентів спеціальності «Фізичне виховання». Київ : МП Леся, 2012. 287 с.
Nosko M. O., Brizhatyi O. V., Harkusha S. V., Brizhata I. A. (2012) Biomekhanika fizychnoho vykhovannia i sportu : Navchalnyi posibnyk dlia studentiv spetsialnosti «Fizychne vykhovannia». [Biomechanics of physical education and sports: A textbook for students majoring in «Physical Education»] Kyiv, Ukraine. «MP Lesia». 287.
4. Носко М. О., Гаркуша С. В. Біомеханіка рухової діяльності: навчально-методичні матеріали до практичних занять. Чернівці, 2019. 64 с.

- Nosko M. O., Harkusha S. V. (2019) Biomechanika rukhovoї diialnosti. Navchalno-metodychni materialy do praktychnykh zaniat. [Biomechanics of motor activity. Educational and methodical materials for practical classes] Chernihiv, Ukraine. 64.
5. Трофименко О. Г., Прокоп Ю. В., Логінова Н. І., Чанишев Р. І. Офісні технології : навч. посібник. Одеса : Фенікс, 2019. 207 с.
Trofymenko O. H., Prokop, Yu. V., Lohinova N. I., Chanyshchev R. I. (2019) Ofisni tekhnolohii [Office technologies] : navch. posibnyk. Odesa, Ukraine. Feniks. 207.
6. Толочний В. М., Носко Ю. М. Визначення ЗЦМ тіла людини за допомогою Microsoft Excel. Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. Вип. 16 (172) / Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка; голов. ред. М. О. Носко. Чернігів : НУЧК, 2022. С. 68-77. (Серія: Педагогічні науки)
Tolochnyi V. M., Nosko Yu. M. (2022) Vyznachennia ZTsM tila liudyny za dopomohoiu Microsoft Excel. [Calculation of the human body gcm using microsoft excel]. Visnyk Natsionalnoho universytetu «Chernihivskiy kolehium» imeni T.H. Shevchenka. Vyp. 16 (172) / Natsionalnyi universytet «Chernihivskiy kolehium» imeni T. H. Shevchenka; holov. red. M. O. Nosko. Chernihiv : NUChK, S. 68-77. (Seriia: Pedagogichni nauky)

Tolochnyi Victor

ORCID 0000-0002-0463-4073
Researcher ID AAC-6825-2020

Senior Lecturer,

T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: tolvikne@gmail.com

Sychova Irina

ORCID 0000-0003-3055-1703
Researcher ID AAC-8803-2020

Lecturer, T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium»
(Chernihiv, Ukraine) E-mail: bilyaffka@gmail.com

DETERMINING THE DEGREE OF STABILITY OF THE ATHLETE BODY USING MICROSOFT EXCEL

The degree of stability of the athlete's body, which is in a position of equilibrium, is an important biomechanical characteristic that determines his ability to maintain and restore balance under the influence of external and internal factors. The ability to quickly and correctly determine the degree of stability of the athlete's body in a position of equilibrium is important for optimizing movement technique, increasing training efficiency and reducing the risk of injuries.

Most authors determine the degree of stability of the body in this way: they make photograms in the sagittal and frontal planes; determine the ZCM and its height on them; find the corresponding dimensions of the support areas, angles of stability and shoulders of force application; calculate the overturning moment and moments of stability and calculate the coefficient of stability of the body in the studied position.

***The purpose of the article** is to propose an algorithm for creating a tool for determining the degree of stability of an athlete's body in a position of equilibrium for students who are mastering the discipline of biomechanics, researchers and coaches, using the capabilities of the MS Excel 2019 software.*

***The methodology** is based on the study of educational and methodological materials and analysis of the functionality of the software, a combination of biomechanics methods and mathematical approaches, the use of computer technologies and modeling.*

***Scientific novelty** Using the functionality of the MS Excel 2019 software, a product was created that can be used in the study of biomechanics, scientific research on the degree of stability of an athlete's body and in operational control of the training process by coaches.*

***Conclusions.** The template for calculating the degree of stability of an athlete's body in a position of equilibrium presented in the article makes it possible to relatively quickly calculate stability indicators. This allows students to reduce time spent, improve the quality and accuracy of construction when performing practical work in biomechanics classes. The widespread use of MS Excel software allows it to be used in distance learning for students, as well as by coaches and researchers in the field of physical culture and sports.*

***Key words:** degree of stability of the athlete's body, equilibrium position, human body general center of mass (GCM), Microsoft Excel, students, biomechanics.*

Стаття надійшла до редакції 13.01.2025

Рецензент: доктор педагогічних наук, професор **Гаркуша С.В.**