

## Лабораторна робота № 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЗЦМ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ

**Мета роботи:** навчитися визначати ЗЦМ людини за допомогою аналітичного методу.

Для аналізу рухів у якості характеристики розподілу маси у тілі використовується характеристика, яка має в центрі мас – це ділянка, де перетинаються лінії дії усіх сил, що приводять тіло у поступальний рух і які не викликають обертання тіла. У полі гравітації (коли діє сила ваги) центр мас співпадає з центром ваги.

Центр ваги – точка, до якої прикладено рівнодіючу сил у ваги усіх частин тіла.

Розташування загального центру мас тіла визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок. Це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані у відношенні одна до одної у просторі. Опорно-руховий апарат людини містить біля 70 ланок. Але такого досконалого опису геометрії мас взагалі не потрібно. Для розв'язку більшості практичних задач достатньо 15-ланкової моделі тіла людини (рис. 3.1). У 15-ланковій моделі деякі ланки складаються з деяких елементарних ланок. Тому такі збільшені ланки мають назву сегментів.

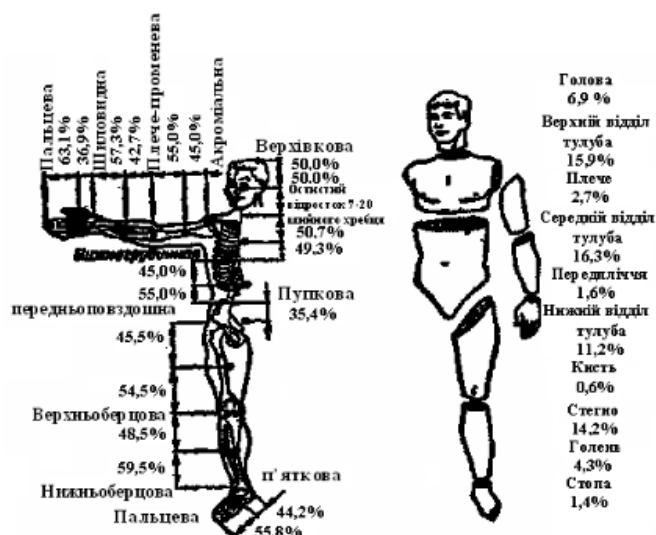


Рис. 3.1 - 15-ланкова модель тіла людини (зліва – місця розташування ланок, справа – відносні ваги ланок)

Поняття вага тіла витікає з формули  $P = mg$ ,

де  $m$  – маса тіла,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ , іншими словами вага тіла – це статична сила, яка давить на підлогу чи підложку, під дією гравітації (сили земного тяжіння).

Під загальним центром мас тіла (ЗЦМ) – розуміється точка докладання рівнодійної всіх діючих сил. У результаті досліджень виявлено, що в основній стійці точка ЗЦМ знаходиться на вершині остистого відростку п'ятого хребця хребта (точка  $L_5$ , чи, за новою класифікацією: точка між 20-21 біопарами хребта). При зміні положення тіла, у кожний момент часу, ЗЦМ також змінює своє положення відповідно розташуванню біоланок. Для того, щоб це довести розрахуємо координати ЗЦМ всього тіла у положенні присід у сагітальній площині у РГР № 1, 2.

За певних умов тіло людини може зберігати розташування біоланок та всього тіла у просторі. Такі рухи в біомеханіці називають рухами на місці. Якщо всі біоланки зберігають постійні координати, то це означає, що тіло знаходиться у відносно нерухомому стані (біостатична поза тіла). В біомеханіці такі положення вивчають у розділі Біостатика, яку ще називають окремим розділом біодинаміки. Вона базується на основних фундаментальних поняттях теоретичної механіки - статички. В цьому розділі вивчається рівновага тіл, що перебувають під дією системи сил. Під рівновагою прийнято розуміти таке положення тіла, коли сили, що діють на нього зрівноважені. Важливим є той факт, що тіло людини на 80 % від усіх рухів статичних положень (рухів на місці) у кожний момент часу втрачає рівновагу, а потім її встановлює.

Оскільки тіло людини весь час знаходиться у положенні нестійкої рівноваги, головним завданням біостатички є визначення координат ЗЦМ у кожний момент часу та кількісних критеріїв стійкості.

### *Хід роботи:*

Для визначення ЗЦМ за допомогою *аналітичного методу* виконаємо такий порядок дій:

1. Накреслити таблицю Брауне - Фішера для розрахунків (табл. № 3.1).
2. Виміряти довжини біоланок свого тіла за 14-ти сегментною моделлю Бернштейна (у см) та занести всі данні у ст. №4 (у мм).
3. Накреслити декартову систему координат ХОУ на площині та побудувати біостатичну модель (біосхему) свого присіду у сагітальній площині з масштабом: 1:10 (мал. 3.1).
4. За аналітичними та антропологічними орієнтирами на біостатичній схемі відмітимо точки центрів суглобів та точки ЦМ голови та кисті.
5. Подальші пункти ходу роботи 6-11 можна виконати, як вручну таблиця Брауне - Фішера № 1, так і в автоматичному режимі таблиці № 2, № 3.

6. Визначимо вагу кожної біоланки тіла  $P_i$  за формулою:  $P_i = P_{відн} \cdot \frac{P}{100}$ ; ( $P=mg$ ;  
 $P=75 \times 10=750 \text{ H}$ )

$$\text{Голова: } P_i = \frac{7 \times 750}{100} = 52.5(\text{H}) \quad \text{Тулуб: } P_i = \frac{43 \times 750}{100} = 322.5(\text{H})$$

$$\text{Плече: } P_i = \frac{3 \times 750}{100} = 22.5(\text{H}) \quad \text{Передпліччя: } P_i = \frac{2 \times 750}{100} = 15(\text{H})$$

$$\text{Кисть: } P_i = \frac{1 \times 750}{100} = 7.5(\text{H}) \quad \text{Стегно: } P_i = \frac{12 \times 750}{100} = 90(\text{H})$$

$$\text{Гомілка: } P_i = \frac{5 \times 750}{100} = 37.5(\text{H}) \quad \text{Стопа: } P_i = \frac{2 \times 750}{100} = 15(\text{H})$$

1. Розрахувати відстань до ЦМ (центру маси) біоланки від проксимального кінця (довжину біоланки (ст. №4) помножити на відносний коефіцієнт (ст. №5) і результат записати в стовп. №6).

2. Розрахувати координати центрів мас біоланок і заповнити стовпчики 7-8.

3. Знайти момент сили кожної біоланки (P) за формулою:

$$P_{xi} = P_i X_i; \quad P_{yi} = P_i Y_i.$$

4. Знайти суми моментів сил усіх біоланок  $\sum P_i X_i$  і  $\sum P_i Y_i$ .

5. Скласти рівняння за правилом: момент сили ЗЦМ дорівнює сумі моментів сили усіх біоланок:

$$PX_{ЗЦМ} = \sum P_{xi} \longrightarrow X_{ЗЦМ} = \frac{\sum P_{xi}}{P}$$

$$PY_{ЗЦМ} = \sum P_{yi} \longrightarrow Y_{ЗЦМ} = \frac{\sum P_{yi}}{P}$$

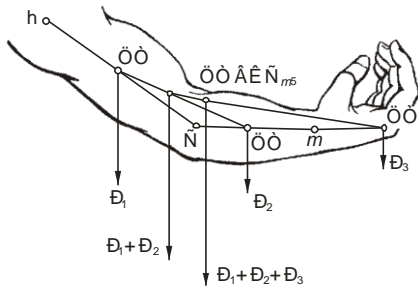
$$\sum P_i X_i = 10749; \sum P_i Y_i = 54115;$$

$$X_{ЗЦМ} = \frac{10749}{750} \approx 14; Y_{ЗЦМ} = \frac{54115}{750} \approx 72.$$

**Координати ЗЦМ:**  $X_{зцм} \approx 14$  (мм);  $Y_{зцм} \approx 72$  (мм).

б. Відкласти координати ЗЦМ по  $X$  і по  $Y$  на біостатичній моделі (рис. 3.2.) і зробити висновок 1: що при зміні пози координати ЗЦМ змінюються.

**Висновок 1:** При зміні положення тіла координати ЗЦМ теж змінюються.



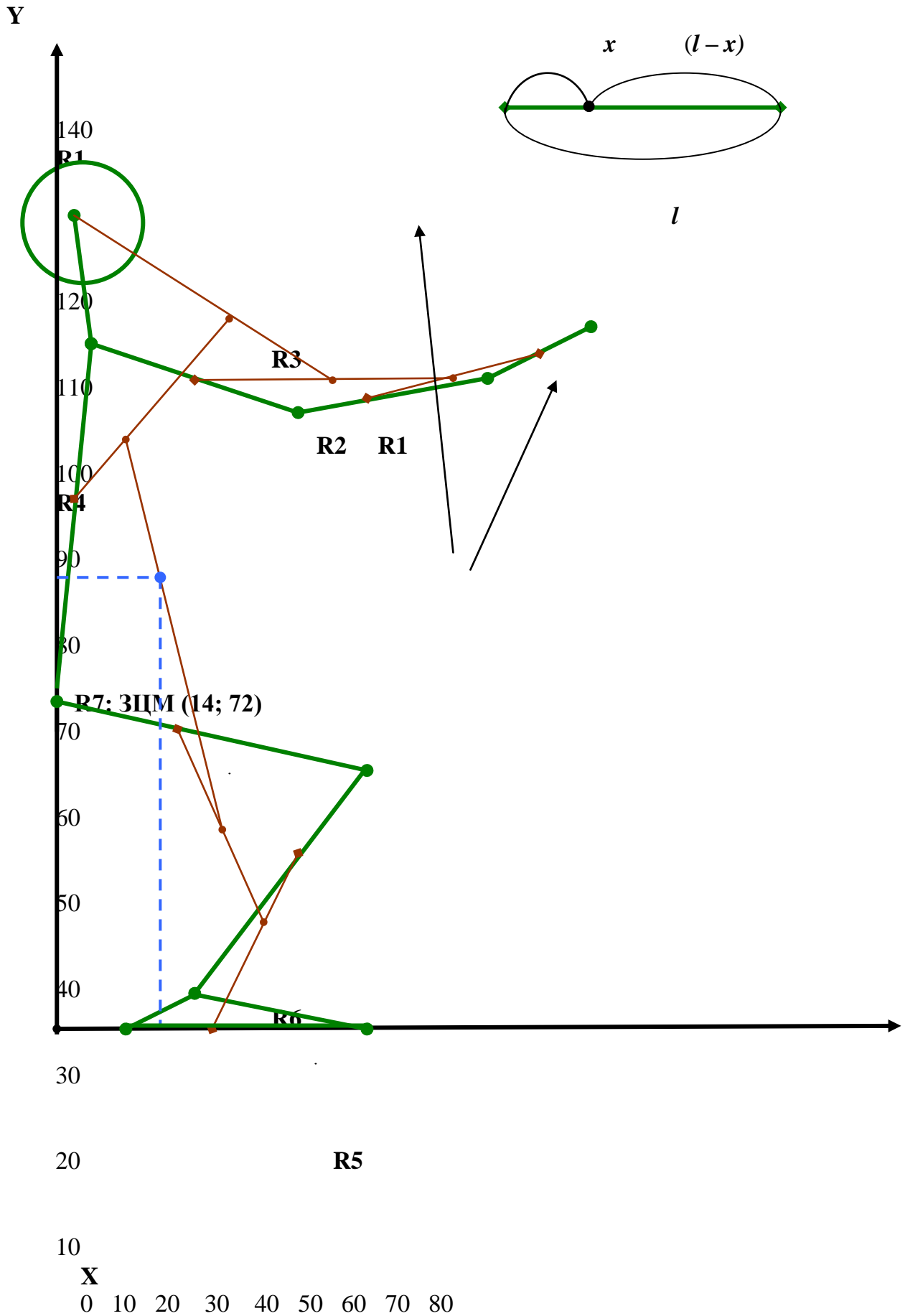


Рис. 3.2. Біостатична модель тіла людини: умовний присід, сагітальна площа (індивідуальний масштаб зменшення: 1:13).

Таблиця № 3.1. Аналітичний метод розрахунку ЗЦМ (по Брауну – Фішеру).

№ з/п	Біоланки тіла	Відносна вага ланки, %	Абсолютна вага ланки (P <sub>i</sub> ), Н	Довжина ланки (L), мм	Відстань від проксимального кінця до ЦМ ланки, мм		Координати ЦМ ланок тіла, (мм)		Момент сили: M = F·d (Н·мм)	
					Відносний коефіцієнт	Абсолютне значення l <sub>i</sub> (мм)	X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> X <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> Y <sub>i</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Голова	7	52,5	21	-	-	4	127	210	6668
2	Тулуб	43	322,5	56	0,44	25	3	82	968	26445
3	Праве плече	3	22,5	29	0,47	14	18	101	405	2273
4	Ліве плече	3	22,5	29	0,47	14	-	-	405	2273
5	Праве передпліччя	2	15	27	0,42	11	43	98	645	1470
6	Ліве передпліччя	2	15	27	0,42	11	-	-	645	1470
7	Права кисть	1	7,5	20	-	-	67	107	503	803
8	Ліва кисть	1	7,5	20	-	-	-	-	503	803
9	Праве стегно	12	90	44	0,44	19	19	52	1710	4680
10	Ліве стегно	12	90	44	0,44	19	-	-	1710	4680
11	Права гомілка	5	37,5	43	0,42	18	32	34	1200	1275
12	Ліва гомілка	5	37,5	43	0,42	18	-	-	1200	1275
13	Права стопа	2	15	28	0,44	12	23	0	345	0
14	Ліва стопа	2	15	28	0,44	12	-	-	345	0
			$P = \sum P_i$						$\sum P_i x_i$	$\sum P_i y_i$
		$\Sigma=100$	$\Sigma=750$ Н						$\Sigma=10749$	$\Sigma=54115$





### Контрольні питання

1. Що таке плече сили, що таке момент сили?
2. Розкрити сутність аналітичного способу визначення положення ЗЦТ.
3. Який зміст теореми Варіньона?
4. Яка послідовність виконання робіт при визначенні положення ЗЦТ тіла людини аналітичним способом?