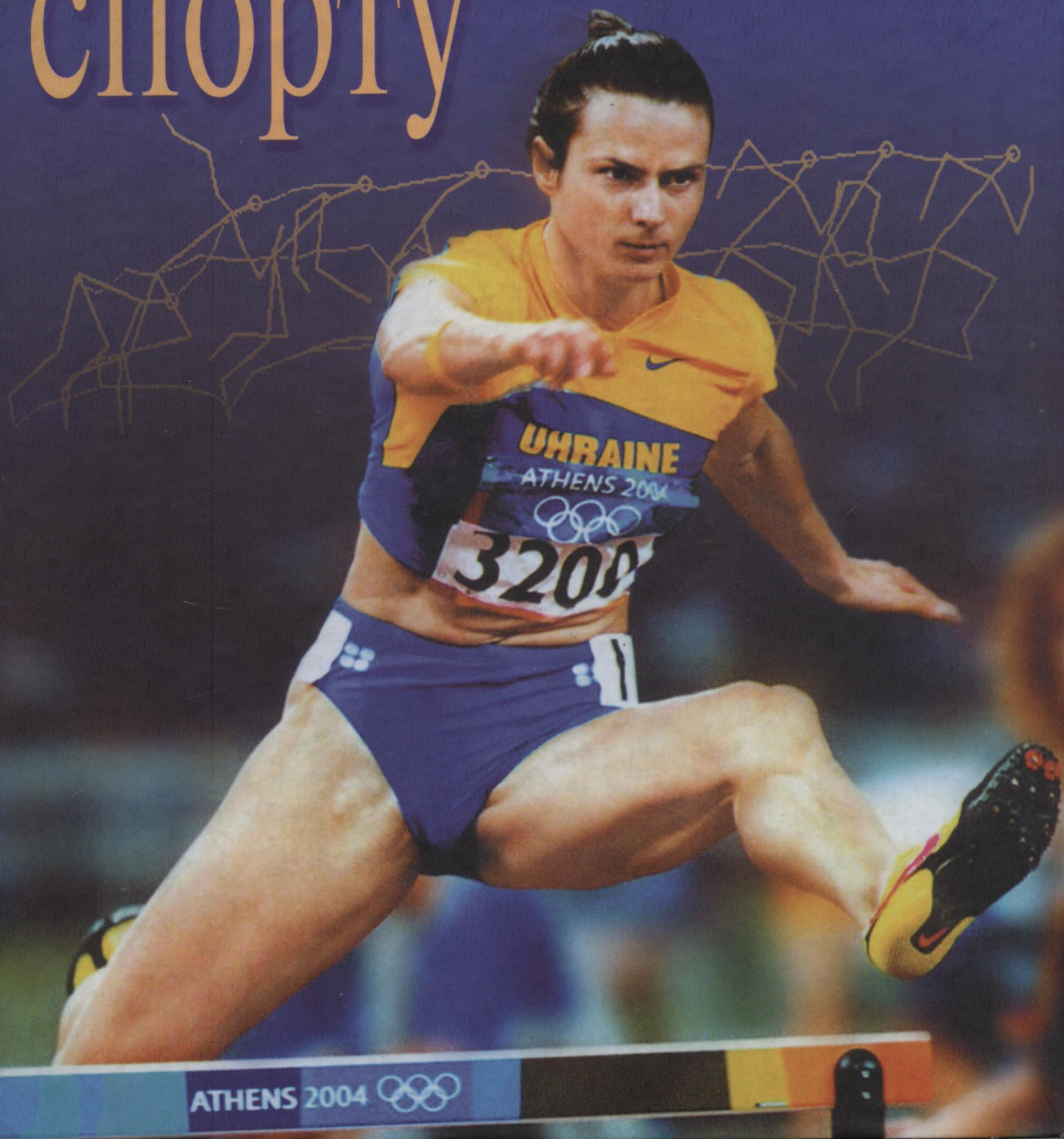


# Біомеханіка спорту

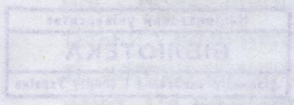


БК 28.071473  
БЗ

# Біомеханіка спорту

За загальною редакцією  
А.М. ЛАПУТИНА

*Рекомендовано Міністерством освіти  
і науки України як навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів  
з фізичного виховання і спорту*



КИЇВ ОЛІМПІЙСЬКА ЛІТЕРАТУРА 2005

# ЗМІСТ

|  |     |
|--|-----|
| Передмова  | 3   |
| <b>Розділ 1. Предмет і завдання біомеханіки як науки</b><br>( <i>А.М. Лапутін</i> )  | 6   |
| <b>Розділ 2. Історія розвитку біомеханіки в Україні</b><br>( <i>В.О. Кашуба, В.В. Гамалій</i> )  | 9   |
| <b>Розділ 3. Біомеханічний аналіз</b> ( <i>А.М. Лапутін, Т.О. Хабінець, М.О. Носко</i> )   | 17  |
| <b>Розділ 4. Основи біометрії</b> ( <i>А.М. Лапутін, О.А. Архипов</i> )  | 48  |
| <b>Розділ 5. Апаратурні комплекси та вимірювальні системи, що використовуються у біомеханіці</b> ( <i>А.М. Лапутін, О.А. Архипов</i> ) | 70  |
| 5.1. Електротензодинамографія  | 73  |
| 5.2. Стабілографія   | 77  |
| 5.3. Міотонографія   | 78  |
| 5.4. Електроміографія (ЕМГ)  | 80  |
| 5.5. Акселерометрія  | 84  |
| 5.6. Гоніометрія   | 89  |
| 5.7. Безконтактні методи контролю  | 94  |
| <b>Розділ 6. Біомеханічна класифікація опорно-рухового апарату</b> ( <i>А.М. Лапутін</i> )   | 109 |
| <b>Розділ 7. Вимірювання геометрії мас тіла людини</b><br>( <i>А.М. Лапутін, В.О. Кашуба</i> )   | 122 |
| <b>Розділ 8. Вимірювання біокінематичних характеристик</b><br>( <i>А.М. Лапутін, В.В. Гамалій, Т.О. Хабінець, О.А. Архипов</i> )       | 141 |
| 8.1. Організація та метрологічні особливості кіно- та відеозйомки при реєстрації кінематичних характеристик рухів людини               | 141 |
| 8.2. Побудова біокінематичної схеми руху, рухової дії за кінограмою (відеограмою)  | 151 |

## ВИМІРЮВАННЯ БІОКІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

### 8.1. Організація та метрологічні особливості кіно- та відеозйомки при реєстрації кінематичних характеристик рухів людини

Найпоширенішими методами реєстрації кінематичних характеристик рухів людини є кіно- та відеозйомка. Незважаючи на доступність цих методів, застосування їх для отримання кількісної оцінки рухів висуває певні вимоги до проведення процесу зйомки та вибору апаратури. Якщо фіксація рухів відбувається у лабораторних умовах, то ретельність підготовки досліджуваного та сцени для зйомки є одним із суттєвих завдань при організації експерименту. Досліджуваний має бути у еластичному костюмі, що добре облягає фігуру, з розміченими осями симетрії ланок та контрастними відмітками над осями суглобів. При складних обертальних рухах, котрі входять, наприклад, до акробатичних вправ, бажано, щоб на голові досліджуваного була контрастна розмітка (наприклад, двоколірна шапочка). Осі суглобів частіше маркують квадратиками пластира або тушшю. Розміри сцени для дослідження вибирають з урахуванням її ширини та глибини, виходячи з переміщень об'єкта. Ззаду її закривають контрастним щодо костюма досліджуваного фоном. У площині переміщення розташовують масштабний предмет або лінійку, розмічену 10-сантиметровими кольоровими ділянками. Освітленість має бути рівномірною по усьому фронту руху, чого досягають використанням спеціальних освітлювачів, сумарна потужність котрих має забезпечувати достатню короткочасність експонування кінокадру.

Оптична вісь об'єктива апарата орієнтується перпендикулярно до лінії основного переміщення на рівні ЗЦМ тіла досліджуваного для отримання мінімальних викривлень по краях зображення об'єкта, котрий рухається.

Для зменшення похибки зображення при біомеханічних зйомках звичайно використовуються довгофокусні об'єктиви з трансфокатора-

ТАБЛИЦЯ 8.1

Визначення похибки вимірювання переміщення за результатами кінозйомки

|   |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|---|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Переміщення залежно від висоти кадру (18x22 мм),% | 5  | 10 | 15 | 20 | 25  | 30  | 35  | 40  | 45  | 50  | 75  |
| Похибка вимірювання, %                            | 12 | 6  | 4  | 3  | 2,4 | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 1,3 | 1,2 | 0,8 |

ми, що дозволяє оптимально вибрати відстань до об'єкта зйомки та варіювати масштаб зображення.

Однією з найважливіших характеристик фотознімків, зроблених для визначення механічних параметрів рухів людини, є їхня різкість. Отримати абсолютно різке зображення об'єкта, що рухається, неможливо, оскільки воно завжди виходить "змазаним". Однак нерізкість можна зневажити у тому випадку, якщо краї зображення об'єкта будуть "розмиті" на величину, не більшу ніж 0,1—0,2 % висоти кадру. Тоді при високій контрастності зображення мінімальна помилка реєстрації переміщення через нерізкість буде залежати від величини відстані, що вимірюється, згідно з даними табл. 8.1.

З таблиці видно, що переміщення, котрі можуть бути зареєстровані з достовірною точністю, становлять 2 мм, або 10—15 % широкоформатного кадру.

На різкість зображення об'єкта на плівці, окрім масштабу, впливає швидкість руху тіла людини або його окремих біоланок. Залежно від швидкості переміщення об'єкта вибирають частоту зйомки та час експозиції. При визначенні часу фаз руху, наприклад при складанні хронограми, необхідно, щоб число кадрів у фазі було не менше ніж 20. Тоді помилка в один кадр при визначенні меж фази дасть припустиму похибку (5 %) розрахунку. Щоб визначити частоту зйомки ( $f$ ), необхідно попередньо виявити час найкоротшої фази руху.

*Приклад.* Під час бігу час відштовхування від опори становить 0,08 с. Для достовірного визначення часової структури кроку необхідно знімати рух з частотою, розрахованою за пропорцією 0,08 с — 20 кадрів; 1 с —  $f$ , звідси

$$f = \frac{1 \cdot 20}{0,08} = 250 \text{ кадр} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (8.1)$$

За освітленістю об'єкта та світлочутливістю кіноматеріалу вибирається значення діафрагми. При закритті діафрагми, тобто при зменшенні діючого отвору об'єктива, значною мірою збільшується так звана глибина різко зображуваного простору. Це дає змогу отримати