

Львівський державний університет фізичної культури

Кафедра інформатики та кінезіології

**О. Ю. Рибак, Л. І. Рибак**

## **КІНЕЗІОЛОГІЯ РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ**

Методичний посібник  
до виконання контрольних робіт  
з кінезіології

У двох частинах

Частина 1

Львів  
ЛДУФК  
2013

**Львівський державний університет фізичної культури**

**Кафедра інформатики та кінезіології**

**О. Ю. Рибак, Л. І. Рибак**

## **КІНЕЗІОЛОГІЯ РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ**

**Методичний посібник  
до виконання контрольних робіт  
з кінезіології**

**У двох частинах**

**Частина 1**

**Львів  
ЛДУФК  
2013**

УДК 796.012(076.5)

ББК 75.721.5я73

Р 49

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Львівського державного університету фізичної культури  
(протокол № 9 від 24 травня 2012 року)*

**Рецензенти:**

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
професор кафедри стрільби та технічних видів спорту,  
заслужений тренер України

**А. О. Лопатьєв:**

*(Львівський державний університет фізичної культури);*

кандидат педагогічних наук, доцент,  
кафедри стрільби та технічних видів спорту,

**Б. А. Виноградський**

*(Львівський державний університет фізичної культури)*

**Р 49**      **Рибак О.Ю.**

Кінезіологія рухових якостей : метод. посіб. для виконання контрольних робіт з кінезіології : у 2 ч. / Рибак О.Ю., Рибак Л.І. – Л.: ЛДУФК, 2013. – Ч. 1. – 44 с.

У посібнику викладено необхідні теоретичні відомості, індивідуальні завдання, хід лабораторних робіт з кінезіології та приклади їх виконання. Подано залікові вимоги, порядок оцінювання виконаних робіт за кредитно-модульною системою, список основної та додаткової літератури.

Для студентів денної форми, які навчаються за індивідуальними планами-графіками.

УДК 796.7(076)

ББК 75.721.5я73

- © Рибак О.Ю., Рибак Л.І., 2013
- © Львівський державний університет фізичної культури, 2013

**ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b> .....	<b>4</b>
<b>Контрольна робота № 1</b>	
Опис організації об'єктивної реєстрації змагальної вправи з обраного виду спорту .....	<b>5</b>
<b>Контрольна робота № 2</b>	
Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи за виданою викладачем таблицею координат розрахункових точок .....	<b>13</b>
<b>Контрольна робота № 3</b>	
Розрахунок лінійних швидкостей руху заданої розрахункової точки за її координатами .....	<b>16</b>
<b>Контрольна робота № 4</b>	
Розрахунок лінійних прискорень руху заданої розрахункової точки за її лінійними швидкостями .....	<b>20</b>
<b>Контрольна робота № 5</b>	
Побудова кінематичних графіків руху заданої розрахункової точки .....	<b>24</b>
<b>Контрольна робота № 6</b>	
Побудова лінійних чи кільцевих хронограм змагальної вправи з обраного виду спорту за даними спеціальної науково-методичної літератури або за кінограмою .....	<b>27</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>32</b>
<b>ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ</b> .....	<b>33</b>
<b>ДОДАТОК</b> .....	<b>39</b>

## ВСТУП

Контрольні роботи з кінезіології розроблені для студентів денної і заочної форми навчання, які навчаються за напрямками фізичне виховання, спорт, здоров'я людини, хореографія. Вони виконуються для практичного закріплення самостійно вивченого теоретичного матеріалу й набуття навичок біомеханічного аналізу фізичних вправ з використанням сучасних методик.

Індивідуальне завдання для контрольної роботи можна одержати у викладачів кінезіології або в лаборанта кафедри інформатики та кінезіології згідно з журналами академічних груп. Виконання варіанту контрольної роботи, відмінного від зазначеного в журналі, не зараховуватиметься. Списані роботи не зараховуватимуться обидві, незалежно від того, хто їх автор. Захист контрольної роботи у формі усної співбесіди не допускається.

Якість і своєчасність виконання контрольної роботи враховуватиметься при виставленні підсумкової екзаменаційної оцінки.

Роботу виконують у зошиті в клітинку, рисунки – на міліметровому папері. Готову контрольну роботу здають особисто викладачеві на консультації або під час складання заліку.

## Контрольна робота №1

### Опис організації об'єктивної реєстрації змагальної вправи з обраного виду спорту

**Мета:** ознайомитися з організацією та способами об'єктивної реєстрації змагальної діяльності у фізичному вихованні й у спорті.

**Завдання:** обрати спосіб та описати організацію реєстрації конкретної змагальної вправи в обраному виді спорту.

#### Теоретичні відомості

Аналізуючи техніку виконання спортсменами різних фізичних вправ, тренери переважно покладаються на свій досвід і візуальне спостереження. Але окремі елементи рухових дій, особливо такі, що тривають дуже короткий час (наприклад, фаза опори в бігу, відштовхування від опори у стрибках, постріли, удари по м'ячу, взаємодія гірськолижника з трасою тощо), залишаються поза можливостями сприйняття людини. Унаслідок цього дуже важко об'єктивно оцінити порівняльну чи абсолютну ефективність техніки виконання фізичних вправ, їх частин або фаз.

Таким чином, для ефективного навчання, контролю й удосконалення спортивно-технічної майстерності спортсменів необхідні об'єктивні способи реєстрації рухових дій, які дозволяють ретельно вивчити техніку кращих спортсменів, виявити її провідні елементи для різних видів спорту та розробити раціональні індивідуальні моделі техніки.

Об'єктивна реєстрація рухової діяльності однаково актуальна і для підготовки юних спортсменів (вона дозволяє запобігти заучуванню грубих помилок при виконанні змагальних вправ, котрі деякі спортсмени "несуть" до вершини своєї спортивної кар'єри, не досягаючи максимально можливого спортивного результату), і для підготовки провідних спортсменів професійних і національних збірних команд, які практично вичерпали свої

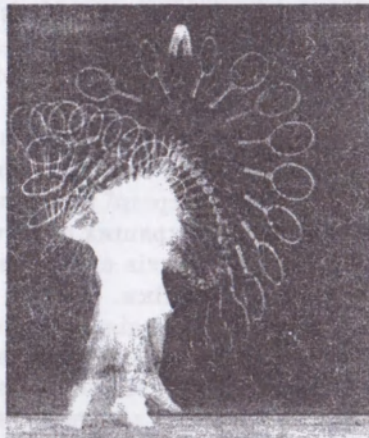
функціональні можливості і можуть істотно підвищити спортивний результат якраз за рахунок удосконалення техніки виконання рухових дій.

**Спосіб стробофотографії.** Найпростішим способом об'єктивної реєстрації рухових дій є стробофотографія, яку вперше в СРСР застосував М.О.Бернштейн, використавши її при вивченні техніки бігу найсильніших радянських атлетів братів Знаменських.

**Стробофотографія** – це зображення на одному фотознімку кількох послідовних положень тіла спортсмена, що виконує фізичну вправу (рис. 1).

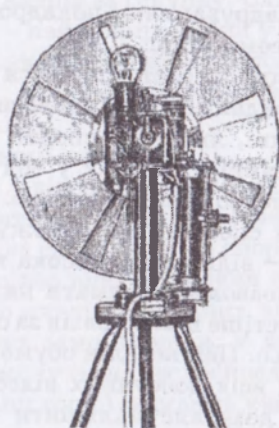
Стробофотографію можна одержати або за допомогою стробоскопа (рис. 2) – спеціального диска з прорізами, який, швидко обертаючись, періодично закриває й відкриває об'єктив фотоапарата, або за допомогою спеціальної лампи-фотоспалаху, яка може спрацьовувати кілька разів поспіль.

Переваги стробофотографії – доступність, відносна простота й низька вартість способу, а також можливість одержання дуже великої кількості зображень об'єкта знімання за одну секунду (своєрідного аналога частоти знімання кіно- або відеокамерою).



*Рис. 1. Стробофотографія виконання подачі у великому тенісі*

Основним і визначальним недоліком цього способу є необхідність фотографування спортсменів у затемнених умовах, що практично унеможливляє його застосування в умовах змагань або для вивчення техніки спортсменів, яких неможливо залучити до лабораторного експерименту (наприклад, професійних спортсменів, які тренуються 3 – 4 рази на день, спортсменів команд-суперників тощо).



*Рис. 2. Механічний стробоскоп*

Другим недоліком стробофотографії є накладання зображень окремих частин тіла спортсмена та його спорядження одне на одне, що не дозволяє точно визначити розміщення потрібних для біомеханічного аналізу точок (наприклад, центрів тих суглобів, які при виконанні конкретної вправи зміщуються мало, або точок, що знаходяться на світлому фоні). Правда, останній недолік стробофотографії частково усунений при використанні кольорової стробофотографії, яку отримують шляхом застосування 8 – 12-ти фотоспалахів, що спрацьовують послідовно й освітлюють спортсмена через світлофільтри різного кольору.

Описані можливості стробофотографії визначають межі її застосування – вивчення особливостей техніки спортсменів, яких



можна залучити до лабораторного експерименту, для фундаментальних лабораторних обстежень, а також при випробовуваннях, удосконаленні чи індивідуальному підганянні спортивного спорядження (особливо у випадках, коли необхідно вивчити швидкоплинні процеси ударного характеру).

**Спосіб відеознімання.** Найпопулярнішим сьогодні об'єктивним способом реєстрації фізичних вправ є цифрове відеознімання з подальшим розкадруванням і покадровим переглядом знятого матеріалу на відеомоніторі.

Відеотехніка з успіхом застосовується в умовах тренувань і змагань у багатьох видах спорту: гімнастиці, фігурному катанні, фрістайлі, плаванні, лижному спорті, спортивних іграх та одноборствах, веслуванні, стрибках у воду, синхронному плаванні, деяких видах легкої атлетики тощо.

Головний недолік способу, що обмежує його застосування в деяких випадках, – відносно невисока максимальна частота стоп-кадрів, що не дозволяє отримати на відеомоніторі зображення спортсмена частіше ніж 25 разів за секунду, чого здебільшого явно недостатньо. Цей недолік обумовлений конструктивними особливостями всіх доступних відеокамер, а спеціальна відеоапаратура, яка дозволяє збільшити число стоп-кадрів за секунду, серійно не виготовляється і надто дорога.

Не слід забувати і про особливості обробки відеозаписів, одержаних за допомогою дешевих аналогових відеокамер, для подальшого біомеханічного аналізу, бо визначення координат потрібних точок тіла спортсмена та спорядження безпосередньо на екрані відеомонітора практично неможливе, оскільки стоп-кадр «тримається» на ньому нерухомо 2 – 3 хвилини, а тривале розглядання екрану з малої відстані дуже шкідливе для зору і здоров'я.

Для автоматизації і прискорення поцифрування відеозображення використовуються спеціальні відеокомп'ютерні комплекси, які дозволяють вносити в пам'ять комп'ютера, обробляти й роздруковувати зображення досліджуваних об'єктів у потрібні моменти часу.

**Спосіб кінограм.** Єдиним об'єктивним способом реєстрації швидких рухів – короткочасних взаємодій спортсменів з опорою (відштовхування в легкоатлетичному бігу, взаємодії гірсь-

колижника з трасою), ударів, пострілів із різної зброї тощо. в умовах тренувань і змагань є спосіб кінограм.

*Кінограма* – це послідовні фотознімки тіла людини, яка виконує рухові дії, видрукувані з кіноплівки (рис. 3).

Побутові кінокамери дозволяють знімати з частотою понад 60 кадрів за секунду з відстані до 15 метрів, а спеціальні швидкісні кінокамери розраховані на значно більшу частоту – від 200 до кількох тисяч кадрів за секунду. Слід додати, що на сьогоднішній спосіб кінограм – найпоширеніший у біомеханічному аналізі більшості фізичних вправ і використовується у провідних наукових інститутах, лабораторіях і біомеханічних центрах підготовки спортсменів.

#### *Вимоги до організації знімання.*

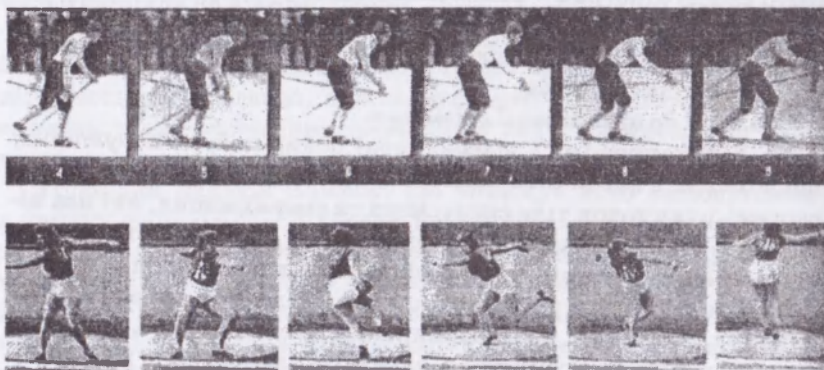
1. Кінокамера (як і відеокамера) повинна бути нерухомою, що дозволить визначити абсолютні значення швидкостей і прискорень руху точок тіла спортсмена та спорядження, які нас цікавлять. Архівні кіно або відеоматеріали практично непридатні для біомеханічного аналізу фізичних вправ, оскільки дуже важко розрахувати рух самої камери. У деяких випадках (наприклад, плавання, веслування, велосипедний спорт, легка атлетика, лижні перегони тощо) знімають камерою, що рухається поряд зі спортсменом із наперед заданою швидкістю; це дозволяє вивчати особливості техніки спортсмена та її зміни впродовж тривалого часу або всієї дистанції.

2. Кіноплівка повинна бути негативною для одержання позитивних фотографій. Досвід роботи з негативними фотовідбитками показав значне зниження ефективності й точності оцифрування внаслідок незвичного зображення.

3. Усі фотографії в процесі друку відразу чітко нумерують по черзі, інакше потім дуже важко (або й неможливо) визначити правильну послідовність розміщення виготовлених фотоматеріалів.

4. Відстань до об'єкта знімання повинна відповідати виду спорту, завданню дослідження та якості апаратури. Так, необхідно враховувати масштабний фактор (зміна розмірів і викривлення зображення при наближенні-віддаленні об'єкта знімання відносно осі об'єктива камери), простір, необхідний спортсменом для виконання вправи, сам характер виконуваних дій тощо.

Наприклад, знімання рухової діяльності борців, боксерів, вправ на гімнастичних приладах та ін. можна проводити з відстані 5 – 10 метрів; стрільби, веслування або інших вправ на спеціальних тренажерах – з меншої відстані (до одного - двох метрів); знімання бігу, стрибка в довжину, окремих технічних прийомів у спортивних іграх тощо повинно здійснюватися з більшої відстані (інколи більш ніж з 20 – 30 метрів), що вимагає використання високоякісної імпоротної апаратури та кіноматеріалів.



*Рис. 3. Кінограми виконання поперемінного двокрокового лижного ходу й метання диска*

5. Кількість площин знімання (кількість камер) та їх розміщення відносно об'єкта знімання залежать від характеру рухових дій, які реєструють: якщо всі точки тіла рухаються в паралельних або близьких до паралельних площин, вистачає однієї камери; для фізичних вправ, при виконанні яких відбуваються переміщення тіла до або від камери чи його обертання навколо вертикальної осі, необхідно встановлювати дві камери (наприклад, збоку й попереду-позаду або збоку і згори, якщо це технічно можливо). Для плавання та веслування одна з камер повинна знімати надводну частину вправи, а інша – підводну.

Окремого пояснення вимагає кількість і вибір розрахункових точок і встановлення на тілі спортсмена спеціальних мар-

керів. Для якісного аналізу рухових дій спортсмена краще вивчити рух найбільшої кількості його точок. Але при цьому значно зростає обсяг роботи при обробці одержаних матеріалів. Тому при біомеханічному аналізі, звичайно, обмежуються невеликою кількістю точок тіла спортсмена та його спорядження, аналіз руху яких дозволяє оцінити техніку. Такі точки називаються розрахунковими, і ними найчастіше є центри суглобів, у яких відбувається деформація пози спортсмена, а також центри мас голови, кистей і стоп. Знаючи положення цих точок, можна легко одержати дуже багато інформації (кути в суглобах, положення центрів мас окремих частин тіла тощо). Залежно від специфіки вправ, до розрахункових точок додають також кінчики пальців (стрільба, плавання), окремі точки на тулубі (гімнастика, боротьба), точки на спорядженні (м'яч, ракетка, лижі, палиці, зброя тощо).

Якщо ліва і права частини тіла виконують синхронні або зміщені на півциклу однакові рухи, аналізують рух лише однієї половини тіла (розташованої навпроти камери).

У деяких випадках завдання дослідження вимагає вивчення руху невеликої кількості розрахункових точок (наприклад, лише однієї ноги чи іншої частини тіла або лише тих точок, які змінюють своє положення при виконанні конкретної фази фізичної вправи).

Для спрощення або автоматизації обробки одержаного матеріалу часто на тіло спортсмена наклеюють спеціальні маркери – контрастні кружечки, хрестики або спеціальні випромінювачі чи світловідбивні елементи, до яких камера чутлива. Проте такий підхід не завжди дає позитивний результат, тому що більшість розрахункових точок (наприклад, центри суглобів тощо) знаходяться не на поверхні шкіри чи спорядження, а всередині тіла, і їх розміщення при поворотах тіла не завжди збігається з розташуванням поверхневих маркерів, тому похибка у визначенні положення звичних розрахункових точок за маркерами іноді занадто велика, щоб можна було говорити про об'єктивність і коректність одержаних результатів. Тому, використовуючи спеціальні маркери, положення яких відеокомп'ютерний комплекс відслідковує автоматично, їх розміщу-

ють у місцях виходу під шкіру елементів скелета, а потім за їх координатами спеціально розраховують положення потрібних для біомеханічного аналізу розрахункових точок тіла.

Отже, як правило, положення окремих розрахункових точок знаходять на підставі анатомічних особливостей будови тіла та позначають їх на фотографіях, виготовлених з усіх кадрів кінограми, які нас цікавлять.

### **Порядок виконання роботи №1:**

1. Обґрунтувати й описати обраний спосіб реєстрації (дати його короткий характеристику, вказати його переваги та недоліки, обґрунтувати, чому саме цей спосіб найкращий для реєстрації обраної змагальної вправи);
2. Вказати й обґрунтувати кількість площин знімання, розміщення камер та інші особливості організації знімання;
3. Вказати й обґрунтувати вибір розрахункових точок на тілі спортсмена та спорядженні.

## Контрольна робота №2

### Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи за виданою викладачем таблицею координат розрахункових точок

**Мета:** навчитися будувати біокінематичні схеми фізичних вправ матеріалами кіно та відеознімання.

**Завдання:** Побудувати біокінематичну схему фізичної вправи за таблицею координат розрахункових точок.

#### Теоретичні відомості

За таблицею координат розрахункових точок тіла людини, яка виконує фізичну вправу, будується біокінематична схема – зображення на одному аркуші паперу послідовних положень схеми тіла людини (тобто зображення його розрахункових точок, з'єднаних прямими лініями у так звані біокінематичні ланцюги). Біокінематичні схеми дуже зручні для якісного аналізу техніки та процесу навчання руховим діям; вони схожі на стробоскопію, проте, не зважаючи на порівняно вищу складність їх побудови (виготовлення кінограми або відеозапису – обробка матеріалу – укладання таблиці координат розрахункових точок – побудова біокінематичної схеми), вигідно відрізняються від них: реєстрація рухових дій здійснюється не в темряві, а в умовах тренувань чи змагань, зображення не накладаються одне на одне, рисунок не затемнений непотрібними елементами та ін., чого не вдається уникнути при застосуванні способу стробоскопію (рис. 1).

Біокінематичні схеми будуються в певному масштабі, що дозволяє підвищити якість й автоматизувати процес порівняння рухової дії з обраним зразком та об'єктивно її оцінити.

Масштаб показує, кількість одиниць зображуваної величини в одному міліметрі рисунка або графіка, наприклад, 0,02 метра в одному міліметрі біокінематичної схеми.

### Порядок виконання роботи №2.

1. Отримати у викладача і вклеїти в зошит таблицю координат розрахункових точок тіла людини, яка виконує певну фізичну вправу.

2. На лист міліметрового паперу формату А4 (210 x 300 мм), відступивши 2 – 3 см від його нижнього і лівого країв, нанести прямокутну систему координат (осі координат  $X$  та  $Y$ ).

3. У масштабі таблиці координат (це означає, що при побудові біокінематичної схеми відкладається така кількість міліметрів, яка вказана в таблиці координат згідно з Вашим варіантом) побудувати біокінематичну схему фізичної вправи, дотримуючись таких вимог:

3.1. На біокінематичній схемі повинно бути таке:

- назва “Біокінематична схема фізичної вправи (вказати назву вправи)”, дві осі координат розбиті в міліметрах ( $X$ , мм – по горизонталі та  $Y$ , мм – по вертикалі);

- зображення схеми тіла людини в усіх кадрах у вигляді з’єднаних між собою біокінематичних ланцюгів із зазначенням на першому кадрі латинськими буквами положень відповідних розрахункових точок;

- напрямок руху тіла (вказати стрілкою);

- голова зображується у вигляді кола діаметром 10 – 12 мм, центр якого повинен збігатися з положенням розрахункової точки «центр маси голови»;

- зображення схеми тіла людини в кожному кадрі виділяється іншим кольором (щонайменше трьома кольорами);

- спочатку наносяться і відразу з’єднуються між собою всі розрахункові точки тіла людини в першому кадрі, а потім послідовно будуються зображення його схеми в наступних кадрах.

Розрахункові точки в таблицях координат (див. додатки) позначаються латинськими буквами (перші букви латинських назв відповідних частин тіла):

$g$  – центр маси голови;

$b_c$  – центр плечового суглоба;

$a$  – центр ліктьового суглоба;

$m$  – центр променезап’ясткового суглоба;

- $g$**  – центр маси кисті;
- $f_m$**  – центр кульшового суглоба;
- $s$**  – центр колінного суглоба;
- $p$**  – центр гомілковостопного суглоба;
- $g$**  – центр маси стопи;
- $M_p$**  – центр м'яча (наприклад).



## Контрольна робота №3

### Розрахунок лінійних швидкостей руху заданої розрахункової точки за її координатами

**Мета:** навчитися розраховувати лінійні швидкості руху розрахункових точок за їх координатами.

**Завдання:** за робочими формулами розрахувати та записати в таблицю лінійні швидкості руху заданої розрахункової точки, використавши дані таблиці координат з попередньої роботи.

#### Теоретичні відомості

Вектор – це математичне поняття, яке характеризується величиною та напрямком і додається до інших векторів за правилом паралелограма. Більшість біомеханічних характеристик (лінійні та кутові швидкості і прискорення, сила, імпульс тіла тощо) – вектори. Скалярні величини (що не мають напрямку) – це маса, об'єм, площа, вік тощо.

Є низка характеристик, які, крім величини, мають і напрямок (наприклад, потоки транспорту), проте це не вектори, оскільки їх не можна додавати за правилом паралелограма.

Лінійна швидкість руху точки – це векторна величина, яка характеризує напрямок й інтенсивність руху точки у даній системі відліку. Лінійна швидкість руху точки завжди спрямована по дотичній до траєкторії її руху.

Середня швидкість визначається за формулою:

$$V_{cp} = S \div t \text{ (м/с)},$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість руху точки, м/с;

$S$  – пройдений точкою шлях, м;

$t$  – час руху, с.

Однак рух розрахункових точок тіла людини при виконанні будь-яких дій практично ніколи не буває прямолінійним і рівномірним: упродовж виконання фізичної вправи окремі точки постійно змінюють як інтенсивність, так і напрямок руху, тому поняття середньої швидкості в біомеханічному аналізі практично не використовується. Замість середньої швидкості, враховуючи основні способи реєстрації фізичних вправ, розраховується миттєва лінійна швидкість руху точки: у даний момент часу (або в даному кадрі):

$$V_t = \Delta s \div \Delta t \text{ (м/с)},$$

де  $V_t$  – миттєва швидкість руху точки (наприклад, в тому кадрі), м/с;

$\Delta s$  і  $\Delta t$  – малі відрізки шляху та часу, що відповідають переміщенню розрахункової точки між положеннями, зафіксованими на сусідніх кадрах кіно- або відеограми.

Оскільки після обробки кіно- або відеограм рух розрахункових точок задається в координатній формі, для практичного розрахунку швидкостей і прискорень застосовується метод чисельного диференціювання. Припустимо, що розрахункова середня швидкість у певний момент часу (наприклад, у п'ятому кадрі кінограми) дорівнює:

$$Vx_5 = (X_6 - X_4) \div \Delta t \text{ (м/с)},$$

де  $X_6$  та  $X_4$  – координати точки відповідно в попередньому до п'ятого – четвертому кадрі та наступному після п'ятого – шостому кадрі;

$\Delta t$  – час, що відповідає одному кадру, згідно з частотою знімання (наприклад, для 10 кадрів за секунду  $\Delta t = 0,1$  с).

Тоді загальні формули для приблизного розрахунку значень швидкостей і прискорень у кожному кадрі (для вказаної вище частоти знімання) матимуть такий вигляд:

$$Vx_i = (X_{i+1} - X_{i-1}) \div 2\Delta t \text{ (м/с)};$$

$$Vy_i = (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \div 2\Delta t \text{ (м/с)},$$

де: і – індекс кадр (наприклад, 15-й);

$i+1$  – номер наступного кадру (тоді 16-й);

$i-1$  – номер попереднього кадру (тоді 14-й);

$2\Delta t$  – час між попереднім і наступним кадрами.

Якщо замість  $\Delta t$  підставити значення, яке відповідає частоті знімання 25 кадрів за секунду (відеознімання у звичному нам стандарті PAL), тобто  $1/25$  с, робочі формули для розрахунку миттєвих лінійних швидкостей набудуть такого вигляду:

$$Vx_i = (X_{i+1} - X_{i-1}) \div 2/25 = 12,5 \cdot (X_{i+1} - X_{i-1}) \text{ (м/с)};$$

$$Vy_i = (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \div 2/25 = 12,5 \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \text{ (м/с)}.$$

Для частоти знімання 10 кадрів за секунду в робочі формули замість 12,5 слід записати 5, для 20 кадрів за секунду – 10, для 24 кадрів за секунду – 12, для 100 кадрів за секунду – 50, для 250 кадрів за секунду – 125 і т.д.

При виконанні завдання №2 обирають частоту знімання 20 кадрів за секунду, якщо викладач при видачі індивідуального завдання не вкаже іншої частоти.

Величину сумарної швидкості  $V_i$  в кожному кадрі вираховують за формулою:

$$V_i = \sqrt{Vx_i^2 + Vy_i^2}$$

Описана методика не дозволяє розрахувати значення швидкостей у першому й останньому кадрах, тому що нам невідомі потрібні для цього координати точки в попередньому до першого кадру та в кадрі, наступному після останнього.

### Порядок виконання роботи №3.

Значення X та Y в таблицю 1 заносять у м, помноживши задані в таблиці координат (див. додатки) значення в мм на вка-

заний у ній масштаб. Частоту знімання для усіх варіантів задає викладач, здебільшого вона становить 10 кадр/с:

Таблиця 1

**Розрахунок лінійних швидкостей руху заданої розрахункової точки за матеріалами кіно- або відеознімання**

№ кадру	$X_i$ , мм	$X_p$ , м	$Vx_i$ , м/с	$Y_i$ , мм	$Y_p$ , м	$Vy_i$ , м/с	$V_p$ , м/с
1			-			-	-
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9*			-			-	

*Примітка.* \* – у таблиці повинно бути стільки кадрів, скільки їх у виданому Вам індивідуальному варіанті.

На біокінематичній схемі із завдання №2 показують вектори швидкостей руху заданої розрахункової точки у третьому кадрі, тобто від положення заданої розрахункової точки в цьому кадрі по горизонталі (в напрямку осі  $X$  – із знаком „+” чи проти напрямку осі – із знаком „-”) відкладають у довільному масштабі вектор швидкості  $Vx$ , а по вертикалі, причому обов’язково (!) у цьому ж масштабі, – вектор швидкості  $Vy$ . Рекомендований масштаб для векторів швидкостей – 0,1 м/с в одному мм (в 1 см – 1 м/с).

Діагоналю прямокутника, утвореного векторами  $Vy$ , та  $Vx$ , є сумарний вектор  $V$ . Поруч із побудованими векторами подають їх масштаб.

Далі на біокінематичну схему наносять траєкторію заданої розрахункової точки, з’єднавши плавною лінією її послідовні положення від першого до останнього кадру.

## Контрольна робота №4

### Розрахунок лінійних прискорень руху заданої розрахункової точки за її лінійними швидкостями

**Мета:** навчитися розраховувати лінійні прискорення руху розрахункових точок за їх швидкостями.

**Завдання:** за робочими формулами розрахувати та записати в таблицю лінійні прискорення руху заданої розрахункової точки, використавши дані таблиці лінійних швидкостей з попередньої роботи.

#### **Теоретичні відомості**

Лінійне прискорення руху точки – це векторна величина, яка характеризує напрямок й інтенсивність зміни лінійної швидкості руху точки у даній системі відліку. Вектор лінійного прискорення руху точки завжди спрямований уздовж напрямку вектора лінійної швидкості, причому він збігається з напрямком вектора швидкості для додатних величин прискорення і спрямований протилежно до нього у випадку від’ємних його величин.

Середнє прискорення визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \Delta V \div \Delta t \text{ (м/с)},$$

де  $a_{\text{сер}}$  – середнє прискорення руху точки, м/с;

$\Delta V$  – зміна лінійної швидкості точки, м/с;

$\Delta t$  – час, упродовж якого змінювалась лінійна швидкість руху точки, с;

Однак лінійна швидкість руху розрахункових точок тіла спортсмена практично ніколи не буває постійною: протягом виконання фізичної вправи окремі точки тіла постійно змінюють величину й напрямок швидкості руху, тому поняття середнього прискорення в біомеханічному аналізі не використовується. За-

мість середнього прискорення, враховуючи основні способи реєстрації фізичних вправ, розраховується миттєве лінійне прискорення руху точки у цей момент часу (у цьому кадрі):

$$a_i = \Delta V \div \Delta t \text{ (м/с}^2\text{)},$$

де  $a_i$  – миттєве прискорення руху точки, м/с<sup>2</sup>;

$\Delta V$  і  $\Delta t$  – величина зміни лінійної швидкості й малий інтервал часу, упродовж якого змінювалася швидкість, що відповідають зміні лінійної швидкості руху розрахункової точки між положеннями, зафіксованими на сусідніх кадрах кіно- або відеограми.

Оскільки після обробки кіно- або відеограм рух розрахункових точок задається в координатній формі, для практичного розрахунку прискорень застосовується метод чисельного диференціювання. Припустимо, що розрахункове середнє прискорення в якийсь момент часу (наприклад, у п'ятому кадрі кінограми) дорівнює:

$$a_{x5} = (V_{x6} - V_{x4}) \div \Delta t \text{ (м/с}^2\text{)},$$

де  $V_{x6}$  та  $V_{x4}$  – лінійні швидкості руху точки відповідно у попередньому до п'ятого – четвертому кадрі та наступному після п'ятого – шостому кадрі;

– час, що відповідає одному кадру, згідно з частотою знімання (наприклад, для 10 кадрів за секунду  $\Delta t = 0,1$  с).

Тоді загальні формули для приблизного розрахунку значень лінійних прискорень у кожному кадрі (для вказаної вище частоти знімання) матимуть такий вигляд:

$$a_{xi} = (V_{xi+1} - V_{xi-1}) \div 2\Delta t;$$

$$a_{yi} = (V_{yi+1} - V_{yi-1}) \div 2\Delta t;$$

де: індекс  $i$  – номер кадру (наприклад, 10-й);

$i+1$  – номер наступного кадру (тоді 11-й);

$i-1$  – номер попереднього кадру (тоді 9-й);

$2\Delta t$  – час між попереднім і наступним кадрами.

Якщо замість  $\Delta t$  підставити значення, яке відповідає частоті знімання 25 кадрів за секунду (відеознімання у звичному стандарті PAL), тобто  $1/25$  с, робочі формули для розрахунку миттєвих лінійних прискорень набудуть такого вигляду:

$$a_{xi} = (V_{xi+1} - V_{xi-1}) \div 2/25 = 12.5 \cdot (V_{xi+1} - V_{xi-1}) \text{ (м/с}^2\text{)};$$

$$a_{yi} = (V_{yi+1} - V_{yi-1}) \div 2/25 = 12.5 \cdot (V_{yi+1} - V_{yi-1}) \text{ (м/с}^2\text{)},$$

Для частоти знімання 10 кадрів за секунду в робочі формули замість 12,5 слід записати 5, для 20 кадрів за секунду – 10, для 24 кадрів за секунду – 12, для 100 кадрів за секунду – 50, для 250 кадрів за секунду – 125 і т.д. При виконанні завдання №3 обирають частоту зйомки 20 кадрів за секунду, якщо викладач при видачі індивідуального завдання не вкаже іншої частоти.

Величину сумарної швидкості в кожному кадрі вираховують за такою формулою:

$$a_i = \sqrt{a_{xi}^2 + a_{yi}^2}$$

Описана методика не дозволяє розрахувати значення лінійних прискорень руху точки в першому, другому, передостанньому й останньому кадрах, тому що нам невідомі потрібні для розрахунку лінійні швидкості руху заданої точки в “нульовому” й першому кадрах, а також в останньому кадрі, і в кадрі, що мав би слідувати за ним.

Значення необхідних для розрахунку лінійних швидкостей руху заданої розрахункової точки беруть з завдання №3.

#### Порядок виконання роботи №4.

Значення в таблицю 2 заносять із таблиці 1 завдання №3 у метрах за секунду. Частоту знімання задає викладач, здебільшого вона становить 10 кадрів за секунду.

На біокінематичній схемі із завдання №2 показують вектори лінійних прискорень руху заданої точки в четвертому кадрі. Для цього від положення заданої розрахункової точки в назва-

ному кадрі по горизонталі (у напрямку осі  $X$  – із знаком „+” чи проти напрямку осі – із знаком „-” відкладають у довільному масштабі вектори прискорень  $a_x$ , а по вертикалі, причому обов'язково (!) у цьому ж масштабі, – вектори прискорень  $a_y$ . Рекомендований масштаб для векторів прискорень –  $0,01 \text{ м/с}^2$  в одному мм (в  $1 \text{ см} - 0,1 \text{ м/с}^2$ ).

Таблиця 2

**Розрахунок лінійних прискорень руху  
заданої розрахункової точки за матеріалами  
кіно- або відеознімання**

№ кадру	$V_{xi}, \text{ м/с}$	$a_{xi}, \text{ м/с}^2$	$V_{yi}, \text{ м/с}$	$a_{yi}, \text{ м/с}^2$	$a_i, \text{ м/с}^2$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9*					

*Примітка. \* – у таблиці повинно бути стільки кадрів, скільки їх у виданому Вам індивідуальному варіанті/*

Діагоналлю прямокутника, утвореного векторами  $a_x$  та  $a_y$ , є сумарний вектор  $a$ . Поруч із побудованими векторами подають їх масштаб.



## Контрольна робота №5

### Побудова кінематичних графіків руху заданої розрахункової точки

**Мета:** навчитися будувати кінематичні графіки руху розрахункових точок.

**Завдання:** побудувати на міліметровому папері три кінематичні графіки руху заданої розрахункової точки за даними попередніх робіт (таблиці 1 і 2).

#### **Теоретичні відомості**

До кінематичних графіків руху точки належать графіки  $X = X(t)$ ,  $Y = Y(t)$ ,  $V_x = V_x(t)$ ,  $V_y = V_y(t)$ ,  $a_x = a_x(t)$  та  $a_y = a_y(t)$  тобто графічне зображення залежностей координат, миттєвих швидкостей і миттєвих прискорень від часу (функцій вказаних характеристик від часу).

При побудові кінематичних графіків руху розрахункових точок уздовж осі абсцис (по горизонталі) відкладають час, а по осі ординат (по вертикалі) – відповідну характеристику. Якщо ця характеристика додатна, її відкладають вгору від осі часу, а якщо від’ємна – вниз. Значення потрібних характеристик беруть із таблиць 1 і 2 (з результатів виконання завдань № 3 і №4).

#### **Порядок виконання роботи №5**

Графіки будують на одному аркуші міліметрового паперу формату А4 (210 x 300 мм), розміщеному вертикально, чітко один під одним. Для цього, відступивши від лівого краю 2 – 3 см, лінійкою проводять тонку вертикальну лінію, уздовж якої потім будують осі всіх характеристик. Увесь аркуш по вертикалі умовно розподіляють на три приблизно рівні частини, у верхній будують графіки координат, у середній – швидкостей, а в нижній – прискорень.

Спочатку в таблиці 1 шукають найбільше значення координати  $X$  заданої розрахункової точки в метрах і, залежно від цього значення, обирають єдиний для обох координат масштаб, наприклад 0,5 або 0,25 метра в одному сантиметрі, аби графік не був надто “сплюснутий” по вертикалі, але й не виходив за межі відведеного йому місця на аркуші, і відповідно розбивають вертикальну вісь. **УВАГА!** У написах на всіх осях потрібно використовувати круглі числа (наприклад 0, 0,25, 0,50, 0,75..., 0, 0,5, 1,0, 1,5..., 0, 1, 2, 3..., 0, 2, 4, 6..., 0, 5, 10, 15..., 0, 10, 20, 30 тощо), а не ті табличні значення характеристик, які Ви відкладаєте.

Від нуля праворуч проводять вісь часу, яку розбивають на рівні частини відповідно до кількості кадрів у таблиці координат Вашого варіанту – на 6, 7, 10, 12 і т.д. рівних частин, заповнюючи всю ширину аркуша. Залежно від кількості кадрів, це можуть бути інтервали 1 см, 1,5 см, 2 см, 2,5 см, 3 см тощо. Написи на осі часу повинні бути в секундах (а не в номерах кадрів), наприклад  $1/20$ ,  $2/20$ ,  $3/20$ ,  $4/20$  і т.д. – для частоти знімання 20 кадрів за секунду або відповідно інші для іншої частоти знімання.

Обидві осі закінчуються гострими стрілками, поряд з якими вказують, які величини і в яких одиницях відкладаються уздовж даної осі (у нашому випадку – координати  $X$  та  $Y$  в метрах по вертикалі і час  $t$  в секундах – по горизонталі:  $X$ ,  $Y$ ,  $m$  та  $t$ ,  $s$ ).

Далі починають будувати графіки – спочатку  $X=X(t)$ , а потім  $Y=Y(t)$ . Для цього від кожного кадру на осі часу вгору відкладають відповідне йому значення координати  $X$ , потім усі побудовані точки з'єднують плавною лінією і виділяють кольоровим олівцем або тонким фломастером. Тоді на цьому ж рисунку будують графік  $Y=Y(t)$ , який наводять іншим кольором.

Так само в середній частині аркуша будують графіки миттєвих швидкостей, а в нижній – миттєвих прискорень. Масштаби швидкостей і прискорень також обирають залежно від найбільших і найменших значень обох складових швидкості чи прискорення. Вони можуть бути від 1 до 5 (і навіть більше) м/с для швидкостей і від 2 до 25 (і навіть більше) м/с<sup>2</sup> – для прискорень.

Усі графіки, що належать до координати  $X$ , наводять одним кольором, а до координати  $Y$  – іншим. Кожен графік повинен бути підписаний, наприклад  $X=X(t)$ ,  $V_y = V_y(t)$ ,  $a_x = a_x(t)$  тощо.

Будьте уважні при побудові – графіки швидкостей починаються з другого і закінчуються в передостанньому кадрі (табл.1), а графіки прискорень – у третьому і за два кадри до останнього (табл.2).

Пам'ятайте. Якщо верхній графік (функція) має екстремуми (максимуми або мінімуми), відповідний нижній графік (похідна цієї функції по часу) повинен перетинати вісь часу. Якщо верхній графік на якійсь ділянці піднімається вгору (функція зростає), значення її похідної повинні бути додатні (відповідний нижній графік повинен проходити над віссю часу), і навпаки. Якщо це не так, шукайте помилки в побудові або в розрахунках.

Враховуючи, що частота знімання (20 кадрів за секунду) невелика, при чистовій побудові й наведенні графіків швидкостей і особливо прискорень, слід враховувати екстремуми верхніх графіків і відповідно відкоректовувати форму нижніх графіків (графіків їх похідних): місця їх екстремумів і місця перетину вісі часу не завжди збігатимуться з нанесеними на графіки точками в конкретних кадрах. Таким чином, можна передбачити характер графіків швидкостей і прискорень у крайніх кадрах, в яких їх значення не розраховані.

Рисунок повинен мати таку назву: “Кінематичні графіки руху розрахункової точки (повна назва заданої точки, наприклад, центра колінного суглоба) при виконанні фізичної вправи (повна назва вправи згідно з завданням №2)”, а також прізвище студента, факультет і група, наприклад Д.Іваненко, 33 гр. ФФВ.

## Контрольна робота №6

### Побудова лінійної чи кільцевої хронограми змагальної вправи з обраного виду спорту за даними спеціальної науково-методичної літератури або за кінограмою

**Мета.** навчитися будувати лінійні та кільцеві хронограми фізичних вправ.

**Завдання:** побудувати хронограму змагальної вправи з обраного виду спорту за даними спеціальної науково-методичної літератури або за кінограмою.

#### **Теоретичні відомості**

При біомеханічному аналізі фізичної вправи – використовуються такі часові характеристики:

- тривалість вправи, її частини або фази;
- частота рухів (темп);
- часовий ритм фізичної вправи (ритмова структура);
- фаза.

**Тривалість фізичної вправи**, її частини або фази може бути визначена такими способами: ручний хронометраж, автоматичний хронометраж, спосіб кіно- або відеограм, спосіб тензограм та ін. У цілому тривалість усієї вправи (забігу, запливу, спроби та ін.) або її частини (проходження певного відрізка дистанції тощо) визначається за формулою:

$$\Delta_t = t_3 - t_n (A)$$

де  $\Delta_t$  – тривалість;

$t_3$  – час закінчення вправи;

$t_n$  – час початку вправи.

У деяких видах спорту цей спосіб є основним (лижні й автомобільні перегони, біатлон, спортивне орієнтування тощо, де на старті і на фініші стоять різні годинники, а окремі спортсмени стартують і фінішують у різний час). Проте здебільшого тривалість визначається одним годинником, причому ручне керування його запуском і зупинкою дуже неточне (похибка досягає  $\pm 0,2$  с, що не відповідає потрібній об'єктивності хронометражу). Тому, як правило, використовують автоматичне керування хронометром, застосовуючи різні зовнішні пристрої: фотопари, контактні полоси, мікрофон (що спрацьовує від пострілу зі стартового пістолета), контактні стінки в басейні, стартову планку (у лижному спорті) та ін. Коли необхідно визначити тривалість окремої фази фізичної вправи чи одного циклу, користуються кіно- або відеограмами (за кількістю кадрів, що припадають на дану фазу, й частотою знімання вираховують потрібну тривалість). Для визначення тривалості окремих фаз іноді використовують тензограму (запис зусилля), або акселерограму (запис прискорення).

*Частоту рухів* (темп виконання вправи) можна вирахувати за тривалістю одного циклу, використовуючи кіно- або відеограму, тензограму, електроміограму, акселерограму тощо, або (що менш точно) вручну прохронометрувати 5 – 10 циклів вправи, яка виконується. Іноді застосовують спеціальні електронні прилади, які відразу підраховують частоту за допомогою відповідних давачів (електроди для запису ЕКГ, магніточутливі контакти на деталях спорядження, що рухаються, та ін.). Перспективними для аналізу, експрес-контролю й удосконалення техніки циклічних видів спорту є комп'ютеризовані телеметричні системи, що дають можливість на відстані одночасно контролювати темп багатьох спортсменів, коригувати їхні рухові дії, обробляти, накопичувати й порівнювати результати і т. ін. (велосипедний спорт, веслування, лижні перегони, легка атлетика тощо).

Частота рухів визначається в Герцах – кількості циклів за одну секунду:

$$\eta = 1 / \Delta t \text{ (Гц)}$$

де:  $\eta$  – частота рухів (темп), Гц;

$\Delta t$  – тривалість одного циклу.

Проте у практиці спорту поширеніша інша одиниця частоти: кількість циклів за одну хвилину (частота бігу, педалювання, дихання, ЕКГ і т.ін.).

**Часовий ритм рухів** (ритмова структура рухової дії) – це співвідношення часу окремих фаз фізичної вправи, наприклад:

$$\Delta t_1 : \Delta t_2 : \Delta t_3 : \Delta t_4 : \Delta t_5 = 6 : 2 : 3 : 4 : 2$$

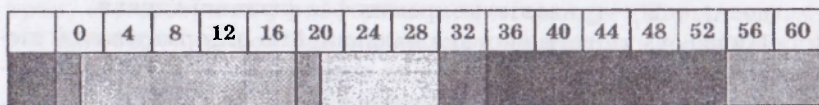
де:  $\Delta t_1 - \Delta t_1$  – тривалість окремих фаз фізичної вправи.

Ця часова характеристика надзвичайно інформативна й тісно пов'язана з якістю техніки та спортивним результатом (набагато тісніше від інших біомеханічних характеристик: зусиль, швидкостей, прискорень, імпульсів, частоти тощо). Ця закономірність виявлена для таких видів спорту, як веслування, велосипедний спорт, футбол, волейбол, боротьба, фехтування і багато інших). Маючи звичайну відеореєстратору або відеозапис змагань, можна легко розрахувати часовий ритм виконання вправ різними спортсменами, порівнювати їх, виявляти оптимальні часові ритми й використовувати їх у технічній підготовці спортсменів різної кваліфікації.

**Фаза** – це найменший часовий елемент системи рухів, що містить усі рухи різних частин тіла від початку до кінця фази, які виконують єдине рухове завдання. Поділ фізичних вправ на фази надзвичайно важливий для навчання та вдосконалення в техніці спортсменів різної кваліфікації при застосуванні розділеного методу тренування. При поділі окремих вправ на фази – цілісні частини рухових дій, кожна з яких виконує певне рухове завдання, – необхідно обов'язково враховувати початкові й кінцеві умови, в яких знаходиться спортсмен, щоб після твердого засвоєння кожної з фаз окремо набуті в процесі такого тренування характеристики були перенесені на цілісну вправу. Наприклад, при штовханні ядра класичним способом слід пам'ятати, що фаза фінального зусилля характеризується “доштовхуванням” ядра за рахунок розгинання руки, коли ядро має значну швидкість, тому тренувати окремо штовхання нерухомого ядра від грудей немає сенсу, бо не буде перенесення набутих у процесі розділеного тренування якостей на змагальну

вправу.

Наочне зображення часу окремих фаз називається хронограмою. Хронограми бувають лінійні й кільцеві (для циклічних вправ). Побудувати хронограму можна як за кіно- або відеограмою, так і за тензограмою або іншими матеріалами. У верхньому рядку хронограми проставляється час (або номери кадрів кіно- або відеограми, а в нижньому – окремі фази фізичної вправи, по-різному розфарбовані або заштриховані (як показано на рис. 4):



де: [штрихований] – Розбіг  
 [штрихований] – Крок  
 [штрихований] – Перше відштовхування  
 [штрихований] – Третє відштовхування  
 [штрихований] – Скачок  
 [штрихований] – Політ  
 [штрихований] – Друге відштовхування  
 [штрихований] – Приземлення

*Рис. 4. Хронограма потрійного стрибка Вільяма Бенкса (США)*

#### Порядок виконання роботи №6.

Студент повинен, використовуючи матеріали спеціальної науково-методичної літератури або кінограму, побудувати кільцеву (для циклічних вправ) чи лінійну (для ациклічних вправ) хронограму змагальної вправи з обраного виду спорту.

## Контрольні запитання

1. Стробофотографія, її особливості і місце у біомеханічному аналізі фізичних вправ.
2. Кінограма фізичної вправи і вимоги до неї.
3. Роль відеознімання у біомеханічному аналізі фізичних вправ.
4. Порядок обробки результатів об'єктивної реєстрації фізичної вправи.
5. Розрахункові точки, таблиця координат і побудова біокінематичної схеми.
6. Порядок побудови біокінематичної схеми рухової дії за таблицею координат розрахункових точок.
7. Просторові біомеханічні характеристики.
8. Шлях і відстань, вектор, координата.
9. Лінійна швидкість руху точки як вектор та її розрахунок.
10. Лінійне прискорення руху точки як вектор та його розрахунок.
11. Графічне представлення векторів просторово-часових характеристик руху точок.
12. Кінематичні графіки руху розрахункових точок та порядок їх побудови.
13. Траєкторія руху розрахункової точки та її характеристики.
14. Тривалість вправи, її частини або фази та способи її вимірювання.
15. Частота рухів (темп) та способи її оцінки.
16. Часовий ритм рухів (ритмова структура) ритмової дії та її роль у технічній підготовці.
17. Фази фізичної вправи. Їхня роль у біомеханічному аналізі та навчанні руховим діям.
18. Лінійна хронограма фізичної вправи та порядок її побудови.
19. Кільцева хронограма фізичної вправи та порядок її побудови.



### Список рекомендованої літератури:

1. *Донской Д. Д.* Биомеханика / Донской Д. Д. // Уч. пос. для студентов фак. физ. восп. пед. ин-тов. – М. : Просвещение, 1975. – 239 с.

2. *Донской Д. Д.* Биомеханика / Донской Д. Д., Зацюрский В. М. // Учебник для ст. ин-тов физ. культ. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – 267 с.

3. *Годик М. А.* Спортивная метрология / Годик М. А. // Учебник для ин-тов физ. культуры. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 192 с.

4. *Лапутин А. Н.* Биомеханика физических упражнений / Лапутин А. Н. // Лабораторные занятия. – К. : Вища школа, 1976. – 88 с.

5. Практикум по биомеханике / под ред. Н. И. Козлова // – М. : Физкультура и спорт, 1980. – 120 с.

6. *Рибак О. Ю.* Біомеханічний аналіз фізичної вправи за матеріалами кіно-відеозйомки / Рибак О. Ю., Сапужак І. Я. // Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з біомеханіки для студентів ФЗН ЛДІФК. – Львів : ЛДІФК, 1997. – 21 с.

7. Лабораторний практикум з біомеханіки / П. О. Русіло, О. Ю. Рибак, В. М. Палюх та ін.: за наук.ред. П. О. Русіла. – Львів: Військовий інститут, 2003. – 127 с.

8. *Уткин В. Л.* Биомеханика физических упражнений / Уткин В. Л. // Учеб. пособие для студ. фак. физ. восп. – М : Просвещение, 1989. – 210 с.

## Приклади виконання контрольних робіт

### Контрольна робота №1

#### Описати організацію об'єктивної реєстрації змагальної вправи з обраного виду спорту

Обраний вид спорту – волейбол.

Змагальна вправа, яка досліджується – подача в стрибку.

Подача м'яча у волейболі містить ударний рух – удар по м'ячу, який триває дуже короткий час; швидкість вильоту м'яча, за величиною і напрямком якої можна оцінити ефективність виконання вправи, також висока, тому для реєстрації цієї вправи відеознімання не може бути застосовано, оскільки частота кадрів відеозапису – 25 зображень об'єкта за секунду – явно недостатня для аналізу обраної вправи.

У лабораторних умовах (для дослідження технічної підготовленості наших спортсменів у тренувальних умовах) доцільно застосовувати порівняно дешевий спосіб реєстрації вправ – стробомікрофотографію, яку виконують у затемнених умовах (основний недолік способу) і яка дозволяє отримати потрібну частоту знімання (щонайменше – 250 кадрів за секунду). Тло знімання бажано зробити темним і матовим (наприклад, натягнути позаду майданчика чорну тканину), а саме знімання проводити в темну пору доби або в штучно затемненому приміщенні. Недоліком стробомікрофотографії є накладання послідовних зображень спортсмена й м'яча одне на одне, чого частково можна уникнути, застосовуючи кольорову стробомікрофотографію.

Для реєстрації подачі у стрибку в змагальних умовах використовується дорогий і складний, але єдино можливий у такому випадку спосіб швидкісного кінознімання, який позбавлений недоліків стробомікрофотографії, але вимагає більше часу на обробку отриманого запису.

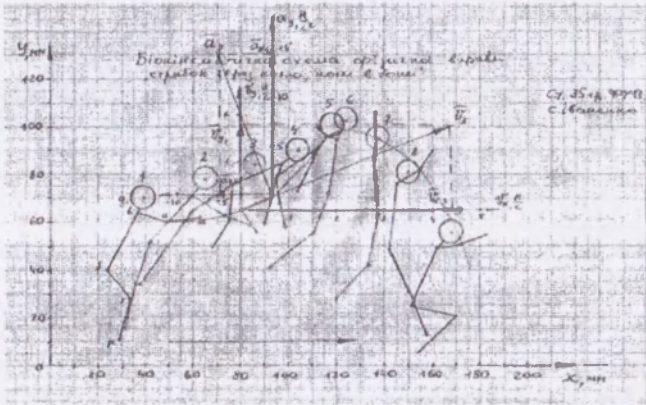
У підготовці національних збірних чи професійних команд зараз застосовується спеціальне швидкісне відеознімання, яке вимагає спеціальної апаратури, не доступної для наших дослі-

дження. Оскільки усі точки тіла волейболіста, який виконує подачу в стрибку, і м'яч рухаються в паралельних до вертикальної вздовж майданчика площинах, для аналізу цієї вправи достатньо однієї площини знімання. Камеру встановлюють нерухомо збоку від майданчика на відстані 5 – 7 метрів від його бокового краю, а вісь її об'єктива повинна проходити на 1 – 2 метри ближче до сітки від його заднього краю, аби усі фази вправи були зафіксовані на плівці нерухомої камери.

У зв'язку з тим, що права й ліва частини тіла виконують неоднакові рухи, для біомеханічного аналізу вправи потрібно вивчити рух центрів суглобів і центрів мас кистей та стоп обох рук і ніг, а також центра мас голови й центра м'яча (усього – 18 точок). Техніку виконання вправи можна інтегрально оцінити за висотою, швидкістю і напрямком вильоту м'яча, а виявити недоліки й помилки у виконанні вправи конкретним спортсменом – за переміщенням окремих точок і частин його тіла, кутами в суглобах, траєкторією руху центра мас його тіла тощо.

## Контрольна робота №2

Побудувати біокінематичну схему фізичної вправи  
за виданою викладачем таблицею координат  
розрахункових точок



Таблиця 1

**Розрахунок лінійних швидкостей руху центра**  
**ліктьового суглоба при виконанні фізичної вправи**  
**«Стрибок через козла, ноги в боки», варіант №9,  $\mu = 0,02$  м/мм**

№ кадру	$X_i$ , мм	$X_i$ , м	$V_{x_i}$ , м/с	$Y_i$ , мм	$Y_i$ , м	$V_{y_i}$ , м/с	$V_i$ , м/с
1	50	1,00	-	56	1,12	-	-
2	74	1,48	6,4	65	1,30	2,4	6,84
3	82	1,64	4,4	68	1,36	1,8	4,75
4	96	1,92	5,6	74	1,48	3,0	6,35
5	110	2,20	3,8	83	1,66	3,2	4,96
6	115	2,30	5,0	90	1,80	2,2	5,46
7	135	2,70	9,0	94	1,88	-2,0	9,22
8	160	3,20	9,4	80	1,60	-8,8	12,92
9*	182	3,64	-	50	1,00	-	-

Примітка. \*— у цьому прикладі координати точки порівняно з варіантом №9 змінено.



**Контрольна робота №4**

Розрахувати лінійні прискорення руху  
заданої розрахункової точки за її координатами

Таблиця 2

Розрахунок лінійних прискорень руху центра  
ліктьового суглоба при виконанні фізичної вправи  
«Стрибок через козла, ноги в боки», варіант №9,  $\mu = 0,02$  м/мм

№ кадру	$V_{x_i}$ , м/с	$a_{x_i}$ , м/с <sup>2</sup>	$V_{y_i}$ , м/с	$a_{y_i}$ , м/с <sup>2</sup>	$a_{z_i}$ , м/с <sup>2</sup>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9*					

$$a_{x_3} = 10 \cdot (V_{x_4} - V_{x_2}) = 10 \cdot (5,6 - 6,4) = -8,0 \text{ (м/с}^2\text{)} \quad a_{y_3} = 10 \cdot (V_{y_4} - V_{y_2}) = 10 \cdot (3,0 - 2,4) = 6,0 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$a_{x_3} = 10 \cdot (V_{x_4} - V_{x_2}) = 10 \cdot (3,8 - 4,4) = -6,0 \text{ (м/с}^2\text{)} \quad a_{y_3} = 10 \cdot (V_{y_4} - V_{y_2}) = 10 \cdot (3,2 - 1,8) = 14,0 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$a_{x_3} = 10 \cdot (V_{x_4} - V_{x_2}) = 10 \cdot (5,0 - 5,6) = -6,0 \text{ (м/с}^2\text{)} \quad a_{y_3} = 10 \cdot (V_{y_4} - V_{y_2}) = 10 \cdot (2,2 - 3,0) = -8,0 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$a_{x_3} = 10 \cdot (V_{x_4} - V_{x_2}) = 10 \cdot (9,0 - 3,8) = 52,0 \text{ (м/с}^2\text{)} \quad a_{y_3} = 10 \cdot (V_{y_4} - V_{y_2}) =$$

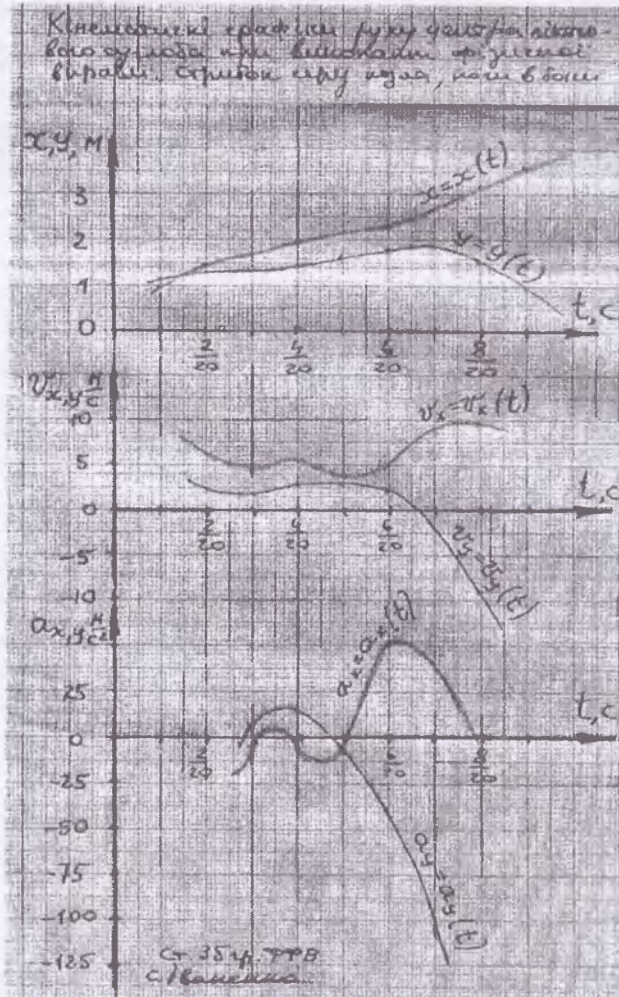
$$= 10 \cdot (-2,0 - 3,2) = -52,0 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$a_{x_3} = 10 \cdot (V_{x_4} - V_{x_2}) = 10 \cdot (9,4 - 5,0) = 44,0 \text{ (м/с}^2\text{)} \quad a_{y_3} = 10 \cdot (V_{y_4} - V_{y_2}) =$$

$$= 10 \cdot (-8,8 - 2,2) = -111,0 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

## Контрольна робота №5.

Побудувати кінематичні графіки руху заданої розрахункової точки



## Додаток

Таблиці координат розрахункових точок тіла спортсмена ( у мм кінограми)

Варіант 1. Фізична вправа «Нападаючий кидок у гандболі»  $\mu = 0,02$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b$		$a_{np}$		$a_{лв}$		$m_{np}$		$m_{лв}$		$m$		$f$		$S_{np}$		$S_{лв}$		$P_{np}$		$P_{лв}$		$g_{pnp}$		$g_{pлв}$	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	10	95	9	90	11	64	12	68	23	77	24	79	25	78	5	50	4	23	6	24	4	4	6	4	10	3	12	4
2	51	88	48	78	40	61	51	61	56	57	64	53	54	54	40	46	52	23	40	19	39	7	30	3	42	2	35	3
3	90	93	88	87	77	66	88	64	90	56	100	53	87	54	80	49	80	22	90	23	73	4	78	8	80	3	81	2
4	130	95	128	90	112	73	126	68	97	68	123	56	96	69	118	53	121	25	116	26	106	14	109	9	108	8	111	1
5	174	92	172	87	150	90	189	69	137	100	200	63	137	102	153	53	171	33	143	29	160	17	128	15	162	11	130	8
6	225	33	225	34	227	12	216	10	237	1	225	0	-	-	180	34	160	18	155	26	150	18	135	26	140	11	133	20
7	247	3	241	4	218	3	218	1	184	1	234	-1	-	-	203	5	175	0	175	4	155	5	156	6	149	1	149	4
8	299	72	294	72	290	45	285	47	294	30	286	31	-	-	268	41	283	18	261	14	290	-1	246	-1	296	-1	253	-1

Варіант 2. Фізична вправа «Нападаючий кидок у гандболі»  $\mu = 0,02$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b$		$a_{np}$		$a_{лв}$		$m_{np}$		$m_{лв}$		$m$		$f$		$S_{np}$		$S_{лв}$		$P_{np}$		$P_{лв}$		$g_{pnp}$		$g_{pлв}$	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	35	95	33	90	37	64	38	67	45	76	47	80	45	75	27	52	25	25	37	27	14	8	36	8	19	2	41	2
2	70	95	68	90	70	73	73	68	86	68	90	68	85	65	65	51	70	25	58	25	67	5	50	7	74	3	55	2
3	111	95	109	90	97	70	109	65	103	54	118	55	101	55	98	51	96	26	105	22	88	7	104	6	92	1	109	2
4	150	97	146	92	125	85	160	74	110	92	146	75	112	94	137	53	153	26	131	20	151	11	111	11	156	6	116	4
5	208	62	203	61	224	62	215	42	240	57	216	20	293	56	167	47	164	20	148	27	152	5	130	24	158	3	128	18
6	235	7	230	8	209	5	207	3	233	1	224	-1	-	-	192	16	165	8	165	11	145	11	145	13	140	7	140	8
7	266	29	261	31	251	11	248	13	260	1	256	0	-	-	222	30	247	16	244	14	234	1	231	1	240	0	237	0
8	293	90	293	90	292	60	290	62	294	45	292	46	-	-	285	47	293	19	284	17	291	-1	276	1	297	-1	282	0



## Варіант 3. Фізична вправа «Плоский біг».

 $\mu = 0,02 \text{ м/мм}$ 

Назва точки № кадру	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	x	y	X	y	x	Y	x	v	X	y	x	y	x	y	X	y
1	12	87	10	80	6	63	22	55	6	49	9	25	-1	1	2	0
2	48	87	45	80	45	60	58	50	40	49	54	29	32	19	33	16
3	77	87	75	80	77	63	95	59	70	49	81	26	52	26	57	22
4	122	92	120	85	121	67	137	69	114	54	128	31	106	22	105	18
5	147	92	145	85	147	67	158	65	140	55	144	30	145	6	146	5
6	192	87	190	80	192	63	199	52	185	50	190	25	186	1	190	-1
7	232	87	230	77	228	57	241	54	225	50	235	27	211	26	209	22
8	275	97	270	90	271	72	283	65	266	58	270	35	267	11	270	8

## Варіант 4. Фізична вправа «Плоский біг».

 $\mu = 0,02 \text{ м/мм}$ 

Назва точки № кадру	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	x	y	x	y	x	Y	x	y	x	y	x	y	x	y	X	v
1	32	87	30	80	29	63	44	54	25	50	35	26	19	8	22	4
2	67	87	65	80	63	63	81	54	50	49	66	28	46	25	47	21
3	100	87	97	80	100	63	117	62	95	49	105	26	85	39	81	35
4	132	97	130	89	130	71	140	72	125	59	130	35	127	11	129	9
5	167	87	165	80	169	62	178	54	160	50	165	25	164	0	168	0
6	212	87	210	80	210	63	226	59	200	50	210	25	191	39	188	35
7	252	90	250	82	249	65	264	59	246	52	253	29	236	12	238	8
8	292	92	290	84	294	67	305	61	286	54	291	30	291	5	294	2

## Варіант 5. Фізична вправа «Кувирок уперед»

 $\mu = 0,02 \text{ м/мм}$ 

Назва точки № кадру	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	x	y	x	v	x	y	x	y	x	v	x	y	x	y	X	y
1	6	90	6	82	22	96	38	107	6	45	6	20	6	2	12	2
2	61	78	57	73	75	76	96	76	25	50	18	26	8	14	15	10
3	107	64	101	60	117	50	132	38	62	60	50	40	35	24	42	24
4	137	24	134	29	125	11	142	1	118	65	95	72	78	76	73	73
5	158	8	161	12	141	12	158	1	160	44	144	35	149	63	144	58
6	195	5	199	1	194	20	175	12	235	20	211	23	211	41	205	40
7	247	36	249	30	267	31	275	48	267	2	280	2	285	2	290	8
8	277	80	277	75	297	65	305	76	288	38	295	18	283	4	289	2

Варіант 6. Фізична вправа «Кувирок уперед»  $\mu = 0,02$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у
№ кадру																
1	37	87	36	82	54	88	72	95	16	47	15	23	12	5	16	1
2	82	81	77	76	95	77	114	66	43	55	28	35	16	21	20	15
3	123	45	115	46	128	29	137	12	82	63	57	66	38	68	36	63
4	156	11	156	16	137	11	155	1	146	54	126	69	115	88	111	80
5	175	5	182	3	174	21	176	1	212	30	188	38	185	56	180	56
6	217	12	219	7	236	16	256	30	260	12	238	23	261	24	264	30
7	261	63	262	57	270	40	289	45	264	18	287	20	281	2	287	2
8	287	84	282	77	300	90	312	102	287	38	297	16	290	1	295	1

Варіант 7. Фізична вправа «Плоский біг».  $\mu = 0,02$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$	
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у
№ кадру														
1	9	145	15	125	6	100	30	89	6	68	10	28	-9	0
2	38	146	48	129	46	105	71	100	35	70	23	33	5	8
3	68	148	79	132	81	108	105	105	65	73	50	36	19	20
4	99	149	108	131	108	106	131	98	98	72	88	34	53	32
5	129	146	136	127	130	102	151	88	130	69	133	32	94	36
6	159	143	163	126	151	102	167	81	161	70	182	41	150	30
7	190	142	189	128	173	106	186	83	192	75	222	53	204	23
8	221	143	217	131	199	111	210	87	222	77	251	53	256	18
9	252	144	248	131	230	112	242	88	250	75	276	44	286	11
10	282	142	279	128	266	107	281	85	268	72	298	36	296	1

Варіант 8. Фізична вправа «Стрибок через козла, ноги в боки».  $\mu = 0,02$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$g_m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у
№ кадру																		
1	16	78	12	72	22	62	33	60	36	60	0	49	9	32	5	15	7	12
2	24	75	22	68	33	61	46	60	50	61	9	47	20	32	21	15	25	12
3	39	70	37	64	49	60	63	62	67	62	24	40	34	28	29	12	31	8
4	65	78	60	71	73	63	84	59	88	57	42	52	36	35	31	16	31	11
5	86	84	80	78	80	65	86	55	89	55	60	65	49	50	34	37	32	35
6	104	90	97	84	93	72	90	60	92	58	70	76	75	61	68	50	71	47
7	118	100	113	92	107	80	104	73	104	63	95	79	96	68	98	58	100	55
8	124	103	120	95	115	96	112	100	112	100	116	72	110	56	102	41	103	39
9	138	95	135	86	137	95	137	106	135	110	137	63	133	42	120	28	121	24
10	150	81	149	72	155	87	160	90	160	94	147	49	151	31	156	13	160	12
11	168	56	162	49	172	51	182	55	185	56	151	25	170	21	165	6	168	5

**Варіант 9. Фізична вправа «Стрибок через козла, ноги в боки».**  
 $\mu = 0,02 \text{ м/мм}$

Назва точки	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$f$		$s$		$p$	
	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у	х	у
1	39	70	37	64	49	60	63	62	24	40	34	28	29	11
2	65	78	60	71	73	63	84	59	42	52	36	35	31	16
3	86	84	80	78	80	65	86	55	60	65	49	50	34	37
4	104	90	97	84	93	72	90	60	76	76	75	61	68	50
5	118	101	113	92	107	80	104	73	95	79	96	68	98	58
6	124	103	120	95	115	96	112	100	116	72	110	56	92	41
7	138	95	136	86	137	95	137	106	137	63	133	42	120	28
8	150	81	145	76	155	82	160	90	142	49	150	31	158	13
9	168	56	162	49	172	51	182	55	151	25	170	21	155	6

**Варіант 10. Фізична вправа «Стрибок з місця».**  
 $\mu = 0,02 \text{ м/мм}$

Назва точки	$g_c$		$b$		$a$		$m$		$g_m$		$f$		$s$		$p$		$g_p$	
	х	у	х	у	X	v	х	v	X	v	х	у	х	у	х	у	х	v
1	124	107	125	99	121	80	89	90	86	92	140	65	125	39	121	5	111	5
2	119	106	125	96	116	71	88	87	86	88	133	58	110	40	120	5	111	5
3	107	116	111	100	94	89	71	94	68	95	127	71	90	45	75	14	66	9
4	90	122	92	104	69	95	42	100	39	100	111	62	77	52	50	26	42	23
5	79	115	77	95	52	102	25	105	22	106	97	59	61	65	31	35	21	33
6	60	109	55	89	34	94	14	105	10	107	80	54	54	45	21	15	14	10
7	51	100	44	78	24	89	4	99	0	100	73	51	35	40	30	5	21	5

Варіант 11. Фізична вправа «Випад» (фехтування).  $\mu = 0,015$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b_{np}$		$c_{np}$		$m_{np}$		$f_{np}$		$s_{np}$		$p_{np}$		$b_{лв}$		$a_{лв}$		$m_{лв}$		$f_{лв}$		$s_{лв}$		$p_{лв}$		
	x	y	X	Y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	
№ кадру																											
1	172	110	168	90	158	72	134	72	178	52	154	36	144	8	194	94	210	86	226	92	196	52	210	22	218	4	
2	156	112	146	92	132	78	106	76	152	56	138	38	136	8	170	98	186	88	196	90	178	56	194	30	200	14	
3	122	112	116	90	100	76	76	76	138	50	126	26	154	10	138	98	152	96	150	100	150	58	172	28	190	10	
4	78	106	72	88	52	86	26	90	106	60	124	34	150	12	100	96	120	100	144	104	120	70	114	36	140	18	
5	44	100	40	80	28	70	6	80	78	56	96	42	120	54	64	90	84	86	200	90	78	60	60	34	72	4	
6	2	102	8	82	20	68	30	64	38	58	20	40	44	28	26	94	43	90	58	78	42	66	48	34	68	3	

Варіант 12. Фізична вправа «Випад» (фехтування).  $\mu = 0,015$  м/мм

Назва точки	$g_c$		$b_{np}$		$c_{np}$		$m_{np}$		$f_{np}$		$s_{np}$		$p_{np}$		$b_{лв}$		$a_{лв}$		$m_{лв}$		$f_{лв}$		$s_{лв}$		$p_{лв}$		
	x	y	X	Y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	
№ кадру																											
1	180	112	174	90	168	72	144	84	172	52	160	36	160	6	200	94	218	94	234	94	200	54	212	24	218	6	
2	162	112	152	92	144	78	116	76	164	54	146	34	138	6	180	98	200	90	214	94	186	56	204	56	216	10	
3	140	112	134	90	120	78	100	74	148	54	130	36	146	14	158	94	172	88	174	96	166	56	182	26	192	66	
4	102	108	94	88	74	82	46	84	126	52	126	26	152	12	142	88	150	100	152	116	136	66	152	36	174	18	
5	60	104	54	86	30	84	8	80	96	60	120	40	152	32	80	94	102	94	116	94	96	64	78	40	90	12	
6	22	100	22	80	24	72	30	72	62	62	60	32	80	50	48	92	68	88	80	82	64	64	54	32	70	8	

Навчальне видання

*Рибак Олег Юрійович*  
*Рибак Людмила Іванівна,*

**КІНЕЗІОЛОГІЯ РУХОВИХ ЯКОСТЕЙ**

**Методичний посібник  
до виконання контрольних робіт  
з кінезіології**

**У двох частинах**

**Частина 1**

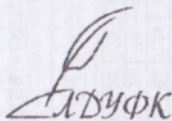
Редактори: *Оксана БОРИС, Єлизавета ЛУПИНІС*  
Верстання – *Станіслав КУСТОВ*

Підписано до друку 3.06.2013.

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 2,4. Обл. вид. арк. 1,8.

Наклад 100 прим.

Папір офсет. Гарнітура Тип UkrainianSchoolBook. Друк різнограф.  
Замовлення № 52.



Львівський державний університет фізичної культури  
Редакційно-видавничий відділ  
79007, м. Львів, вул. Костюшка, 11  
тел. +38 (032) 261-59-90  
<http://www.ldufk.edu.ua/>  
e-mail: [redaktor@ldufk.edu.ua](mailto:redaktor@ldufk.edu.ua)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
та книгорозповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 3354 від 24.12.2008 р.

Друк  
СПД Синчук В.В.  
79013, м. Львів, вул. Ген. Чупринки, 38/1  
тел./факс: +38 (032) 297-04-74

## **ПРО АВТОРІВ**



**РИБАК Олег Юрійович**

кандидат педагогічних наук,  
доцент Львівського державного університету  
фізичної культури,  
МСМК з автомобільного спорту,  
суддя національної категорії,  
автор більше ста наукових статей, навчаль-  
них програм, посібників з біомеханіки та з  
автомобільного спорту



**РИБАК Людмила Іванівна**

магістр фізичного виховання,  
викладач Львівського державного універси-  
тету фізичної культури,  
заступник директора КДЮСШ «Колос»,  
суддя з автомобільного спорту  
першої категорії,  
автор 25 друкованих праць у галузі фізичної  
культури і спорту