

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ  
ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ І СПОРТУ

---

Беляєв В.П., Суріков В.Є.

# **ЗБЕРЕЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА.**

---

## **РУХІ НА МІСЦІ**

МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК  
ДЛЯ АУДИТОРНОЇ І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТІВ

ДНІПРОПЕТРОВСЬК  
2015

---

УДК [7А.06]

Беляєв В.П., Суріков В.Є. Збереження положення тіла. Рухи на місці – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2015. – 52с.

Методичний посібник для самостійної роботи студентів затверджено на засіданні кафедри анатомії, біомеханіки і спортивної метрології (протокол № 3 від 13 10 2015 р.), рекомендовано до друку Науково-методичною радою ДДІФКіС (протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2015 р.).

Біомеханіка - це частина науки, що вивчає рухові можливості і рухову діяльність живих істот. При цьому найбільший практичний інтерес представляє вивчення рухів людини і вищих тварин. Можна також сказати, що біомеханіка - це наука про закони механічного руху в живих системах (біосистемах).

Біомеханіка спорту як навчальна дисципліна вивчає рухи людини в процесі фізичних вправ.

Сучасна біомеханіка розглядає наступні основні розділи: загальна біомеханіка, приватна біомеханіка, диференціальна біомеханіка.

Приватна біомеханіка розглядає конкретні питання рухів і рухових дій в окремих видах спорту і різновидах масової фізкультури.

Приватна біомеханіка вивчає наступні питання: збереження положення тіла, рухи на місці, рухи навколо осей, локомоторні рухи, рухи що переміщують, ударні взаємодії.

Збереження положення тіла розглядає наступні питання: умови рівноваги тіла і системи тіл; збереження і відновлення положення тіла людини; види статичних положень..

Рухи на місці містять питання: закономірності переміщення центру мас системи при постійній опорі; фазова структура рухів на місці; види рухів на місці.

Освоєння приведених понять сприяє більш грамотному осмисленню явищ, що відбуваються при зміні положень тіла людини, формуванні рухової активності і взаємозв'язків між силовими діями в системі спортсмен - навколишнє середовище, явищ і закономірностей енергетичного обміну і ін.

Методичний посібник повинен полегшити студентам другого курсу інституту вивчення теорії по біомеханіці спорту при аудиторної і самостійній підготовці.

Рецензент Ю. Ю. Борисова, завідувач кафедру гімнастики Дніпропетровського державного інституту фізичної культури і спорту, доцент, к.фіз.вих

Редактор В.П. Беляєв , старший викладач, кафедра анатомії, біомеханіки та спортивної метрології , Дніпропетровський державний інститут фізичної культури і спорту



# ВВЕДЕННЯ

Механіку, як розділ фізики, що вивчає механічний рух і механічне взаємодію матеріальних тел, викладають у середній школі.

У інститутах і коледжах фізичної культури студентам викладається курс біомеханіки. Термін "біомеханіка" походить від двох грецьких слів: *bios* - життя і *mechané* - знаряддя.

Біомеханіка - це частина науки, що вивчає рухові можливості і рухову діяльність живих істот. При цьому найбільший практичний інтерес представляє вивчення рухів людини і вищих тварин.

Можна також сказати, що біомеханіка - це наука про закони механічного руху в живих системах (біосистемах).

Біомеханіка спорту як навчальна дисципліна вивчає рухи людини в процесі фізичних вправ.

Сучасна біомеханіка містить наступні основні розділи:

- 1) загальна біомеханіка;
- 2) приватна біомеханіка;
- 3) диференціальна біомеханіка.

Загальна біомеханіка вирішує теоретичні проблеми і допомагає довідатися, як і чому людина рухається.

Загальна біомеханіка вивчає наступні питання:

- біомеханічні характеристики тіла людини і його рухів;
- тіло людини як біомеханічна система;
- біодинаміка м'язів;
- біомеханіка рухових дій;
- біомеханіка рухових якостей.

Збереження положення тіла розглядає наступні питання:

- умови рівноваги тіла і системи тіл;
- збереження і відновлення положення тіла людини;
- види статичних положень.

Рухи на місці містять питання:

закономірності переміщення центру мас системи при постійній опорі;

фазова структура рухів на місці;

види рухів на місці.

Дійсний практикум містить лабораторну і розрахунково-графічну роботу. Приведені роботи охоплюють питання біомеханіки - збереження положення тіла і рухи на місці. Індивідуалізація завдань здійснюється в результаті використання студентами в розрахунках своїх росто-весових даних, а також (у рідких випадках) номери групи і номери студента в журналі групи. Використання своїх росто - вагарень даних дозволяє студентам одержувати близькі до реального результати при дослідженні різних рухових дій.

Особливістю даного практикуму є те, що весь комплекс робіт студент виконує практично для себе, одержуючи до закінчення вивчення курсу теоретичні зведення по біомеханіці і практичні приклади їхнього застосування.

Структура робіт, що входять у даний практикум, наступна:

1) короткі теоретичні зведення;

2) порядок виконання роботи;

3) приклад виконання роботи.

Приведемо короткий зміст лабораторних і розрахунково-графічних робіт.

Приведемо короткий зміст лабораторних і розрахунково-графічних робіт.

**ЛР № 5** присвячена визначенню лінійних і кутових швидкостей і прискорень біозвеньев тіла спортсмена для досліджуваної рухової дії. На базі побудованої в ЛР № 1 біомеханічній моделі тіла спортсмена для різних положень розглянутого в ЛР № 2 рухові дії обчислюються лінійні і кутові швидкості і прискорення ланок тіла, визначаються діючі сили і моменти,

будуються графіки залежностей швидкостей, прискорень, сил і моментів від часу.

**ЛР № 6** присвячена визначенню ступеня стійкості тіла спортсмена в різних положеннях рухової дії. На базі побудованої в ЛР № 1 біомеханічній моделі тіла спортсмена для різних положень розглянутого в ЛР № 2 рухові дії обчислюються статичний (коефіцієнт стійкості) і динамічний (кут стійкості) показники стійкості.

**РГР № 2** присвячена біомеханічному аналізу рухів атлета в ривку з метою перебування енерговитрат спортсмена і визначення раціональності використовуваної їм техніки виконання руху. У роботі також складена блок-схема алгоритму складного циклічного обчислювального процесу і програма обчислень основних параметрів руху атлета.

Дійсний практикум підготовлений відповідно до програми курсу "Біомеханіка". При його розробці були використані рукописні матеріали по проведенню практичних занять по біомеханіці на кафедрі анатомії, біомеханіки і спортивної метрології ДДФКіС. На різних етапах роботи кафедри в розробці постановок задач для практичних занять брали участь И.Н. Добров, В.Е. Суриков, В.П. Беляев, Ю.И. Рейдерман, А.С. Кошовий.

Метою даного методичного посібника є створення керівництва для аудиторної і самостійної роботи студентів при підготовці до модульного контролю. Навчально-методичній посібник повинен полегшити студентам вивчення теорії і дати їм навички у вирішенні завдань по біомеханіці спорту.

# ЗБЕРЕЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА

## (рівновага тіла людини )

У фізичних вправах людині нерідко буває необхідно зберігати нерухомі положення тіла. До них відносяться:

- 1) вихідне (стартове й ін.);
- 2) кінцеве (фіксування штанги після її підняття, положення суперника на лопатках у боротьбі й ін.);
- 3) проміжне ("кут", "хрест" на кільцях і ін.).

В усіх таких випадках тіло людини як біомеханічна система знаходиться в рівновазі.

У рівновазі можуть знаходитися і зовнішні тіла, зв'язані з людиною, що зберігає положення (наприклад: штанга, партнер по акробатиці й ін.)

## УМОВИ РІВНОВАГИ ТІЛА І СИСТЕМИ ТІЛ

Положення тіла людини визначають наступні характеристики:

1. поза (взаємне розташування ланок тіла);
2. місце розташування;
3. орієнтація щодо системи відліку;
4. відношення до опори.

Для збереження положення тіла потрібно:

1. закріпити ланки в суглобах (тобто фіксувати позу);
2. не допускати, щоб зовнішні сили змінювали:
  - місце розташування тіла (виключити переміщення);
  - орієнтацію тіла в просторі (виключити повороти);
  - зв'язок з опорою.

Ці задачі зважаються за допомогою зрівноважування діючих на людину сил і моментів сил.

Таким чином, основу збереження положення тіла складає зрівноважування сил.

### *1) Сили, що врівноважуються при збереженні положення*

До біомеханічної системи можуть бути прикладені такі сили:

1. ваги (дистантні - прикладені до ЦМ ланок і ЦМ усього тіла);
2. реакції опори (врівноважують опорні ланки, закріплюють їх нерухомо);
3. ваги ланок тіла (контактні сили - прикладені усередині тіла людини до сусідніх ланок, як наслідку дій сил ваги);
4. м'язові тяги (зберігають пози, фіксуючи положення ланок у суглобах);

**Примітка.** Без участі м'язових тяг зберігаються тільки пасивні положення (наприклад: положення лежачи на підлозі, на воді).

5. зусилля чи партнера супротивника й ін.

У залежності від положення ланок тіла щодо їхньої опори ці сили можуть діяти як:

1. щообурюють (нарушаючі положення);
2. щоврівноважують (сохраняючі положення).

Керуючи м'язовими силами, людина зберігає положення свого тіла.

## **2) Умови зрівноважування дії сил**

Для рівноваги тіла людини (тобто зрівноважування дії всіх сил на тіло) необхідно, щоб:

1. головний вектор зовнішніх сил був дорівнює нулю;  
Головний вектор - це рівнодіюча всіх зовнішніх сил, приведених до ЦМ (він обумовлює його лінійне прискорення)
2. головний момент зовнішніх сил був дорівнює нулю;  
Головний момент - це сума всіх моментів зовнішніх сил, прикладених до тіла (він обумовлює кутове прискорення тіла).
3. усі внутрішні сили забезпечували збереження пози (форми системи).

Якщо головний вектор (він прикладений до ЦМ) і головний момент дорівнюють нулю (1,2), то тіло не зрушиться і не повернеться, його лінійне прискорення і кутове прискорення будуть дорівнюють нулю.

Для системи тіл ці умови (1,2) - необхідні, але не достатні.


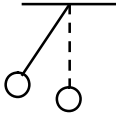


Рівновага тіла людини як системи тіл вимагає ще збереження пози тіла (3). Виконання тільки умови 3 також не є достатнім для рівноваги тіла людини. Так динамічна постава при виконанні вправ збереже, в основному, позу групи ланок, але не збереже положення тіла в цілому.

Якщо до додатка урівноважених сил і їхніх моментів тіло рухалося, то, природно, ці сили не змінюють цього руху.

Можна зберегти позу, але не положення в русі без опори (у польоті) чи на опорі (спуск у санному спорті).

**3) Види рівноваги тіла** В механіку твердого тіла розрізняють след. види рівноваги:



№ п/п	Вид рівноваги	Схема	Вид опори	Момент, виникаючий при відхиленні	Зміна потенційної енергії при відхиленні	Приклад у спорті
1	Байдужне		Нижня	Не виникає	Не змінюється	1) куля на гориз. поверхні 2) тіло в невагомості
2	Стойке		Верхня	$M_{уст}$	Збільшується	1) вис на поперечині 2) рука, що вільно висить
3	Обмежено стійке		Нижня	$M_{уст}$ , а потім $M_{опр}$	Збільшується до потенційного бар'єра, а потім зменш.	1) положення борця в стійці
4	Хитливе		Нижня	$M_{опр}$	Зменшується	Не зустрічається (абстрактна модель)

Коли тіло людини цілком зберігає позу ("отвердіння"), до нього застосовні закони рівноваги твердого тіла.

Щоб визначити вид рівноваги тіла, треба розглянути дія сил ваги при нескінченно малому відхиленні тіла від положення рівноваги.

Якщо при такому відхиленні тіла його ЦМ піднімається нагору, то це - стійка рівновага, тому що при цьому потенційна енергія тіла (у полі тяжіння Землі) збільшується, і сила ваги утворить момент, спрямований на відновлення рівноваги ( $M_{уст}$ ).

При байдужній рівновазі при будь-якім відхиленні тіла ЦМ не змінює висоти розташування. Моменти  $M_{уст}$ ,  $M_{опр}$  не виникають.

### Приклади

- 1) куля, циліндр, круговий конус на горизонтальній поверхні;
- 2) у людини така рівновага може бути тільки в невагомості (у космосі, під водою);
- 3) у спортивній техніці байдужна рівновага ні на суші, ні у воді практично не зустрічається.

Стойка рівновага характерна для верхньої опори, коли тіло до неї підвішено.

**Приклад** Гімнаст у висі на поперечині; рука, що вільно висить у плечовому суглобі.

Хитка рівновага зустрічається тільки при нижній опорі у виді точки опори чи лінії. Досить відхилити тіло в будь-яку сторону, як його ЦМ опускається нижче, потенційна енергія зменшується, момент сили ваги виявляється перекидаючим ( $M_{opr}$ ).

**Приклад** У природі такої рівноваги не існує - це абстрактна модель. У реальних умовах найменше відхилення припиняє така рівновага. При нижній опорі можливо також обмежено-стійка рівновага. Тіло можна відхилити доти, поки лінія ваги (чи проекція ЦМ на горизонтальну площину) не дійде до границі площі опори. Ця границя утворить так названий "потенційний бар'єр". До нього сили ваги утворюють момент стійкості  $M_{уст}$ , а після нього - перекидаючий момент  $M_{opr}$ .

#### 4) Стійкість тіла і зафіксованої системи

Стійкість об'єкта - це його здатність зберігати положення, протидіючи порушенню рівноваги.

Ступінь стійкості тіла людини в різних положеннях характеризується показниками стійкості:

1. статичний показник стійкості - коефіцієнт стійкості (здатність пручатися порушенню стійкості у визначених напрямках);
2. динамічний показник стійкості - кут стійкості (здатність відновлювати положення).

Обычно устійчивость определяют для ограниченно-устойчивого вида равновесия.

Статичний показник стійкості - коефіцієнт стійкості дорівнює:

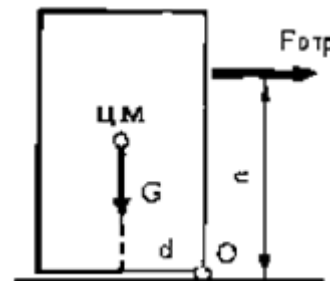
$$K_{уст} = M_{уст} / M_{opr} ,$$

где  $M_{уст} = G \cdot d$  - момент стійкості (граничний) ;

$M_{opr} = F_{opr} \cdot h$  - момент перекидання;

$G$  - вес тела ,  $F_{opr}$  – перекидаюча сила;

$h, d$  – плечі сил  $G$  и  $F_{opr}$  .



В міру збільшення відхилення плече сили ваги  $d$  коротшає і момент стійкості стає менше.

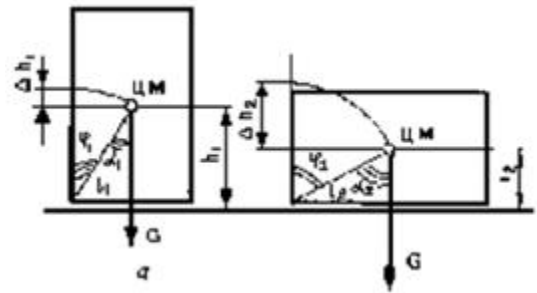
$K_{уст}$  характеризує здатність тіла своєю силою ваги пручатися перекиданню в даних умовах.

**Умова стійкості:**  $K_{уст} > 1$  чи  $M_{уст} > M_{opr}$  .

Динамічний показник стійкості - кут стійкості  $\alpha$  – утворений лінією дії сили ваги і прямої, що з'єднує центр мас (ЦМ) з відповідним краєм опори.

Фізичний зміст  $\alpha$ .

Щоб відхилити тіло до положення, коли його ЦМ виявиться над лінією перекидання і виникне хитка рівновага, потрібно повернути його у відповідній вертикальній площині на визначений кут  $\beta = \alpha$ .



Якщо ЦМ розташований нижче (див. мал., сл. б), а його проекція далі від краю опори (тобто кут стійкості більше), те ступінь стійкості тіла більше.

Кут стійкості показує, у яких межах ще діє момент стійкості.

Цей показник зручний для порівняння ступеня стійкості одного тіла в різних напрямках (якщо площа опори не коло і лінія сили ваги не проходить через його центр).

Сума двох кутів стійкості в одній площині розглядається як кут рівноваги в цій площині.

Він характеризує запас стійкості в даній площині, тобто визначає розмах переміщень ЦМ до можливого перекидання в ту чи іншу сторону (наприклад: у слаломіста при спуску на лижах, гімнастки на колоді, борця в стійці).

## 5) Стійкість біомеханічної системи

Для людини (як б/м системи) при оцінці стійкості положення потрібно враховувати ще ряд обставин.

1. Поверхня опори майже завжди більше площі ефективної опори.

Це значить, що лінія перекидання завжди розташована усередині границі поверхні опори.

М'які тканини (наприклад: стопа босоніж) і недостатньо сильні м'язи (кінцеві фаланги пальців у стійці на руках на підлозі) не можуть зрівноважити навантаження, і перекидання буде раніш, ніж лінія ваги перетне край опорної поверхні.

2. Тіло людини при спробі перекидання найчастіше не зберігає пози (як твердий кубик, наприклад), а змінює свою конфігурацію, його ланки переміщуються в тих чи інших суглобах.

(наприклад: при положенні коштуючи - руху в гомілковостопних суглобах.)

3. При наближенні до граничного положення нерідко стає важко зберегти позу і настає не просте перекидання "отверділого тіла" навколо лінії перекидання, а зміна пози з падінням.

Це істотно відрізняється від відхилення і перекидання твердого тіла навколо грані перекидання (кантування).

4. У фізичних вправах при збереженні положення тіла приходиться врівноважувати не тільки силу ваги, але і багато інших сил. Часто зустрічається у фізичних вправах утримуюча зв'язок (тверда). При цьому умови збереження рівноваги вимагають обліку двостороннього зв'язку шляхом розгляду відповідних реактивних сил, викликаних таким зв'язком.

Статичні показники стійкості характеризують здатність спортсмена пручатися порушенню рівноваги.  
Динамічні показники стійкості характеризують здатність спортсмена відновити рівновагу.

При зрівноважуванні розрізняють три види статичної роботи м'язів:

- а) утримуюча робота - проти моментів сил ваги (моментами сил тяги м'язів врівноважуються моменти сил ваги ланок);
- б) зміцнювальна робота - проти сил ваги, що діють на розрив (сили тяги зміцнюють суглоб, приймають на себе навантаження);
- в) фіксуюча робота - проти сил тяги м'язів-антагоністів і інших сил (сили м'язової тяги позбавляють ланку можливостей руху; діють друг проти друга по напрямку, але спільно - по задачі).

З погляду механіки - це однакові випадки - зрівноважування сил.  
З крапки ж зору біомеханіки - тут має місце якісне розходження в руховій задачі й у керуванні м'язами при її рішенні.

## **ЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА ЛЮДИНИ**

Людина як біомеханічна система може не тільки зберігати рівновагу, але і відновлювати його у випадках порушення.  
Відмінність рівноваги біомеханічних систем від рівноваги твердих фізичних тіл полягає не в особливих законах механіки для живих систем, а в більш складному використанні тих же законів через особливості живих систем.

### ***1) Пассивное и активное уравновешивание***

У неживих системах зрівноважування відбувається тільки пасивно, а в живих системах - головним чином активно.

Сили, що врівноважують, можуть діяти як що власне врівноважують, а також як і останавливаючі відхилення і восстанавливаючі положення.  
У живих організмах зрівноважування сил відбувається при активному керуванні силами біологічного походження - м'язовими тягами.

### ***2) Рівновага коливального типу***

Тіло людини при збереженні положення постійно випробує відхилення . При цьому можуть мати місце: 1. макроколивання ; 2. мікроколивання .

Кожен дихальний рух, кожне скорочення серцевого м'яза трясуть чи тіло переміщують його частини.

Постійні неузгодженості тяг м'язових груп викликають повільні рухи в суглобах. Будь-які сили, що обурюють, можуть викликати відхилення з наступним відновленням положення.

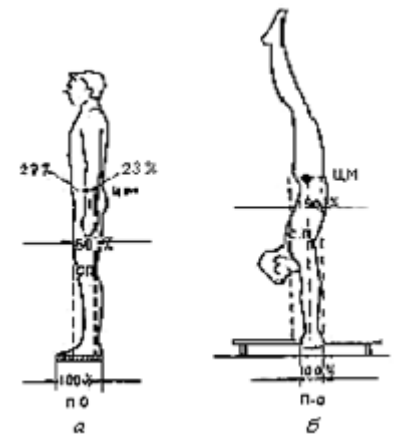
Усі ці коливання доступні зоровому спостереженню і є макроколиваннями (частота 0,5-1гц.)

Існують також непомітні ока мікроколивання - "фізіологічний тремор" - з частотою 7-9гц. Причини їх - мінливість м'язової тяги і реакція м'язів на відхилення.

У зв'язку з цим стійкість тіла людини характеризується рівновагою коливального типу.

### 3) Керування збереженням положення

У збереженні положення для тіла людини характерні коливання, у межах яких діють умови рівноваги. Тому ЦМ не займає положення в одній єдиній крапці, а переміщується у визначених зонах.



**Розрізняють наступні зони :**

1. Зона збереження положення (ЗСП) відповідає площі ефективної опори, що знаходиться під нею.

Людина може розташувати ЦМ свого тіла в будь-якій місці цієї зони і зберігати положення.

**Величина зони збереження положення залежить від:**

а) фізичних сил людини (можливості збереження пози);

б) рівня його технічної підготовленості (навичок збереження положення).

У межах ЗСП людина може зупинити відхилення, що почалося.

2. Оптимальна зона (ОЗ) відповідає частини ЗСП , у якій людина найкраще зберігає необхідне положення.

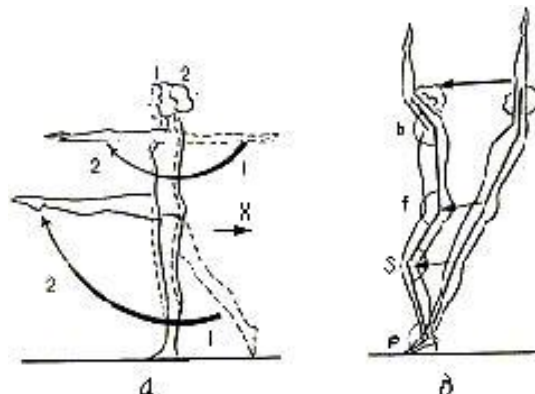
Коли коливання тіла виводять ЦМ з ОЗ , стійкість ще достатня , але вимагає більш значних зусиль.

3. Зона відновлення положення (ЗВП) - це область , у якій уже неможливо статична рівновага, але з якої людина ще здатна активними діями повернутися в задане положення.

Розміри всіх зон (оптимальної, збереження і відновлення) індивідуально дуже різні.

Вони залежать від рівня розвитку фізичних якостей, рухових навичок, фізичного й емоційного стану спортсмена, відносини до опори (утримуюча - ЗСП/ПО = 110-150%, неутримуюча - ЗСП/ПО = 45-65% - см. рис.).

Збереження положення тіла спортсмена досягається керуванням, що зрівноважують і відновлюють силами при компенсаторних, що амортизують і відновлюють рухах.



Розглянемо суть цих рухів:

1. Компенсаторні рухи (від лат. компенсація - відшкодування) спрямовані на попередження виходу ЦМ тіла за межі ЗСП при впливах, що обурюють, і при власних рухах на місці.

Компенсаторні рухи нейтралізують вплив сил, що обурюють, на ЦМ тіла.

Керування збереженням положення рухами:

*a* - компенсаторними; *b* - що амортизують

*Приклад* При русі рук і ноги гімнаста вперед і нагору корпус звичайно відхиляється назад - це компенсаторні рухи.

Ці рухи виконуються звичайно одночасно з відхиленнями і (як правило) автоматично (спрямовані, найчастіше, що протилежно обурюють силам).

2. Рухи, що амортизують, (від лат. амортизація - погашення) зменшують ефект дії сил, що обурюють. Це що звичайно уступають рухи, що спрямовані убік дії сил, що обурюють. Вони сповільнюють відхилення, що почалося, і зупиняють його.

*Приклади*

- у боротьбі - під впливом супротивника; - у швидкісному спуску на лижах і ін.

Ці рухи (як і компенсаторні) виконуються одночасно з дією сил, що обурюють.

3. Рухи, що відновлюють, спрямовані на повернення ЦМ тіла в ЗСП зі ЗВП: або під дією зовнішньої сили перемістити ЦМ у ЗСП, або, перемістивши точку опори, "підвести" її під ЦМ тіла.

*Приклади*

- при ходьбі по канаті сила інерції тичини відновлює положення рівноваги;

- при їзді на скейте, коли корпус пішов уперед, спортсмен ногами підтягує скейт уперед, підводячи його під ЦМ.

При рухах, що відновлюють, часто виникає балансування, тобто ряд загасаючих коливань, що викликаються багаторазовими гіперкорекцією (перерегулюванням) і вторинною корекцією процесу відновлення.

Колівальні рухи (макро- і мікроколивання) у визначеному змісті також є рухами, що відновлюють.

При керуванні збереженням положення тіла нерідко приходиться сполучити всі три групи рухів у виді однієї комбінованої дії.

Зберігаючи положення, людина керує своїми рухами, боре із силами, що збивають, активно, що принципово відрізняється від пасивного зрівноважування неживих тел.

Таким чином, збереження положення - це не спокій, а активний керований руховий процес.

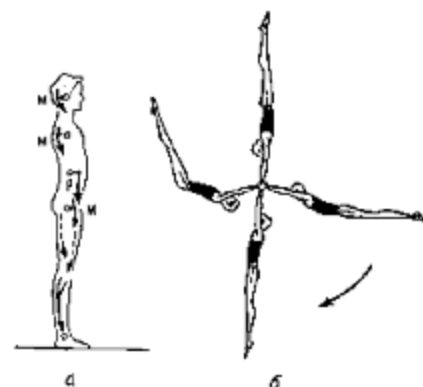
#### 4) Біодинаміка постави

Постава - це сформована звична поза людини, що зберігається за певних умов.

Поняття "постава" звичайно відносять до вертикальної пози людини в положенні коштуючи.

У відомій мері постава зберігається для верхніх частин тіла й у положенні сидячи.

Характерні пози спортсмена в окремих видах спорту (велосипедиста, фехтувальника, лижника, вершника, боксера, і ін.) також є видами постави, але їх прийнято називати посадкою, стійкою й ін.



Розрізняють наступні види постави:

1. статична (зберігається при незмінних умовах);
2. динамічна (зберігається при перемінних умовах).

Постава:  
а – статична; б - динамічна

#### Статична постава

У положенні коштуючи пред'являють ряд вимог до постави (як при нерухомості, так і при нешвидких пересуваннях).

В основному, ці вимоги відносяться до конфігурації хребетного стовпа. Унаслідок взаємодії ланок тіла конфігурація хребетного стовпа обумовлена положенням зв'язаних з ним ланок: голови, пояса верхніх кінцівок, таза.

Причини дефектів постави:

1. лордоз - шийний вигин уперед.
2. кіфоз - грудний вигин назад.

Лордоз приводить до збільшення кіфозу. Утримання голови при невеликому лордозі сприяє зменшенню грудного кіфозу.

Вигини хребетного стовпа істотно залежать від ваги розташованих вище відділів тулуба, а також голови і верхніх кінцівок. Вигини хребетного стовпа залежать також і від нижерасположених ланок тіла : положення таза , нахилу гомілок, розгинання в гомілковостопних суглобах.

Порушення постави звичайно зв'язані з обмеженнями рухливості в суглобах.( одні м'язи виявляються ослабленими, інші укорочені, обмежуючі рухи).

Тому заходу щодо відновлення правильної постави спрямовані на збільшення рухливості ланок тіла , на встановлення правильного балансу напруг м'язів , що обумовлюють як вигини хребетного стовпа, так і положення зв'язаних з ним частин тіла.

Надмірні старання ліквідувати недоліки постави можуть привести до її порушення у бік іншої крайності.

Здавалися б, довгостроково діючі фактори (неправильні розміри парти, рівень поверхні столу й ін.) важко перебороти, застосовуючи короткочасні вправи, що коригують.

Однак ці вправи приводять до найкращого балансу напруг м'язів. Крім того, дуже істотно те, що створюється установка на підтримку правильної постави.

*Динамічна постава*

На відміну від статичної зберігається лише загалом при рухах.

*Приклад* При виконанні гімнастичних вправ на снарядах необхідно дотримувати вимоги до пози (у махових вправах : зберігати випрямленими руки , ноги, тулуб, "тягти носки" і ін.), незважаючи на зміну орієнтації тіла в просторі і залежне від цього зміна дії зовнішніх сил.

Збереження динамічної постави , на відміну від статичної, досягається строго координованою зміною напруг м'язів тіла.

Опанувати динамічною поставою доцільно послідовно : спочатку учитися зберігати її у відповідних вправах у чи висі упорі на снаряді, потім у спрощених умовах виконання вправи і , нарешті , при виконанні вправи цілком.

Від якості оволодіння динамічною поставою багато в чому залежить успішність оволодіння багатьма вправами.



## ВИДИ СТАТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ

Положення тіла розрізняють по їхньому розташуванню щодо опори:

1. при верхній опорі (підвіс) - тіло підвішене, сили ваги діють у напрямку можливого відриву від опори, тіло знаходиться в стійкій рівновазі;
2. при нижній опорі - сили ваги притискають тіло до опори, тіло знаходиться в обмежено-стійкій рівновазі;
3. складне розташування (одночасно верхня і нижня опора, бічна опора).

У виді самостійних вправ (крім гімнастики), статичні положення не застосовуються.

Вони часто служать вихідними і кінцевими положеннями, а також включаються як фази нерухомих положень у складні дії.

Положення при верхній опорі

*Приклад 1* Вис на поперечині

Усе тіло орієнтоване вертикально, випрямлено, трохи розігнуте в тазостегнових і межпозвоночних суглобах, носки стіп відтягнуті, руки витягнуті над головою нагору, зігнуті пальці кистей охоплюють поперечину.

ЦМ тіла гімнаста розташований у вертикальній площині поперечини. Отже, сила ваги тіла щодо місця опори свого моменту не має. Тіло знаходиться в стійкій рівновазі.

До пояса верхніх кінцівок як би підвішені тягою м'язів нижніх відділи тулуба. М'яза лучезапястних і плечових суглобів роблять зміцнювальну роботу, м'язи суглобів нижніх кінцівок - фіксуючу. Умови подиху не важкі. Напруга м'язів і витрати енергії не великі.

Це активне виконання вису (відповідно до вимог гімнастики).

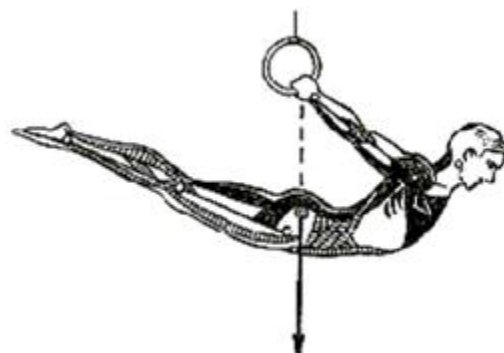
При спробі розслабити якнайбільше м'язів у висі вийде не строго визначена поза (моменти сил ваги опустять ЦМ багатьох ланок у більш низьке положення).

Положення у висі служить вихідним для багатьох вправ на поперечині. Це поза готовності до активної дії (вона дає, як і інші гімнастичні положення, відчуття правильності необхідного положення в багатьох суглобах).



Вис на поперечині

*Приклад 2* Горизонтальний вис позаду



У цьому положенні опора в тіла верхня і воно орієнтовано горизонтально. ЦМ розташований під місцями хвата, тому в зусиллях для протидії моменту сили ваги всього тіла немає необхідності.

Але для збереження пози, для утримання ніг і рук у горизонтальному положенні в плечових суглобах потрібні надзвичайно великі моменти сил згиначів пліч у цьому положенні.

Вис горизонтальний на кільцях

Такі моменти можуть створювати лише спортсмени, що одержали солідну силову підготовку.

Дуже значно і напруга м'язів задньої поверхні тіла, що утримують таз і ноги в положенні, близькому до горизонтального.

Положення при нижній опорі

*Приклад 1* Положення коштуючи

При нижній опорі сили ваги діють на тіло разом із силами реакції опори і спрямовані переважно на стиск.

Разом з тим моменти сил ваги вимагають утримуючої роботи м'язів, тому що лінії сил ваги ланок здебільшого не проходять через центри їхньої опори.

Хоча лінія дії сили ваги всього тіла при стоянні завжди проходить через площу ефективної опори, збереження положення коштуючи зовсім не пасивне.

Вага розташованих вище частин тіла діє на частині, розташовані нижче.

Моменти сил м'язів утримують у кожному зчленуванні усі верхні ланки проти дії моментів їхніх сил ваги.

Лінія дії сили ваги всього тіла (крім стіп) найчастіше проходить перед осі гомілковостопних суглобів. Подошовні згиначі стіп роблять утримуючу роботу, регулюючи нахил подовжньої осі тіла.

Відносно невеликі зміни взаємного розташування верхніх ланок супроводжуються компенсаторними переміщеннями нижніх (це особливо наочно виявляється при асиметричному стоянні).

Перехід до прямостояння і прямоходіння людини супроводжувався появою в нього поперекового лордозу (шийний лордоз і грудний кіфоз мають у тварин). Поперековий лордоз зв'язаний з положенням таза (збільшення кута нахилу таза змінює усі вигини хребта, що необхідно враховувати при формуванні правильної постави).

*Приклад 2* Стійка на руках на плоскій горизонтальній опорі (см. стр.9)

Тіло знаходиться в обмежено-стійкій рівновазі.

Зона збереження рівноваги (ЗСП) у переднезаднем напрямку складає всего 45-65% від розмірів площі опори в цьому напрямку (яка і так мала - кисті зі слабкими ланками-пальцями).

*Приклад 3* Стійка на руках при утримуючій опорі (на брусах, стоялках) з використанням хвата (см. стр.9)

При цьому мають місце утримуючі зв'язки. Моменту сил ваги протидіє момент, утворений захопленням кистю опорного снаряда.

Зона збереження рівноваги (ЗСП) у тім же напрямку (див. приклад 2) досягає 110-150% від розмірів площі опори.

Ці дані значно розрізняються не тільки в різних спортсменів, але і при повторному виконанні в того самого спортсмена.

# РУХІ НА МІСЦІ

Рухі на місці характеризуються:

1. наявністю незмінної опори;
2. дотриманням умов рівноваги.

Ця група рухів тісно зв'язана зі збереженням положення тіла: ланки, що знаходяться в контакті з опорою, не змінюють свого положення.

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЦМ СИСТЕМИ

### ПРИ ПОСТІЙНІЙ ОПОРІ

---

При будь-якому русі людини переміщуються друг щодо друга ланки тіла, переміщуються їх ЦМ і майже завжди ОЦМ усього тіла. Переміщення ОЦМ тіла происходит відповідно до законів збереження руху.

#### *1) Збереження і зміна руху ЦМ системи*

Закон збереження руху ЦМС має наступне формулювання:

рух ЦМС зберігається незмінним, якщо головний вектор зовнішніх сил, діючих на систему, дорівнює нулю, тобто якщо  $\sum \mathbf{F}_e = \mathbf{0}$ , то  $\mathbf{a} = \mathbf{0}$  і  $\mathbf{v} = \mathbf{const}$ , чи, іншими словами, система зберігає чи спокій, чи рівномірний і прямолінійний рух у даній системі відліку.

З цього закону випливає висновок:

для зміни руху ЦМС необхідно прикласти до системи зовнішні сили.

При активних рухах людини на місці виникає і змінюється рух його ЦМ, тобто змінюється швидкість ЦМ по величині і напрямку. Отже, до людини прикладені зовнішні сили.

#### *2) Взаємодія опори, опорних і рухливих ланок*

Тому що при рухах на місці опора незмінна, то в даному випадку розрізняють частини біомеханічної системи, що слідує:

1. опорні ланки (існуючі зв'язок з опорою).

Вони звичайно нерухомі щодо опори.

**Приклад** Стопи при стоянні на підлозі, кисті при захопленні поперечини у висі.

2. рухливі ланки (які рухаються щодо опорних ланок тіла й опори).
3. переміщувані тіла (які можуть бути зв'язані з рухливими чи ланками можуть отсутовувати).

**Приклад** Гантелі, штанга й ін.

Дія опори і переміщуваних тіл на рухливі ланки - це зовнішні для всього тіла сили.

Дія рухливих і опорних ланок один на одного - це внутрішні для всього тіла сили.

Для кожної з ланок дія на нього сусідніх ланок, чи опори переміщуваних тіл - це зовнішні для даної ланки сили.

Дуже важливо розрізняти:

1. зовнішні для всього тіла людини сили;
2. зовнішні для кожної ланки сили.

ЦМ кожної ланки змінює свій рух, якщо до цієї ланки прикладені зовнішні відносно його сили. Ці сили - внутрішні для всієї системи ланок. Вони самі по собі (без зовнішніх сил) не можуть бути причиною зміни рухів усієї системи (і її ЦМ).

Таким чином, при рухах людини на місці виникає і змінюється рух ЦМ тіла людини і переміщуваних тіл унаслідок додатка до ланок тіла невірноважених зовнішніх (щодо ланок) сил (це можуть бути і зовнішні, і внутрішні щодо тіла людини сили).

### **3) Роль реактивних зовнішніх сил**

Реактивні зовнішні сили (нормальні реакції опори, сили тертя) при русі на місці врівноважують дія рухливих ланок на опорні.

У спокої сила ваги тіла врівноважується зовнішньою реактивною силою - нормальною реакцією опори. Це статична складова реакції опори. Опорні ланки нерухомі - вони врівноважуються нормальними реакціями опори.

При рухах рухливих ланок і переміщуваних тіл виникають їхнього прискорення, а, отже, і сили інерції протилежного напрямку.

Якщо прискорення спрямовані по нормалі до опори (перпендикулярно), то до статичної складової реакції опори додається чи віднімається динамічна складова реакції опори (сила інерції).

Загальна реакція опори стає чи більше менше статичною (у залежності від напрямку руху рухливих ланок і переміщуваних тіл) на величину сил інерції.

Коли прискорення рухливих ланок спрямовані не по нормалі (не перпендикулярно, а під гострим кутом до плоскої поверхні опори), виникають відповідні сили тертя.

**Приклад** Прискорення тіла людини спрямовано вперед. Тоді його сили інерції спрямовані назад, а сила тертя, прикладена до тіла як протидія силі інерції, спрямована вперед.

#### **4) Зміна кількості руху системи**

Другий висновок із закону збереження руху ЦМС:

Для зміни швидкості системи зовнішня сила повинна бути прикладена протягом деякого часу, оскільки швидкість змінюється не силою, а її імпульсом ( $F \times t$ ).

Сила відштовхування переменна : починається з нуля, зростає до максимуму, падає до нуля . При нетривалій взаємодії з легким тілом вона не зростає до максимуму (як при взаємодії з важким тілом - земною кулею).

При відштовхуванні двох тіл друг від друга час відштовхування другого тіла буде більше, якщо перше тіло має велику масу, тобто не байдуже, який підпір в опорних ланок.

Таким чином, щоб забезпечити збільшення кількості руху рухливих ланок, потрібно мати тіло опори з досить великою масою, що дозволить створити необхідний імпульс сили.

#### **5) Рухи що переборюють і уступають**

**У рухах, що переборюють, сумарна тяга м'язів спрямована убік руху ланки , у що уступають - у протилежну сторону.**

**У рухах людини з що переборює (позитивної) роботою м'язів, м'яза коротшають, переборюючи опору, прикладені до ланок ( наприклад: піднімання штанги ). Такі рухи називаються активними.**

**Пасивними вважаються рухи, виконувані без активного скорочення м'язів (наприклад: за допомогою зовнішніх для людини сил - опускання штанги під дією її ваги і т.п.).**

**Нерідко бувають пасивні рухи , при яких м'яза дійсно ніякої ролі не грають (наприклад: вільне падіння людини, пасивне "падіння" розслабленої руки).**

**Але часто зустрічаються пасивні рухи, у яких людина напружено м'язів-антагоністів гальмує чи зупиняє рух, викликаний зовнішніми для людини силами ( наприклад: опускання штанги на поміст, а не кидання).**

**У таких випадках антагоністи роблять що уступає (негативну) роботу: м'язи розтягуються, уступаючи зовнішнім рушійним силам. Робота , чинена в**

таких випадках, може бути дуже величезна, а активність м'язів (у біологічному змісті) дуже велика. Їх недоцільно називати пасивними.

Не слід змішувати поняття "активні сили" у розумінні механічному (здатні викликати рух) і в розумінні біологічному (тяги м'язів).

Вірніше поділяти руху на що переборюють (з позитивною роботою м'язів) і що уступають (з негативною роботою м'язів). І ті, і інші рухи активні.

Пасивними варто називати лише руху без активної участі м'язових сил (наприклад: вільне падіння, поле по інерції й ін.)

Таким чином, у рухах, що переборюють, головними джерелами рушійних сил служать тільки м'язові тяги (хоча їм можуть допомагати й інші сили).

Гальмуючі сили можуть бути дуже різноманітними:

- у вправах з обтяженнями - їхня вага і сили інерції;
- у вправах з еспандером - сили його пружної деформації;
- у вправах з опором партнера - вага і сила інерції його тіла, його м'язові сили;
- у вправах без снарядів - вага і сили інерції власних частин тіла і навіть тяги своїх м'язів-антагоністів.

У рухах, що уступають, джерелами рушійних сил можуть бути будь-які сили, а гальмуючими служать переважно тяги м'язів-антагоністів.

Розподіл на що переборюють і уступають рухи у відомій мері умовно.

Дуже частий рух, що почався як переборює, закінчується як уступає.

У повільних рухах прискорення невеликі, і робота, що уступає, наприкінці руху малопомітна.

У швидких рухах прискорення при зупинці ланок великі, сили інерції значні.

У швидких зворотних рухах зі зміною руху, що уступає, на преодолівающее сили інерції і сили пружної деформації забезпечують реверсивний режим.

## **6) *Забезпечення рівноваги***

При рухах на місці, що виконуються з незмінною опорою і збереженням рівноваги, рухливі ланки рухаються так, що ЦМ тіла залишається в межах ЗСП, у крайньому випадку - у межах ЗВП.

У рухах на місці, також як і при збереженні положення тіла, рівновага тіла зберігається за допомогою компенсаторних рухів, що амортизують і відновлюють (особливо тоді, коли виникає небезпека порушення рівноваги).

Збереження положення являє собою ряд безупинних рухів на місці (мікро- і макроколивання), під час яких, намагаючись зберегти рівновагу, зменшують відхилення.

У рухах на місці при виконанні основної рухової задачі необхідними рухами рухливих ланок забезпечують збереження рівноваги, не змінюючи опори. Розходження між цими двома групами рухів (крім основної задачі дії) - у розмаху рухів. Подібність - у забезпеченні рівноваги.

## **ФАЗОВА СТРУКТУРА РУХІВ НА МІСЦІ**

У різних рухах на місці можуть бути різний фазовий склад і структура системи рухів.

Проте можна виділити типові фази і їхній взаємозв'язок, що зустрічаються як у рухах на місці, так і в інших групах рухів.

### ***1) Типові фази при рухах на місці***

По характері рухів на місці розрізняють наступні фази:

1. розгін ( швидкість робочої крапки росте; в окремому випадку від нуля до максимуму);
2. гальмування ( швидкість робочої крапки зменшується; в окремому випадку від максимуму до нуля);
3. відносно рівномірний рух ( знаходиться між фазами 1 і 2 ).

У спортивній практиці ця фаза зустрічається рідко, частіше в повільних (наприклад: побутових) рухах.

Характер зміни швидкості у всіх фазах залежить від задачі руху, від форми траєкторій крапок ланок, від багатьох конкретних умов.

У залежності від задачі руху розрізняють наступні фази:

1. підготовча ( підготовчі зміни в що рухаються , а також в опорних ланках; випереджальне напруження м'язів-антагоністів ; поворотні мікрорухи типу замаху й ін.);
- У деяких випадках підготовча фаза виражена дуже чітко ( наприклад: при початку жиму штанги з положення її на груди );
2. основна (під час її виконується задача всього руху);
3. завершальна ( після виконання завдання рух ланок: по інерції , але з торможением - наприклад: після випуску снаряда при метанні; у випадку коли потрібно прийняти нове вихідне положення для наступного руху , що виконується рухом поворотного чи іншого характеру).

### **2) Граничні пози і їхня роль**

Граничні пози - це миттєві положення тіла в момент зміни фаз. Вони служать вихідними положеннями для наступними і кінцевими положеннями для попередніх фаз.



У складних спортивних діях, у яких змінюються послідовні фази, граничні пози служать показниками успішності ходу виконання руху. Тому граничні пози часто служать свого роду пунктами технічного контролю і самоконтролю спортсмена.

## ВИДИ РУХІВ НА МІСЦІ

Руху на місці можна класифікувати в такий спосіб :

- 1) по відношенню тіла до опори:
  1. верхня опора;
  2. нижня опора.
- 2) по напрямку руху:
  1. нагору;
  2. униз ;
  3. в іншому якому-небудь напрямку.
- 3) по характеру движень:
  1. щопереборюють ;
  2. щоуступають.

Можливі також різні сполучення цих ознак.

Руху на місці як самостійні вправи застосовуються не дуже часто, але як фази складних дій зустрічаються нерідко.

### ***Рухи при верхній опорі***

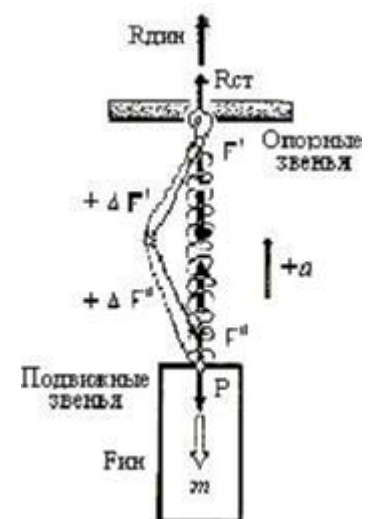
При верхній опорі можливі рухи по способі притягання до опори (щопереборюють рухи) і з віддаленням від опори (щоуступають рухи).

#### ***1) Механізм притягання***

Збуджений м'яз напружується і (якщо може перебороти опір) скорочується, зближаючи місця прикріплення. Зближаються і дві ланки , з'єднані м'язом

Притягання - спосіб здійснення м'язами позитивної роботи.

При верхній опорі людин звичайно має утримуючий зв'язок із закріпленим фізичним тілом (підвіс).



Ланки, з'єднані з підвісом (гімнастичним снарядом, скелею і т.п.) - опорні. При рухах на місці вони найчастіше залишаються нерухомими. Опорними ланками служать звичайно кисті рук (при захопленні пальцями); у спортивній гімнастиці опорними ланками можуть служити майже всі частини тіла.

Інші ланки тіла - рухливі. Вони переміщуються щодо опорних.

Розглянемо схематично загальний механізм притягання при верхній опорі.

Опорні ланки закріплені на верхній опорі (їхньою силою ваги і силою ваги схематичних важелів із пружиною можна зневажити).

М'яз (зображений у виді розтягнутої пружини), що з'єднує рухливі ланки з опорними, під дією ваги рухливих ланок напружений. Її сили тяги прикладені до важелів і не дозволяють їм опуститися.

Сила  $F'$  викликає рівне і протилежне по напрямку протидія реакції опори  $R_{ст}$  (статичне).

Сила  $F''$  дорівнює по модулі силі  $G$  (як дія і протидія).

Щоб викликати притягання рухливих ланок до верхньої опори, необхідно збільшити напруга м'яза (відповідно збільшення  $+DF'$  і  $+DF''$ ).

Сила  $+DF''$  викликає прискорення рухливих ланок ( $+a$ ), спрямоване нагору; з'явиться спрямована вниз сила інерції  $F_{ин}$ , прикладена до важелів. Це викликає появу динамічної складової опорної реакції  $R_{дин}$ .

**Сила  $+DF''$  являє собою силу, що прискорює, зухвале притягання. Джерелом енергії руху служить м'яз. Її сила тяги  $+DF''$  для рухливих ланок - сила зовнішня.**

**Отже, закон збереження руху ЦМ системи дотримується.**

Мається зовнішня сила  $R_{дин}$ , без наявності якої рух ЦМ було б неможливим. Однак, опорна реакція, як реакція зв'язку, руху не викликає; рушійною силою вона не є.

Рух по способі притягання відбувається завдяки збільшенню напруги м'язів, що прискорюють своєю тягою рухливі ланки, зближають їх з опорними.

## **2) Рухи, що уступають, при верхній опорі**

Під дією зовнішніх сил тіло людини може робити рухи, що уступають, віддаляючись від опори.

При віддаленні тіла, що уступає, від верхньої опори зменшується напруга м'язів.

Спрямоване вниз прискорення рухливим ланкам додає сила - різниця між вагою тіла і силами тяги м'язів нагору (якби уся вага тіла викликала прискорення, то було б вільне падіння рухливих ланок униз). При прискоренні виникає сила інерції, спрямована нагору, і зменшується загальна реакція опори.

Робота, чинена м'язом, що розтягується, негативна, тому що сила тяги м'яза спрямована убік, протилежну руху.

Різниця між вагою тіла і силами тяги м'язів нагору, прикладена до важелів, робить позитивну роботу.

Рух, що уступає, під дією ваги (як постійної сили) відбувається внаслідок зменшення напруги м'яза.

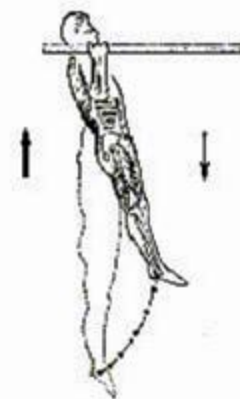
### **3) Підтягування у висі й опускання (приклад)**

Перша частина цього руху відбувається по механізму притягання до верхньої опори.

Друга частина руху (опускання в положення вису) виконується при що уступає (негативної) роботі тих же самих м'язів з переміщенням рухливих ланок у зворотному напрямку.

При роботі м'яза, що уступає, у стані розвитку більша напруга, чим при що переборює.

Тому уступає рух при тім же обтяженні виконати легше.



### **Рухи при нижній опорі**

При нижній опорі можливе відштовхування від опори (преодолевающие рухи) і наближення до опори (рухи що уступають).

#### **1) Механізм відштовхування**

---

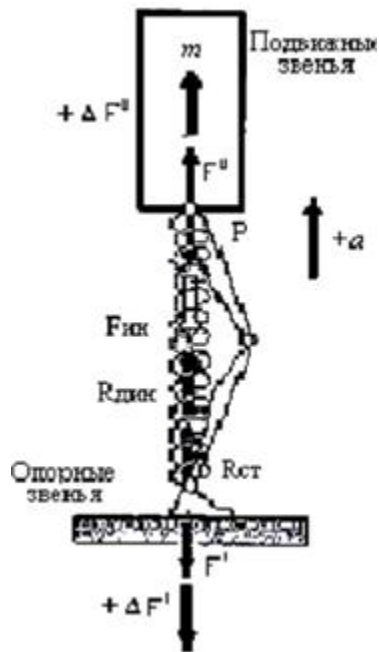
При віддаленні ланок друг від друга силою тяги м'яза місця її прикріплення зближаються; наближення одного кінця двуплечого важеля супроводжується віддаленням іншого його кінця.

Відштовхування - спосіб здійснення м'язами позитивної роботи.

Зв'язок опорних ланок з нижньою опорою звичайно буває неутримуючої.

Приклади

1. У положенні коштуючи стопу притискає до ґрунту тільки вага верхніх ланок тіла;
2. У положенні упор лежачи кисті і носки ніг до ґрунту притискаються також тільки вагою тіла.



Розглянемо схематично загальний механізм відштовхування при нижній опорі.

М'яз (зображений як стиснута пружина) своєю напругою не дозволяє ваги верхніх ланок зігнути систему важелів (важелі розглядаються як невагомі).

Сила  $F''$  підтримує верхні ланки, врівноважує їхню вага  $G$ .

Сила  $F'$  через опорні ланки давить на опору й урівноважена протидією опори  $R_{ст}$ , прикладеним до них.

Щоб викликати відштовхування рухливих ланок від нижньої опори, необхідно збільшити напруга м'яза (відповідно  $+ D F'$  и  $+ D F''$ ).

Сила  $+ D F''$  викликає прискорення рухливих ланок ( $+ a$ ), спрямоване нагору. З'явиться сила інерції  $F_{инк}$  як невідноуважує опір, спрямований вниз і прикладена до верхньої крапки важелів.

Це викликає появу динамічної складової опорної реакції  $R_{дин}$ , яка як зовнішня сила необхідна, але вона не викликає рухи.

Сила  $+ D F''$  – сила, що прискорює, під дією якої почнеться відштовхування.

Людина при відштовхуванні, як і при притяганні, саморушна система.

Джерело енергії руху - внутрішній (м'яз).

Тіло людини - не тверде тіло, що може переміщатися під дією зовнішньої сили; воно являє собою систему тіл, кожне з яких змінює положення під дією всіх прикладених до нього сил.

Таким чином, при активних рухах людини не існує однієї єдиної сили, що рухає всі його ланки як систему тел.

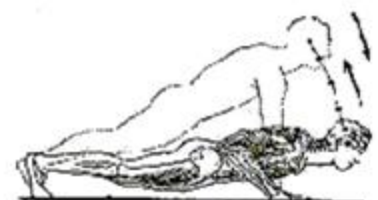
Рух по способі відштовхування відбувається завдяки збільшенню напруги м'язів: вони, зближаючи свої кінці, віддаляють рухливі ланки від опорних.

Одночасно виникають сили інерції ланок, що прискорюються. У результаті збільшується опорна реакція, що протидіє ваги рухливих ланок і їхній силі інерції, переданим через важелі на опорні ланки.

## 2) Наближення, що уступає, до опори

При наближенні, що уступає, до нижньої опори м'яза роблять роботу під дією верхніх ланок тіла.

Різниця між вагою тіла і силами тяги м'язів служить силою, що прискорює, щонаближає тіло до опори (як і при будь-яким прискоренні, виникають сили інерції, і змінюється опорна реакція).



### **3) Згинання і випрямлення рук в упорі лежачи (приклад)**

Рух униз ЦМ тіла при нижній неутримуючій опорі може здійснюватися під дією сили ваги тільки рухливих частин тіла.

Голова, шия, тулуб і ноги фіксовані у всіх суглобах напруженою м'язів-антагоністів і рухаються як униз, так і нагору як єдине ціле.

Основні рухи в суглобах при згинанні рук - розгинання в плечових і згинання в ліктьових і лучезапястних - протікають при роботі м'язів-антагоністів, що уступає, (негативна робота).

Випрямлення рук в упорі лежачи являє собою рух, що переборює, (позитивна робота м'язів).

Унаслідок малої швидкості руху ( 0,5 м/с) і щодо великої тривалості (2 с) прискорення, а значить і сили інерції будуть невеликі.

## Лабораторна робота № 5

Тема: *Визначення лінійних і кутових швидкостей і прискорень биозвеньев по биокинематической схемі фізичної вправи*

### I. Короткі теоретичні зведення

При аналізі спортивної техніки будь-якої фізичної вправи важливо знати швидкість і прискорення руху не тільки всього тіла спортсмена, але і його окремих ланок, тому що ці характеристики, поряд з характеристиками інертності, визначають величини діючих навантажень і характер участі окремих м'язів і груп м'язів у даній руховій дії.

Під час виконання фізичної вправи рух биозвена може бути:

- 1) рівномірне;
- 2) нерівномірне.

При рівномірному русі лінійна  $v$  і кутова швидкості визначаються по формулах:

$$\boxed{v = \frac{s_e - s_i}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t}}, \quad (1) \quad \boxed{w = \frac{j_K - j_H}{\Delta t} = \frac{\Delta j}{\Delta t}}, \quad (1')$$

де  $S = \sqrt{x^2 + y^2}$  – лінійна координата крапки  $(x, y)$ ;

$\Delta S = S_K - S_H$  – довжина пройденого ланкою шляху;

$\Delta t = t_K - t_H$  – тривалість руху;

$t_H, t_K$  – початковий і кінцевий моменти часу руху;

$x_H, y_H, x_K, y_K$  – прямокутні координати початкової і кінцевої крапок траєкторії ланки;

$s_H, s_K, \varphi_H, \varphi_K$  – лінійні і кутові координати початкової і кінцевої крапок траєкторії ланки.

При рівномірному русі всяка зміна швидкості характеризується прискоренням (лінійним чи кутової):

$$\boxed{a = \frac{Dv}{Dt}}, \quad (2) \quad \boxed{e = \frac{Dw}{Dt}}. \quad (2')$$

При нерівномірному русі вираховують миттєві лінійну і кутову швидкості:

$$\boxed{\vec{v} = \frac{d\vec{S}}{dt}}, \quad (3) \quad \boxed{\vec{w} = \frac{d\vec{j}}{dt}} \quad (3')$$

і миттєві лінійне і кутове прискорення:

$$\boxed{\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}}, \quad (4) \quad \boxed{\vec{e} = \frac{d\vec{w}}{dt}}. \quad (4')$$

Швидкість і прискорення – величини векторні, тобто вони характеризують не тільки швидкість зміни положення і швидкості крапок тіла, але і напрямок зміни. Якщо змінюється тільки напрямок швидкості, має місце нормальне прискорення, перпендикулярне траєкторії; при цьому дотичне прискорення дорівнює нулю.

Лінійне  $a$  і кутове  $e$  ускорення непосредственно связаны с силой  $F$  і моментом  $M_z$  :

$$\boxed{F = ma} \quad , \quad (5) \quad \boxed{M_z = Ie} \quad , \quad (5')$$

де  $m$  - маса ланки (тіла), кг ;  
 $I$  - момент інерції ланки (тіла) щодо заданої осі, кг·м<sup>2</sup>.

Якщо врахувати, що в більшості випадків масу ланок можна вважати постійної, то знання прискорень ланок дозволяє судити про величини зовнішніх (сили інерції й ін.) і внутрішніх (сили тяги м'язів) сил і їхніх моментів.

## II. Порядок виконання роботи

1. Викладачем задається ланка тіла (див. лабораторні роботи № 1, № 2), для якого будуть виконуватися обчислення.
2. У биокинематической схемі фізичної вправи (див. лабораторна робота № 2) приймається тривалість  $\Delta t$  переходу з одного положення рухової дії в інше, рівної 0,1 с.
3. По биокинематической схемі рухової дії розрахувати значення положення  $S$  і лінійні швидкості  $v$  і прискорення  $a$  ЦМ зазначеного викладачем ланки для всіх моментів часу руху по формулах (1), (2). Отримані дані занести в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Характеристики поступального руху заданої ланки

Б/механічна характеристика	Номер положення рухової дії, $j$				
	1(н)	2	3	4	5(к)
$t, c$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
$x, m$					
$y, m$					
$S, m$					
$\Delta S, m$					
$V, m/c$					
$\Delta V, m/c$					
$a, m/c^2$					
$F, n$					

4. По биокинематической схемі рухової дії визначити значення суглобного кута  $\varphi$  у заданому суглобі й обчислити значення кутові швидкості  $W$  і прискорення зазначеного викладачем ланки для всіх моментів часу руху по формулах (1'), (2'). Отримані дані занести в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2. Характеристики обертального руху заданої ланки

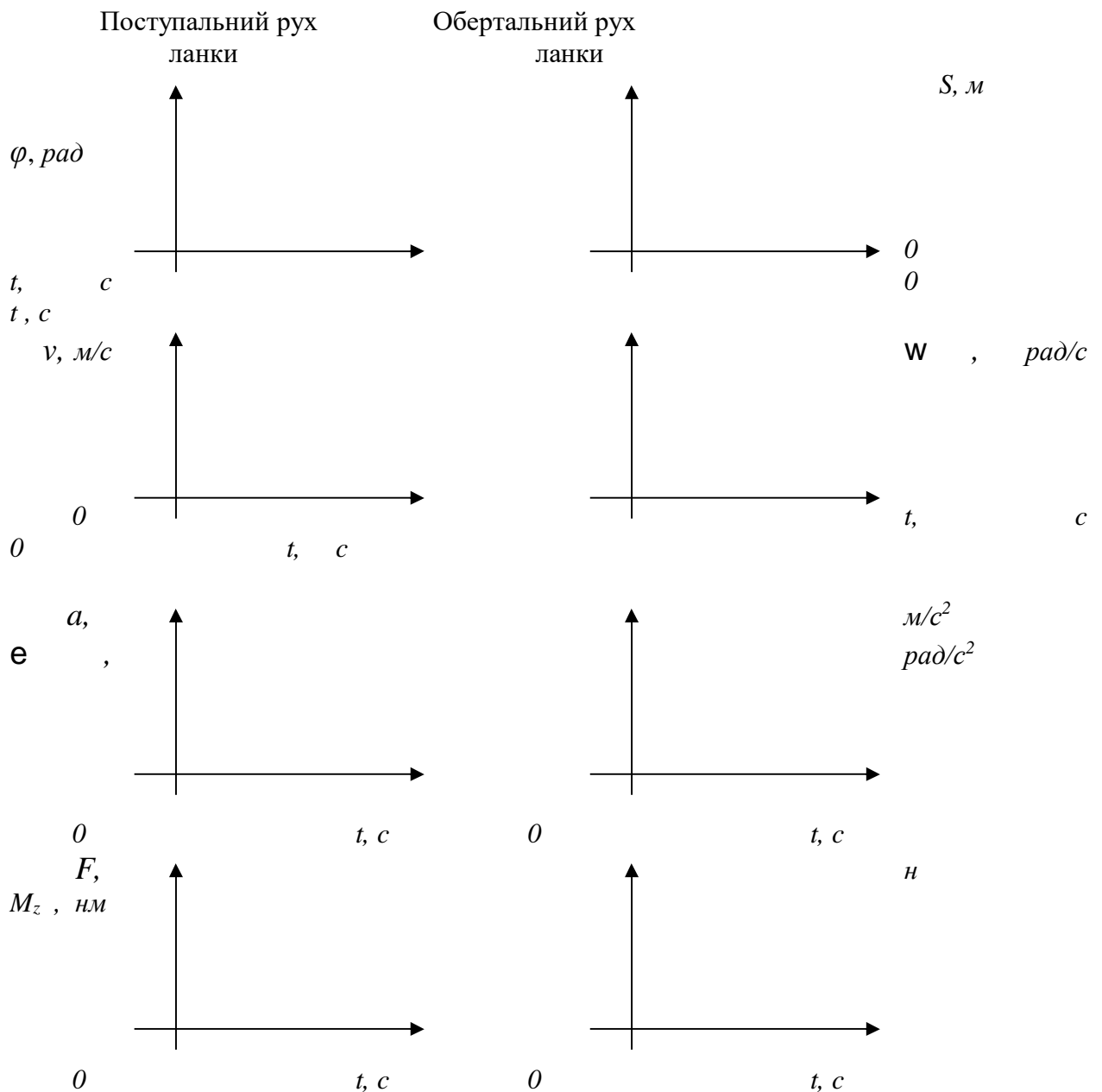
Б/механічна характеристика	Номер положення рухової дії, $j$				
	1(н)	2	3	4	5(к)
$t, c$	0	0,1	0,2	0,3	0,4
$\varphi, рад$					
$\Delta \varphi, рад$					

$\omega, \text{град/с}$					
$\Delta\omega, \text{рад/с}$					
$\epsilon, \text{рад/с}^2$					
$M_z, \text{нм}$					

5. Знайти значення діючих сили  $F$  і моменту  $M_z$  для всіх моментів часу руху по формулах (5), (5').

Отримані дані занести в таблиці 5.1, 5.2.

6. Побудувати графіки залежностей від часу наступних характеристик: положення ЦМ ланки, кутового положення ланки, лінійних і кутових швидкостей і прискорень ланки, що діють сили і моменту.



7. Для проведення обчислень на ПК: виконати аналіз задачі, побудувати блок-схему алгоритму і скласти програму мовою Бейсик.

8. Оформити звіт по роботі.

9. Відповісти на контрольні питання викладача.



### III. Приклад виконання роботи

1. Як досліджувану ланку узятє праве стегно.
2. По биокінематической схемі рухової дії (див. лабораторна робота № 2, мал.2.1) вимірюємо прямокутні координати (x,y) ЦМ правого стегна для всіх положень  $i$  заносимо їх у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1. Характеристики поступального руху правого стегна

Б/ механічна характеристика	Номер положення рухової дії, $j$				
	1( $n$ )	2	3	4	5( $\kappa$ )
$t, c$	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>
$x, m$	0,20	0,30	0,35	0,39	0,40
$y, m$	0,77	0,80	0,83	0,89	0,97
$S, m$	<b>0,796</b>	<b>0,854</b>	<b>0,901</b>	<b>0,972</b>	<b>1,049</b>
$\Delta S, m$	0	0,058	0,047	0,071	0,077
$V, m/c$	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0,47</b>	<b>0,71</b>	<b>0,77</b>
$\Delta V, m/c$	0	0,58	-0,11	0,24	0,06
$a, m/c^2$	<b>0</b>	<b>5,8</b>	<b>-1,1</b>	<b>2,4</b>	<b>0,6</b>
$F, n$	<b>0</b>	<b>49,3</b>	<b>-9,35</b>	<b>20,4</b>	<b>5,1</b>

3. Обчислюємо  $S, \Delta S, V, \Delta V, a$  для всіх положень правого стегна в руховій дії. Отримані дані заносимо в таблицю 5.1.

4. По биокінематической схемі рухової дії (див. лабораторна робота № 2, мал.2.1) вимірюємо значення суглобного кута  $\varphi$  у правому тазостегновому суглобі й обчислюємо  $\Delta\varphi, \omega, \Delta\omega, \epsilon$  для всіх положень рухової дії. Отримані дані заносимо в таблицю 5.2.

Для перекладу *град* в *рад* використовуємо співвідношення:  $\varphi(\text{рад}) = \varphi^\circ / 57,3^\circ$ .

Таблиця 5.2. Характеристики обертального руху правого стегна

Б/ механічна характеристика	Номер положення рухової дії, $j$				
	1( $n$ )	2	3	4	5( $\kappa$ )
$t, c$	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>
$\varphi, \text{град}$	180	155	135	115	90
$\varphi, \text{рад}$	<b>3,1414</b>	<b>2,7051</b>	<b>2,3560</b>	<b>2,0070</b>	<b>1,5707</b>
$\Delta\varphi, \text{рад}$	0	-0,4363	-0,3491	-0,349	-0,4363
$\omega, \text{рад}/c$	<b>0</b>	<b>-4,363</b>	<b>-3,491</b>	<b>-3,49</b>	<b>-4,363</b>
$\Delta\omega, \text{рад}/c$	0	-4,363	0,872	0,001	-0,873
$\epsilon, \text{рад}/c^2$	<b>0</b>	<b>-43,63</b>	<b>8,72</b>	<b>0,01</b>	<b>-8,73</b>
$M_z, \text{нм}$	<b>0</b>	<b>-15,54</b>	<b>3,106</b>	<b>0,004</b>	<b>-3,11</b>

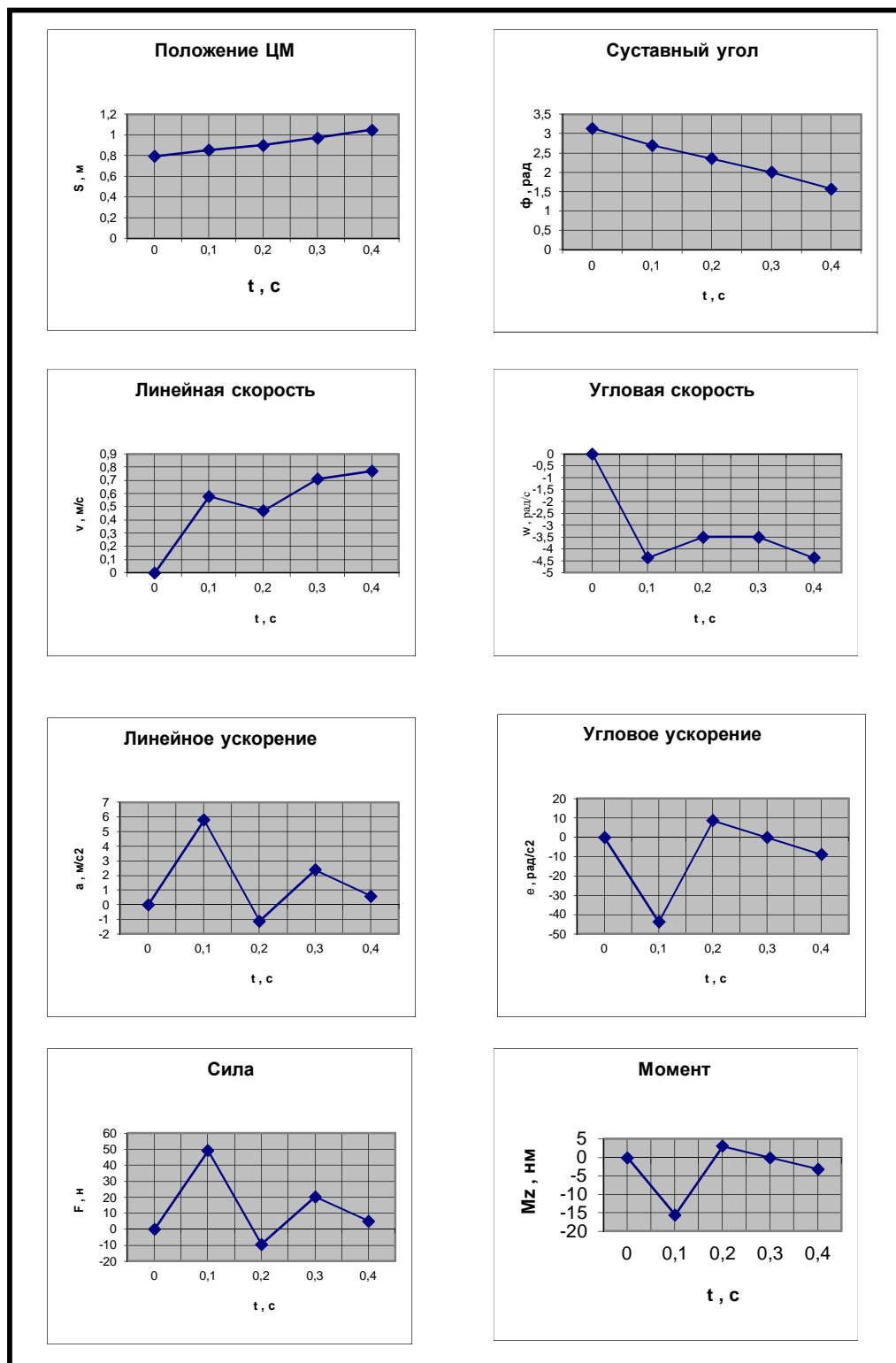
5. Знаходимо значення діючих на ланку сили  $F$  і моменту  $M_z$  для всіх моментів часу руху по формулах (5), (5').

При цьому враховуємо (див. лабораторна робота № 4), що маса правого стегна  $m_6 = 8,50$  кг і момент інерції правого стегна щодо осі тазостегнового суглоба  $I_{366} = 0,3562$  кг·м<sup>2</sup>. Дані заносимо в табл.5.1 і 5.2.

6. Будуємо графіки залежностей від часу в даній руховій дії (прийом м'яча двома руками знизу - волейбол) наступних біомеханічних характеристик правого стегна: положення ЦМ, кутового положення, лінійних і кутових швидкостей і прискорень, що діють сили і моменту.

Поступальний рух  
правого стегна

Обертальний рух  
правого стегна



## Лабораторна робота № 6

### Тема: *Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена*

#### *1. Короткі теоретичні зведення*

У фізичних вправах людині нерідко буває необхідно зберігати нерухомі положення тіла. В усіх таких випадках тіло людини як біомеханічна система знаходиться в рівновазі.

У рівновазі можуть знаходитися і зовнішні тіла, зв'язані з людиною, що зберігає положення (наприклад: штанга, партнер по акробатиці й ін.)

#### Види рівноваги тіла

У механіку твердого тіла розрізняють наступні види рівноваги:

№ п/п	Вид рівноваги	Схема	Вид опори	Момент, виникаючий при відхиленні	Зміна потенційної енергії при відхиленні	<u>Приклад у спорті</u>
1	Байдужне		Нижня	Не виникає	Не змінюється	1) куля на гориз. поверхні 2) тіло в невагомості
2	Стійке		Верхня	$M_{уст}$ $\underline{M_{уст}}$	Збільшується	1) вис на поперечині 2) рука, що вільно висить
3	Обмежено стійке		Нижня	$M_{уст}$ , а потім $M_{опр}$ $\underline{M_{опр}}$	Збільшується до потенціального бар'єра, а потім зменшується	1) положення борця в стійці
4	Хитливе		Нижня	$M_{опр}$	Зменшується	Не зустрічається (абстрактна модель)

Коли тіло людини як біомеханічна система цілком зберігає позу (так називане "отвердіння"), до нього застосовні закони рівноваги твердого тіла.

#### Стійкість тіла і зафіксованої системи

Стійкість об'єкта - це його здатність зберігати положення, протидіючи порушенню рівноваги.

Звичайно стійкість визначають для обмежено-стійкого виду рівноваги.

Ступінь стійкості тіла людини в різних положеннях характеризується показниками стійкості:

- Площа опори** - стійкість тіла прямо пропорційна величині площі опори: чим більше площа, тим більше стійке тіло.

2. **Коефіцієнт стійкості** - здатність пручатися порушенню стійкості у визначених напрямках, що визначається по наступній формулі:

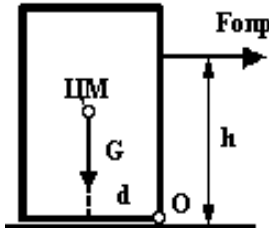
$$k_{уст} = M_{уст} / M_{опр} , \quad (1)$$

де  $M_{уст} = G \times d$  - момент стійкості (граничний), нм ;

$M_{опр} = F_{опр} \times h$  - момент перекидання, нм ;

$G$  – сила тяжести тела, н;  $F_{опр}$  – перекидаюча сила, н ;

$h, d$  – плечі сил  $G$  і  $F_{опр}$ , м (см. рис. 6.1).



**Мал.6.1. Коефіцієнт стійкості**

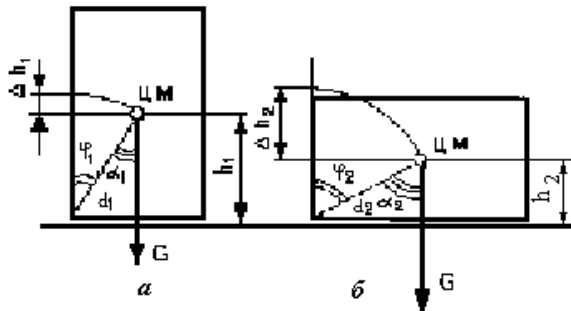
В міру збільшення відхилення тіла плече сили ваги  $d$  зменшується і момент стійкості стає менше.

$k_{уст}$  характеризує здатність тіла своєю силою ваги пручатися перекиданню в даних умовах.

**Умова стійкості:**

$k_{уст} > 1$  чи  $M_{уст} > M_{опр}$ .

3. **Кут стійкості  $\alpha$**  - утворений лінією дії сили ваги і прямої, що з'єднує центр мас (ЦМ) з будь-якою крапкою границі площі опори.



**Мал.6.2. Кут стійкості**

Якщо ЦМ розташований нижче (див. мал.6.2, сл.б), а його проекція даліше от края опоры, то угол устойчивости больше.

Величина кута стійкості характеризує ступінь стійкості тіла в обраному напрямку: чим більше кут, тим вище стійкість.

Таких кутів у будь-якій положенні тіла спортсмена можна провести незліченна безліч. Спортсмен більш стійкий у тім напрямку, у якому його тіло має більший кут стійкості.

Кут стійкості показує, у яких межах ще діє момент стійкості.

Цей показник зручний для порівняння ступеня стійкості одного тіла в різних напрямках (якщо площа опори не коло і лінія сили ваги не проходить через його центр).

Сума двох кутів стійкості в одній площині  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  розглядається як кут рівноваги  $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$  у цій площині.

Він характеризує запас стійкості в даній площині, тобто визначає розмах переміщень ЦМ до можливого перекидання в ту чи іншу сторону (наприклад: у слаломіста при спуску на лижах, гімнастки на колоді, борця в стійці).

## II. Порядок виконання роботи

1. По биокінематической схемі рухової дії (див. лабораторні роботи № 2, 3) намалювати биостатические схеми для всіх п'яти положень тіла спортсмена, умовно представляючи його тіло у виді прямокутника.

2. Визначити положення ЗЦМ тіла, проєкції площі опори і провести лінії ваги тіла для всіх положень рухової дії.
3. Побудувати і вимірити кути стійкості  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  і кут рівноваги  $\alpha$  в обраній площині (наприклад, у сагітальній), визначити довжини пліч  $h$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  опрокидуючої сили  $F_{опр}$  і сили ваги  $G$  відповідно.
4. Обчислити перекидаючий момент  $M_{опр}$  і моменти стійкості  $M_{уст1}$ ,  $M_{уст2}$ .  
 При цьому прийняти  $F_{опр} = 0,5 G$ , н і  $G = m g$ , н ,  
 де  $m$  - маса (вага) тіла даного спортсмена, кг;  
 $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> - прискорення земного притягання.
5. Обчислити значення коефіцієнтів стійкості  $k_{уст1}$ ,  $k_{уст2}$  по формулі (1).  
 Всі отримані вище дані занести в таблицю 6.1, що має вид:

Таблиця 6.1. Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена в різних положеннях рухової дії

Вимірювані величини і, що обчислюються	Номер положення тіла, $j$				
	1(н)	2	3	4	5(к)
$\alpha_1$ , град					
$\alpha_2$ , град					
$\alpha$ , град					
$h$ , м					
$d_1$ , м					
$d_2$ , м					
$M_{опр}$ , нм					
$M_{уст1}$ , нм					
$M_{уст2}$ , нм					
$k_{уст1}$					
$k_{уст2}$					
<u>Тіло</u> <i>спортсмена</i>					

6. Дати висновок про стійкість тіла спортсмена в кожному положенні рухової дії (в останньому рядку таблиці 6.1). Проаналізувати, у результаті дії яких сил може виникати перекидаюча сила в досліджуваній руховій дії.
7. Для кожного положення тіла спортсмена побудувати рівнодіючу  $R$  сили ваги  $G$  і перекидаючої сили  $F_{опр}$ . Відзначити крапку перетинання її лінії дії з опорою.
8. Для проведення обчислень на ПК провести аналіз задачі, побудувати блок-схему алгоритму і написати програму мовою Бейсик.
9. Оформити звіт по роботі.
10. Відповісти на контрольні питання викладача.

### III. Приклад виконання роботи

1. По біокінематичної схемі (див. лабораторні роботи № 2, 3) малюємо біостатичні схеми всіх п'яти положень тіла спортсмена в досліджуваній руховій дії - прийом м'яча двома руками знизу, волейбол.

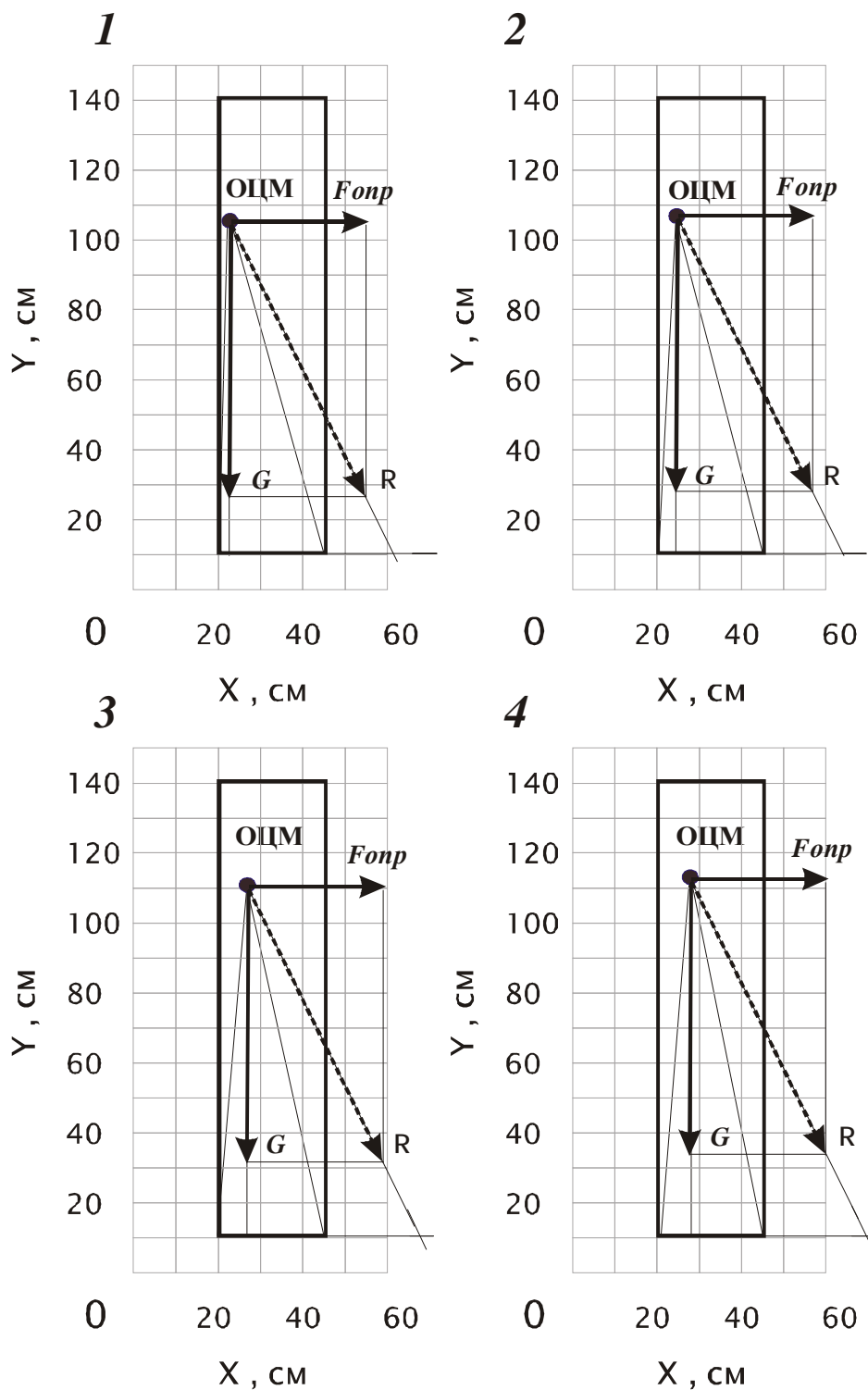


Рис. 6.1. Биостатические схемы для определения степени устойчивости тела спортсмена

2. Визначаємо положення ОЦМ тіла і проекції площі опори на сагітальную

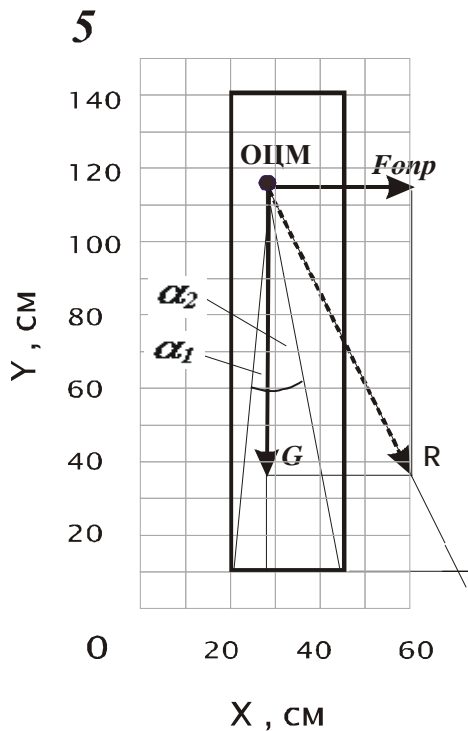


Рис. 6.1. (продолжение)

площина, проводимо лінії ваги тіла для всіх положень рухової дії (див. мал. 6.1).

3. Будуємо і вимірюємо кути стійкості  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  і кут рівноваги  $\alpha$  в обраній площині, визначаємо довжини пліч  $h$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  перекидаючої сили  $F_{onp}$  і сили ваги  $G$  відповідно.

4. Обчислюємо силу ваги свого тіла

$$G = m g = 60 \times 9,81 = 588,6 \text{ н}$$

і перекидаючу силу, умовно прийняту рівної

$$F_{onp} = 0,5 G = 0,5 \times 588,6 = 294,3 \text{ н.}$$

5. Обчислюємо перекидаючий момент

$M_{onp}$  і моменти стійкості  $M_{уст1}$ ,  $M_{уст2}$ .

6. Обчислюємо значення коефіцієнтів стійкості  $k_{уст1}$ ,  $k_{уст2}$  і робимо висновки про стійкість тіла спортсмена в кожному з положень рухової дії відповідно до умови стійкості  $k_{уст} > 1$  чи

$$M_{уст} > M_{onp}.$$

Всі отримані дані заносимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1. Визначення ступеня стійкості тіла спортсмена в різних положеннях рухової дії

Вимірювані величини і, що обчислюються	Номер положення тіла, $j$				
	1( $n$ )	2	3	4	5( $\kappa$ )
$\alpha_1$ , град	2	3	4,5	5,3	6
$\alpha_2$ , град	16	14	12	11	10
$\alpha$ , град	18	17	16,5	16,3	16
$h$ , м	0,972	0,98	1,004	1,03	1,06
$d_1$ , м	0,02	0,04	0,07	0,073	0,076
$d_2$ , м	0,23	0,21	0,18	0,177	0,174
$M_{onp}$ , нм	286,1	288,4	295,5	303,1	311,9
$M_{уст1}$ , нм	11,8	23,5	41,2	43,0	44,7
$M_{уст2}$ , нм	135,4	123,6	105,9	104,2	102,4
$k_{уст1}$	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>0,142</b>	<b>0,143</b>
$k_{уст2}$	<b>0,47</b>	<b>0,43</b>	<b>0,36</b>	<b>0,344</b>	<b>0,328</b>
<u>Тіло спортсмена</u>	ХИТЛИВО	ХИТЛИВО	ХИТЛИВО	ХИТЛИВО	ХИТЛИВО



7. Для кожного положення тіла спортсмена будемо рівнодіючу  $R$  сили ваги  $G$  і перекидаючої сили  $F_{опр}$ . Відзначаємо крапку її перетинання з опорою.

Робимо висновок : тому що рівнодіюча перетинає опорну площину поза площею опори, те всі положення тіла в даній руховій дії - хитливі.

## **Розрахунково-графічна робота № 2**

### **Тема: Біомеханічний аналіз рухів атлета в ривку**

#### **I. Короткі теоретичні зведення**

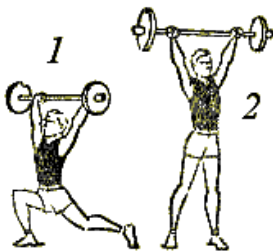
В даний час на змагання з важкої атлетики виносяться дві основних вправи - ривок і поштовх, що з погляду біомеханіки відносяться до рухів на місці.

У даній роботі розглядаються рухи атлета в ривку.

Основне призначення ривка - перемістити штангу (снаряд) безупинним рухом з помосту на витягнуті нагору руки, устати зі штангою і зафіксувати її у верхньому положенні.

При цьому руху атлета можна розділити на наступні два періоди (див. мал. P2.1):

- 1) підйом штанги до підседа і підсед атлета під штангу;
- 2) устанання зі штангою і фіксація її у верхньому положенні.



**Рис. P2.1. Періоди вправи "ривок"**

Рухова задача першого періоду - додання штанзі відповідної швидкості у вертикальному напрямку і підйом її на необхідну висоту.

Рухова задача другого періоду - збереження рівноваги системи спортсмен-штанга при устананні і фіксації її в кінцевому положенні.

У даній роботі виробляється розрахунок енергетических витрат спортсмена для першого (найбільш характерного) періоду ривка й обчислення інтегрального критерію технічної майстерності важкоатлета.

При цьому як вихідну інформацію використовуються росто-весовые дані конкретного спортсмена і динамограма виконання їм ривка (залежність сили тяги атлета від часу). Динамограма для конкретного атлета може бути отримана з використанням методів електромиографії. Типова динамограма ривка представлена на мал. P2.2.

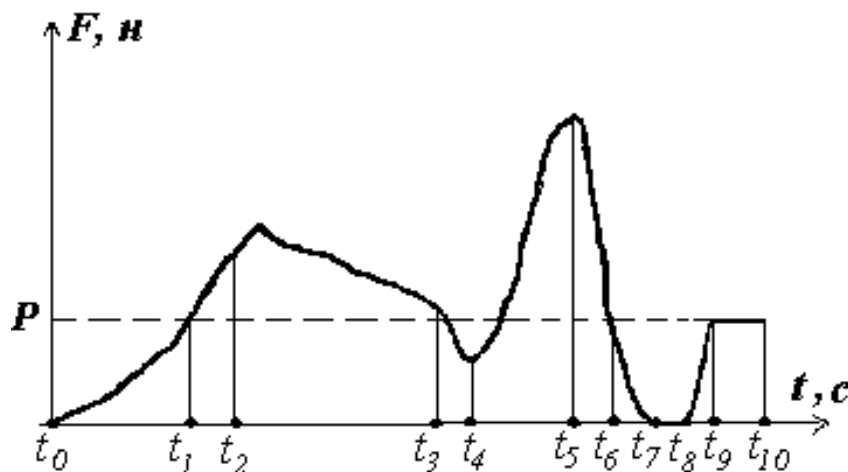


Рис. P2.2. Типовий графік залежності сили тяги атлета від часу (динамограма) при виконанні ривка

При аналізі техніки виконання ривка перший період цієї рухової дії (див. мал. P2.1) підрозділяють на наступні 10 фаз:

- 1)  $t_0 - t_1$  - стартова ділянка (сила тяги атлета змінюється від  $0$  до величини, рівної ваги штанги  $P$ );
- 2)  $t_1 - t_2$  - друга фаза, що закінчується в момент відриву штанги від помосту  $t_2$  ;
- 3)  $t_2 - t_3$  - метою третьої фази є досягнення висоти і швидкості штанги, необхідних для підведення коліней;
- 4)  $t_3 - t_4$  - фаза підведення коліней під грифа штанги;
- 5)  $t_4 - t_5$  - фаза амортизації;
- 6)  $t_5 - t_6$  - фаза фінального розгону (інакше фаза "підриву");
- 7)  $t_6 - t_7$  - відхід у подсед;
- 8)  $t_7 - t_8$  - безопорний подсед, при якому зусилля дорівнює нулю (у цій фазі атлет "розкидає" ноги);
- 9)  $t_8 - t_9$  - фаза амортизації в подседе (опорний подсед);
- 10)  $t_9 - t_{10}$  - фаза стабілізації в подседе.

Енергетичні витрати спортсмена, зв'язані з переміщенням штанги, можна знайти, по наступній формулі:

$$Q = \int_{t_H}^{t_K} N(t) dt, \quad (1)$$

де  $Q$  - енерговитрати спортсмена, Дж;

$t$  - час, с;

$N(t)$  - залежність механічної потужності, що розвивається спортсменом, від часу, Дж / с (Вт);

$t_H, t_K$  - відповідно час початку і закінчення вправи, с.

Для розрахунку миттєвої механічної потужності можна використовувати співвідношення:

$$N(t) = F(t) \cdot v(t+\mathbf{t}) \quad (2)$$

де  $F(t)$  - сила тяги спортсмена (по динамограмме), Н;

$v(t)$  - швидкість руху штанги, м / с ;

$\mathbf{t}$  - час запізнювання зміни кінематичних характеристик стосовно динамічного (у приблизних розрахунках можна приймати  $\mathbf{t} = 0,06$  с).

Формула для сили тяги спортсмена може бути представлена в наступному виді:

$$F(t) = m \cdot a(t+\mathbf{t}) + P \quad (3)$$

де  $m$  - маса штанги, кг;

$a(t)$  - прискорення руху штанги, м / с<sup>2</sup> ;

$P = mg$  - вага штанги ( $P=mg$ ,

$g = 9,81$  - прискорення вільного падіння, м / с<sup>2</sup> .

Звідси для прискорення руху штанги маємо:

$$a(t+t) = \frac{F(t) - P}{m} = \frac{F(t)}{m} - g, \quad (4)$$

а швидкість руху штанги в момент часу  $(t+t)$  розраховується за значенням сили в момент часу  $t$ :

$$v(t+t) = \int_{t_H}^t a(t+t) dt = \int_{t_H}^t \left( \frac{F(t)}{m} - g \right) dt = \frac{1}{m} \int_{t_H}^t F(t) dt - g(t - t_H), \quad (5)$$

де  $t_H$  – час початку руху, с.

Динамограма вважається найбільш інформативною характеристикою, тому що, знаючи зусилля, що прикладаються до штанги, легко знайти криву зміни її швидкості, по якій можна розрахувати інтегральний критерій технічної майстерності спортсмена. У важкій атлетиці як інтегральний критерій приймається висота досягнення максимальної швидкості руху штанги -  $H_{Vmax}$ . Вона обчислюється по формулі:

$$H_{Vmax} = v_{cp} \cdot t_{Vmax} + H_0, \quad (6)$$

де  $v_{cp}$  – середня швидкість руху штанги до досягнення максимальної швидкості останньої, м/с;

$t_{Vmax}$  – момент часу, у який швидкість руху штанги максимальна, с;

$H_0$  – відстань від помосту до осі грифа штанги (для стандартної штанги воно дорівнює 0,225м).

У важкій атлетиці прийнято техніку ривка вважати раціональною, якщо  $H_{Vmax}$  дорівнює чи більше 60% від росту спортсмена  $H$  (для поштовху при підйомі на груди ця величина дорівнює 52%).

Таким чином, умова раціональності техніки ривка:

$$K_{рац} = H_{Vmax} / H \geq 0,6. \quad (7)$$

## II. Порядок виконання роботи

1. Обчислити вага штанги по формулі

$$P = 1500 + 20 \cdot (N + I), \quad (8)$$

де  $P$  - вага штанги, Н;

$N$  - остання цифра номера студентської групи;

$I$  - порядковий номер прізвища студента в журналі групи.

Значення  $N$  і  $I$  використовуються для індивідуалізації завдань студентам.

Привести свої росто-весові дані –  $H$ , м і  $G$ , н.

2. Обчислити значення сили тяги спортсмена у вузлових крапках (див. таблиця Р2.1).

Таблиця Р2.1. Вузлові крапки динамограми спортсмена в ривку.

Вузлові крапки	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$
$t, c$	0	0,18	0,27	0,51	0,54	0,66	0,69	0,78	0,84	0,90	0,96
$F, H$	0	$P$	$2 \cdot (P+I)$	$P+2 \cdot N$	$0,9 \cdot P$	$2 \cdot (P+I)$	$P$	0	0	$P$	$P$

3. Знайти значення сили тяги спортсмена  $F(t)$  в внутрішніх крапках інтервалів динамограми з кроком  $\Delta t = 0,03$  с по формулі кусочно-лінійної апроксимації криволінійної залежності:

$$F(t) = F(t_l) + \frac{F(t_{np}) - F(t_l)}{t_{np} - t_l} \times (t - t_l) \quad , \text{ Н} \quad (9)$$

де  $t$  - момент часу, для якого виробляється розрахунок;

$t_l, t_{np}$  - моменти часу, що відповідають лівій і правій границям інтервалів.

4. Обчислити значення швидкості штанги  $v$ , провівши чисельне інтегрування у формулі (5) із кроком  $\Delta t = 0,03$  с по наступній формулі:

$$v(t + \Delta t) = g \cdot (F(t) / P - 1) \cdot \Delta t + v(t) \quad . \quad (10)$$

Необхідно врахувати, що штанга починає рухатися, коли зусилля штангіста  $F(t)$  стає більше, ніж вага штанги  $P$ , т.е. при  $t > 0,18$  с.

З урахуванням запізнювання кінематичних характеристик розрахунок швидкості потрібно починати з моменту  $t = t^* + \Delta t$ , где  $t^* = 0,21$  с (т.к. при  $t = 0,18 + 0,06 = 0,24$  с ще маємо  $v = 0$ ).

5. Оцінити потужність, що розвивається важкоатлетом  $N$  на інтервалі  $0 \dots 0,96$ с по формулі:

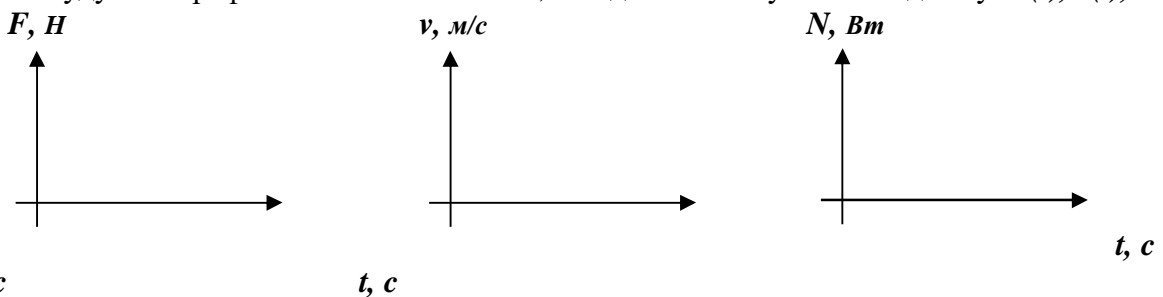
$$N(t) = F(t) \cdot v(t + \Delta t) \quad . \quad (11)$$

6. Занести отримані розрахункові дані в зведену таблицю (див. таблицю P2.2).

**Таблиця P2.2. Зведена таблиця результатів проведених обчислень.**

$t, \text{ c}$	0	0,03	0,06	0,09	...	0,87	0,90	0,93	0,96
$F(t), \text{ Н}$	0				...				
$v(t), \text{ м / с}$	0				...				
$N(t), \text{ Вт}$	0				...				

7. Побудувати графіки залежностей сили, швидкості і потужності від часу:  $F(t), v(t), N(t)$ .



8. Розрахувати енерговитрати штангіста в ривку по одній з формул чисельного інтегрування (скористаємося формулою трапецій):

$$Q = \left( \frac{N(0) + N(0,96)}{2} + N(0,03) + N(0,06) + \dots + N(0,93) \right) \times \Delta t \quad , \quad (12)$$

9. По формулах (6) і (7) визначити значення інтегрального критерію технічної майстерності спортсмена  $H_{vmax}$  і зробити висновок про раціональність застосовуваної їм техніки.

10. Провести аналіз задачі і побудувати блок-схему алгоритму обчислень.
11. Написати програму рішення даної задачі алгоритмічною мовою Бейсик.
12. Оформити звіт по розрахунково-графічній роботі відповідно до вимог, викладеними в РГР № 1.
13. Відповісти на контрольні питання викладача.

### III. Приклад виконання роботи

Завдання. Провести біомеханічний аналіз першого періоду ривка (важка атлетика) для даного спортсмена і зробити висновок про раціональність застосовуваної їм техніки.

Виконання роботи.

1. Обчислимо вагу штанги для студента 29-й групи ( $N = 9$ ) Іванова А.П. (порядковий номер у журналі  $I = 11$ ):

$$P = 1500 + 20 \times (9 + 11) = 1900, \text{ н.}$$

Росто-весовые дані спортсмена:  $H = 169 \text{ см} = 1,69 \text{ м}$ ;  $G = 60 \text{ кг} = 588 \text{ н.}$

2. Обчислюємо значення сили тяги спортсмена у вузлових крапках динамограми (див. табл. P2.1):

Таблица P2.1.

Узловые точки	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$	$t_9$	$t_{10}$
$t, \text{ с}$	0	0,18	0,27	0,51	0,54	0,66	0,69	0,78	0,84	0,90	0,96
$F, \text{ н}$	0	1900	3822	1918	1710	3822	1900	0	0	1900	1900

3. Знаходимо значення сили тяги спортсмена  $F(t)$  в внутрішніх крапках інтервалів динамограми з кроком  $\Delta t = 0,03 \text{ с}$  по формулі (9):

$$F(0) = 0;$$

$$F(0,03) = 0 + (1900 - 0) / (0,18 - 0) \times (0,03 - 0) = 316,7;$$

$$F(0,06) = 0 + (1900 - 0) / (0,18 - 0) \times (0,06 - 0) = 633,3;$$

$$F(0,09) = 0 + (1900 - 0) / (0,18 - 0) \times (0,09 - 0) = 950,0;$$

$$F(0,12) = 0 + (1900 - 0) / (0,18 - 0) \times (0,12 - 0) = 1266,7;$$

$$F(0,15) = 0 + (1900 - 0) / (0,18 - 0) \times (0,15 - 0) = 1583,3;$$

$$F(0,18) = 1900;$$

$$F(0,21) = 1900 + (3822 - 1900) / (0,27 - 0,18) \times (0,21 - 0,18) = 2540,7;$$

$$F(0,24) = 1900 + (3822 - 1900) / (0,27 - 0,18) \times (0,24 - 0,18) = 3181,3;$$

$$F(0,27) = 3822;$$

$$F(0,30) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,30 - 0,27) = 3584,0;$$

$$F(0,33) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,33 - 0,27) = 3346,0;$$

$$F(0,36) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,36 - 0,27) = 3108,0;$$

$$F(0,39) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,39 - 0,27) = 2870,0;$$

$$F(0,42) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,42 - 0,27) = 2632,0;$$

$$F(0,45) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,45 - 0,27) = 2394,0;$$

$$F(0,48) = 3822 + (1918 - 3822) / (0,51 - 0,27) \times (0,48 - 0,27) = 2156,0;$$

$$F(0,51) = 1918;$$

$$F(0,54) = 1710;$$

$$F(0,57) = 1710 + (3822 - 1710) / (0,66 - 0,54) \times (0,57 - 0,54) = 2238,0 ;$$

$$F(0,60) = 1710 + (3822 - 1710) / (0,66 - 0,54) \times (0,60 - 0,54) = 2766,0 ;$$

$$F(0,63) = 1710 + (3822 - 1710) / (0,66 - 0,54) \times (0,63 - 0,54) = 3294,0 ;$$

$$F(0,66) = 3822 ;$$

$$F(0,69) = 1900 ;$$

$$F(0,72) = 1900 + (0 - 1900) / (0,78 - 0,69) \times (0,72 - 0,69) = 1266,7 ;$$

$$F(0,75) = 1900 + (0 - 1900) / (0,78 - 0,69) \times (0,75 - 0,69) = 633,3 ;$$

$$F(0,78) = 0 ;$$

$$F(0,81) = 0 ;$$

$$F(0,84) = 0 ;$$

$$F(0,87) = 0 + (1900 - 0) / (0,90 - 0,84) \times (0,87 - 0,84) = 950,0 ;$$

$$F(0,90) = 1900 ;$$

$$F(0,93) = 1900 ;$$

$$F(0,96) = 1900 ;$$

4. Обчислюємо значення швидкості штанги  $v(t)$  с кроком  $\Delta t = 0,03$  с по формулі (10):

$$v(0,18 + 0,06) = v(0,24) = 0 ;$$

$$v(0,21 + 0,06) = v(0,27) = 9,8 \times (2540,7 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0 = 0,1 ;$$

$$v(0,24 + 0,06) = v(0,30) = 9,8 \times (3181,3 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,1 = 0,3 ;$$

$$v(0,27 + 0,06) = v(0,33) = 9,8 \times (3822,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,3 = 0,6 ;$$

$$v(0,30 + 0,06) = v(0,36) = 9,8 \times (3584,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,6 = 0,86 ;$$

$$v(0,33 + 0,06) = v(0,39) = 9,8 \times (3346,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,86 = 1,08 ;$$

$$v(0,36 + 0,06) = v(0,42) = 9,8 \times (3108,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,08 = 1,27 ;$$

$$v(0,39 + 0,06) = v(0,45) = 9,8 \times (2870,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,27 = 1,42 ;$$

$$v(0,42 + 0,06) = v(0,48) = 9,8 \times (2632,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,42 = 1,53 ;$$

$$v(0,45 + 0,06) = v(0,51) = 9,8 \times (2394,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,53 = 1,61 ;$$

$$v(0,48 + 0,06) = v(0,54) = 9,8 \times (2156,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,61 = 1,65 ;$$

$$v(0,51 + 0,06) = v(0,57) = 9,8 \times (1918,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,65 = 1,652 ;$$

$$v(0,54 + 0,06) = v(0,60) = 9,8 \times (1710,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,65 = 1,62 ;$$

$$v(0,57 + 0,06) = v(0,63) = 9,8 \times (2238,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,62 = 1,67 ;$$

$$v(0,60 + 0,06) = v(0,66) = 9,8 \times (2766,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,67 = 1,80 ;$$

$$v(0,63 + 0,06) = v(0,69) = 9,8 \times (3294,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,80 = 2,01 ;$$

$$v(0,66 + 0,06) = v(0,72) = 9,8 \times (3822,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 2,01 = 2,31 ;$$

$$v(0,69 + 0,06) = v(0,75) = 9,8 \times (1900,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 2,31 = 2,31 ;$$

$$v(0,72 + 0,06) = v(0,78) = 9,8 \times (1266,7 / 1900 - 1) \times 0,03 + 2,31 = 2,21 ;$$

$$v(0,75 + 0,06) = v(0,81) = 9,8 \times (633,3 / 1900 - 1) \times 0,03 + 2,21 = 2,01 ;$$

$$v(0,78 + 0,06) = v(0,84) = 9,8 \times (0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 2,01 = 1,72 ;$$

$$v(0,81 + 0,06) = v(0,87) = 9,8 \times (0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,72 = 1,43 ;$$

$$v(0,84 + 0,06) = v(0,90) = 9,8 \times (0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,43 = 1,14 ;$$

$$v(0,87 + 0,06) = v(0,93) = 9,8 \times (950,0 / 1900 - 1) \times 0,03 + 1,14 = 0,99 ;$$

$$v(0,90 + 0,06) = v(0,96) = 9,8 \times (1900 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,99 = 0,99 ;$$

$$v(0,93 + 0,06) = v(0,99) = 9,8 \times (1900 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,99 = 0,99 ;$$

$$v(0,96 + 0,06) = v(1,02) = 9,8 \times (1900 / 1900 - 1) \times 0,03 + 0,99 = 0,99 .$$

5. Оцінюємо потужність, що розвивається важкоатлетом  $N(t)$  на інтервалі  $0 \dots 0,96$ с по формулі (11):

$$N(0,18) = 1900 \times 0 = 0 ;$$

$$N(0,21) = 2540,7 \times 0,1 = 254,1 ;$$

$$N(0,24) = 3181,3 \times 0,3 = 954,4 ;$$

$$N(0,27) = 3822,0 \times 0,6 = 2293,2 ;$$

$$N(0,30) = 3584,0 \times 0,86 = 3082,3 ;$$

$$N(0,33) = 3346,0 \times 1,08 = 3613,7 ;$$

$$N(0,36) = 3108,0 \times 1,27 = 3947,2 ;$$

$$N(0,39) = 2870,0 \times 1,42 = 4075,4 ;$$

$$N(0,42) = 2632,0 \times 1,53 = 4027,0 ;$$

$$N(0,45) = 2394,0 \times 1,61 = 3854,4 ;$$

$$N(0,48) = 2156,0 \times 1,65 = 3557,4 ;$$

$$N(0,51) = 1918,0 \times 1,652 = 3168,5 ;$$

$$N(0,54) = 1710,0 \times 1,62 = 2770,2 ;$$

$$N(0,57) = 2238,0 \times 1,67 = 3737,5 ;$$

$$N(0,60) = 2766,0 \times 1,80 = 4978,8 ;$$

$$N(0,63) = 3294,0 \times 2,01 = 6620,9 ;$$

$$N(0,66) = 3822,0 \times 2,31 = 8828,8 ;$$

$$N(0,69) = 1900,0 \times 2,31 = 4389,0 ;$$

$$N(0,72) = 1266,7 \times 2,21 = 2799,4 ;$$

$$N(0,75) = 633,3 \times 2,01 = 1272,9 ;$$

$$N(0,78) = 0 \times 1,72 = 0 ;$$

$$N(0,81) = 0 \times 1,43 = 0 ;$$

$$N(0,84) = 0 \times 1,14 = 0 ;$$

$$N(0,87) = 950,0 \times 0,99 = 940,5 ;$$

$$N(0,90) = 1900,0 \times 0,99 = 1881,0 ;$$

$$N(0,93) = 1900,0 \times 0,99 = 1881,0 ;$$

$$N(0,96) = 1900,0 \times 0,99 = 1881,0 ;$$

6. Заносимо отримані результати в зведену таблицю:

Таблиця P2.2. Зведена таблиця результатів обчислень.

$t, c$	0	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30
$F(t), H$	0	316,7	633,3	950	1267	1583	1900	2541	3181	3822	3584
$v(t), m / c$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,3
$N(t), Bm$	0	0	0	0	0	0	0	254,1	954,4	2293	3082

продовження таблиці P2.2

$t, c$	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63
$F(t), H$	3346	3108	2870	2632	2394	2156	1918	1710	2238	2766	3294
$v(t), m / c$	0,6	0,86	1,08	1,27	1,42	1,53	1,61	1,65	1,652	1,62	1,67
$N(t), Bm$	3614	3947	4075	4027	3854	3557	3168	2770	3737	4979	6621

продовження таблиці P2.2

$t, c$	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96
$F(t), H$	3822	1900	1267	633,3	0	0	0	950	1900	1900	1900
$v(t), m/c$	1,80	2,01	2,31	2,31	2,21	2,01	1,72	1,43	1,14	0,99	0,99
$N(t), Bm$	8829	4389	2799	1280	0	0	0	940,5	1881	1881	1881

7. Будемо графіки залежностей сили, швидкості і потужності від часу.





8. Розраховуємо енерговитрати штангіста в ривку по формулі (12):

$$Q = ((0+1881) / 2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 254,1 + 954,4 + 2293 + 3082 + 3614 + 3947 + 4075 + 4027 + 3854 + 3557 + 3168 + 2770 + 3737 + 4979 + 6621 + 8829 + 4389 + 2799 + 1280 + 0 + 0 + 0 + 940,5 + 1881 + 1881) \times 0,03 = 73872,5 \times 0,03 = 2216,2 \text{ Дж} .$$

9. Визначаємо значення інтегрального критерію технічної майстерності спортсмена по формулі (6):

$$Hv_{max} = 1,26 \times 0,72 + 0,225 = 1,13 \text{ (м)}.$$

Тут  $t_{vmax} = 0,72$  с (по таблиці 2 і графіку  $v(t)$ );

$$v_{cp} = (0 + 0,1 + 0,3 + 0,6 + 0,86 + 1,08 + 1,27 + 1,42 + 1,53 + 1,61 + 1,65 + 1,652 + 1,62 + 1,67 + 1,80 + 2,01 + 2,31) / 17 = 21,48 / 17 = 1,26 \text{ (м / с)}.$$

Обчислюємо значення коефіцієнта раціональності техніки:

$$Крац = 1,13 / 1,69 = 0,67 .$$

*Висновок.* Тому що  $Крац = 0,67 > 0,6$  , те техніку виконання ривка даного спортсмена можна вважати раціональною.

10. Для проведення обчислень на ПК проводимо аналіз задачі, побудова блок-схеми алгоритму і складання програми.

## ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.

1. ЛІНІЙНІ КООРДИНАТИ ПЕРЕМІЩЕННЯ;

$$1\text{ м} = 100\text{ см} = 1000\text{ мм}$$

2. КУТОВІ КООРДИНАТИ, ПЕРЕМІЩЕННЯ:

$$1\text{ рад} = 57,3\text{ град.}$$

3. ЧАС:

$$\underline{1\text{ година} = 60\text{ мін} = 3600\text{ секунд.}}$$

4. ШВИДКІСТЬ:

$$\underline{1\text{ м/с} = 60\text{ м/мін} = 3,6\text{ км/год.}}$$

5. ПРИСКОРЕННЯ:

$$\underline{1\text{ м/с}^2}$$

6. СИЛА:

$$1\text{ кг} = 9,81\text{ н} = 9,81\text{ кг}\cdot\text{м/с}^2$$

7. МАСА:

$$1\text{ кг} = 1 \frac{\text{н}\cdot\text{с}^2}{\text{м}}$$

8. МОМЕНТ СИЛИ:

$$1\text{ н}\cdot\text{м} = \text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2$$

9. ІМПУЛЬС СИЛИ:

$$1 \text{ н} \cdot \text{с} = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

10. ІМПУЛЬС МОМЕНТУ СИЛИ:

$$1 \text{ н} \cdot \text{м} \cdot \text{с} = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}$$

11. РОБОТА:

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ н} \cdot \text{м} = \frac{1}{9,81} \text{ кг} \cdot \text{м}$$

12. ПОТУЖНІСТЬ:

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж} / \text{с} = \frac{1}{9,81} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$

## Література

---

### Базова

1. Донской Д.Д., Зациорский В.М. *Биомеханика*. М., ФиС, 1979.
2. Донской Д.Д. *Биомеханика с основами спортивной техники*. М., ФиС, 1971.
3. Донской Д.Д. *Биомеханика*. М., Просвещение, 1975.
4. Бранков Г. *Основы биомеханики*. Киев, Олимпийская литература, 1981.
5. Петров В.А., Гагин Ю.А. *Механика спортивных движений*. М., ФиС, 1974.
6. Уткин В.Л. *Биомеханика физических упражнений*. М., Просвещение, 1989.
7. Лапутін А.Н., Хапко В.Е. *Біомеханіка фізичних вправ*. Київ, Радянська школа, 1986.
8. *Біомеханіка спорту*. Під ред.Лапутіна А.Н. Київ., Олімпійська література, 2001.
9. Дубровский В.И., Федорова В.Н. *Биомеханика: Учеб. для сред. и высш. учеб. заведений. -2-е изд.*-М.:ВЛАДОС-ПРЕСС, 2004.
10. Кошовий О.С., Беляєв В.П. *Біомеханіка спорту*: Дніпропетровськ, ДДІФКіС, 2005.
11. *Біомеханіка спорту*. Під ред.Лапутіна А.Н. Київ., Олімпійська література, 2005.
12. Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Рішення задач по біомеханіці* – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2008. – 31 с.
13. Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Основні закони механіки* – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2009.
14. Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Біомеханіка* – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2010.
15. Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Біомеханіка спорту. Лабораторний практикум*. – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2011. – 106с.
16. Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Біомеханіка спорту* – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2011. – 161с.
17. Кичайкина, Н.Б. *Биомеханика: учебно-методическое пособие/* Н.Б. Кичайкина, И.М. Козлов, А.В. Самсонова; Санкт-Петербургский гос. ун. физической культуры им. П.Ф. Лесгафта, СПб: [б.и.], 2008. – 160 с., с ил. .
18. Попов Г. И. *Биомеханика Учебник*. М., Академия, 2013
19. Попов Г. И. , Самсонова А. В. *Биомеханика двигательной деятельности*. М., Академия, 2013.

### Допоміжна

1. Энока Р. *Основы кинезиологии*. М., Мир, 1998.
2. Годик М.А. *Контроль тренировочных нагрузок*. М., ФиС, 1980.
3. Дзяк Г.В., Чибисов В.П., Рейдерман Ю.И., Беляев В.П. и др. *Серце спортсмена – аналіз біомеханіка*: Днепропетровск, Пороги, 2002.
4. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Пасечник В.И. и др. *Биофизика*: М., 2000.
5. Кошевой А.С., Беляев В.П. *Биомеханика*, Лабораторный практикум и расчетно-графические работы., Днепропетровск, 2004.
6. Борисов Є.В., Беляєв В.П., Суриков В.Є. *Біомеханічний аналіз техніки веслових видів спорту* – Дніпропетровськ: ДДІФКіС, 2009.

# З М І С Т

ВВЕДЕННЯ.....	3
ЗБЕРЕЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА.....	6
I. УМОВИ РІВНОВАГИ ТІЛА І СИСТЕМИ ТІЛ.....	6
II. ЗБЕРЕЖЕННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ТІЛА ЛЮДИНИ....	11
III. ВИДИ СТАТИЧНИХ ПОЛОЖЕНЬ РУХИ НА МІСЦІ.....	16
РУХІ НА МІСЦІ.....	19
I. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЦМ СИСТЕМИ ПРИ ПОСТІЙНІЙ ОПОРІ.....	19
II. ФАЗОВА СТРУКТУРА РУХІВ НА МІСЦІ.....	23
III. ВИДИ РУХІВ НА МІСЦІ.....	24
ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ І КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ І ПРИСКОРЕНЬ БІОЛАНОК ПО БІОКИНЕМАТИЧНОЇ СХЕМІ ФІЗИЧНОЇ ВПРАВИ. ЛРН№ 5.....	29
ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ ТІЛА СПОРТСМЕНА. ЛРН№ 6..	34
БІОМЕХАНІЧНИЙ АНАЛІЗ РУХІВ АТЛЕТА В РИВКУ.РГР №2.....	39
ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	48
ЛІТЕРАТУРА.....	50