

Методические указания по дисциплине:
Биомеханика двигательной деятельности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

ТЕМА: Построение биокинематической схемы статической позы спортсмена.

Цель работы: Освоить методику построения биокинематической схемы статической позы спортсмена из выбранной спортивной специализации.

ХОД РАБОТЫ

1. Выбрать статическую позу из соответствующей спортивной специализации и произвести фотосъемку спортсмена в этой позе на фоне координатной стенки. Для данной лабораторной работы положение спортсмена следует выбрать фронтальным (в фас) или в профиль. Необходимо обратить особое внимание на то, что **для успешного выполнения последующих лабораторных работ настоящего курса практикума необходимо выбрать такую статическую позу, когда СПОРТСМЕН БУДЕТ ИМЕТЬ НЕ МЕНЕЕ ДВУХ ТОЧЕК ОПОРЫ.** Например, две ноги или нога и рука, или две руки (в случае стойки на руках) и т.п.

В данной лабораторной работе НЕ ДОПУСКАЕТСЯ использование статической позы с ОДНОЙ ТОЧКОЙ ОПОРЫ, например, стойка на одной ноге или на одной руке.

2. Измерить длину звеньев тела спортсмена как расстояние между центрами основных суставов ограничивающих звенья тела и полученные результаты, **измеренные в метрах,** занести в таблицу 1.1.

Длина звена «голова (шея)» измеряется как расстояние между ключичной впадиной и центром слухового прохода. При этом измерении положение туловища, шеи и головы спортсмена должно быть строго вертикальное. Для проведения данного измерения рекомендуется прибегать к помощи ассистента.

Длина туловища измеряется как расстояние между яремной впадиной и лобковым симфизом. Это расстояние измеряется, когда спортсмен находится в положении стоя и туловище расположено строго вертикально. Измерение производится линейкой имеющей длину 60 см и более.

Длину плеча и предплечья рекомендуется измерять, согнув руку в локте под прямым углом. Длина кисти измеряется от центра лучезапястного сустава до кончика наиболее выступающего пальца, обычно третьего.

Длину бедра, голени и стопы следует измерять, **ОБЯЗАТЕЛЬНО сняв обувь и поставив ногу на возвышение** около полуметра, например, на стул.

Длина ступни измеряется от крайней точки пяточного бугра до кончика наиболее выступающего пальца.

Высота стопы измеряется от центра голеностопного сустава (от лодыжки) до поверхности опоры, на которой стоит нога, вдоль перпендикуляра к опоре.

Таблица 1.1.

Исходные данные для построения биокинематической схемы статической позы спортсмена

Название звена	Длина звена $L_{зв}, (м)$
Голова (шея)	
Туловище	
Расстояние между плечевыми суставами	
Правое плечо	
Левое плечо	
Правое предплечье	
Левое предплечье	
Правая кисть	
Левая кисть	
Расстояние между тазобедренными суставами	
Правое бедро	
Левое бедро	
Правая голень	
Левая голень	
Правая стопа	
Левая стопа	
Высота правой стопы	
Высота левой стопы	

3. Построение биокинематической схемы статической позы спортсмена осуществляется на листе миллиметровой бумаги формата А4 в соответствии с фотографией и

измеренными длинами звеньев тела спортсмена в масштабе 1:10. Для этого длины отрезков всех звеньев тела следует откладывать на миллиметровой бумаге в десять раз меньше, чем реальные длины звеньев тела спортсмена в строгом соответствии с произведенными измерениями.

Биокинематическую схему следует начинать с построения линии опоры, которую следует провести горизонтально по самой жирной линии миллиметровой бумаги ближайшей к ее нижнему краю, но **не по рамке и не по краю листа** бумаги.

Далее выполняются построения опорных звеньев тела спортсмена, то есть тех звеньев тела, которые соприкасаются с поверхностью опоры, чаще всего, начиная со стопы.

Построение стопы следует начинать с построения линии подошвы стопы, на которой отмечаются точками кончик стопы и пяточный бугор в соответствии с измеренной длиной стопы $l_{ст}$. Затем полученный отрезок (подошва стопы) делится на три равные части. Через точку одной трети стопы, которая ближе к пятке, проводится перпендикуляр к подошве, и на нем откладывается высота стопы $h_{ст}$. Полученная точка является центром голеностопного сустава, и ее следует соединить отрезками с крайними точками подошвы – с пяточным бугром и с кончиком стопы (рис. 1.1.).

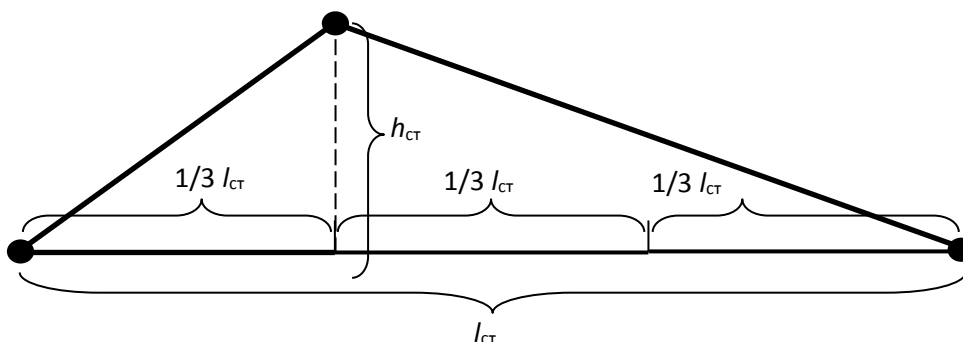


Рис. 1.1.

Дальнейшее построение биокинематической схемы продолжается по направлению снизу вверх – от стоп к голням, далее бедра и т.д.

На биокинематической схеме точками принято обозначать центры основных суставов, которые соединены прямыми отрезками, обозначающими кинематические звенья тела спортсмена.

Для построения линии туловища необходимо соединить отрезком точки центров тазобедренных суставов и найти середину этого отрезка, из которого проводится линия туловища. Верхний конец линии туловища является серединой отрезка, соединяющего

плечевые суставы. Т.е. середины отрезков соединяющих тазобедренные суставы и плечевые суставы являются на биокинематической схеме концами линии туловища.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕМА: Определение ОЦМ тела графическим способом.

Цель работы: научиться определять основные массы звеньев тела, инерционные характеристики в условиях статического положения.

ХОД РАБОТЫ

1. Длины звеньев, измеренные в лабораторной работе №1, как расстояние между центрами суставов ограничивающих звенья занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Исходные данные для определения ОЦМ спортсмена

Название звена	Относительная масса звена $M_{отн}, (\%)$	Абсолютная масса звена $M_{абс}, (кг)$	Длина звеньев $L_{зв}, (м)$	Коэффициент отстояния ЦМ звена от его проксимального эпифиза K_i	Отстояние ЦМ звена от его проксимального эпифиза $L_i, (м)$
Голова	7		—	—	—
Туловище	43			0,44	
Правое плечо	3			0,47	
Левое плечо	3			0,47	
Правое предплечье	2			0,42	
Левое предплечье	2			0,42	
Правая кисть	1			—	—
Левая кисть	1			—	—
Правое бедро	12			0,44	
Левое бедро	12			0,44	
Правая голень	5			0,42	
Левая голень	5			0,42	
Правая стопа	2			0,44	
Левая стопа	2			0,44	
Все тело	100		—	—	—

2. Опытным путем (О.Фишер, Н.А.Бернштейн) были определены средние данные о массе звеньев тела и о положении их центров масс (ЦМ). Если принять массу тела за 100%, то масса каждого звена может быть выражена в относительных единицах – в процентах –, которые называются **относительные массы**. Осредненные значения *относительных масс* звеньев тела в % приведены в таблице 2.1.

Рассчитать абсолютные массы $M_{абс}$ всех звеньев тела (кг) по формуле:

$$M_{абс} = \frac{M_T \cdot M_{отн.}}{100\%},$$

где: $M_{абс}$ - абсолютная масса звена (кг);

M_T - масса тела спортсмена (кг);

$M_{отн}$ - относительная масса звена (%).

3. Вычислить расстояние от проксимального эпифиза каждого звена до его центра масс (ЦМ) по формуле:

$$L_i = L_{зв} \cdot K_i,$$

где: $L_{зв}$ - длина звена;

K_i - коэффициент, определяющий относительное расстояние ЦМ звена от его проксимального эпифиза. Осредненные значения этого коэффициента приведены в таблице 2.1.

4. На биокинематической схеме статической позы спортсмена, которая была построена в лабораторной работе №1, используя данные таблицы 2.1. отметить положения ЦМ звеньев крестиками в соответствии с масштабом 1:10.

Центр массы звена - это воображаемая точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести всех частиц звена.

Следует учитывать что:

ЦМ кисти в расслабленном состоянии лежит в области пястно-фалангового сустава среднего пальца. ЦМ кисти в сжатом состоянии – в центре кулака.

ЦМ головы находится на мысленном пересечении взаимно перпендикулярных линий, проведенных через слуховые отверстия и через переносицу (в области турецкого седла). Для построения на биокинематической схеме ЦМ головы следует измерить расстояние от слухового отверстия до ключичной впадины и полученное расстояние отложить на схеме в соответствии с масштабом 1:10.

5. Для определения центра массы стопы необходимо:

а) высоту стопы $h_{ст}$ разделить на три равные части, и через треть ближнюю к подошве стопы провести линию параллельную подошве стопы (рис. 2.1).

б) на подошве стопы отложить от точки пяточного бугра расстояние до ЦМ стопы (величину этого расстояния следует взять из последнего столбца таблицы 2.1. для стоп). Через полученную точку провести перпендикуляр к линии стопы (рис. 2.1).

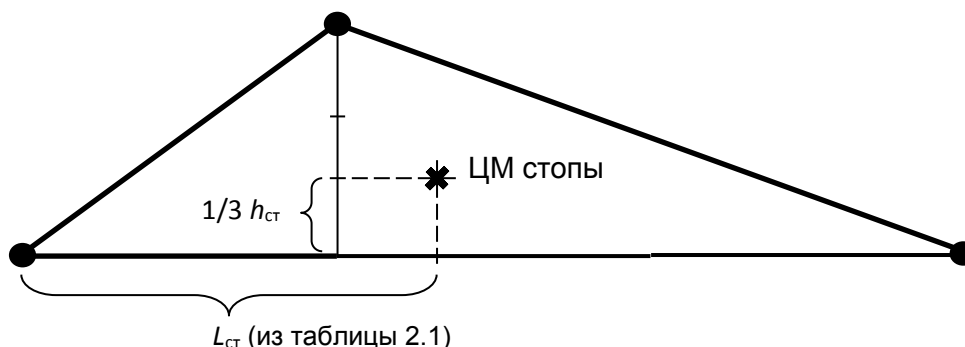


Рис. 2.1.

Точка пересечения линий построенных в соответствии с пунктами а) и б) является ЦМ стопы (рис. 2.1).

6. Отметить на биокинематической схеме около центра масс каждого звена его относительную массу в % (при этом значок **% ПИСАТЬ НЕ СЛЕДУЕТ**). Можно поставить и абсолютные значения масс звеньев в кг, но для определения общего центра масс достаточно знать лишь соотношения масс, и поэтому для простоты вычислений достаточно использовать процентные соотношения масс звеньев тела.

7. Определить положение общего центра масс тела спортсмена (точка приложения равнодействующей сил тяжести всех точек тела), используя метод нахождения ОЦМ двух тел (рис. 2.2) по формуле:

$$L_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} L$$

или

$$L_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} L$$

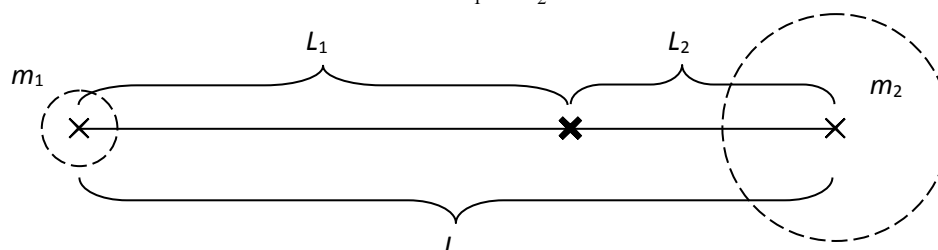


Рис. 2.1.

Маленькими крестиками на рисунке обозначены центры масс тел с массой m_1 и m_2 , а большим крестиком – общий центр масс этих обоих тел. ОЦМ двух тел лежит на линии,

соединяющей ЦМ двух тел.

Для определения точки ОЦМ тела необходимо:

- а) найти общий ЦМ кисти и предплечья;
- б) зная общий ЦМ кисти+предплечья и ЦМ плеча, найти ЦМ всей руки;
- в) аналогично найти ЦМ другой руки;
- г) зная ЦМ каждой руки, найти общий ЦМ рук;
- д) аналогично нахождению ЦМ рук, определить ЦМ ног, начиная со стопы+голень;
- е) зная положение ЦМ рук и ЦМ ног, определить ЦМ конечностей (руки+ноги);
- ё) определить общий ЦМ туловища и головы;
- ж) зная общий ЦМ туловища+голова и общий ЦМ конечностей, определить положение ОЦМ всего тела спортсмена.

Положения искомых ЦМ на биокинематической схеме следует обозначать крестиками, в отличие от положения центров суставов, которые принято обозначать точками.

Положение ОЦМ тела зависит от его позы. Поэтому при последовательном нахождении центров масс двух звеньев тела можно брать любые пары, учитывая парные конечности.

8. Отметить на чертеже ОЦМ тела спортсмена найденный графическим методом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ТЕМА: Определение ОЦМ тела аналитическим способом

Цель работы: научиться производить расчеты по определению ОЦМ тела при выполнении спортсменом физических упражнений.

ХОД РАБОТЫ

1. На биокинематической схеме статической позы спортсмена, которая была выполнена в предыдущих лабораторных работах, провести оси координат – и (рис. 3.1). Ось абсцисс (горизонтальную ось x) следует проводить по линии опоры. Ось ординат (вертикальную ось y) следует проводить по самой жирной линии миллиметровки, которая расположена ближе всех к биокинематической схеме спортсмена с левой стороны, но не пересекает ее (рис. 3.1).

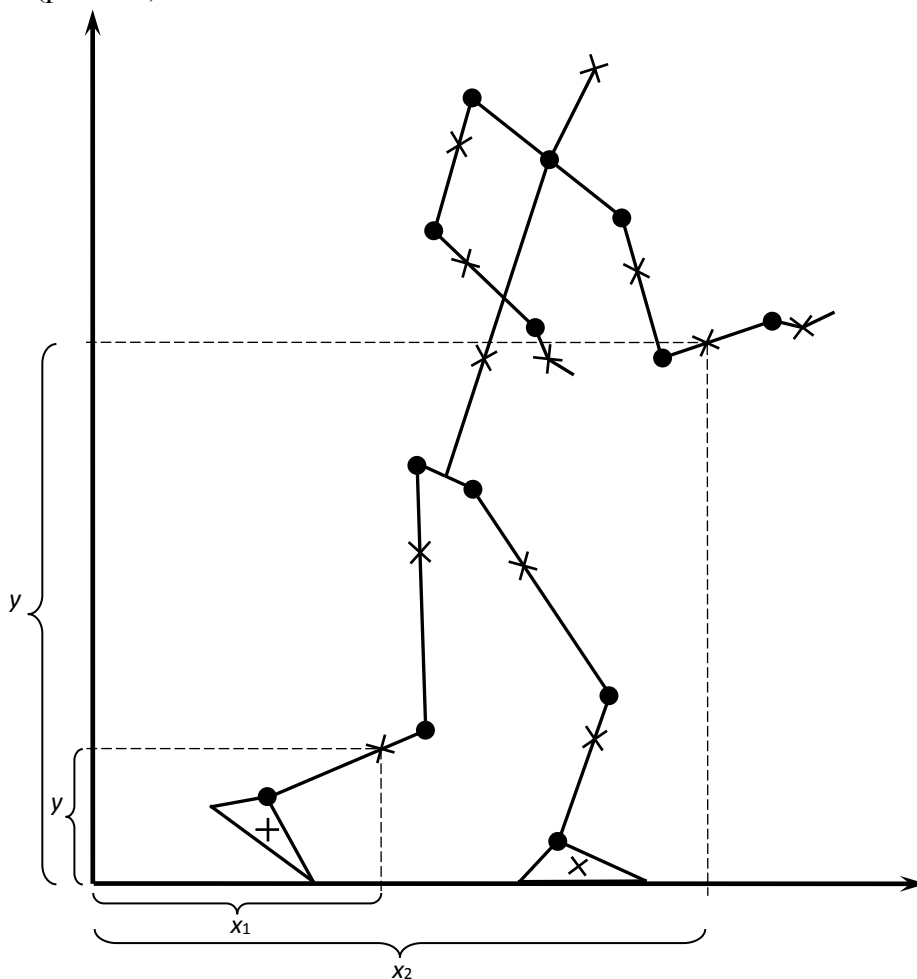


Рис. 3.1.

Определение координат центров масс звеньев тела спортсмена на биокинематической схеме статической позы. Для примера приведены координаты голени (x_1, y_1) и предплечья (x_2, y_2).

2. Измерить горизонтальную (x_i) и вертикальную (y_i) координаты ЦМ всех звеньев, значения занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1.

Координат ОЦМ звеньев тела спортсмена

Название звеньев	Абсолютная масса i -го звена m_i , (кг)	Координаты ЦМ i -го звена		Статический момент i -го звена	
		x_i (м)	y_i (м)	$s_{xi}=m_i \cdot x_i$ (кг·м)	$s_{yi}=m_i \cdot y_i$ (кг·м)
Голова					
Туловище					
Правое плечо					
Левое плечо					
Правое предплечье					
Левое предплечье					
Правая кисть					
Левая кисть					
Правое бедро					
Левое бедро					
Правая голень					
Левая голень					
Правая стопа					
Левая стопа					
Все тело	$\sum m_i =$			$\sum m_i \cdot x_i =$	$\sum m_i \cdot y_i =$

3. Вычислить значения горизонтальных и вертикальных статических моментов, относительно осей x и y , по формулам:

$$s_{xi}=m_i \cdot x_i;$$

$$s_{yi}=m_i \cdot y_i,$$

где

m_i – абсолютная масса i -го звена,

x_i – абсцисса ЦМ i -го звена (расстояние от ЦМ звена до вертикальной оси);

y_i – ордината ЦМ i -го звена (расстояние от ЦТ до горизонтальной оси).

4. Найти сумму горизонтальных и вертикальных статических моментов масс звеньев, ($S_x=\sum m_i \cdot x_i$; $S_y=\sum m_i \cdot y_i$).

5. Вычислить горизонтальную и вертикальную координаты ОЦМ тела спортсмена по формулам:

$$x = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}; \quad y = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i};$$

где: m_i – абсолютная масса i -го звена,

x_i – абсцисса ЦМ i -го звена (расстояние от ЦМ звена до вертикальной оси);

y_i – ордината ЦМ i -го звена (расстояние от ЦТ до горизонтальной оси).

x, y – координаты ОЦМ, полученные аналитически.

6. Отметить положение ОЦМ по полученным координатам на биокинематической схеме статической позы спортсмена.

7. Определить координаты ОЦМ, найденные графическим способом ($x_{гр}, y_{гр}$) в данной системе координат и вычислить абсолютную и относительную погрешность графического способа определения ОЦМ тела спортсмена по отношению к аналитическому по формулам:

$$\Delta x_{abc} = x_{ep.} - x_{ан.}; \quad \Delta y_{abc} = y_{ep.} - y_{ан.};$$

$$\Delta x_{отн.} = \frac{\Delta x_{abc}}{x_{ан.}} \cdot 100\%; \quad \Delta y_{отн.} = \frac{\Delta y_{abc}}{y_{анал.}} \cdot 100\%.$$

8. Сделать выводы о точности нахождения ОЦМ тела спортсмена.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТЕМА: Оценка устойчивости положения тела в постоянной статической позе

Цель: освоить методику определения основных характеристик устойчивости тела в статической позе.

ХОД РАБОТЫ

1. Определить длину опоры D по горизонтальной оси x , как расстояние между крайними точками опоры (рис. 4.1).
2. Соединить ОЦМ тела спортсмена найденный аналитическим методом с краями площади опоры – крайними точками опоры – и опустить перпендикуляр из ОЦМ на опору (рис. 4.1).
3. Измерить длину левого плеча опоры (d_1) и правого плеча опоры (d_2), высоту расположения ОЦМ над линией опоры (h) (рис. 4.1). Полученные результаты занести в таблицу 4.1.

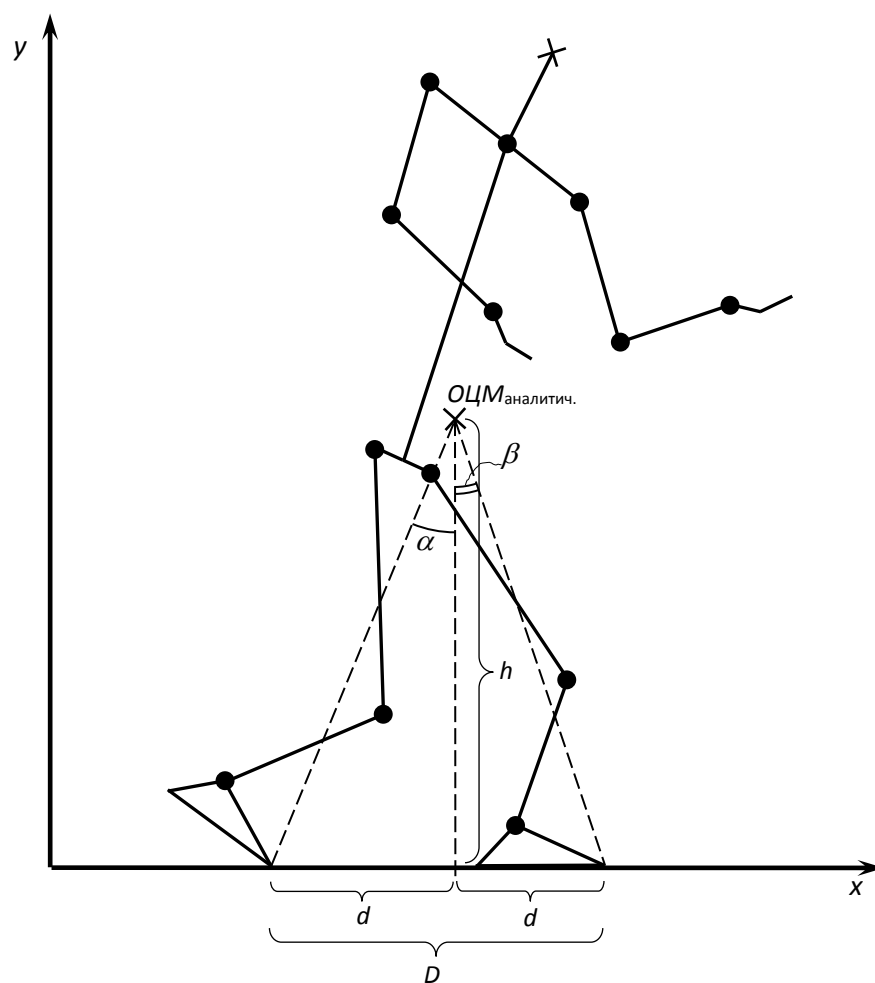


Рис. 4.1.

Таблица 4.1

Показатели устойчивости тела спортсмена

Высота ОЦМ над опорой h , (м)	Длина опоры, D , (м)	Плечи опоры		Углы устойчивости, градусы		Коэффициенты устойчивости		Оценка устойчивости
		d_1 , (м)	d_2 , (м)	α , (°)	β , (°)	вправо k_1	влево k_2	

4. Оценить устойчивость положения тела спортсмена по углам устойчивости α и β . Они образованы линией действия силы тяжести – перпендикуляр к опоре – и линией, соединяющей ОЦМ с краем площади опоры (рис. 4.1). Это граничный угол, на который можно повернуть тело до сохранения его положения (в ограничено-устойчивом равновесии). Если угол устойчивости менее 5° , то положение принято считать неустойчивым. При угле устойчивости более 5° тело находится в ограниченно устойчивом равновесии. При положении ОЦМ ниже площади опоры тело будет находиться в устойчивом равновесии.

5. Рассчитать коэффициенты устойчивости для левой и правой частей по формулам (рис. 4.1):

$$k_1 = \frac{d_1}{h};$$
$$k_2 = \frac{d_2}{h}.$$

где k_1, k_2 – коэффициенты устойчивости;
 d_1, d_2 – длины плеч опоры (вправо и влево), в м;
 h – высота ОЦМ над линией опоры, м.

Полученные результаты занести в таблицу 4.1.

Коэффициент устойчивости характеризует способность тела своей силой тяжести сопротивляться опрокидыванию в данных условиях. Когда коэффициент устойчивости больше единицы, тело не опрокинута.

6. Сделать выводы по оценке устойчивости тела спортсмена на основании полученных данных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТЕМА: Определение момента инерции тела спортсмена

Цель: освоить методику определения инерционности тела на опоре по показателям момента инерции.

ХОД РАБОТЫ

Момент инерции - это мера, характеризующая степень инертности тела при вращательных движениях, т.е. способности тела сохранять свое состояние покоя или равномерного вращательного движения. Момент инерции равен сумме произведений масс материальных точек тела на квадрат расстояния от соответствующих точек до оси вращения:

$$J_C = \sum m_i \cdot r_i^2;$$

где: J_C - момент инерции тела спортсмена относительно точки C , кг·м²;
 m_i - масса i -го звена тела, кг;
 r_i - расстояние от центра масс i -го звена до точки C , м.

1. Записать абсолютные массы звеньев тела (кг) в таблицу 1. Сумма всех абсолютных масс звеньев тела равна массе тела M .

2. Измерить расстояние от центра масс каждого звена до ОЦМ тела (мм), и записать полученные данные в соответствии с масштабом в таблицу 1.

3. Вычислить квадрат расстояний от центра масс каждого звена до левого ОЦМ тела. Полученные данные занести в таблицу 1.

4. Вычислить моменты инерции каждого звена тела спортсмена относительно ОЦМ по формуле:

$$J_i = m_i \cdot r_i^2.$$

5. Вычислить момент инерции тела спортсмена J_C относительно ОЦМ, просуммировав моменты инерции всех звеньев.

$$J_C = \sum J_i.$$

6. При выведении из равновесия (опрокидывании) центром вращения тела является одна из крайних точек опоры тела в данной статической позе. Вычислить момент инерции J_A тела спортсмена относительно левой и правой точек опоры тела по формуле:

$$J_A = J_C + M \cdot R_A^2,$$

$$J_B = J_C + M \cdot R_B^2,$$

где R_A R_B - расстояние от точки вращения A до ОЦМ и от B до ОЦМ.

7. Оценить инерционность тела, сравнив моменты инерции тела относительно крайних точек опоры тела (левой и правой) и сделать выводы.

Таблица 1

Моменты инерции звеньев тела

Название звеньев	Абсолютная масса i -го звена (m_i), кг	Расстояние от ЦМ i -го звена до ОЦМ тела (r_i), м	Квадрат расстояния от ЦМ i -го звена до ОЦМ тела (r_i^2), м ²	Момент инерции i -го звена (J_i), кг·м ²
Голова				
Туловище				
Правое плечо				
Левое плечо				
Правое предплечье				
Левое предплечье				
Правая кисть				
Левая кисть				
Правое бедро				
Левое бедро				
Правая голень				
Левая голень				
Правая стопа				
Левая стопа				
Все тело	$M = \sum m_i =$	—	—	$J_C = \sum J_i =$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Тема работы: Построение киноциклограммы спортивного движения

Цель работы: Освоить методику построения киноциклограммы по результатам видеосъемки.

Ход работы:

1. На миллиметровой бумаге построить систему координат в масштабе 1:10 (в 1 см миллиметровки соответствует 0,1 метра). Для работы необходимо использовать миллиметровую бумагу формата А2 (420 мм × 594 мм).

2. В системе координат отметить положение центров основных суставов (из таблицы координат) для первого кадра. Полученные точки соединить и получить биокинематическую схему тела спортсмена.

3. Схематично изобразить контур головы и поставить номер кадра.

4. Аналогично выполнить п.п.2, 3 для следующих кадров (всего 10 кадров).

5. Левую сторону (левую ногу и левую руку) обвести красным цветом.

6. На полученной киноциклограмме в каждом кадре отметить точки ОЦМ тела (из таблицы «ОЦМ тела»), соединить эти точки плавной кривой.

7. По киноциклограмме определить фазы спортивного движения, учитывая, что фаза амортизации начинается с момента касания спортсменом ногой опоры и заканчивается в момент прохождения ОЦМ спортсмена вертикальной линии, проходящей через кончик стопы опорной ноги (рис. 1).

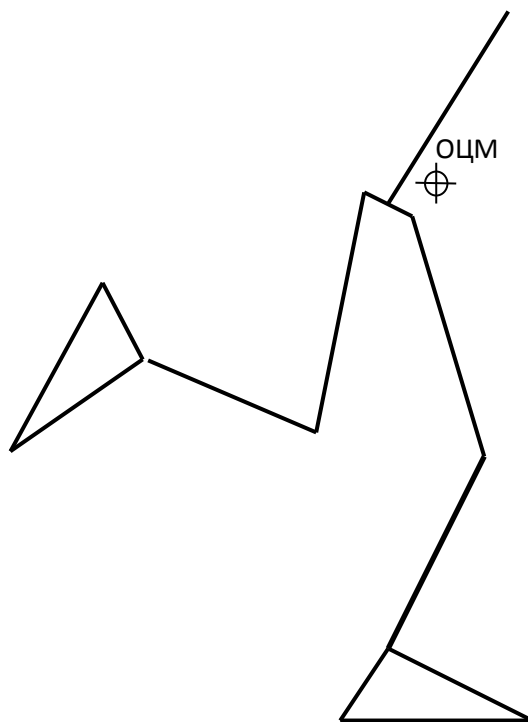


Рис. 1.

Фаза отталкивания начинается с момента окончания фазы амортизации, т.е. с момента прохождения ОЦМ спортсмена вертикальной линии проходящей через кончик стопы опорной ноги. Заканчивается фаза отталкивания в момент отрыва опорной ноги от опоры. С момента окончания фазы отталкивания начинается фаза полета. Фаза полета заканчивается в момент касания ноги спортсмена опоры. Для каждой фазы определить соответствующие номера кадров и количество кадров.

Пример:

- фаза амортизации: с кадра №_____ по кадр №_____ ; (число кадров ____);
- фаза отталкивания: с кадра №_____ по кадр №_____ ; (число кадров ____);
- фаза полета: с кадра №_____ по кадр №_____ ; (число кадров ____).

8. Определить длительность одного кадра Δt по формуле:

$$\Delta t = \frac{1}{N}, \text{ где } N - \text{ скорость видеосъемки,}$$

исходя из условия, что скорость видеосъемки N составляла 25 кадров в секунду.

9. Определить длительность каждой фазы спортивного движения по формуле:

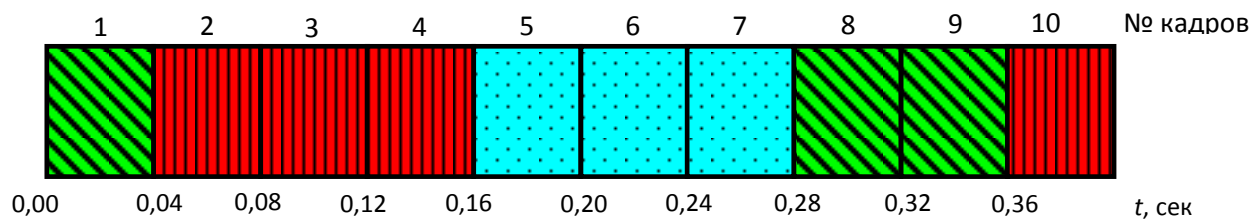
$$t_{\text{фаз}} = \Delta t \cdot n_{\text{фаз}},$$

где $n_{\text{фаз}}$ – число кадров фазы спортивного движения;

Δt – длительность одного кадра.

10. По полученным данным построить линейную хронограмму спортивного движения. В верхней части хронограммы проставить номера кадров, в нижней части – момент времени начала каждого кадра. Рядом с хронограммой написать ее легенду.

Пример:



Легенда:

 – фаза полета;  – фаза отталкивания;  – фаза амортизации.

11. Определить длительность цикла по формуле:

$$t_{\text{цикл}} = (t_{\text{аморт}} + t_{\text{отталк}} + t_{\text{полет}}) \times 2.$$

12. **Темп** – это количество спортивных движений (циклов) в единицу времени.

Определить темп спортивного движения по формуле:

$$T = \frac{1}{t_{\text{цикл}}}$$

13. **Ритм** – это соотношение длительности фаз спортивного движения к длительности всего движения (цикла).

Вычислить ритм спортивного движения по формулам:

$$R_{\text{аморт}} = \frac{t_{\text{аморт}}}{t_{\text{цикл}}}$$

$$R_{\text{отталкик}} = \frac{t_{\text{отталкик}}}{t_{\text{цикл}}}$$

$$R_{\text{полет}} = \frac{t_{\text{полет}}}{t_{\text{цикл}}}$$

14. Сделать выводы о путях совершенствования техники спортивного движения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

Тема работы: Определение скоростей и ускорений заданных точек тела спортсмена.

Цель работы: Освоить методику определения скоростей, ускорений и их составляющих для ОЦМ тела по материалам видеосъемки.

Ход работы

1. Координаты ОЦМ тела спортсмена для каждого i -го кадра (x_i , y_i) из таблицы координат (см. лабораторную работу №7) занести в таблицу №1 «Расчет скоростей и ускорений ОЦМ тела» (колонка 3 и 8 соответственно).

Таблица № 1.

РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ И УСКОРЕНИЙ ОЦМ ТЕЛА

№ ка дра, i	t_i , с	x_i , м	Δx_i , м	v_{xi} , м/с	Δv_{xi} , м/с	a_{xi} , м/с ²	y_i , м	Δy_i , м	v_{yi} , м/с	Δv_{yi} , м/с	a_{yi} , м/с ²	v_i , м/с	a_i , м/с ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

2. Рассчитать время начала каждого i -го кадра t_i по формуле:

$$t_i = (i - 1) \cdot \Delta t,$$

где

i – номер кадра;

Δt – длительность одного кадра (для видеосъемки со скоростью 25 кадров в секунду $\Delta t = 0,04$ с).

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонка 2).

3 Для каждого i -го кадра вычислить изменение координат ОЦМ тела Δx_i и Δy_i по формулам:

$$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$$

$$\Delta y_i = y_i - y_{i-1}$$

где

x_i и y_i – координаты ОЦМ тела спортсмена для i -го кадра;

x_{i-1} и y_{i-1} – координаты ОЦМ тела спортсмена для предыдущего кадра (номер кадра на единицу меньше: $i - 1$).

Δx_i и Δy_i – изменение координат x_i , y_i для i -го кадра.

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонки 4, 9 соответственно).

4. Для каждого i -го кадра вычислить горизонтальную и вертикальную проекции средней скорости ОЦМ тела спортсмена v_{xi} и v_{yi} по формулам:

$$v_{xi} = \frac{\Delta x_i}{\Delta t} = \frac{\Delta x_i}{0,04}$$

$$v_{yi} = \frac{\Delta y_i}{\Delta t} = \frac{\Delta y_i}{0,04}$$

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонки 5, 10 соответственно).

5. Для каждого i -го кадра вычислить изменение горизонтальной и вертикальной проекции средней скорости ОЦМ тела спортсмена Δv_{xi} и Δv_{yi} по формулам:

$$\Delta v_{xi} = v_{xi} - v_{xi-1}$$

$$\Delta v_{yi} = v_{yi} - v_{yi-1}$$

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонки 6, 11 соответственно).

6. Для каждого i -го кадра вычислить горизонтальную и вертикальную проекции среднего ускорения ОЦМ тела спортсмена a_{xi} и a_{yi} по формулам:

$$a_{xi} = \frac{\Delta v_{xi}}{\Delta t} = \frac{\Delta v_{xi}}{0,04}$$

$$a_{yi} = \frac{\Delta v_{yi}}{\Delta t}$$

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонки 7, 12 соответственно).

7. Для каждого i -го кадра вычислить значения средней скорости и ускорения ОЦМ тела спортсмена v_i и a_i соответственно по формулам:

$$v_i = \sqrt{v_{xi}^2 + v_{yi}^2}$$

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

Полученные результаты занести в таблицу №1 (колонки 13, 14 соответственно).

8. По данным таблицы № 1 построить графики координат, проекций и полных значений средних скоростей и средних ускорений ОЦМ тела спортсмена в зависимости от времени и номера кадра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Тема работы: Анализ угловых характеристик спортивного движения

Цель работы: Освоить методику определения угловых пространственно-временных характеристик по изменению величины угла в суставах.

ХОД РАБОТЫ

1. Для каждого построенного кадра киноциклограммы измерить угол в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах, угол между подошвой стопы и опорой (углы измерить для правой части тела). Полученные результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Углы основных суставов

Угол суставов	Номер кадра, i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha_{\text{т.с.}}^{\circ}$										
$\alpha_{\text{к.с.}}^{\circ}$										
$\alpha_{\text{г.с.}}^{\circ}$										
$\alpha_{\text{ст.}}^{\circ}$										
$\alpha_{\text{т.с.}}^{\circ} / \alpha_{\text{к.с.}}^{\circ}$										

2. По полученным результатам построить графики изменения углов в суставах в зависимости от времени.

3. Определить изменение величины углов суставов (тазобедренного, коленного, голеностопного и стопы к опоре) по формуле:

$$\Delta \alpha_i^{\circ} = \alpha_i^{\circ} - \alpha_{i-1}^{\circ}$$

Полученные результаты занести в таблицу №2.

Расчет угловых скоростей основных суставов.

Угол суставов		Номер кадра, i									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тазобедрен.	$\Delta\alpha_i^\circ$										
	ω_i , °/с										
	ω_i , с ⁻¹										
Коленный	$\Delta\alpha_i^\circ$										
	ω_i , °/с										
	ω_i , с ⁻¹										
Голеностоп.	$\Delta\alpha_i^\circ$										
	ω_i , °/с										
	ω_i , с ⁻¹										

4. Вычислить угловые скорости суставов по формуле:

$$\omega_i^{\circ/c} = \frac{\Delta\alpha_i^\circ}{\Delta t}$$

Полученные результаты занести в таблицу №2.

5. Пересчитать значение угловой скорости из размерности [°/с] в размерность [с⁻¹] по формуле:

$$\omega_i^{c^{-1}} = \omega_i^{\circ/c} \cdot \frac{2\pi}{360^\circ} \approx 0.0175 \cdot \omega_i^{\circ/c}$$

Полученные результаты занести в таблицу №2.

6. Построить графики угловых скоростей в суставах.

7. Сделать выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

Тема: Определение энергетически-мощностных характеристик спортивного движения.

Цель работы: Освоить методику определения затрачиваемой работы и мощности при выполнении спортивного движения.

ХОД РАБОТЫ

1. По результатам предыдущей лабораторной работы (№ 7) занести в таблицу расчета мощностных характеристик среднюю скорость движения ОЦМ тела для каждого кадра.

Таблица №1

Расчет мощностных характеристик.

№ кадра, <i>i</i>	t_i , <i>c</i>	v_i , <i>м/с</i>	$(v_i)^2$, <i>(м/с)²</i>	T_i , <i>кДж</i>	ΔT_i , <i>кДж</i>	N_i , <i>кВт</i>	$N_i^{лс}$, <i>л.с.</i>
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

где

v_i – средняя результирующая скорость ОЦМ тела спортсмена для i -го кадра (м/с);

T_i – средняя кинетическая энергия поступательной составляющей движения тела спортсмена (кДж);

ΔT_i – изменение средней кинетической энергии поступательной составляющей движения тела спортсмена (кДж);

N_i – средняя мощность для i -го кадра, развиваемая спортсменом при выполнении спортивного движения, измеряемая в киловаттах (кВт);

$N_i^{лс}$ – средняя мощность для i -го кадра, развиваемая спортсменом при выполнении спортивного движения, измеряемая в лошадиных силах (л.с.).

2. Определить среднюю кинетическую энергию поступательной составляющей движения тела спортсмена T_i в кДж по формуле:

$$T_i = \frac{M_{\text{тела}} \cdot v_i^2}{2 \cdot 1000}$$

где $M_{\text{тела}}$ – масса тела спортсмена в килограммах (кг).

Полученные результаты занести в таблицу №1.

3. Вычислить изменение средней кинетической энергии поступательной составляющей движения тела спортсмена ΔT_i по формуле:

$$\Delta T_i = T_i - T_{i-1}$$

Полученные результаты занести в таблицу №1.

4. Вычислить среднюю мощность для i -го кадра, развиваемую спортсменом при выполнении спортивного движения N_i по формуле:

$$N_i = \frac{\Delta T_i}{\Delta t} = \frac{\Delta T_i}{0,04}$$

Полученные результаты занести в таблицу №1.

5. Перевести единицы измерения мощности из κBm в лошадиные силы по формуле

$$N_i^{лс} = 1,36 \cdot N_i$$

Полученные результаты занести в таблицу №1.

—

6. Построить график зависимости средней мощности, развиваемой спортсменом при выполнении спортивного движения, от времени t .

7. Сделать вывод о характере изменения средней мощности, развиваемой спортсменом при выполнении спортивного движения, в соответствии с фазами спортивного движения.