

БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. ИММАНУИЛА КАНТА

Н. С. Никитин, Д. И. Воронин

БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ:
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие

Издательство
Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
2023

УДК 612.76(0758)
ББК 75:74.00
Н624

Рецензенты

К. А. Амиров, канд. физ.-мат. наук, зам. начальника отдела разработки ускорительно-накопительного комплекса Управления по созданию исследовательской установки «СИЛА» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»;

П. Б. Торопов, канд. пед. наук, доц. БФУ им. И. Канта

Никитин, Н. С.

Н624 Биомеханика двигательных действий: практические работы : учебно-методическое пособие / Н. С. Никитин, Д. И. Воронин. — Калининград : Издательство БФУ им. И. Канта, 2023. — 41 с.
ISBN 978-5-9971-0794-9

Представлены лабораторные и самостоятельные работы, основанные на многолетнем опыте преподавания курса «Биомеханика» в соответствии с существующими стандартами образования и учебными программами. Предназначено для студентов направления подготовки 49.03.01 «Физическая культура».

Предназначено для организации самостоятельной работы обучающихся, что позволит повысить результативность образовательного процесса. Основная цель выполнения учебно-исследовательских и самостоятельных работ по биомеханике — помочь студентам приобрести практические навыки в системном анализе физических упражнений.

УДК 612.76 (0758)
ББК 75:74.00

ISBN 978-5-9971-0794-9

© Никитин Н. С., Воронин Д. И., 2023
© БФУ им. И. Канта, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1 «Определение общего центра тяжести графическим способом».....	5
Лабораторная работа №2 «Определение общего центра тяжести тела человека аналитическим способом».....	13
Лабораторная работа №3 «Определение кинематических характеристик по промеру»	15
Лабораторная работа №4 «Построение и анализ графиков кинематических характеристик двигательного действия».....	18
Лабораторная работа №5 «Анализ двигательного действия в избранном виде спорта по кинематическим и динамическим характеристикам»	20
Контрольная работа №1 «Биомеханика опорно-двигательного аппарата (ОДА)»	21
Контрольная работа №2 «Биомеханические характеристики тела человека и его движений»	26
Контрольная работа №3 «Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата».....	29
Контрольная работа №4 «Биомеханические закономерности гимнастических упражнений».....	30
Контрольная работа №5 «Локомоторные движения»	33
Контрольная работа №6 «Опорные понятия биомеханики спортивного плавания».....	37
Контрольная работа №7 «Перемещающие движения»	39
Список рекомендуемой литературы	41

ВВЕДЕНИЕ

Биомеханика — это наука, изучающая механические явления в живых системах. К этим явлениям относятся и движения человека.

Биомеханика спорта изучает движения человека в процессе физических упражнений. Одна из основных задач биомеханики спорта — совершенствование движений спортсмена, спортивной техники. Цель биомеханики — объединить механические и биологические знания о движениях человека для установления основных закономерностей формирования и развития двигательной деятельности. В движениях человека биомеханика изучает особенности перемещения в пространстве и во времени, особенности сохранений положений тела при двигательных действиях, а также механические и биологические причины возникновения движений, способы и особенности выполнения движений в различных условиях и их эффективность. Биомеханика позволяет понять общие закономерности построения и управления движениями, выявить причины двигательных ошибок и отыскать пути их устранения, конструировать технику спортивных движений.

Основная цель выполнения учебно-исследовательских и самостоятельных работ по биомеханике — помочь студентам приобрести практические навыки в системном анализе физических упражнений.

Работа с данным сборником предусматривает:

- расчет биомеханических характеристик;
- анализ связей биомеханических характеристик в целостной системе движений;
- биомеханическую и педагогическую оценку упражнений;
- выполнение комплекса заданий для самостоятельной работы с целью более глубокого изучения дисциплины и закрепления основных знаний по биомеханике.

При выполнении учебно-исследовательских работ следует помнить, что производимые в них расчеты не являются самоцелью, а должны служить средством анализа движений и их общей оценки. Поэтому окончательным итогом работы должны быть выводы, основанные на результатах расчетов биомеханических характеристик и анализе их взаимосвязей.

Лабораторная работа № 1

Определение общего центра тяжести графическим способом

Задачи: 1) рассмотреть основные характеристики поступательного движения; масса, вес, сила; их определения, способы вычисления и единицы измерения;

2) научиться определять положения центров тяжести звеньев тела человека;

3) определить положение общего центра тяжести (ОЦТ) тела человека по заданной позе путем сложения параллельных сил тяжести.

Теоретические сведения. При выполнении многих физических упражнений и спортивных движений человеку необходимо сохранять неподвижное положение тела: например: как исходное (стартовое) положение; как промежуточное (всевозможные висы, упоры, стойки в гимнастике); как конечное (фиксация штанги на вытянутых руках). При этом тело человека как биомеханическая система находится в равновесии, степень устойчивости которого характеризует положение ОЦТ тела спортсмена. Другими словами, по положению ОЦТ тела оценивают различные статические положения.

Чтобы раскрыть причины изменения движений, механизм движений, используют динамические характеристики. К ним относят инерционные характеристики (особенности самих движущихся тел) и силовые (особенности взаимодействия тел). От инерционных характеристик зависит сохранение и изменение скорости. Все физические тела обладают свойством инертности (или инерции), которое проявляется в сохранение движения, а также в особенности его изменения под действием сил. Мерой инертности тела при поступательном движении является его масса. Для решения ряда задач необходимо знать, какова величина массы тела, так как она характеризует, как именно приложенная сила может изменить движение тела.

Масса — это мера инертности при поступательном движении. Она изменяется отношением приложенной силы F к вызываемому ею ускорению a и измеряется в килограммах: $m = F/a$, кг.

По закону всемирного тяготения, все тела на Земле испытывают силу ее притяжения, которая направлена к центру Земли и называется силой тяжести. По величине сила тяжести равна массе тела, помноженной на ускорение сводного падения.

Сила тяжести тела — это мера его притяжения к Земле (с вычетом влияния вращения земли). Измеряется в ньютонах: $G = mg$, Н.

Когда тело покоится на опоре (или подвешено), сила тяжести, приложенная к телу, прижимает его к опоре (или отрывает от подвеса). Это действие тела на опору измеряется весом тела P .

Вес тела (статический) — это мера воздействия в покое на покоящуюся же опору (подвес), препятствующую его падению. Он равен произведению массы тела m на ускорение свободного падения g и измеряется в ньютонах: $P = mg, Н$.

Сила тяжести и вес тела не одна и та же сила. Вес тела приложен к опоре, а сила тяжести к телу.

Мерой механического воздействия одного тела на другое является сила. Сила, приложенная к телу, вызывает изменение его механического состояния. Если изменение механического состояния тела выражается в изменении скорости, то говорят о динамическом действии силы. Статическое механическое воздействие выражается в деформации тел.

Сила — это мера механического воздействия одного тела на другое в данный момент времени. Численно она определяется произведением массы тела на его ускорение, вызванное данной силой, и измеряется в ньютонах: $F = ma, Н$.

Сила — величина векторная. Силы как векторы можно складывать, вычитать, умножать. На рисунке 1 сложите вектор F_1 и F_2 , F_3 и F_4 , F_5 и F_6 .

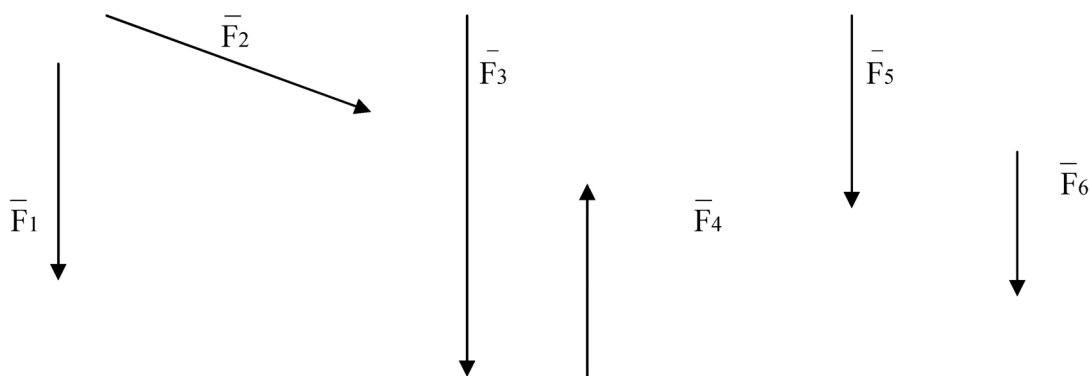


Рис. 1

Чаще всего говорят о силе и результате ее действия применительно только к простейшему поступательному движению тела. Все движения частей тела человека — вращательные, для их описания вводится понятие момента силы M .

Момент силы — это мера вращательного действия силы на плечо. Он определяется произведением силы на ее плечо d : $M = Fd, Нм$.

Плечо силы — это расстояние от центра момента (точки, относительно которой определяется момент силы) до линии действия силы. Та-

ким образом, плечо силы — это перпендикуляр, опущенный из точки, через которую проходит ось вращения, на линию действия силы. На рисунке 2 схематично изобразите руку, нарисуйте линии действия сил тяжести звеньев и тяги мышц, обозначьте точки вращения звеньев и определите плечи сил.

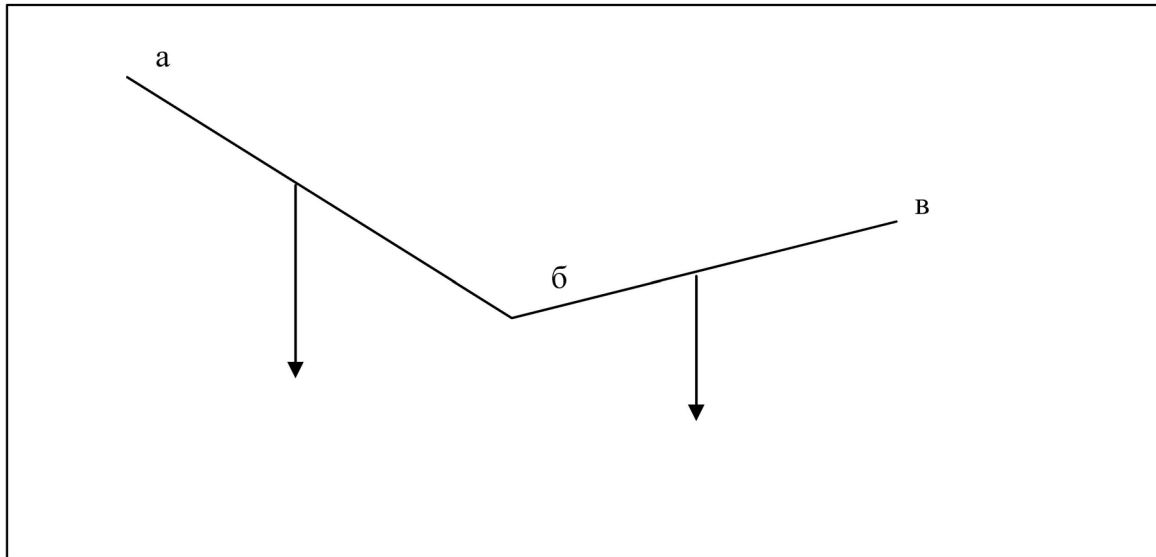


Рис. 2

Тело человека это — система подвижно соединенных звеньев. На каждое звено тела человека действует сила тяжести звена, направленная вертикально вниз. Если силы тяжести звеньев обозначить соответственно G_1, G_2, \dots, G_n , то равнодействующая этих параллельных сил $G_{\text{тела}}$ и модуль (величина) этой силы будут равны

$$G_{\text{тела}} = G_1 + G_2 + \dots + G_n = \sum_{i=1}^n G_i$$

При любом повороте тела силы остаются приложенными в одних и тех же точках звеньев и сохраняют свое вертикальное направление, оставаясь параллельными друг другу. Следовательно, и равнодействующая сил тяжести звеньев тела будет при любых положениях тела проходить через одну и ту же точку тела.

Точка, через которую проходит линия действия равнодействующей элементарных сил элементарных сила тяжести при любом повороте тела в пространстве, являясь центром параллельных сил тяжести, называется ОЦТ твердого тела.

Так как тело человека не является неизменным твердым телом, а представляет собой систему подвижных звеньев, то положение ОЦТ будет

определяться главным образом позой человека и изменяться с изменением позы. Говоря об ОЦТ тела человека, следует иметь в виду не геометрическую точку, а некоторую область пространства, в которой эта точка перемещается. Это перемещение обусловлено процессами дыхания, кровообращения, пищеварения, мышечного тонуса и т. д., то есть процессами, приводящими к постоянному смещению ОЦТ тела человека. Ориентировочно можно считать, что диаметр сферы, внутри которой происходит перемещение ОЦТ, в спокойном состоянии составляет 10—20 мм. В процессе движения смещение ОЦТ может значительно увеличиваться и этим оказывать влияние на технику выполнения упражнений.

ОЦТ всего тела — это воображаемая точка, к которой приложена равнодействующая сил тяжести всех звеньев тела. При основной стойке он расположен в области малого таза, впереди от крестца.

Опытным путем были определены средние данные о весе звеньев тела и положении их центров тяжести (ЦТ) (табл. 1). Если принять вес тела за 100 %, то вес каждого звена может быть выражен в относительных единицах (%). При выполнении расчетов необязательно знать вес всего тела и каждого его звена в абсолютных единицах. Центр тяжести звена определяют по расстоянию от него до оси проксимального сустава — по радиусу центра тяжести. Его выражают относительно длины всего звена, принятой за единицу, считая от проксимального сочленения. Зная вес звеньев и радиусы центров тяжести, можно приближенно определить положение ОЦТ всего тела.

Таблица 1

Средние данные о весе звеньев и положении их центров тяжести

Наименование звеньев тела	Относительный вес звеньев тела, %	Относительное значение расстояния от проксимального конца звена до центра тяжести этого звена
Голова	7	—
Туловище	43	0,44
Плечо	3	0,47
Предплечье	2	0,42
Кисть	1	—
Бедро	12	0,44
Голень	5	0,42
Стопа	2	0,44

Примечание: центр тяжести головы находится над верхним краем наружного слухового отверстия; центр тяжести кисти находится в пястно-фаланговом суставе третьего пальца.

Определение центра тяжести звеньев тела человека. Графический способ определения ОЦТ основан на сложении параллельных сил тяжести звеньев тела. Центры тяжести головы и туловища определяют по анатомическим ориентирам. Для определения местоположения ЦТ остальных звеньев пользуются данными радиусов центров тяжести (**k**), значения которых представлены в таблице 1. Для этого необходимо длину звена (**l**) умножить на соответствующее значение радиуса центра тяжести: $x = l \cdot k$. Полученный результат отложить от проксимального сустава. Например, для определения ЦТ плеча (рис. 3) следует длину звена **аб** умножить на 0,47 ($k = 0,47$): $x = \text{аб} \cdot 0,47$. Полученный результат отложить от точки **а**; находим ЦТ плеча.

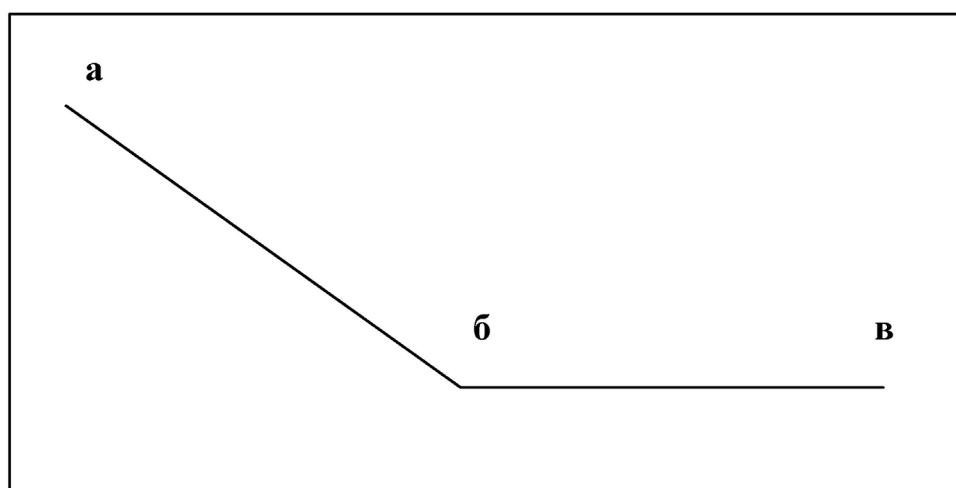


Рис. 3

Для определения ЦТ двух звеньев (например, плеча и предплечья — рис. 4) необходимо предварительно найти ЦТ каждого звена и воспользоваться значением их относительных весов (табл. 1). Место положения ЦТ звеньев определяем по формуле $x = l \cdot k$ (1). Другими словами, нам необходимо найти точку приложения равнодействующей двух параллельных сил тяжести плеча и предплечья. Для того чтобы определить место положения ЦТ двух звеньев, следует длину отрезка, соединяющего ЦТ этих звеньев (**l***), разделить на сумму их относительных весов (**P₁ + P₂**), умножить на относительный вес одного из звеньев (**P₂**), затем отложить полученный результат (**x***) от ЦТ другого звена:

$$x^* = \frac{l^*}{(P_1 + P_2)} \cdot P_2 \quad (2)$$

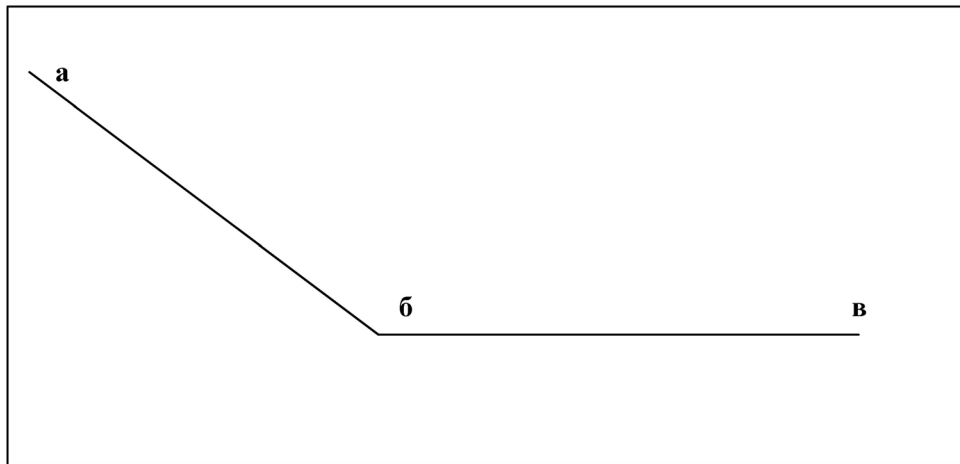


Рис. 4

Определение ОЦТ тела человека по заданной позе. Для определения ОЦТ всего тела пользуются данными значений радиусов центров тяжести (**k**) и относительных весов (**P**) звеньев (табл. 1). Считаем, что поза задана (рис. 5) (буквами обозначены центры суставов).

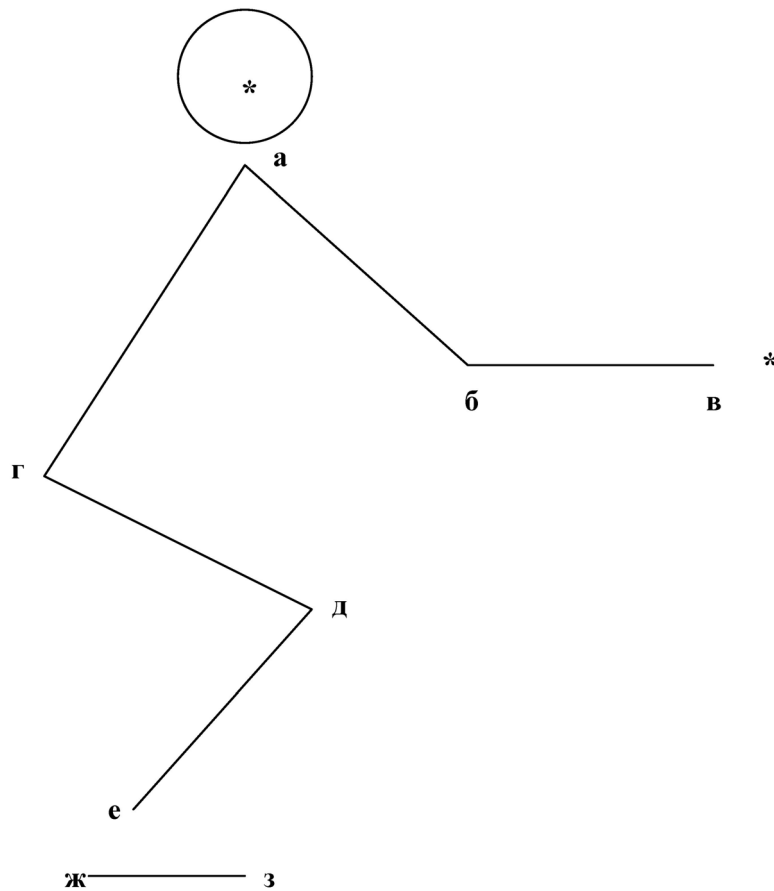


Рис. 5

Чтобы определить ЦТ каждого звена, используем формулу (1), получим:

$$X_{\text{плеча}} = \text{аб} \cdot 0,47 =$$

$$X_{\text{предплечья}} = \text{бв} \cdot 0,42 =$$

$$X_{\text{туловища}} = \text{аг} \cdot 0,44 =$$

$$X_{\text{бедра}} = \text{гд} \cdot 0,44 =$$

$$X_{\text{голени}} = \text{де} \cdot 0,42 =$$

$$X_{\text{стопы}} = \text{жз} \cdot 0,44 =$$

Отложим полученные результаты на соответствующих звеньях и обозначим центры тяжести крестиками и заглавными буквами **А** (ЦТ плеча), **Б** (ЦТ предплечья), **В** (ЦТ кисти), **Г** (ЦТ головы), **Д** (ЦТ туловища), **Е** (ЦТ бедра), **Ж** (ЦТ голени), **З** (ЦТ стопы).

Затем находим общий ЦТ двух звеньев — плеча и предплечья — по формуле (2):

$$X \cdot \text{пл} + \text{пр} = \frac{\text{АБ}}{3 + 2} \cdot 2 =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ плеча и обозначим ЦТ плеча и предплечья крестиком и заглавной буквой **И**. Далее найдем ЦТ всей руки. Для этого соединим точку **И** с ЦТ кисти (точка **В**). На полученном отрезке **ИВ** будет находиться ЦТ всей руки. Определим его, используя формулу (2). Относительный вес первого звена (**P₁**) будет состоять из относительных весов плеча (3 %) и предплечья (2 %), **P₂** будет вес кисти (1 %):

$$X \cdot \text{руки} = \frac{\text{ИВ}}{(3 + 2) + 1} \cdot 1 =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ плеча и предплечья (точка **И**) и обозначим ЦТ всей руки крестиком и заглавной буквой **К**.

Также последовательно суммируем вес звеньев ноги:

$$X \cdot \text{гол} + \text{бедр} = \frac{\text{ЕЖ}}{12 + 5} \cdot 5 =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ бедра (точка **Е**) и обозначим ЦТ бедра и голени крестиком и заглавной буквой **Л**.

Определим ЦТ всей ноги, используя формулу (2), относительный вес первого звена (**P₁**) будет состоять из относительных весов бедра (12 %) и голени (5 %), **P₂** будет вес стопы:

$$X \cdot \text{ноги} = \frac{\text{ЛЗ}}{(12 + 5) + 2} \cdot 2 =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ бедра и голени (точка **Л**) и обозначим ЦТ всей ноги крестиком и заглавной буквой **М**.

Соединим отрезком ЦТ руки (точка **К**) и ЦТ ноги (точка **М**). Используя формулу (2), находим ОЦТ руки и ноги, относительный вес **P₁** будет вес всей ноги (вес бедра + вес голени + вес стопы), а **P₂** — вес всей руки (вес плеча + вес предплечья + вес кисти):

$$X \cdot \text{руки} + \text{ноги} = \frac{\text{МК}}{(12 + 5 + 2) + (3 + 2 + 1)} \cdot (3 + 2 + 1) =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ всей ноги (точка **М**) и обозначим ЦТ руки и ноги крестиком и заглавной буквой **Н**.

Соединим отрезком ЦТ головы (точка **Г**) и ЦТ туловища (точка **Д**). Определяем ОЦТ туловища и головы, используя формулу (2), относительный вес **P₁** будет вес туловища (43 %), а **P₂** — вес головы (7 %):

$$X \cdot \text{тул} + \text{гол} = \frac{\text{ДГ}}{43 + 7} \cdot 7 =$$

Отложим полученное расстояние от ЦТ туловища и обозначим ЦТ туловища и головы крестиком и заглавной буквой **О**.

Если положение симметричное, то значит ЦТ обеих рук располагается одинаково, так же, как ног. Определяя ОЦТ человека, нельзя забывать удвоить относительный вес конечностей.

Определив положение ОЦТ головы и туловища (50 % веса тела), а также всех конечностей (другая половина веса тела), соединяем ОЦТ головы и туловища (точка **О**) и ОЦТ рук и ног (точка **Н**) отрезком **ОН**, который делим пополам. В этой точке и расположен ОЦТ всего тела (точка **П**).

Лабораторная работа № 2

Определение ОЦТ тела человека аналитическим способом

Задачи: 1) рассмотреть основные характеристики вращательного движения: момент силы, плечо силы;

2) научиться находить плечо силы по заданному чертежу, вычислять моменты силы, приложенные к рычагу;

3) определить положение ОЦТ тела человека по заданной позе сложением моментов сил тяжести звеньев.

Аналитический способ определения ОЦТ основан на сложении моментов сил тяжести по теореме Вариньона: *«Сумма моментов сил относительно любого центра равна моменту суммы этих сил (или равнодействующей) относительно того же центра».*

Считаем, что поза задана, а также определены ЦТ всех звеньев и известны их относительные веса. Произвольно выбираем центр (точка O), относительно которого будем определять моменты сил тяжести. Эту точку можно поставить где угодно, но удобнее поместить ее внизу, слева от чертежа, чтобы все моменты были положительными. Проводим из этой точки взаимно перпендикулярные оси OX и OY . Далее определяем момент тяжести звеньев тела. Так как силы тяжести направлены вертикально вниз, то кратчайшим расстоянием между точкой O и линией действия силы тяжести, например стопы, будет отрезок OX_1 , то есть X — координата ЦТ стопы. По определению, кратчайшее расстояние между центром момента и линией действия силы является плечом этой силы. Значит, можно считать, что момент силы тяжести относительно точки O по оси X : $M_{ст} = P_i \cdot O_i$. Таким же образом можно определить моменты сил тяжести остальных звеньев, которые равны произведению относительного веса (P_i) звена на x -координату ЦТ данного звена. В общем виде формула будет иметь вид:

$$M_{звена} = P_{звена} \cdot X_{звена}$$

Теперь запишем сумму этих моментов сил по теореме Вариньона:

$$P_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot X_2 + \dots + P_n \cdot X_n = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) \cdot X_0,$$

$$\text{или } \Sigma P_i X_i = (\Sigma P_i) \cdot X_0. \quad (1)$$

В левой части уравнения — сумма моментов сил тяжести всех звеньев тела относительно O по оси X , а в правой — момент их равнодействующей

ΣP_i . Из всех величин уравнения неизвестно лишь значение X_0 , которое является X-координатой приложения равнодействующей силы ΣP_i , то есть X-координатой ОЦТ:

$$X_0 = \frac{\Sigma P_i X_i}{\Sigma P_i}.$$

Таким же образом, подставляя в уравнение (1) вместо координат X ЦТ звеньев их координаты Y, находим координату Y_0 ОЦТ всего тела:

$$Y_0 = \frac{\Sigma P_i Y_i}{\Sigma P_i}.$$

Определив координаты точки, легко найти ее местоположение проведя две взаимно перпендикулярные линии из точек X_0 и Y_0 , на их пересечении будет находиться точка ОЦТ человека. *Заполните таблицу 2 и определите ОЦТ по заданной позе.*

Таблица 2

Часть тела	Относительный вес звена, % (P_i)	Абцисса ЦТ звена (X), мм	$P_i \cdot X_i$	Ордината ЦТ звена (Y), мм	$P_i \cdot Y_i$
Голова	7				
Туловище	43				
Плечо правое	3				
Плечо левое	3				
Предплечье прав.	2				
Предплечье левое	2				
Кисть правая	1				
Кисть левая	1				
Бедро правое	12				
Бедро левое	12				
Голень правая	5				
Голень левая	5				
Стопа правая	2				
Стопа левая	2				
Σ	100	—		—	

$$X_0 = \frac{\Sigma P_i X_i}{\Sigma P_i} =$$

$$Y_0 = \frac{\Sigma P_i Y_i}{\Sigma P_i}$$

Лабораторная работа № 3

Определение кинематических характеристик по промеру

Задачи: 1) рассмотреть основные кинематические характеристики, их определения, способы вычисления и единицы измерения;

2) ознакомиться с промером, его определением, выбором и установкой масштаба, подготовкой материалов и зарисовкой промера;

3) научиться находить координаты точек промера с учетом масштаба, перемещения, временных интервалов;

4) построить таблицу координат характерных точек предложенного промера физического упражнения.

Теоретические сведения. Кинематические характеристики раскрывают форму и характер движения, они описывают движения в пространстве и во времени. Различают *пространственные, временные и пространственно-временные* характеристики.

К *пространственным* относят координаты, перемещения и траектории.

Координаты точки — это пространственная мера местоположения точки. Местоположение точки определяют, измеряя, например, ее линейные координаты: S_x , S_y , S_z , в метрах (м). Положение точки на линии определяют одной координатой, на плоскости — двумя, в пространстве — тремя. Положение тела в пространстве можно определить по координатам трех точек (не лежащих на одной прямой). Положение системы тел определяют по положению каждого звена в пространстве. Здесь удобно пользоваться угловыми координатами (суставные углы).

Перемещение тела (ΔS) — это пространственная мера изменения местоположения точки. Перемещения (линейное) определяют, измеряя разность координат в момент начала и окончания движения: $\Delta S = S_{\text{кон}} - S_{\text{нач}}$ (единицы измерения — метры). Перемещение тела (линейное) в поступательном движении можно определить по линейному перемещению любой его точки. При вращательном движении определяют угловое перемещение тела ($\Delta \varphi$), его находят по разности угловых координат: $\Delta \varphi = \varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}$ (единицы измерения — градусы).

Траектория движения точки — это пространственная мера движения (воображаемый след движущейся точки). Траекторию определяют, устанавливая ее длину, кривизну и ориентацию в пространстве. Путь точки в прямолинейном движении равен расстоянию от исходного до конечного положения. Путь точки в прямолинейном движении равен длине кривой линии от начального до конечного положения.

Временные характеристики раскрывают движение во времени: когда оно началось и когда закончилось (момент времени), как долго длилось (длительность движения), как часто выполнялось (темп), как они были построены во времени (ритм).

Момент времени (t) — временная мера положения точки тела и системы. Момент времени определяют промежутком времени до него от начала отсчета и измеряют в секундах (с).

Длительность движения (Δt) — это его временная мера, которая измеряется разностью моментов времени окончания и начала движения: $\Delta t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}$ (в секундах). Темп движений (N) — это временная мера их повторности. Он измеряется количеством движений, повторяющихся в единицу времени: $N = 1/\Delta t$ (единицы измерения — c^{-1}).

Ритм движений — временная мера соотношения частей движений. Он определяется по соотношению длительности частей движения: $\Delta t_1 : \Delta t_2 : \Delta t_3$, является безразмерной величиной. Ритм движений характеризует, например, отношение времени опоры к времени полета в беге.

По *пространственно-временным* характеристикам определяют, как изменялось положение и движение человека во времени, как быстро человек меняет свое положение (скорость) и движение (ускорения).

Скорость точки (\bar{v}) — пространственно-временная мера движения (быстрота изменения положения). Скорость измеряется отношением пройденного пути (с учетом его направления) к затраченному времени: $\bar{v} = \Delta S / \Delta t$ (единицы измерения — м/с). Скорость — величина векторная, она характеризует быстроту движения и его направление. Мгновенная скорость — это скорость в данный момент времени или в данный момент траектории. Средняя скорость — это такая скорость, с которой точка в равномерном движении за то же время прошла весь рассматриваемый путь. Скорость точки (линейная) в прямолинейном движении направлена по траектории, в криволинейном — по касательной к траектории к каждой рассматриваемой точке. Скорость тела определяют по скорости его точек.

Ускорение точки (a) — это пространственно-временная мера изменения движения точки, быстрота изменения движения — по величине и направлению: $a = \Delta \bar{v} / \Delta t$ (единицы измерения — м/с²).

Промер. Для определения кинематических характеристик составляют промер движения, используя киноматериалы (например, кинограмму или импульсную фотографию). Промером движения называется прорисовка последовательных положений тела относительно выбранной системы отсчета, причем прорисовка не позы, а опознавательных точек тела. Используется масштаб, обеспечивающий достоверное снятие координат: 1 : 4; 1 : 5 (для учебных целей допустимы промеры движения в масштабе 1 : 10; 1 : 15;

Лабораторная работа № 4

Построение и анализ графиков кинематических характеристик двигательного действия

- Задачи:** 1) научиться выбирать линейный масштаб скорости, ускорения и времени при построении графиков скоростей и ускорений;
- 2) построить векторные и кинематические графики по данным таблиц;
- 3) провести анализ двигательного действия по данным таблиц.

При изучении биомеханических переменных результаты могут быть представлены в виде графика. Основное достоинство графика — его наглядность. График должен быть таким, чтобы можно было сразу охватить вид полученной зависимости, получить о ней количественное представление и отметить наличие различных особенностей: максимумов, минимумов, областей наибольшей и наименьшей скоростей изменения, периодичности и т.п. При вычерчивании графика руководствуются следующими правилами:

1) график строят только на миллиметровой бумаге или на бумаге со специальными координатными сетками;

2) по оси абсцисс откладывают ту величину, изменения которой являются причиной изменения другой величины. При построении графика биомеханических переменных по оси абсцисс откладывают время. На осях обязательно указывают обозначение и размерность соответствующей величины;

3) масштаб графика определяется погрешностью измерения величин, отложенных по осям, и диапазоном их изменения. Масштабы по обеим осям выбираются независимо друг от друга. Шкала должна легко читаться, поэтому одна клетка масштабной сетки должна соответствовать удобному числу (1; 2; 5; 10...) единиц изображаемой на графике величины;

4) на графике приводится только та область изменения измеренных величин, которая была исследована на опыте; не следует стремиться к тому, чтобы на графике обязательно поместилось начало координат (точка 0,0);

5) точки наносят на график очень тщательно и аккуратно, чтобы он был максимально точным. Кривую на графике проводят плавно, избегая изломов и перегибов. Она должна проходить как можно ближе ко всем нанесенным точкам;

б) готовый график снабжается заголовком, который должен содержать точное описание того, что показывает график. Разные кривые на графике должны быть объяснены в подписи к нему (под графиком или на свободном, не занятом кривой, месте на самом графике).

По данным таблицы 3 постройте графики $S_x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$, $S_y(t)$, $v_y(t)$, $a_y(t)$, $S_y(t)$, $v(t)$, $a(t)$ (задание выполняется на миллиметровой бумаге формата А4).

Лабораторная работа № 5

Анализ двигательного действия в избранном виде спорта по кинематическим и динамическим характеристикам

Задачи: 1) определить основные кинематические характеристики, используемые при разборе движений в пространстве и времени;

2) определить состав системы движений по кинематическим характеристикам, рассмотреть основные фазы, периоды, циклы движений, выделить граничные позы спортсмена;

3) определить основные кинематические характеристики движений перемещаемых спортсменом тел, как они влияют на результат физического упражнения;

4) установить структуру системы движений;

5) определить основные динамические характеристики, используемые при разборе двигательных действий;

6) определить состав системы движений, выявить силы движущие и тормозящие;

7) рассмотреть влияние динамических характеристик на результат движения;

8) произвести оценку эффективности приложения сил для более совершенного достижения поставленной цели.

Произведите анализ двигательного действия в избранном виде спорта по кинематическим и динамическим характеристикам, решив поставленные в лабораторной работе № 5 задачи (задание выполняется на листах формата А4).

Контрольная работа № 1

Биомеханика опорно-двигательного аппарата (ОДА)

Задание 1.

Заполните таблицу 6.

Таблица 6

Основные характеристики пассивного компонента ОДА (скелет и его соединения)

Части скелета	Особенности строения	Основные функции
Череп		
Позвоночный столб		
Грудная клетка		
Верхние конечности		
Нижние конечности		

Задание 2

Заполните таблицу 7.

Таблица 7

Кинематические соединения скелета человека

Форма соединения	Схема соединения	Применение	Примеры соединения
Цилиндрическая			
Блоковидная			
Мыщелковая			
Эллипсоидная			
Седловидная			
Шаровая			
Плоская			

Задание 3

Заполните таблицу 8.

Таблица 8

Обзор основных групп мышц по производимым ими движениям

Вид движения		Мышцы, выполняющие движение
Движение позвоночного столба	Сгибание	
	Разгибание	
	Наклон в сторону	
	Вращение	
Дыхательные движения		
Движение плечевого пояса	Назад	
	Вперед	
	Вверх (поднимание)	
	Вниз (опускание)	
Движение в плечевом суставе	Сгибание	
	Разгибание	
	Отведение	
	Приведение	
	Пронация	
	Супинация	

Вид движения		Мышцы, выполняющие движение
Движение в локтевом суставе	Сгибание	
	Разгибание	
	Пронация	
	Супинация	
Движение в тазобедренном суставе	Сгибание	
	Разгибание	
	Отведение	
	Приведение	
	Супинация	
	Пронация	
Движение в коленном суставе	Сгибание	
	Разгибание	
	Пронация	
	Супинация	

Задание 4.

Функциональный анализ положения человека в позе стоя

Осанка (дайте определение) —

Основные характеристики правильной осанки (перечислите и схематично изобразите физиологические изгибы позвоночника):

Заполните таблицу 4.

Таблица 9

Виды нарушения осанки

Вид нарушения	Основные характеристики нарушения	Схематичное изображение

Контрольная работа № 2

Биомеханические характеристики тела человека и его движений

Задание 1.

Заполните таблицу 10.

Таблица 10

Кинематические и динамические характеристики движения

Кинематические характеристики	Динамические характеристики

Задание 2.

Силы в движениях человека

Дайте определение следующим понятиям и терминам (укажите единицы измерений):

Внешние силы —

Внутренние силы —

Движущие силы —

Тормозящие силы —

Отклоняющие силы —

Возвращающие силы -

Силы инерции внешних тел —

Силы упругой деформации —

Силы реакции опоры —

Силы трения —

Силы действия среды —

Выталкивающая сила —

Лобовое сопротивление —

Нормальная реакция среды —

Контрольная работа № 3

Строение и функции биомеханической системы двигательного аппарата

Дайте определение следующим понятиям и терминам:

Биомеханическая система —

Биокинематическая пара —

Биокинематическая цепь —

Костный рычаг —

Двуплечий рычаг —

Одноплечий рычаг —

Изобразите схематично двуплечий и одноплечий рычаг, указав точку опоры, точки приложения сил и плечи сил:

Контрольная работа № 4

Биомеханические закономерности гимнастических упражнений

Задание 1.

Сохранение положения тела

Положение тела зависит от *(перечислите)*:

Виды равновесия тела *(перечислите, раскройте сущность и схематично изобразите)*:

От чего зависит устойчивость тела человека? *(ответьте на вопрос)*

Дайте определение следующим понятиям и терминам:

Угол устойчивости —

Площадь опоры —

Динамическая осанка —

Статическая осанка —

Задание 2.

Движение вокруг осей

Основные закономерности динамики вращательного движения

(раскройте сущность механизма вращательного движения звена, изменения вращательного движения звена и изменения вращательных движений системы звеньев):

Управление движениями вокруг осей

(рассмотрите и схематично изобразите особенности управления движениями вокруг осей с изменением кинетического момента системы и управления движениями вокруг осей с сохранением кинетического момента системы):

Задание 3.

Примеры вращательных упражнений

Вращательные упражнения без опоры (*приведите пример, схематично изобразите и раскройте биомеханическую сущность движения*):

Вращательные упражнения при опоре (*приведите пример, схематично изобразите и раскройте биомеханическую сущность движения*):

Контрольная работа № 5

Локомоторные движения

Задание 1.

Общие основы наземных локомоций

(раскройте механизм отталкивания от опоры; рассмотрите взаимодействие опорных и подвижных звеньев с опорой; работу ускоряющих сил и изменение кинетической энергии при отталкивании; роль маховых движений при отталкивании):

Задание 2.

Шагательные движения

(перечислите, раскройте сущность и схематично изобразите элементы шагательных движений):

Задание 3.

Стартовые действия

Дайте определение следующим понятиям и терминам:

Стартовые положения —

Стартовые движения (*объясните механизм возникновения стартовой силы*) —

Стартовый разгон —

Задание 4.

Виды спортивных локомоций

Перечислите основные виды спортивных локомоций и раскройте биодинамику одного из них по вашему выбору (задание выполняется на листах формата А4).

Контрольная работа № 6

Опорные понятия биомеханики спортивного плавания

Задание 1.

Дайте определение следующим понятиям и терминам:

Цикл —

Шаг пловца —

Угол атаки туловища —

Угол атаки кисти —

Центр давления —

Движитель —

Движущие силы —

Рабочая поверхность движителя —

«Миделево сечение» —

Сила сопротивления воды —

Задание 2.

Напишите формулу силы сопротивления воды (R) и схематично изобразите силу сопротивления R , возникающую при движении пластинки в воде и ее составляющие:

Задание 3.

Раскройте механизм образования движущих сил пловца (задание выполняется на листах формата А4).

Контрольная работа № 7

Перемещающие движения

Задание 1.

Перемещающие движения (*дайте определение и приведите примеры перемещающих движений*) —

Задание 2.

Что определяет траекторию (в частности, дальность) полета снаряда? (*ответьте на вопрос, раскройте механизм полета спортивных снарядов, задание выполняется на листах формата А4*).

Задание 3.

Составьте таблицу, раскрыв сущность таких характеристик как **сила действия в перемещающих движениях, скорость в перемещающих движениях, точность в перемещающих движениях** (задание выполняется на листах формата А4).

Задание 4.

Ударные действия (*дайте определение и приведите примеры ударных действий*) —

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бальсевич В. К.* Очерки по возрастной кинезиологии человека. М. : Сов. спорт, 2009. 219 с.
2. *Баранцев С. А.* Возрастная биомеханика основных видов движения школьников : монография. М. : Сов. спорт, 2014. 302 с.
3. *Биомеханические* технологии подготовки спортсменов / И. П. Ратов [и др.]. М. : Физкультура и спорт, 2007. 119 с.
4. *Голомазов С. В.* Кинезиология точностных действий человека. М. : Спорт-АкадемПресс, 2003. 227 с.
5. *Дубровский В. И., Федорова В. Н.* Биомеханика : учебник для сред. и высш. учеб. заведений по физ. культуре. М. : Владос Пресс, 2003. 669 с.
6. *Кашуба В. А.* Биомеханика осанки. Киев : Олимп. лит., 2003. 279 с.
7. *Курьсь В. Н.* Биомеханика. Познание телесно-двигательного упражнения. М. : Человек, 2013. 366 с.
8. *Попов Г. И., Самсонова А. В.* Биомеханика двигательной деятельности : учебник для высш. проф. образования. 3-е изд., стер. М. : Академия, 2014. 314 с.
9. *Садовников В. Н.* Биомеханическая система человека (структурно-функциональный анализ) : учеб. пособие. Н. Новгород : Изд-во НГМА, 2007. 91 с.
10. *Тюна В. В.* Биомеханика бега : монография / под общ. ред. Е. Е. Аракеляна. М. : ТВТ Дивизион, 2019. 288 с.

Учебное издание

Никитин Никита Сергеевич
Воронин Денис Иванович

**БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ:
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *Е. Т. Иванова*
Компьютерная верстка *Г. И. Винокуровой*

Подписано в печать 04.12.2023 г.
Дата выхода в свет 20.12.2023 г.
Формат 60×90 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 2,6
Тираж 300 экз. (1-й завод 100 экз.). Заказ 131

Издательство Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта
236041, г. Калининград, ул. А. Невского, 14