

Модуль 6

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ В БИОМЕХАНИКЕ

Цель работы: ознакомиться с основными методами исследования в биомеханике.

В ходе биомеханических исследований важно получить объективные экспериментальные данные, характеризующие двигательное действие. Такие данные могут быть получены различными способами. В основе наиболее универсального метода лежит определение координат точек движущегося объекта (тела спортсмена) через минимально возможные промежутки времени. Затем на основании полученного материала вычисляются практически все характеристики двигательного действия: от скоростей и ускорений всевозможных точек до энергетических параметров двигательного действия. Здесь, как правило, используются **оптические и оптико-электронные методы регистрации движения**. К **оптическим** относятся такие методики как *киносъемка, циклографическая и стробоскопическая фотосъемки*. При изучении пространственных вариантов двигательных действий перечисленные методы используются в виде двух-, трехплоскостной или стереоскопической съемок. Упомянутые подходы имеют приемлемую точность, однако они весьма трудоемки, а результаты могут быть получены только через достаточно длительное время, необходимое для последующей обработки кино- или фотоматериалов.

При осуществлении оптических методов регистрации биомеханических характеристик двигательного действия должны быть соблюдены определенные условия. В первую очередь, должно быть подготовлено место съемки. В частности, съемочную аппаратуру устанавливают на уровне общего центра тяжести исследуемого объекта, ориентируя оптическую ось перпендикулярно плоскости движения. Съемка должна происходить на специально подготовленном фоне. Как правило, в качестве фона используется сетка, нанесенная на стену или щит контрастного по отношению к ней цвета. Сетка часто используется для определения масштаба. При отсутствии сетки в кадр помещается масштабная рейка. Перед съемкой на тело спортсмена наносятся специальные маркеры. Как правило, это кружки черного цвета, которые прикрепляют в центрах суставов. Иногда (если вы-

полняется сложное движение) используют полосы, охватывающие звенья тела на уровне центров суставов и центров тяжести звеньев.

При выполнении *видеосъемки* подготовка места съемки и испытуемого осуществляется аналогично. Для реализации автоматической компьютерной обработки видеосъемки маркеры делают различных цветов, что позволяет компьютерной программе распознавать суставы и другие характерные точки.

Результатом киносъемки спортивного движения является кинограмма. Ее обработка заключается в последовательном переносе изображения исследуемых точек на лист бумаги, в результате чего получается промер физического упражнения. Здесь важным требованием является привязка каждой нанесенной точки ко времени. Это осуществляется с использованием информации о частоте съемки или по находящемуся в кадре таймеру. Затем, соединяя точки, относящиеся к началу и концу каждого звена, получают модельное изображение тела исполнителя. Такую схему часто называют кинематограммой или киноциклограммой упражнения (рис. 36).

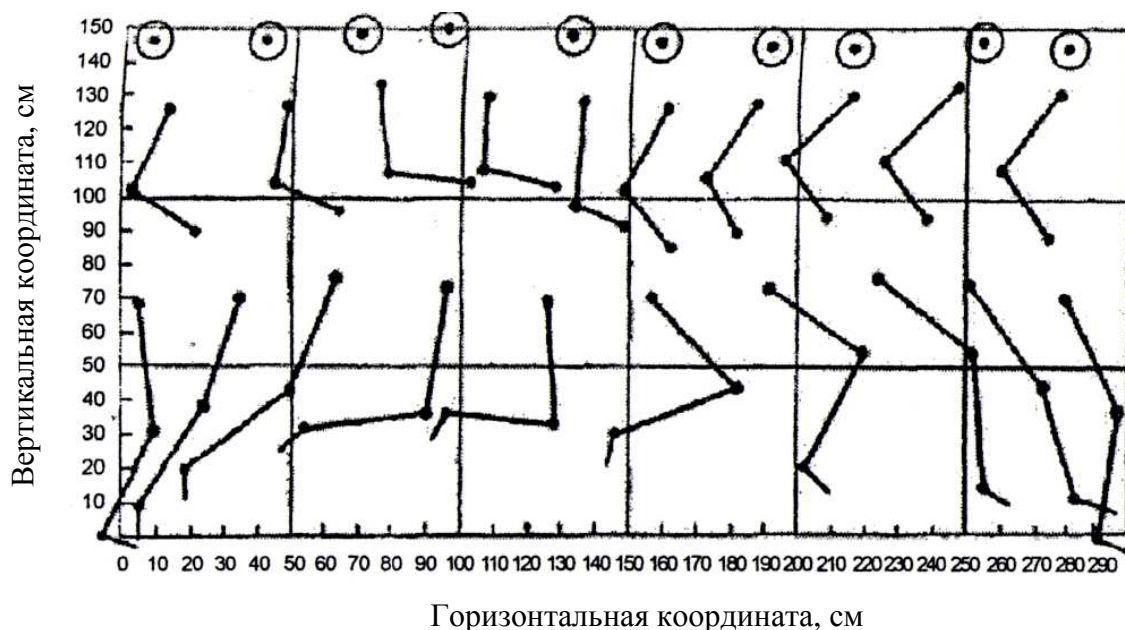


Рис. 36. Киноциклограмма бега (по Д.Д. Донскому, Л.С. Зайцевой)

В результате перечисленных действий появляется возможность определить координаты характерных точек тела спортсмена и затем рассчитать все интересующие биомеханические характеристики двигательного действия.

При выполнении *циклографической фотосъемки* цикл двигательного действия снимают на один фотокадр. Такая съемка осуществляется в затемненном помещении. При этом вместо маркеров используются мини-

атюрные лампочки или фотодиоды. Масштаб расстояний задается двумя лампочками, расположенными на известном фиксированном расстоянии, а масштаб времени – частотой мигания лампочек, которая обеспечивается либо механическим способом – с применением обтюлятора, прерывающего световой поток, либо с использованием электронной системы.

Результатом циклографической съемки является циклограмма, на которой в виде пунктиров изображены траектории интересующих точек тела спортсмена при выполнении физического упражнения. При дальнейшей обработке определяются координаты указанных точек во время выполнения двигательного действия, а из них получают все интересующие характеристики.

При выполнении *стробоскопической съемки* также используется затемненное помещение. Во время выполнения физического упражнения с помощью специального устройства – стробоскопа – осуществляются вспышки света через равные промежутки времени. В результате на одном кадре проецируется несколько последовательных поз исполнителя двигательного действия. Такое изображение называется стробограммой. Требования к помещению и маркировке испытуемого аналогичны используемым при киносъемке. Иногда циклографическую и стробоскопическую съемку совмещают, воспроизводя на циклограмме две или более поз спортсмена.

Обработка стробограммы аналогична обработке кинематограммы, получаемой в результате киносъемки, однако здесь экономится значительное количество времени, затрачиваемое на поккадровый перенос на лист бумаги изображения маркеров.

При обработке данных оптических методов регистрации движения точность получения кинематических характеристик зависит от частоты съемки, качества используемой аппаратуры и точности расположения маркеров. Во время дальнейшего биомеханического анализа, например, при определении динамических параметров, точность в определенной мере снижается из-за отсутствия точных данных о масс-инерционных характеристиках тела исполнителя. Здесь, как правило, используются усредненные параметры в зависимости от роста и веса исполнителя. Кроме того, в ходе анализа тело исполнителя чаще всего представляется моделью, состоящей из связанных между собой абсолютно твердых звеньев, что не вполне соответствует реальному телу человека. Тем не менее, указанные допущения позволяют достаточно эффективно анализировать принципы построения двигательных действий и решать многие педагогические задачи, связанные с обучением спортивным упражнениям, развитием двигательных качеств и др. (Н.Б. Сотский, 2005).

Оптико-электронные методы регистрации движений основаны на преобразовании изображения в электрический сигнал. Они делятся:

- на телевизионные методы;
- фотоэлектронные методы.

К **телевизионным** относятся телециклография и видеозапись.

Телециклография (аналог фотоциклографии) характеризуется тем, что траектории движения регистрируются телевизионной камерой и воспроизводятся на телевизионном экране.

Видеозапись – запись изображения на магнитной ленте с целью его многократного воспроизведения на телевизионном экране. Видеозапись дает возможность тщательно и объективно анализировать спортивную технику и тактику, приносит большую пользу не только в тренерской работе, но и в судействе соревнований, позволяя многократно воспроизвести на экране тот или иной эпизод спортивного состязания и принять окончательное решение на основании объективных данных. Для научных исследований техники движений видеозапись не годится из-за недостаточной точности.

Фотоэлектронные методы измерения основаны на фотоэффекте. Фотоэффектом называется испускание веществом электронов под действием электромагнитного излучения (светового и др.).

При помощи фотоэлектронных устройств в спорте измеряется время преодоления дистанции. Фотоэффект применяют и для регистрации циклограмм (подобно оптическим методам). По точности современная фотоэлектронная аппаратура превосходит телевизионную (которая практически не используется в измерительных целях), но значительно уступает лучшим образцам измерительной фотоаппаратуры (аппаратуры для стереофотограмметрии) (В.М. Зациорский, 1982).

Значительно более точными являются **механоэлектрические методы регистрации** биомеханических характеристик движения. Они характеризуются использованием устройств, имеющих непосредственный контакт со спортсменом, выполняющим двигательное действие. Наиболее часто используемые методики – **тензодинамометрия, гониометрия, акселерометрия, динамометрия, спидография** и некоторые их разновидности. Следует иметь в виду, что преимущество в точности перед оптическими и оптико-электрическими методами здесь не является поводом для отказа от последних. При использовании механоэлектрических методов имеются существенные ограничения. Они связаны с получением точных параметров, относящихся к небольшому участку тела спортсмена или точке, пусть даже такой важной, как ОЦТ. Это в значительной мере затрудняет анализ

целостной картины исполнения двигательного действия, в связи с чем оптические и инструментальные методы получения биомеханической информации следует сочетать.

Тензодинамометрия предполагает использование тензодатчиков – электронных устройств, изменяющих свои свойства (например, электрическое сопротивление) в результате деформации. Схема устройства тензодатчика представлена на рис. 37. Принцип использования тензодатчика можно проиллюстрировать на примере устройства для регистрации усилия, прилагаемого к веслу в академической гребле.

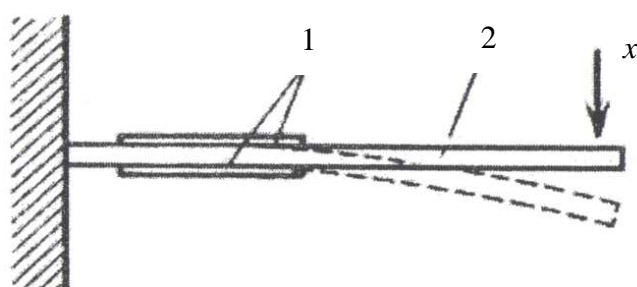


Рис. 37. Тензодатчик:

x – направление регистрируемого усилия; 1 – тензорезисторы;
2 – деформируемый элемент

Известно, что при выполнении гребка весло в некоторой мере изгибается, причем величина изгиба пропорциональна прилагаемому усилию. Если на весло наклеить тензодатчик, величина электрического сопротивления которого зависит от степени изгиба весла, то при выполнении гребка величина изгиба, а следовательно, и усилие, будут отражаться в изменении параметров датчика, что может быть зарегистрировано соответствующей электронной схемой. В приведенном примере тензодатчик приходит на помощь в случае, когда оптические методы использовать весьма сложно.

Другой пример использования тензодинамометрии – изучение опорной реакции при выполнении двигательного действия. Для этой цели используются тензодинамографические платформы (или тензоплатформы). Они представляют собой устройства, как правило, выполненные в виде плоскости, поверхность которой воспринимает и переводит оказываемое на нее воздействие в электрический сигнал (рис. 38). Принцип использования тензодатчиков здесь аналогичен описанному выше, но в тензоплатформах их устанавливается несколько, благодаря чему появляется возможность определения силового взаимодействия с опорой в трех взаимно перпендикулярных направлениях, а также регистрации моментов сил.

Использование платформ позволяет определять ряд важных характеристик движения, таких как ускорение, скорость, перемещение ОЦТ, кинетический момент, импульс силы, энергетические характеристики. С помощью данного устройства очень удобно определять уровни максимальной и взрывной силы, имеющие важнейшее значение для большого числа видов спорта.

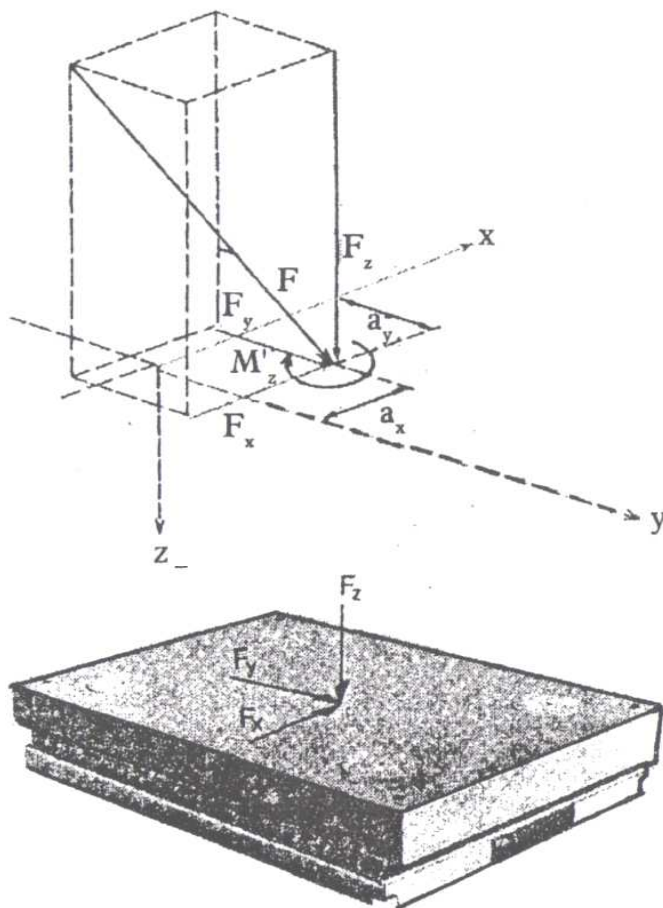


Рис. 38. Тензоплатформа

Как правило, одна тензоплатформа имеет небольшие линейные размеры, что в некоторой мере ограничивает возможности ее использования при исследовании биомеханических характеристик двигательных действий, связанных со значительными перемещениями в пространстве. Поэтому иногда используется одновременно несколько таких устройств, например, образующих фрагмент беговой дорожки.

Часто тензоплатформы используют для определения колебаний ОЦТ (стабилография), позволяющих контролировать состояние нервно-мышечного аппарата человека в медицинских исследованиях.

К достоинствам тензоплатформ можно отнести получение совершенно реальных и точных результатов, относящихся к конкретному спортсмену

(вспомним, что при обработке результатов оптических методов происходит некоторое усреднение индивидуальных характеристик исполнителя).

В качестве недостатков следует отметить, что из кинематических характеристик фактически определяется лишь ускорение ОЦТ тела спортсмена. При этом остаются в стороне вопросы, связанные с движением отдельных звеньев тела и их влиянием на перемещение ОЦТ.

Иногда в ходе биомеханических исследований представляется важным измерение параметров движения какой-либо точки тела спортсмена или спортивного снаряда. В таких случаях используются *спидография* и *акселерометрия*. Первая методика связана с определением скорости движения какой-либо точки тела спортсмена. Наиболее простое устройство для этой цели было предложено В.М. Абалаковым. Оно представляло собой тонкую нить, намотанную на катушку. Свободный конец нити закреплялся на теле спортсмена. При движении человека нить разматывалась, заставляя катушку вращаться. Регистрация скорости вращения катушки позволяла оценить скорость перемещения точки закрепления нити на теле спортсмена.

Способ спидометрии, основанный на эффекте Доплера, позволяет дистанционно и бесконтактно измерять скорость на прямых отрезках дистанции. Датчиком служит излучатель ультразвуковых или электромагнитных колебаний, направляемых на бегущего спортсмена вдоль беговой дорожки. Эффект Доплера проявляется в том, что при приближении спортсмена к излучателю частота отраженных от его тела колебаний $[f_o]$ оказывается выше, чем частота колебаний излучателя $[f_u]$, а при удалении спортсмена от излучателя, наоборот, ниже.

Скорость бегуна вычисляется по формуле

$$v = C \frac{f_o - f_u}{f_u}. \quad (6.1)$$

При измерении ускорения отдельных точек тела исполнителя двигательного действия используются специальные устройства, называемые акселерометрами. Их действие основано на использовании сил инерции, возникающих при ускоренном движении. Принцип действия акселерометра можно проиллюстрировать схемой, представленной на рис. 39.

При ускорении корпуса устройства в направлении, перпендикулярном оси 3, сила инерции действует на груз 1 в противоположном направлении, обеспечивая растяжение пружин 2 и вращение оси 3, которая, поворачиваясь совместно с зубчатым сектором 4, вызывает вращение шестерни 5 и индикаторных стрелок 6 и 7.

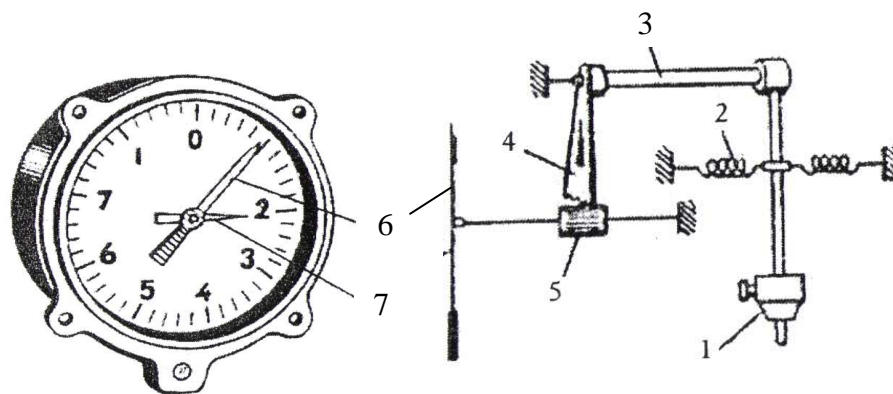


Рис. 39. Механический акселерометр

При этом стрелка 7 фиксирует максимальное значение ускорения. Величина поворота стрелок, пропорциональная ускорению эталонного груза, может быть зарегистрирована с помощью специальных электронных схем и затем проанализирована в ходе дальнейшего исследования. Все акселерометры используют силы инерции, возникающие при ускоренном движении. При этом, применяя три взаимно перпендикулярных Акселерометра, получают ускорение, имеющее любое пространственное ускорение. В современных акселерометрах датчики входят в состав интегральных схем, и информация получается сразу в электронной форме.

Одной из важнейших характеристик физического упражнения является информация о величине и законе изменения во времени суставных углов исполнителя или других объектов, осуществляющих вращательные движения. Для их определения используются специальные устройства, называемые *гониометрами* или *электрогониометрами* (в последнем случае регистрация угловых перемещений осуществляется с использованием электронной схемы). Типичный электрогониометр представляет собой две планки, соединенные плоским шарниром, в котором может быть вмонтирован потенциометрический датчик, изменяющий свое электрическое сопротивление в зависимости от угла между планками (рис. 40).

При подготовке к исследованию планки прикрепляются к звеньям тела, а шарнир располагается на уровне сустава. При выполнении двигательного действия происходит изменение суставного угла и, соответственно, электрического сопротивления потенциометра, которое затем регистрируется и анализируется. Гониометры используются и для контроля такого двигательного качества, как гибкость, которая зависит от суставной подвижности.

Для исследования силовых качеств наиболее часто используются специальные устройства – *динамометры* и *динамографы* (с возможностью за-

писи зарегистрированного усилия). Поскольку силовые возможности проявляются по-разному в зависимости от особенностей мышечного сокращения (преодолевающий, уступающий, статический) и скорости, измерение силы также может осуществляться в различных режимах. Наиболее часто используются статическое и динамическое измерения силы. В первом случае используется пропорциональная зависимость силы от величины деформации упругого элемента. При этом регистрация последней может осуществляться как механически, так и с помощью электроники (с использованием тензодатчиков). Поскольку величина деформации упругого элемента незначительна, таким способом измеряется статическая сила. Для определения статической силы применяются обычные динамометры, используемые во врачебном контроле населения: для измерения силы кисти или становой силы. С помощью системы блоков динамометры можно использовать для измерения силы практически всех основных мышечных групп спортсмена. Такая процедура называется полидинамометрией. При оценке взрывной силы (скорости нарастания мышечного усилия) должна использоваться динамография (запись зависимости силы от времени), осуществляемая с использованием тензодатчиков и специальных электронных схем.

При исследовании динамического проявления силы используются инерционные динамометры и динамографы. Простейший инерционный динамометр собой ворот с симметрично расположенными грузами. Последние могут перемещаться по отношению к оси вращения. На оси ворота расположена катушка с намотанным на нее шнуром. Свободный конец шнура закрепляется на звене тела испытуемого. При выполнении исследования исполнитель, натягивая шнур, старается заставить ворот вращаться. Во время движения измеряется сила натяжения шнура индикатором. Нагрузка задается расположением грузов. Она тем больше, чем дальше расположены грузы от оси вращения.

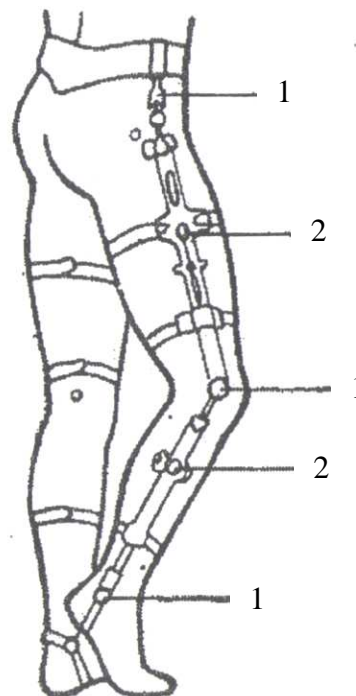


Рис. 40. Система для крепления гониометрических (1) и акселерометрических (2) датчиков на теле человека (по А.Н. Лапутину)

Механоэлектрические методы получения биомеханических характеристик двигательного действия, как правило, применяются в комплексе. Это позволяет преодолеть некоторую ограниченность методик, использующих различного рода датчики, путем рассмотрения более общих характеристик двигательного действия человека, например с использованием материалов, полученных оптическими методами. (Н.Б. Сотский, 2005).

2. АНАЛИЗ ПРОГРАММЫ МЕСТА ТЕЛА СПОРТСМЕНА В ОТДЕЛЬНОЙ ФАЗЕ ФИЗИЧЕСКОГО УПРАЖНЕНИЯ

Практическая работа 2.1

Определение траектории общего центра тяжести спортсмена

Перед тем, как приступить к выполнению работы, рекомендуется изучить следующие темы: пространственные характеристики движения, положение тела в пространстве, программа места.

Цель работы: овладеть графоаналитическим методом определения траектории ОЦТ тела.

Порядок выполнения работы

1. На листе миллиметровой бумаги начертить систему координат XOY . Подписать оси и разметить их через 10 мм.

2. Перенести на лист миллиметровой бумаги рисунок, иллюстрирующий исследуемую фазу физического упражнения.

3. Определить расположение суставов на рисунке и затем перенести их на систему координат XOY и соединить.

4. Найти абсолютный вес тела:

$$P = mg, \text{ Н}, \quad (6.2)$$

где $[m]$ – собственная масса тела;

$$[g] \approx 10 \text{ м/с}^2.$$

5. Рассчитать абсолютный вес звеньев тела $[P_i]$ (Н) путем произведения веса тела и относительного веса звена (графа 2, табл. 4); полученный результат разделить на 100. Результаты занести в графу 3.

6. Измерить длину звеньев в мм, результаты занести в графу 4.

7. Определить центры тяжести звеньев тела. Центр тяжести звена определяют по расстоянию от него до оси проксимального сустава – по ра-

диусу центра тяжести. Для этого найти произведение длины звена на расстояние от проксимального конца до центра тяжести звена:

$$R = lk, \quad (6.3)$$

т.е. перемножаем результаты граф 4 и 5.

Полученный результат отложить от проксимального сустава. Центр тяжести для головы расположен в области турецкого седла клиновидной кости (проекция спереди на поверхность головы – между бровями, сбоку – на 3 – 3,5 см выше наружного слухового прохода). Для стопы – на прямой, соединяющей пяточный бугор пяточной кости с концом второго пальца на расстоянии 0,44 от первой точки. Координаты центров тяжести звеньев по оси OX записать в графу 6, OY – в графу 8.

8. Вычислить произведение координат центров тяжести звеньев тела и абсолютного веса звеньев тела $[P_i X_i]$ и $[P_i Y_i]$. Полученные результаты записать в графы 7 и 9.

9. Определить координаты ОЦТ тела. Для этого найти отношение суммы произведений абсолютного веса звеньев тела с координатами центров тяжести (отдельно сумма граф 7 и 9) и абсолютного веса всего тела:

$$\frac{\sum P_i X_i}{P}, \quad (6.4)$$

$$\frac{\sum P_i Y_i}{P}.$$

10. Графически изобразить траекторию ОЦТ на системе координат (рис. 41).

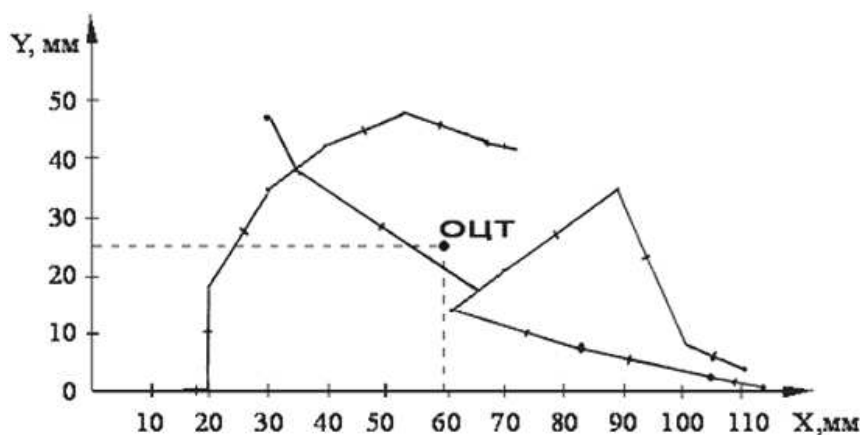


Рис. 41. 14-звенная схема с отметками ЦТ звеньев и ОЦТ тела

Таблица 4

Определение общего центра тяжести тела

Звенья тела	Относительный вес звеньев, %	Абсолютный вес звеньев, [P _i], Н	Длина звеньев, [L], мм	Расстояние от проксимального конца до ЦТ, [k], мм	Координата X, мм	P _i X _i , Н мм	Координата Y, мм	P _i Y _i , Н мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Голова	7		-	-				
Туловище	43			0,47				
Правое плечо	3			0,47				
Левое плечо	3			0,47				
Правое предплечье	2			0,42				
Левое предплечье	2			0,42				
Правая кисть	1			0,50				
Левая кисть	1			0,50				
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				
						Σ =		Σ =

Практическая работа 2.2

Определение скоростей и ускорений общего центра тяжести спортсмена

Перед тем как приступить к выполнению работы рекомендуется изучить следующие темы: временные, пространственно-временные характеристики движения, программа места.

Цель работы: овладеть графоаналитическим методом определения скоростей и ускорений ОЦТ тела.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать масштаб расстояния $[M_S]$, для этого найти отношение собственного роста в сантиметрах к величине изображения в сантиметрах.

2. Найти перемещение ОЦТ тела в метрах по оси OX :

$$\Delta X_{12} = X_2 - X_1 = \text{мм} = \text{см} \cdot M_S - \text{результат переводим в метры};$$

$$\Delta X_{23} = X_3 - X_2 = \text{мм} = \text{см} \times M_S - \text{результат переводим в метры}.$$

3. Найти перемещение ОЦТ тела в метрах по оси OY :

$$\Delta Y_{12}, \Delta Y_{23} - \text{находятся также, как и по оси } OX.$$

4. Вычислить моменты времени в секундах:

$$\Delta t_{12} = \frac{K_{12}}{n}, \tag{6.5}$$

$$\Delta t_{23} = \frac{K_{23}}{n}.$$

где $[K]$ – количество кадров;

$[n]$ – частота кадров.

5. Найти скорость ОЦТ тела в метрах за секунду по оси OX :

$$v_{12x} = \frac{\Delta X_{12}}{\Delta t_{12}}, \tag{6.6}$$

$$v_{23x} = \frac{\Delta X_{23}}{\Delta t_{23}}.$$

6. Найти скорость ОЦТ тела в метрах за секунду по оси OY :

$$v_{12y} = \frac{\Delta Y_{12}}{\Delta t_{12}}, \tag{6.7}$$

$$v_{23y} = \frac{\Delta Y_{23}}{\Delta t_{23}}.$$

7. Определить результирующие скорости ОЦТ тела:

$$\begin{aligned}v_1 &= \sqrt{(v_{12x})^2 + (v_{12y})^2}, \\v_2 &= \sqrt{(v_{23x})^2 + (v_{23y})^2}.\end{aligned}\tag{6.8}$$

8. Найти изменения скоростей ОЦТ тела в метрах за секунду:

$$\begin{aligned}\Delta v_{13x} &= v_{23x} - v_{12x}, \\ \Delta v_{13y} &= v_{23y} - v_{12y}.\end{aligned}\tag{6.9}$$

9. Определить ускорения ОЦТ тела в метрах за секунду в квадрате по осям OX и OY :

$$\begin{aligned}a_x &= \frac{\Delta v_{13x}}{\Delta t_{13}}, \\ a_y &= \frac{\Delta v_{13y}}{\Delta t_{13}}.\end{aligned}\tag{6.10}$$

10. Вычислить результирующее ускорения ОЦТ тела:

$$a = \sqrt{(a_x)^2 + (a_y)^2}.\tag{6.11}$$

11. Выбрать масштабы скоростей и ускорений и изобразить в прямоугольной системе координат вектора скоростей и ускорений ОЦТ тела. Если скорость или ускорения имеют знак положительный, направление векторов будет совпадать с направлением осей координат, если отрицательный – противоположно осям координат.

3. АНАЛИЗ ПРОГРАММЫ ОРИЕНТАЦИИ ТЕЛА СПОРТМЕНА В ОТДЕЛЬНОЙ ФАЗЕ ФИЗИЧЕСКОГО УПРАЖНЕНИЯ

Практическая работа 3.1

Определение ориентации продольной оси тела спортсмена

Перед тем как приступить к выполнению работы рекомендуется изучить следующие темы: пространственные характеристики движения, программа ориентации.

Цель работы: овладеть графоаналитическим методом определения ориентации продольной оси тела.

Порядок выполнения работы

1. Начертить на листе миллиметровой бумаги прямоугольную систему координат XOY , аналогичную использованной в практической работе 2.1 и указать положения ОЦТ тела.

2. По данным граф 3 табл. 4, подсчитать вес нижних конечностей (суммарный вес бедер, голеней, стоп).

3. Для каждой из трех исследуемых поз тела, из граф 7 и 9 табл. 4, найти суммы произведений веса звеньев нижних конечностей на координаты центров тяжести этих звеньев. Результаты занести в табл. 5.

4. Определить координаты центров тяжести нижних конечностей:

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\sum P_i X_i \text{ I}}{P_n}; Y_1 = \frac{\sum P_i Y_i \text{ I}}{P_n}, \\ X_2 &= \frac{\sum P_i X_i \text{ II}}{P_n}; Y_2 = \frac{\sum P_i Y_i \text{ II}}{P_n}, \\ X_3 &= \frac{\sum P_i X_i \text{ III}}{P_n}; Y_3 = \frac{\sum P_i Y_i \text{ III}}{P_n}. \end{aligned} \quad (6.12)$$

5. На миллиметровой бумаге для каждой из трех поз через центры тяжести нижних конечностей и ОЦТ провести линии от ног голове, которые и будут являться продольными осями тела (рис. 42).

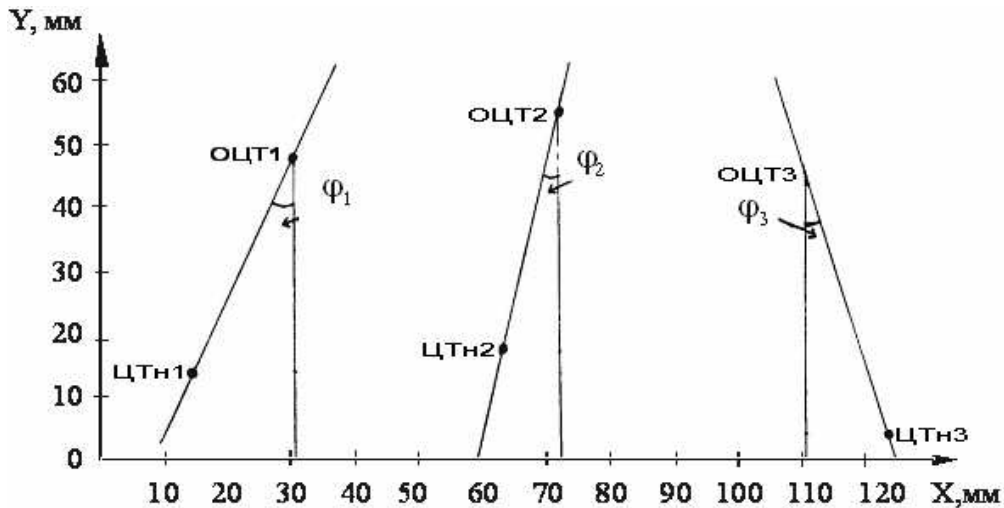


Рис 42. Иллюстрация графического построения при определении программы ориентации тела

6. Найти с помощью транспортира в радианах отклонения продольных осей тела от осей OY' проходящих через ОЦТ тела параллельно оси OY неподвижной системы координат:

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= \\
\alpha_2 &= \\
\alpha_3 &=
\end{aligned}
\tag{6.13}$$

(1 градус $\approx 0,0175$ рад)

Таблица 5

Определение центра тяжести нижних конечностей

P_n	$\sum P_i X_i$ I	$\sum P_i Y_i$ I	$\sum P_i X_i$ II	$\sum P_i Y_i$ II	$\sum P_i X_i$ III	$\sum P_i Y_i$ III
	$X_1 =$	$Y_1 =$	$X_2 =$	$Y_2 =$	$X_3 =$	$Y_3 =$

Практическая работа 3.2

Определение угловых скоростей и ускорений тела спортсмена

Перед тем как приступить к выполнению работы рекомендуется изучить следующие темы: временные, пространственно-временные характеристики движения, программа ориентации.

Цель работы: овладеть аналитическим методом определения угловых скоростей и ускорений тела спортсмена.

Порядок выполнения работы

1. Вычислить угловые перемещения тела в радианах на основании результатов лаб. раб. 3.1:

$$\begin{aligned}
\Delta\alpha_{12} &= \alpha_2 - \alpha_1, \\
\Delta\alpha_{23} &= \alpha_3 - \alpha_2.
\end{aligned}
\tag{6.14}$$

2. Найти в радианах за секунду величины угловых скоростей продольной оси тела OY :

$$\begin{aligned}
\omega_{12} &= \frac{\Delta\alpha_{12}}{\Delta t_{12}}, \\
\omega_{23} &= \frac{\Delta\alpha_{23}}{\Delta t_{23}}.
\end{aligned}
\tag{6.15}$$

3. Определить в радианах за секунду изменение угловой скорости тела:

$$\Delta\omega_{13} = \omega_{23} - \omega_{12}.
\tag{6.16}$$

4. Найти в радианах за секунду в квадрате угловое ускорение продольной оси тела OY :

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega_{13}}{\Delta t_{13}}. \quad (6.17)$$

4. АНАЛИЗ ПРОГРАММЫ ПОЗЫ ТЕЛА СПОРТСМЕНА В ОТДЕЛЬНОЙ ФАЗЕ ФИЗИЧЕСКОГО УПРАЖНЕНИЯ

Практическая работа 4.1

Описание позы тела спортсмена в исследуемой фазе физического упражнения

Перед тем, как приступить к выполнению работы, рекомендуется изучить следующую тему: программа позы.

Цель работы: научиться определять суставные углы и описывать позу тела спортсмена используя матричную запись.

Порядок выполнения работы

1. На листе миллиметровой бумаги воспроизвести из практической работы 2.1 рисунок, иллюстрирующий исследуемую фазу физического упражнения.

2. На изображениях всех трех поз провести продольные оси тела. Для этого у каждого звена прямой линией соединить суставы, с которыми сочленены его дистальный и проксимальный концы. Продлить обозначенные продольные оси звеньев настолько, чтобы было удобно измерять суставные углы.

3. В соответствии с правилами отсчета суставных углов измерить с помощью транспортира в угловых градусах суставные углы на изображениях всех трех поз тела.

4. Описать в матричной форме все три позы спортсмена в исследуемой фазе физического упражнения.

Практическая работа 4.2

Описание изменения позы тела в исследуемой фазе физического упражнения

Перед тем, как приступить к выполнению работы, рекомендуется изучить следующую тему: программа позы.

Цель работы: научиться описывать изменение позы тела в виде линейной функции времени и уметь анализировать соответствующее изменение.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь данными о значении суставных углов из практической работы 4.1 определить угловую скорость в радианах за секунду:

$$\omega^{t_0-1} = \frac{\varphi_{abc}^t - \varphi_{abc}^{t_0}}{t}. \quad (6.18)$$

2. Записать в матричной форме виде линейной функции времени изменение позы спортсмена в промежутке времени от t_1 до t_2 .

3. Аналогично второму пункту – для промежутка времени от t_2 до t_3 .

4. Сделать заключение о программе позы в исследуемой фазе физического упражнения: в каких суставах выполняются управляющие движения, а в каких осуществляются элементы динамической осанки для промежутков времени от t_1 до t_2 и от t_2 до t_3 .

5. ДИНАМИКА ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

Практическая работа 5.1

Определение момента инерции тела

Перед тем как приступить к выполнению работы рекомендуется изучить следующие темы: инерционные характеристики тела.

Цель работы: освоить аналитический метод определения момента инерции тела человека.

Порядок выполнения работы

1. Определить массу звеньев тела в килограммах путем произведения массы тела и относительного веса звена (из графы 2 табл. 4); полученный результат разделить на 100. Результаты занести в графу 2 табл. 6.

2. Найти длину звеньев тела в метрах, результаты занести в графу 3.

3. Измерить радиус инерции звеньев тела, как расстояние от центра тяжести звена до ОЦТ, результаты записать в метрах в графу 4.

4. Вычислить моменты инерции звеньев тела:

– для головы

$$J_0 = mr^2; \quad (6.19)$$

Определение момента инерции тела

Звено	m , кг	l , м	$r_{ин}$, м	J_o	mr^2
1	2	3	4	5	6
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					
				$\Sigma =$	$\Sigma =$

– для остальных звеньев

$$J_o = \frac{ml^2}{12}. \quad (6.20)$$

Полученные результаты записать в графу 5.

5. Определить момент инерции звеньев тела относительно ОЦТ:

$$J_i = mr^2. \quad (6.21)$$

Полученные результаты записать в графу 6.

6. Подсчитать полный момент инерции тела человека для трех поз путем суммирования результатов граф 5 и 6:

$$J = \Sigma J_o + \Sigma mr^2. \quad (6.22)$$

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Предмет биомеханики.
2. Взаимосвязь биомеханики с другими учебными дисциплинами.
3. История развития биомеханики.
4. Система отсчета. Определение положения точки в пространстве.
5. Пространственные характеристики движения.
6. Временные характеристики движения.
7. Пространственно-временные характеристики движения.
8. Положение тела в пространстве. Программа места.
9. Программа ориентации.
10. Программа позы.
11. Инерционные характеристики тела.
12. Силовые характеристики тела.
13. Законы динамики.
14. Сила тяжести и вес, сила реакции опоры.
15. Силы трения.
16. Силы упругости. Закон Гука. Общее понятие о силах инерции.
17. Силы сопротивления окружающей среды.
18. Силы инерции, возникающие при вращательном движении системы отсчета.
19. Понятие управляющих сил и момент сил.
20. Работы силы. Мощность. Коэффициент полезного действия, коэффициент механической эффективности.
21. Энергия. Виды энергии. Закон сохранения энергии.
22. Равновесие. Виды равновесий. Устойчивость.
23. Показатели устойчивости. Особенности устойчивости тела человека. Осанка.
24. Биомеханические свойства и функции костей.
25. Биомеханика суставных движений.
26. Биомеханика сухожильно-связочного аппарата.
27. Биомеханические аспекты строения мышцы.
28. Биомеханические свойства мышц.
29. Режимы сокращения и разновидности работы мышц.
30. Звенья тела как рычаги.
31. Телосложение и моторика человека.
32. Онтогенез моторики. Двигательный возраст.
33. Двигательная асимметрия и двигательные предпочтения.
34. Биомеханическая характеристика силовых качеств.

35. Биомеханическая характеристика скоростных качеств
36. Утомление и его биомеханические проявления. Возрастное развитие выносливости.
37. Эргометрические показатели выносливости. Факторы, определяющие проявления выносливости.
38. Биомеханические основы гибкости.
39. Формирование системы двигательных действий.
40. Общее понятие об управлении. Уровни управления двигательными действиями.
41. Роль программирования в формировании двигательного действия.
42. Биомеханическое моделирование двигательных действий.
43. Биомеханика ходьбы и бега.
44. Биомеханика плавания.
45. Биомеханика гребли.
46. Биомеханика передвижений со скольжением.
47. Биомеханика передвижений с механическими преобразователями движения.
48. Биомеханика прыжков.
49. Закономерности полета спортивных снарядов.
50. Сообщение движения спортивным снарядам.
51. Вращательные движения тела при опоре.
52. Основные способы управления движениями вокруг осей.
53. Оптические и оптико-электронные методы регистрации движений.
54. Механоэлектрические методы регистрации движений.

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕЙТИНГОВОГО КОНТРОЛЯ

Рейтинг по учебной дисциплине «Биомеханика» определяется суммой баллов, полученных студентом, и отражает успешность изучения дисциплины. Рейтинговая система контроля включает следующие направления оценки успешности обучения:

1. Оценка отношения студента к выполнению своих обязанностей в процессе изучения дисциплины.

Максимальное количество баллов – 90, которые распределяются следующим образом: количество баллов за 1 ч лекции – 1 балл, за 100 %-ное посещение лекций (18 ч) – 18 баллов. За каждое непосещение лекций снимается соответствующее количество баллов. Количество баллов за 1 ч практических занятий – 2 балла, за 100 %-ное посещение практических занятий (36 ч) – 72 балла. За каждое непосещение практических занятий снимается соответствующее количество баллов.

2. Текущий контроль успешности этапа изучения дисциплины.

Рейтинговой оценкой учитывается:

- активная работа на практических занятиях;
- промежуточный контроль знаний (практические работы, мини-контрольные);
- активная самостоятельная работа (подготовка рефератов).

Оценка различных форм активного участия студентов

Формы активного участия студентов	Количество присуждаемых баллов
Работа на практических занятиях	10 баллов – максимум за активное участие
Промежуточный контроль знаний (защита практических работ, проверочные работы)	10 баллов – максимум за каждую выполненную работу
Подготовка рефератов	10 баллов – максимум за реферат

Максимальное количество баллов – 160, которые распределяются следующим образом:

Формы активного участия студента	Максимальное кол-во баллов, необходимых для получения допуска к экзамену	Интерпретация
Работа на практических занятиях	50	Максимальное количество баллов за 5 обязательных ответов на практических занятиях
Промежуточный контроль знаний	90	7 – общее количество практических работ при выполнении их на максимальную оценку; 2 – общее количество мини-контрольных при выполнении их на максимальную оценку
Подготовка рефератов	20	2 – максимальное количество рефератов при выполнении их на максимальную оценку
Итого баллов	160	

Итого баллов по первому и второму направлениям – 250.

3. Оценка активности и творческого подхода к изучению дисциплины.

Максимальное количество баллов – 140, которые распределяются следующим образом:

- 1) участие в НИРС – 30 баллов;
- 2) участие в республиканской НИРС – 50 баллов;
- 3) публикации – 30 баллов за одну публикацию.

Для оценки успешности изучения дисциплины следует руководствоваться следующими критериями:

Недопуск	Допуск	Экзамен
$R < 175$	$175 < R < 225$	$R > 225$

Если после изучения дисциплины в семестре рейтинг удовлетворяет условиям $R < 175$ баллов ($R < 70 \%$), то студент считается не выполнившим учебный план по данной дисциплине и не допускается к сдаче экзамена. Для допуска к экзамену необходимо набрать недостающие баллы (например, по причине пропуска занятий, невыполненных заданий, упражнений, или выполненных на «неудовлетворительно» и т.д.). Форма и способы получения недостающих баллов определяются преподавателем. Это может быть опрос (письменный, устный) по темам пропущенных занятий, мини-контрольные и тому подобное, т.е. студент должен выполнить на «удовлетворительно» необходимый минимум учебных работ, который не был выполнен в семестре.

Если после изучения дисциплины в семестре рейтинг удовлетворяет условиям $175 < R < 225$ ($70 \% < R < 90 \%$), то студент считается выполнившим учебный план и допускается к сдаче экзамена. Если в результате изучения дисциплины рейтинг удовлетворяет условиям $R > 225$ ($R > 90 \%$), то такой рейтинг считается высоким.

Таким образом, рейтинговая система учета и оценки успешности изучения дисциплины «Биомеханика» позволяет рационально организовать обучение, предоставить студентам возможность выбора тактики и стратегии в овладении знаниями по изучаемой дисциплине, определить свой рейтинг среди одногруппников.