

Градообразующие предприятия: назад в будущее или вперед в прошлое? Сборник тезисов докладов и статей международной интерактивной он - лайн видеоконференции. Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова. 2014. С. 261 - 265.

© Еремина О.С., Демина Н.В., 2016

**Жуков К.Г.**

БГУ,

Соискатель кафедры «Социологии Труда

и экономики предпринимательства»

Уфа, Российская Федерация

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ОПТИМИЗАЦИИ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Аннотация.** В статье совмещены экономические методы организации труда на производстве, со способами, применяемыми в области биомеханики, в результате работники и специалисты предприятия при приобретении профессиональных навыков более детально могут обосновать те или иные трудовые действия, выбрать более экономные и более эффективные, рационально распределить физическую энергию и силы в течении рабочей смены. Быстрее и более устойчиво закреплять профессиональные навыки.

**Ключевые слова:** научная организация труда, профессиональные навыки, нормирование труда, рабочая смена, биомеханика, равновесие сил, моменты сил, охрана труда, рычаг, скорость реакции.

«Искусство есть наивысшая степень мастерства в любой сфере деятельности человека» эти слова основателя «Русской школы рукопашного боя» А.А. Кадочникова в полной мере можно отнести не только к спорту, но и организации труда на производстве. С начала образования Руси наша земля требовала не только обработки и развития ремесел, но также обороны и защиты. Поскольку защитники отечества были в основном народные ополченцы, в бою наш народ использовал навыки, приобретенные в мирное время при выполнении трудовых операций, что естественно и закономерно, не случайно военное оружие тех времен было изменённой копией хозяйственных орудий, такие как топор, вилы, палица, холодное оружие и другие. В последствии, с образованием профессиональной армии, эти навыки развивались и аккумулировались, выделилось другое направление использования и применения трудовых навыков, в спорте, хотя несколько отошло от прямого назначения. Спорт по его содержанию, это доведение физических операций до максимальной эффективности в жестких условиях соперничества. В настоящее время этот огромный опыт, накопленный в спорте и в военном искусстве, требуется использовать для развития профессиональных трудовых навыков. При этом как говорит А.А. Кадочников «выработка и повышение точности и ловкости в каком - нибудь одном деле улучшает ее и во многих других». Если при этом учесть, что спортом нам удается заниматься несколько

часов в неделю, а трудовая деятельность осуществляется ежедневно минимум по восемь часов, исключая дни отдыха, это открывает значительные перспективы для развития трудовых, профессиональных и физических качеств.

Рассмотрим пространственную сферу действия человека при осуществлении профессиональной деятельности.

Таблица № 1

Зоны оптимальной досигаемости рук (в мм) при работе стоя  
(фиксированное положение и наклон корпуса на 30гр. вперед)

Границы досигаемости	Рост человека					
	высокий		средний		низкий	
	мужчины	женщины	мужчины	женщины	мужчины	женщины
По глубине	660	550	600	500	540	440
По высоте	1220	1020	1200	1000	1180	980
По фронту для одной руки	550	480	480	470	470	460
По фронту для обеих рук	1800	1400	1600	1300	1400	1200
Нижняя граница по высоте (от отметки пола)	780	720	700	625	610	550

Здесь показаны наиболее досигаемые области для деятельности человека с наибольшей степенью комфорта.

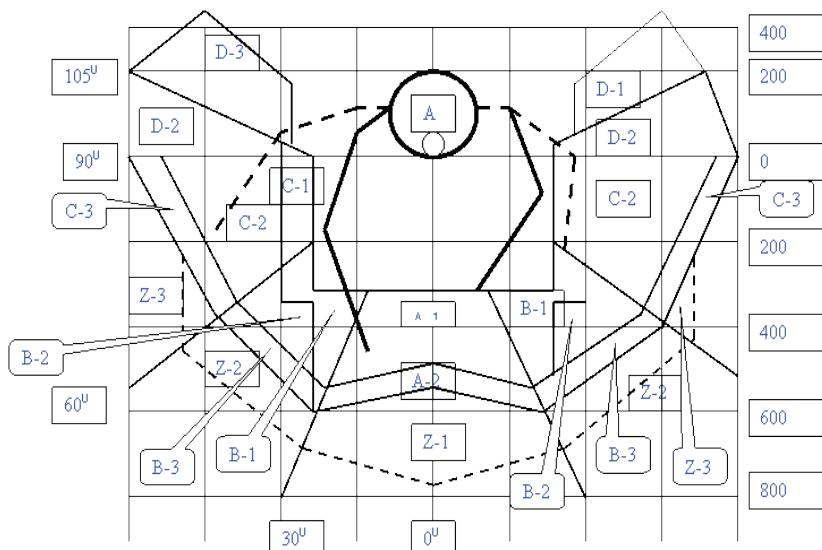


Рис. 1 Построение удобной рабочей зоны для рук.

Таблица № 2

Зона основных движений правой и левой руки	A – 1 Легкая доступность и хороший обзор прямо перед собой A – 2 Хороший обзор, максимальная досягаемость при неподвижных локтях B – 1 Голова почти не поворачивается, рука поворачивается в плече B – 2 Сравнительно легкая доступность и почти не поворачивается голова B – 3 Максимальная досягаемость, голова почти не поворачивается C – 1 Требуется поворот руки в плече и поворот головы для обзора
Зона вспомогательных движений	C – 2 Легкая доступность, но требуется поворот головы C – 3 Максимальная досягаемость для оператора низкого роста, необходим поворот головы D – 2 В этих обзор невозможен, следует помещать D – 3 только такое оборудование, которым не пользуются при обычной работе на посту управления Z – 1 Зоны вне предела досягаемости и Z – 2 предназначены для приборов, которые оператор должен только видеть Z – 3 (в зонах Z – 1, Z – 2 без поворота головы, а в зоне Z – 3 с поворотом) В порядке исключения в зонах можно размещать редко применяемые органы управления, но при этом туловище должно немного перемещаться, в среднем на 300 + 30 мм.

Условия применения органов управления	Рекомендуемые рабочие зоны
Частое Нечастое При перегрузке	A – 1, B – 2, C – 1, C – 2 A – 2, B – 3, C – 3, D – 2, D – 3 A – 1 (ближняя часть к оператору)
При работе только по приборам без внешнего обзора Когда требуется высокая острота зрения Когда высокая острота зрения не обязательна	A – 1, B – 2, B – 3 (ниже уровня плеч) A – 1, A – 2, B – 3, B – 2 C – 1, C – 2, C – 3, D – 2, D – 3
Характер управления	
Нажатие кнопки Движение рычагом	A – 2, B – 3, C – 3, D – 3 Ряд зон на 300 мм впереди контрольной точки А

Работа пальцами	Ряд зон на 50 – 80 мм впереди контрольной точки А
Работа кистью руки	A – 1, B – 2, C – 2, D – 2
Длительные и тонкие манипуляции	A – 1, A – 2, B – 1, B – 2
Движения, различные по характеру	B – 3, C – 1, C – 2, C – 3, D – 2, D – 3
C применением силы более 12 кг на руку	A – 1, B – 2, D – 2

Если принять нагрузку при прямой рабочей позе «сидя» за 1, то при прямой рабочей позе «стоя» она составляет 1,6 при наклонной рабочей позе «сидя» нагрузка возрастает в 4 раза по сравнению с прямой, а при наклонной позе стоя в 10 раз. Наиболее физиологически обоснованными являются рабочее положение «сидя – стоя» обеспечивающее наименьшее утомление за счет чередования нагрузок на различные группы мышц. Рабочие положения подразделяются на оптимальные, ограниченные, неудобные, стесненные, очень неудобные. [1, 220]

Таблица № 3

Сфера манипуляции	Уровень сферы манипуляции, мм		
	Рост человека		
	низкий	средний	высокий
Высота рабочего стола при обычной работе «сидя»	700	725	750
Высота стола для особо точных работ при работе «сидя»	900	950	1000
Высота рабочей плоскости для работы на станках и машинах в положении «сидя»	800	825	850
То же в положении «стоя»	1000	1050	1100
Высота рабочей плоскости при работе, требующей изменения рабочего положения «сидя» или «стоя»	950	1000	1050
Минимальная высота пространства для ног (от отметки пола до нижней поверхности стола) – 600 – 625 мм; ширина зоны для ног – 400 мм.			

Производственная площадь формируется размещением всех элементов оснащения в соответствии с существующими нормами. Размер производственной площади, отводимой под рабочее место (S) определяется по формуле:

$$S = (a + b + 0,5v) * (g + 0,5d) + \sum_{i=1}^n L_i * h_i + Sp$$

Где a – длина основного оборудования на рабочем месте;

б – расстояние от стены или колонны до рабочего места (если основное оборудование не может быть расположено вплотную к ним);

$b$  – величина прохода между рабочими местами по ширине;

$Li, hi$  – длина и ширина  $i$  – го вида оргоснастки;

$n = 1, 2, 3, \dots, n$  – виды оргоснастки, размещаемые на рабочем месте;

$Sp$  – пространство для размещения рабочего с учетом его передвижений.

Основным показателем, характеризующим рациональность использования производственной площади, является удельная площадь, приходящаяся в среднем на один станок вместе с проходами. В машиностроении, например, ее нормативы составляют для мелких станков до 10 – 12 кв. м, средних – 15 – 25 кв. м, крупных – 30 – 45 кв. м и особо крупных – 50 – 100 кв. м. Второй показатель санитарные нормы площади, согласно которым на каждого работающего должно приходиться не менее 4,5 кв. м производственной площади при высоте помещения 3,2 м.

Эффективность труда зависит и от учета суточного и недельного физиологического ритма. Физиологические функции человека в течении суток меняются в строго определенном порядке. Большинство из них в дневные часы суток повышаются, а вочные – понижаются. Это обуславливает неодинаковую реакцию организма человека на физическую и нервно психическую нагрузку в разное время суток, что приводит к определенным колебаниям работоспособности и производительности труда.

В течении суток работоспособность изменяется следующим образом: с 6 часов утра до 15 часов она постепенно повышается; к 10 – 12 часам дня достигает максимума, а затем снижается, с 15 часов она вновь начинает повышаться, а с 22 часов понижается до 3 часов ночи, когда достигает своей минимальной величины.

Работоспособность человека не является стабильной величиной и в течении недели. В первые дни недели она постепенно увеличивается в связи с постепенным входением в работу. Достигая наивысшего уровня на третий день, потом постепенно снижается, резко падая к субботе.

Утомляющее действие высокого темпа работы проявляются в повышенном нервном и физическом напряжении. Повышенный темп, как и пониженный, ослабляя внимание, снижает точность движений и ритмичность работы, отрицательно сказывается на работоспособности. Темп устанавливается в зависимости от степени физической и нервно – психологической нагрузок: при больших нагрузках - более низкий, меньших – более высокий. Применительно к отдельным звеньям двигательного аппарата человека оптимальный темп должен быть не более 1 / 5 от максимальных возможностей человека. Различия в индивидуальном темпе у людей составляет около 30 % .

По данным физиологов производительность труда при ритмичной работе выше на 15 – 20 % , чем при неритмичной.

Важным фактором снижения утомляемости является комплекс средств эстетизации производственной среды. Он включает функциональную музыку, цветовое оформление рабочих мест и помещений, озеленение производственных и бытовых площадей цехов и территории предприятия, обеспечение рабочих спецодеждой и спецобувью в соответствии с эстетическими требованиями моды.

Анализ качества норм проводится в следующей последовательности:

а) выявляются подразделения, виды работ и рабочие места, напряженность норм на которых значительно отклоняется от среднего уровня, т.е. проводится оперативный и целевой анализ;

б) сопоставляются запроектированные и фактические организационно – технические условия выполнения операции;

- в) сопоставляются запроектированные и фактическое содержание трудового процесса при выполнении операции по элементам (трудовым приемам, действиям, движениям), проводится их анализ и определяется рациональный вариант трудового процесса;
- г) проводятся хронометражные наблюдения и устанавливается фактическая продолжительность операции и ее элементов;
- д) сопоставляется продолжительность элементов операции по действующим нормам, по данным наблюдений и по нормативам на запроектированные и фактические условия.
- е) руководителями подразделений административными решениями определяется необходимость тех или иных операций в технологическом процессе.

Нормирование труда как важное направление НОТ содействует решению следующих задач:

- а) выявлению резервов дальнейшего роста производительности труда за счет внедрения научной организации труда на рабочем месте и совершенствования технологии выполнения операций;
- б) совершенствованию методов установления и повышения качества норм, в частности, на основе более полного физиологического и экономического их обоснования;
- в) расширению сферы нормирования труда, охвату нормированием труда всех категорий тудящихся;
- г) поддержанию постоянной прогрессивности норм путем своевременного их пересмотра;
- д) использованию прогрессивных норм для плановых расчетов.

Исследование причин отклонений норм основывается на анализе общего состояния нормирования и выборочной проверки конкретных норм непосредственно на рабочих местах. Анализ причин отклонений проводится в следующем порядке.

1. Сопоставляются запроектированные и фактические организационно – технические условия выполнения операций, в частности, выявляются соответствие: а) наличия и составления оборудования, приспособлений, инструментов и оргтехники; б) режимов работы оборудования; в) фактически применяемого технологического процесса запроектированному; г) продукции стандартам и техническим условиям; д) способов обеспечения рабочего места материалами, инструментом и т.д.

2. Сопоставляется запроектированное и фактическое содержание трудового процесса при выполнении операции по элементам, выявляются отклонения и определяется рациональный вариант трудового процесса.

3. На основании кинограмм или хронометражных наблюдений (в случае необходимости – фотографии рабочего процесса) устанавливается фактическая продолжительность операции и ее элементов.

4. Продолжительность операции может быть установлена по техническим расчетам, на основании режимов работы оборудования.

5. Сопоставляются продолжительность элементов операции по действующим нормам, данным наблюдений и по нормативам на запроектированные и фактические условия.

Наиболее объективные выводы о степени напряженности норм, их прогрессивности можно сделать по результатам сопоставления норм.

Нормы выработки подлежат пересмотру без введения дополнительных организационно – технических мероприятий в следующих случаях:

- а) если на рабочем месте в прошлом были проведены оргмероприятия, повышающие производительность труда, а нормы выработки не были пересмотрены одновременно с их введением;

б) если одновременно с проводимыми оргтехмероприятиями были пересмотрены нормы выработки, но не пропорционально росту производительности труда, достигнутому в их результате;

в) если на участке каждое из организационно – технических и хозяйственных мероприятий не дало заметного уменьшения трудоемкости работ, но в комплексе привело к существенному росту производительности труда;

г) если в результате освоения новых производств и приобретения основной массы рабочих необходимых навыков производительность труда их существенно выросла;

д) если нормы установлены с необоснованным отклонением от действующих на аналогичных работах или с нарушением методов технического нормирования и правил расчета.

Физиологическая граница разделения труда определяется возможностью восприятия человеком информации. Психологические исследования позволяют сделать вывод о том, что специалист, занимающийся решением конкретного класса задач и получающий целевую информацию, в одну секунду может переработать ориентировочно 5 - 7 алфавитно – цифровых знаков (2 – 3 биты в секунду). При этом среднее время реакции составляет на предмет примерно 0,4 сек, на цветной рисунок – 0,9 сек, на символ (слово) – 2,8 сек. Учет физиологической границы требует при разделении труда ИТР и служащих определять минимально необходимую информацию по совокупности работ, выполняемых одним работником, и возможность сокращения ее величины за счет устранения излишней.

Размещение предметов и средств труда должно обеспечиваться с учетом зон досягаемости работника (оптимальной, нормальной и максимальной). П.М. Керженцев, один из основателей российской школы НОТ, писал, что служащий на своем рабочем месте должен держать все в одном, раз установленном порядке: бумаги не обработанные – налево, обработанные – направо, телефон – налево (чтобы можно было брать левой рукой, а правой не бросать ручку для письма); канцелярские принадлежности лучше не посередине, а поближе к правой руке (удобнее брать), налево – пресс – папье, блокнот для записи, настольный календарь. [1, 327]

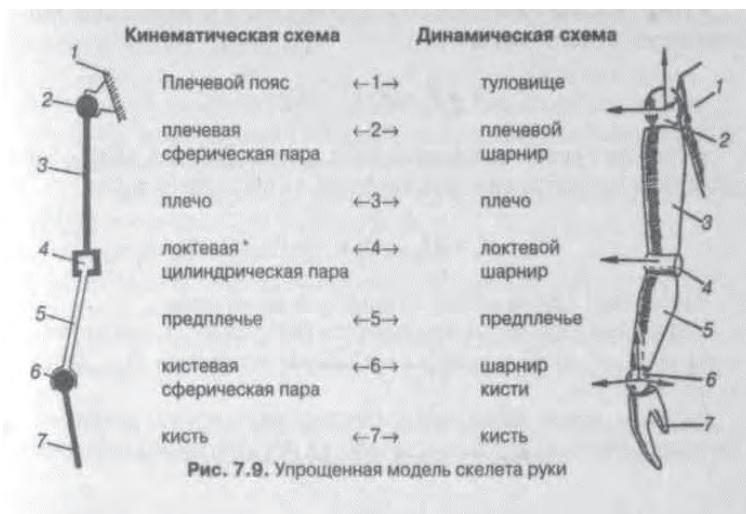


Рис. 7.9. Упрощенная модель скелета руки

Рис. 2 Упрощенная модель скелета руки (В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Опишем характер соединений суставов руки и степени ее свободы. На рисунке представлена упрощенная модель скелета руки. Кинематическая схема показывает подвижные звенья скелета и типы шарнирных соединений (два шаровых шарнира и один цилиндрический). Эта модель имеет семь степеней свободы: три степени свободы в плечевом пояссе, одна степень свободы в локтевом суставе и три степени свободы у кисти. На динамической схеме стрелками показаны оси вращения, соответствующие этим степеням свободы.

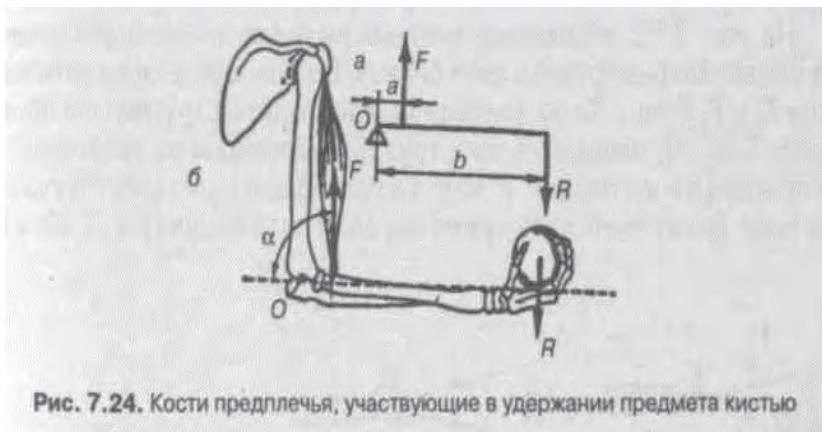


Рис. 7.24. Кости предплечья, участвующие в удержании предмета кистью

Рис. 3 Кости предплечья, участвующие в удержании предмета кистью  
(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Рассмотрим силы действующие на руку при удержании тела определенной массы.

Ось вращения (О) находится в локтевом суставе. На рычаг действуют две силы, приложенные по одну сторону от оси.

- Сила тяжести  $R$ , равная весу груза. Плечо этой силы обозначено буквой  $B$ .
- Сила тяги мышц ( $F$ ), передаваемая с помощью бицепса. Плечо этой силы обозначено буквой  $a$ .

Условие равновесия рычага:  $F \cdot a = Rb$ . В данном случае  $a < b$ , следовательно,  $F > R$ . Поэтому рычаг дает проигрыш в силе (примерно в 8 раз). Целесообразно ли такое устройство? На первый взгляд, как будто нет, поскольку имеется потеря в силе. Однако согласно «золотому правилу» механики потеря в силе вознаграждается выигрышем в перемещении: перемещение кисти в 8 раз больше величины сокращения мышцы. Одновременно происходит и выигрыш в скорости движения: кисть движется в 8 раз быстрее, чем сокращается мышца.

Таким образом, способ прикрепления мускулов, который имеется в теле человека (животных), обеспечивает конечностям быстроту движений, более важную в борьбе за существование, нежели сила. Человек был бы крайне медлительным существом, если бы руки у него не были устроены по этому принципу. [6, 245]

Максимальные значения мощности наблюдается при значениях силы и скорости равных примерно 1 / 3 от максимальных. Следовательно, максимальная мощность мышцы равна

примерно 0,1 той мощности, которую бы проявила бы мышца если бы в одном движении можно было проявить одновременно как максимальную силу, так и максимальную скорость ( $1 / 3 * 1 / 3 = 1 / 9$  примерно  $1 / 10$ ). [3, 138]. Это связано с тем, что при увеличении силовых нагрузок идет уменьшение скорости, а если скорость увеличивается силовые и тяговые возможности снижаются.

Рычаг – это устройство для преобразования сил. Если приложить силу F1 к одной части рычага, то он передаст на другую часть силу F2. Эти силы не обязательно равны. Небольшая сила, приложенная к концу рычага, создает значительно большую силу вблизи точки опоры, что можно показать, рассматривая моменты сил. На этом принципе основано действие щипцов для орехов. Отношение  $F2 / F1$  называют выигрышем в силе рычага. Расстояние на которое нужно переместить точку приложения силы F1, для того чтобы точка приложения силы F2 передвинулась на единицу расстояния, называют отношением плеч. Для идеальной машины, например для рычага без потерь трения, выигрыш был бы равен отношению плеч. [5, 198].



Рис. 13.5. Схема действия мышц на костные рычаги:

- 1 — действующая мышца (двуглавая); 2 — вращательное действие; 3 — сгибание в суставе; 4 — разгибание в суставе; 5 — сесамовидная кость; 6 — распределение силы при наличии сесамовидной кости; 7 — сгибатели руки (синергисты); а — двуглавая мышца; б — сгибатель (плече-лучевая мышца); в — мышца-лучевой сгибатель; 8 — лопатка; 9 — плечевая кость; 10 — лучевая кость; 11 — локтевая кость; 12 — разгибатель (антагонист), трехглавая мышца плеча

Рис. 4 Схема действия мышц на костные рычаги (В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Группа мышц получила название моторной единицы. Количество мышечных волокон, входящих в состав моторной единицы в разных мышцах человека варьирует в очень широких пределах. Так, наименьшее число волокон содержится в моторных единицах тех мышц, которые обеспечивают осуществление очень быстрых и точных движений. К таковым относятся мышцы глазного яблока, в которых моторные единицы состоят из 3—6 мышечных волокон, и мышцы пальцев рук, в которых одно нервное волокно иннервирует 10—25 мышечных волокон. В мышцах туловища и конечностей, от которых зависит осуществление относительно медленных движений, и которые не нуждаются в столь точном контроле, как мышцы пальцев, моторные единицы состоят из 500 и более мышечных волокон. Моторные единицы икроножной мышцы содержат около 2000 волокон.

Вследствие того, что скорость распространения возбуждения в нервных волокнах, иннервирующих скелетные мышцы, очень велика, мышечные волокна, составляющие моторную единицу, приходят в состояние возбуждения практически одновременно.

В скелетных мышцах человека различают быстрые и медленные моторные единицы, состоящие соответственно из быстрых и медленных мышечных волокон. Длительность потенциала действия в медленных волокнах примерно в 2 раза больше, чем в быстрых, продолжительность волны сокращения — в 5 раз больше, а скорость ее проведения приблизительно в 2 раза меньше.

Скелетные мышцы в большинстве случаев являются смешанными: они состоят как из быстрых, так и из медленных моторных единиц. Благодаря этому нервные центры могут использовать одну и ту же мышцу как для осуществления быстрых, фазных движений, так и для поддержания тонического напряжения. Переход от одного режима деятельности к другому осуществляется путем последовательного включения в работу то одних, то других моторных единиц.

Найдено, что наибольший груз, который в состоянии удерживать мускул с поперечником в  $1 \text{ см}^2$ , в среднем равняется 10 кг — так называемая абсолютная мышечная сила. Зная это, не трудно определить силу той или другой мышцы. Предположим, что какой-нибудь мускул имеет поперечник в  $5 \text{ см}^2$ . Следовательно, он будет сокращаться с силой, равной  $10 \times 5 = 50 \text{ кг}$ . Если уменьшение его длины, происходящее при сокращении, достигает 5 см (0,05 м), то величина механической работы данного мускула равняется  $50 \cdot 0,05 = 2,5 \text{ кг} / \text{м}$ . Это значит, что мускул в состоянии произвести работу, равную поднятию 2,5 кг на высоту одного метра.

Необходимо учитывать, что тело содержит кислород, запасенный в мышцах, а в дальнейшем получает его при дыхании. Если взять бегуна на короткие дистанции, спринтера, он может поддерживать свою максимальную мощность до тех пор, пока не израсходует запас кислорода. Это кислородное голодание наступает на дистанции около 300 метров. [6, 130].

Поэтому надо распределять нагрузки, что бы сохранять баланс содержания кислорода в мышцах.

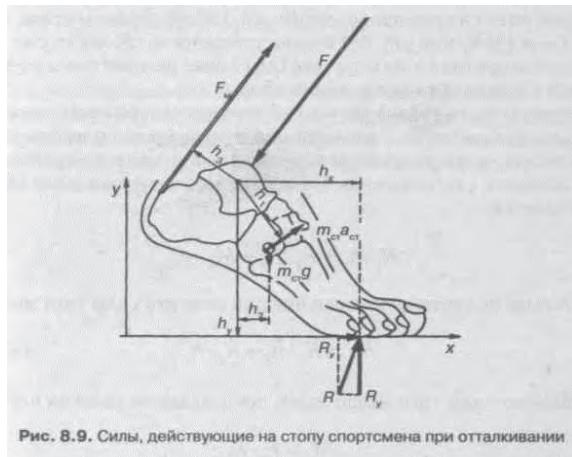


Рис. 8.9. Силы, действующие на стопу спортсмена при отталкивании

Рис. 5 Силы действующие на стопу спортсмена при отталкивании  
(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Стопа значимая часть ноги на нее приходится основная нагрузка при перемещении, прыжках, беге, рассмотрим силы действующие на нее при ее работе.

Это сила реакции опоры  $R$ , сила тяжести  $mg$ , сила тяги мышц  $F_M$  и сила, нагружающая голеностопный сустав,  $F$ . Кроме того, на стопу действуют силы пассивного сопротивления, связанные с деформацией соединительных тканей и с силой трения в суставе.

Обозначим ускорение голеностопного сустава  $a_{ct}$  и воспользуемся связанный с ним неинерциальной системой отсчета. В этой системе сустав неподвижен, а стопа вращается вокруг него с некоторым угловым ускорением  $\epsilon$ . Согласно принципу Д'Аламбера к реальным силам следует добавить фиктивную силу инерции  $F_K = -m^*a_{ct}$  и записать условие вращения:

$$Rx^*hy + Ry^*hx + mct^*act^*h1 - mct^*g^*h2 + Mc - Mm = Ict^*\epsilon$$

где  $mct$ ,  $Ict$  – масса и момент инерции стопы (относительно голеностопного сустава);  $Mc$  – момент сил пассивного сопротивления;  $Mm$  – момент силы тяги мышц ( $F_m$ ), нагружающих ахиллово сухожилие;  $hx$ ,  $hy$ ,  $h1$ ,  $h2$  – плечи сил.

Проанализируем левую часть этого уравнения. Сила тяжести ( $mct^*g$ ) и сила инерции ( $mct^*act$ ), действующие на стопу малы, по сравнению с силами реакции опоры ( $Rx$  и  $Ry$ ), а их плечи ( $h1$  и  $h2$ ) меньше плеч сил реакции опоры ( $hy$  и  $hx$ ). Поэтому моментами этих сил ( $mct^*act^*h1$  и  $-mct^*g^*h2$ ) можно пренебречь. Момент сил пассивного сопротивления в суставе ( $Mc$ ) также не значителен по сравнению с моментами сил реакции опоры.

Правую часть можно принять равной нулю, поскольку согласно расчетам и измерениям, произведение момента инерции стопы на его угловое ускорение ( $Ict^*\epsilon$ ) мало по сравнению с основными слагаемыми левой части. Поэтому уравнение упрощается:

$$Rx^*hy + Ry^*hx - Mm = 0$$

Отсюда получаем соотношения для момента силы тяги мышц:

$$Mm = Rx^*hy + Ry^*hx$$

Момент силы тяги мышц равен произведению силы на плечо:

$$Mm = Fm * h3$$

А составляющие реакции опоры определяются системой:

$$Rx = m^*ax; Ry = m(ay + g).$$

Поставив эти выражения

$$Fm * h3 = m[ax^* hx + (ay + g)^* hy].$$

Отсюда находим формулу для расчета приближенного значения силы тяги мышц, нагружающих ахиллово сухожилие:

$$Fm = m[ax^* hx + (ay + g)^* hy] / h3$$

Вычислим ориентировочное значение этой силы. Для взрослого человека можно принять  $m = 70\text{kg}$ ,  $hy = 12\text{cm}$ ,  $hx = 10\text{cm}$ ,  $h3 = 6\text{ cm}$ .

Измеренные значения составляющих центра масс равны  $ax = 1,5g$ ;  $ay = g$ .

Подставив это значение в формулу получаем:

$$Fm = 70[1,5g * 10 + 2g * 12] / 6 = 6,5 mg = 4460\text{N}$$

Полученное значение близко к максимально допустимой нагрузке для ахиллова сухожилия, которая составляет примерно  $5000\text{N}$ .

Проведя аналогичные расчеты, можно получить значение для силы  $F$  которой нагружен голеностопный сустав. В данном случае получается значение близкое  $3mg$ .

Таблица 17.7

## Кинематические соединения скелета человека

Форма соединения	Схема соединения	Применение
Цилиндрическая		Ось взаимного вращения параллельна осям сопллененных костей
Блоковидная		Ось взаимного вращения перпендикулярна осям сопллененных костей
Мышечковая		Ось взаимного вращения составляет произвольный угол с осями сопллененных костей
Элонгосидная		Взаимный поворот возможен вокруг двух взаимно перпендикулярных осей
Седловидная		Взаимный поворот возможен вокруг двух взаимно перпендикулярных осей
Шаровая		Взаимный поворот возможен вокруг трех взаимно перпендикулярных осей
Плоская		Возможно взаимное поступательное перемещение вдоль двух взаимно перпендикулярных осей и вращение относительно осей сопллененных костей

Таблица № 4 Кинематические соединения скелета человека  
(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Опорно - двигательная функция позвоночника во многом определяется структурными и механическими свойствами межпозвоночных дисков, соединяющих тела соседних позвонков, а также связок, соединяющих тела, дуги и отростки позвонков.

Между отдельными позвонками имеются соединения, которые связывают: 1) их тела; 2) дуги и 3) отростки. Поверхности тел двух смежных позвонков, обращенные друг к другу, соединяются межпозвоночными хрящами, который отсутствует только между I и II шейным позвонками. Число этих хрящей в позвоночнике взрослого равняется 23, толщина хряща от 2 мм (в средней грудной области) до 10 мм у нижних поясничных позвонков. Кроме того, толщина неодинакова и в различных пунктах одного и того же хрящевого диска. Общая высота всех хрящей составляет приблизительно четверть длины всего позвоночного столба (не считая крестцовой кости и копчика).

Межпозвоночные хрящи прочно соединяют тела позвонков между собой, вместе с тем они допускают известную подвижность и играют роль эластических подушек.

Кости соединяются между собой с помощью: 1) непрерывных соединений (при помощи соединительной ткани (синдесмозы) и посредством хряща (синхондрозы); 2) полусуставов (где соединение осуществляется посредством хряща); 3) прерывных соединений (суставов, обеспечивающих высокую подвижность всего тела).

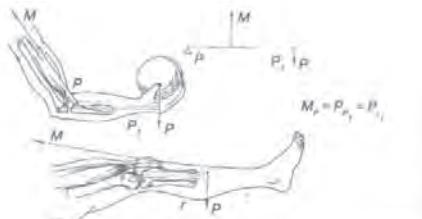


Рис. 17.41. Рычаги второго рода:  $P$  — вектор парциального центра тяжести;  $M$  — вектор приложения мышечной силы;  $r$  и  $r$ , — плечи рычагов

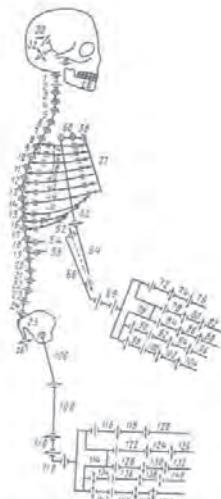


Рис. 17.42. Структурная схема опорно-двигательного аппарата человека  
(по А. Могоркиеву, 1981)

Рис. 6 Рычаги второго рода. Структурная схема опорно - движательного аппарата человека  
(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Исключительную роль в построении движений играет костно суставная система и ее степени свободы. Подвижность такого механизма в теории механизмов и машин определяется по формуле:

5

$$\Pi = 6n - \sum_i K_i$$

$$i = 3$$

Где,  $n$  – число подвижных костей;

$K_i$  – число суставов определенных классов ( $i = 3, 4, 5$ )

Скелет человека имеет подвижных костей  $n = 148$ , суставов обеспечивающих три степени свободы  $K_3 = 29$ , две степени свободы  $K_4 = 33$ , одну степень свободы  $K_5 = 85$ .

Подставив получим подвижности костно – суставной конструкции человека:  $\Pi = 244$ .

Каждый сустав закреплен со всех сторон гибкими разтяжками мышцами или связками, расчалин ими. При этом мышцы кроме их прямых функций двигательной загружаются еще добавочной – опорной. Получаем значительный выигрыш по части гибкости опорной конструкции.

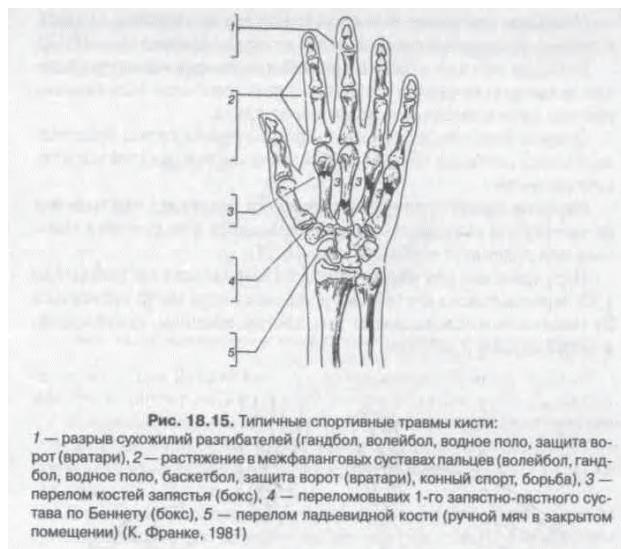


Рис. 7. Типичные спортивные травмы кисти

(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Переломы костей кисти и пальцев составляют до 1 / 8 переломов всех костей. Повреждения кисти могут относиться не только к кожным покровам, но и костям, мышцам, сухожилиям, а также нервам и сосудам. 4 % повреждений и последствий неправильной нагрузки в спорте приходится на область кисти, хотя и здесь наблюдаются типичные повреждения и зависимость частоты травм от специфики отдельных видов спорта.

В механизме повреждения преобладают прямые травмы, например, при подхвате резко брошенного мяча, при ударе или толчке в борьбе и под действием непрямой силы при падении на вытянутую руку.

Наиболее часто встречаются переломы проксимального ряда костей запястья. Чаще других повреждается ладьевидная кость, реже — полуулна и еще реже — остальные кости запястья.

Перелом ладьевидной кости может произойти при падении на выпрямленную кисть, при прямом ударе по ладони. Иногда перелом может наступить при ударе кулаком о твердый предмет.

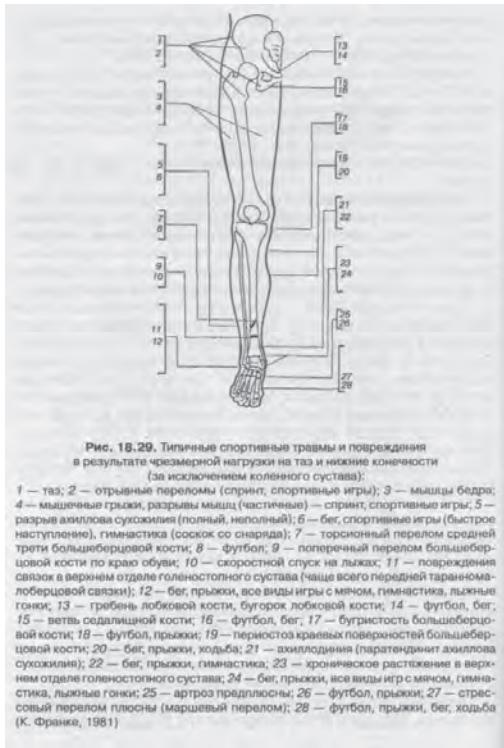


Рис. 18.29. Типичные спортивные травмы и повреждения в результате чрезмерной нагрузки на таз и нижние конечности  
(за исключением коленного сустава):

1 — таз; 2 — отрывные переломы (спринт, спортивные игры); 3 — мышцы бедра; 4 — мышечные грыжи, разрывы мыши (частичные) — спринт, спортивные игры; 5 — разрывы ахиллова сухожилия (полный, неполный); 6 — бег, спортивные игры (быстрое наступление), гимнастика (сокок со скакалкой); 7 — торсионный перелом средней трети большеберцовой кости; 8 — футбол; 9 — поперечный перелом большеберцовой кости по краю обивки; 10 — скоростной спуск на лыжах; 11 — повреждения связок в верхнем отделе голено-стопного сустава (чаще всего передней таранно-лобцовой связки); 12 — бег, прыжки, все виды игры с мячом, гимнастика, лыжные гонки; 13 — грибень лобковой кости, бугорок лобковой кости; 14 — футбол, бег; 15 — веть седалищной кости; 16 — футбол, бег; 17 — бургистость большеберцовой кости; 18 — футбол, прыжки; 19 — переносистость краевых поверхностей большеберцовой кости; 20 — бег, прыжки, ходьба; 21 — ахиллодиния (паратендинит ахиллова сухожилия); 22 — бег, прыжки, гимнастика; 23 — хроническое растяжение в верхнем отделе голено-стопного сустава; 24 — бег, прыжки, все виды игр с мячом, гимнастика, лыжные гонки; 25 — артроз предплечья; 26 — футбол, прыжки; 27 — стрессовый перелом плюсны (маршевый перелом); 28 — футбол, прыжки, бег, ходьба (К. Франке, 1981)

Рис. 8. Типичные спортивные травмы и повреждения в результате чрезмерной нагрузки на таз и нижние конечности (В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Травматические вывихи в тазобедренном суставе составляют около 2 % всех вывихов. Механизм возникновения вывиха — чаще всего непрямое значительное усилие, при условии, когда бедро внезапно резко ротируется внутрь и приводится, а также при значительном прямом силовом воздействии (падения у альпинистов, горнолыжников, мото - и автоспортсменов и др.).

Травматический вывих надколенника возникает чаще всего вследствие падения на коленный сустав, при ударе твердым предметом по коленному суставу или при изменении тяги мышц - разгибателей голени. Большое значение для вывиха имеет ряд предрасполагающих моментов: отношение голени кнаружи, более развитый внутренний мышцелок бедра и неправильное направление четырехглавого разгибателя голени по отношению к связке надколенника. Вывихи надколенника происходят чаще у женщин. Отмечается латеральное смещение, что связано с X - образным положением нижних конечностей и тягой четырехглавой мышцы бедра в соответствии с параллелограммом сил.

Подтаранный вывих стопы. Вывих происходит в таранно - пя - точном и таранно - ладьевидном сочленениях в случаях непрямого механизма травмы. При подтаранном вывихе стопа чаще всего смещается внутрь или назад и внутрь — внутренний и зад - не - внутренний вывих.

Перелом шейки бедра чаще встречается у пожилых людей. Это связано с уменьшением шеечно - диафизарного угла, плохим кровоснабжением (arterия круглой связки, как правило, облитерирована). Шеечно - диафизарный угол у пожилых людей с годами уменьшается, в связи с этим большая нагрузка приходится на шейку бедра, поэтому легко возникает ее перелом.

Переломы диафиза бедра. Также как и при других диафизарных переломах, переломы бедра возможны при различных вариантах прямого и не прямого механизма травмы.

Частота переломов голени в среднем колеблется в пределах 30 %. Наиболее часты переломы голени в нижней трети. Переломы могут быть открытыми и закрытыми, в зависимости от механизма травмы.

Величины жесткости различных мышечных групп человека							
Автор	Объект исследования (группа мышц)	Активность, сила, сопротивление мышцы	п	Метод	Характеристика	Зарегистрированная величина	Пересчитанная величина Н/м
Wilkie, 1950	Сгибатели предплечья	0 Н 50 Н 100 Н 150 Н	5	Изометрического напряжения	Эквивалентная	$2,0 \times 10^{-4}$ см/дин $0,94 \times 10^{-4}$ см/дин $0,56 \times 10^{-4}$ см/дин $0,4 \times 10^{-4}$ см/дин	$0,5 \times 10^3$ $1,06 \times 10^3$ $1,78 \times 10^3$ $2,5 \times 10^3$
Goubel, 1974	Эквивалентный сгибатель предплечья	Активная 500 Н 1000 Н 1500 Н	5	Внезапного освобождения	Податливость	$1,65 \times 10^{-4}$ м/Н $0,7 \times 10^{-4}$ м/Н $0,6 \times 10^{-4}$ м/Н	$0,6 \times 10^4$ $1,42 \times 10^4$ $1,66 \times 10^4$
Pertuzon, 1972	То же	Пассивная	5	Пассивных движений	— → —	$7,4 \times 10^{-4}$ м/Н	$0,14 \times 10^4$
Goubel, 1974	— » —	Активная 100 Н 200 Н 300 Н	6	Латентный	— → —	$0,37 \times 10^{-4}$ м/Н $0,21 \times 10^{-4}$ м/Н $0,18 \times 10^{-4}$ м/Н	$2,7 \times 10^4$ $4,76 \times 10^4$ $5,55 \times 10^4$
Goubel, 1974	— » —	Активная 50 Н 100 Н 200 Н	3	Динамический	— → —	$1,0 \times 10^{-4}$ м/Н $0,7 \times 10^{-4}$ м/Н $0,3 \times 10^{-4}$ м/Н	$1,0 \times 10^4$ $1,42 \times 10^4$ $3,3 \times 10^4$
Soechting et al., 1971	— » —	Активная	неизв.	Баллистических движений	Жесткость	2500 кг/м	$2,45 \times 10^4$

Продолжение табл.

Автор	Объект исследования (группа мышц)	Активность, сила, сопротивление мышцы	п	Метод	Характеристика	Зарегистрированная величина	Пересчитанная величина Н/м
Viviani et al., 1973	Эквивалентный сгибатель предплечья	Активная	4	Баллистических движений	Жесткость	8800 кг/м 6300 кг/м 5300 кг/м	$8,63 \times 10^4$ $6,18 \times 10^4$ $5,19 \times 10^4$
Matsumoto et al., 1976	Плечелучевая м. Длинный лучевой разгибатель кисти	Пассивная Активная	1 1	Резонансный	Упругость — → —	$0,18 \times 10^6$ дин/см $0,94 \times 10^6$ дин/см $0,2 \times 10^6$ дин/см	$0,18 \times 10^3$ $0,94 \times 10^3$ $0,2 \times 10^3$
Cavagna, 1970	Сгибатели стопы	Активные	5	Затухающих колебаний	Жесткость	3,80 кг/мм	$3,73 \times 10^4$
Г.Я. Пановко, 1973	Сгибатели стопы	Неопределенная	5	Резонансный	Эквивалентная жесткость	3710 кг/м	$3,63 \times 10^4$

Автор	Объект исследования (группа мышц)	Активность силы, сопротивление мышцы	п	Метод	Характеристика	Зарегистрированная величина	Переведенная величина Н/м
Boon et al., 1972	Сгибатели предплечья	Пассивная	5	Синусоидальных пассивных движений	Угловая жесткость	1,5±4,0 Нн./рад	—
В.Л. Федоров, 1970	Четырехглавая м. бедра	Активная Пассивная	1 1	Затухающих колебаний	Упругость	57,1 Гц 25,8 Гц	—

*Примечание. Не следует смешивать эквивалентную жесткость с жесткостью эквивалентного сгибателя и разгибателя. Под эквивалентной жесткостью понимается жесткость элемента, моделирующего интегральные свойства всех морфологических структур данного сустава; при этом не делается попытка привязать значение жесткости к какой-нибудь определенной мышце. Эквивалентной жесткости соответствует следующей логикой подхода: сустав заменяется идеальной пружиной с такими свойствами (жесткостью), что поведение тела человека в пределах описываемых опытов не изменится.*

*В случае же с жесткостью эквивалентного сгибателя определяется жесткостью фиктивной мышцы, гипотетически заменяющей все мышцы сустава.*

Таблица № 5. Величины жесткости различных групп мышц  
(В.И. Дубровский, В.Н. Федорова, 2008)

Сила упругости действует со стороны деформированного тела на тело, с которым оно соприкасается (в общем случае — со стороны пружины на руку).

Растяжение или сжатие под действием приложенной силы испытывает не только пружина, но и все твердые тела. Английский ученый Роберт Гук экспериментально установил следующий закон.

Сила упругости ( $F$ ), возникающая при малой (по сравнению с размерами тела) деформации, прямо пропорциональна величине деформации ( $x$ ) и направлена в сторону, противоположную смещению частиц тела:

$$F = -k \cdot X.$$

Коэффициент пропорциональности  $k$  называется жесткостью тела (зависит от размеров, формы и материала). В СИ жесткость выражается в ньютонах на метр (Н / м).

При сгибании рук и ног человек также представляет собой сжатую пружину действие возникающих сил можно описать с помощью закона Гука. Если тело представить как ядро в центре паружин (рук и ног), то можно усиливать силовое воздействие на предмет разгоняя туловище за счет инерционных моментов, таким образом придавая рукам и ногам дополнительные силовые составляющие. В результате сила может возрастать по закону сложения сил, а также при использовании законов механических колебаний.

По закону механических колебаний можно расчитать скорость и ускорение когда они достигают максимального значения для ядра двигающегося при колебательных движениях.

$$U_{\max} = A * \sqrt{k / m} - \text{максимальная скорость (амплитуда скорости);}$$

$$a_{\max} = A * (k / m) - \text{максимальное ускорение (амплитуда ускорения).}$$

Где,  $A$  – амплитуда колебаний.

Скорость достигает максимального значения в точке равновесия  $X_0$ , а ускорение достигает максимальное значение в точке смещения  $A$ . Здесь можно сделать вывод, если вы хотите сильнее нажать, то требуется максимальное ускорение, а если сильнее ударить нужна максимальная скорость. Это выходит из Второго Закона Ньютона и Закона сохранения импульса.

Из равенства  $P = m*U$  или  $F*dt$  вытекает одно важное для практического применения следствие, называемое законом сохранения импульса.  $P$  – импульс тела. Рассмотрим систему тел, на которую не действуют внешние силы. Такую систему называют замкнутой.

Система тел, которые взаимодействуют только между собой и не взаимодействуют с другими телами, называется замкнутой.

Для такой системы внешних сил нет. Поэтому имеет место закон сохранения импульса.

Векторная сумма импульсов тел, входящих в замкнутую систему, остается неизменной (сохраняется).

Иными словами, для любых двух моментов времени импульсы замкнутой системы одинаковы:

$$P_1 = P_2 \text{ или } m_1*U_1 = m_2*U_2$$

Закон сохранения импульса — это значимый закон природы, не знающий никаких исключений. Он соблюдается во всех сферах жизнедеятельности и окружающей среды.

И Второй Закон Ньютона. Силой действующей на тело со стороны других тел, называется векторная величина равная произведению массы тела на его ускорение относительно инерциальной системы отсчета.

$$F = m*a$$

Таким образом скорость усиливает удар, импульс тела, а ускорение давление на предмет, силу воздействия, данную закономерность необходимо учитывать как при осуществлении работы, так и обеспечении собственной безопасности.

Поступление нервных импульсов из мозга при формировании движения можно сравнить с фокусировкой объектива, если движения не отработаны и не выверены нервный импульс поступает в мышцы в размытом состоянии получаем не точные, не устойчивые движения, если движения выверены, отработаны, и обоснованы происходит фокусировка нервных импульсов, получаем выверенный нервный сигнал, четкий и явный как изображение в сфокусированном объективе. Для этого при установлении движения необходимо отдавать приоритет точности и обоснованности движения, его скорости, в дальнейшем быстроту выполнения операций можно увеличить.

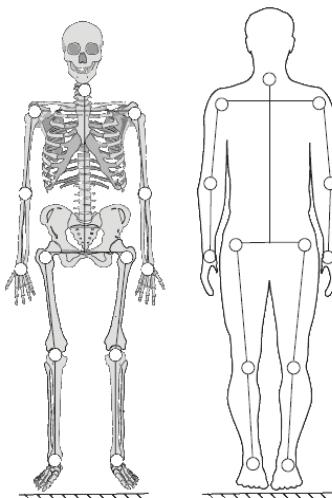


Рис. 9. Рабочая модель человека.

При самом простом подходе перемещение человека рассматривают как движение его общего центра масс (ЦМ). Но остается неизвестным, в результате каких именно движений достигается перемещение общего ЦМ. Учет особенностей движений отдельных звеньев тела позволил бы более точно рассмотреть перемещения человека в целом. В биомеханике рассматривают упрощенную рабочую модель человека – биомеханическую систему. При построении рабочей модели человека в биомеханике делают как правило, следующие допущения:

- звенья модели (части тела человека) абсолютно твердые то есть не деформируются ни при каких обстоятельствах;
- геометрические параметры и масса звеньев модели их длина и пр., совпадает с соответствующими параметрами сегментов тела человека;
- звенья модели соединены в идеальные кинематические пары сферическими (шаровыми) или цилиндрическими шарнирами. [2, 96].

Большое значение для построения движений имеет ловкость и ее развитие. Что бы сделать конечность управляемой непрерывно с самого первого момента необходимо будильно выделять движения с помощью органов чувств и вести его все время по узде соответствующих коррекций. Двигательные импульсы от мозга к мышцам не будут раз за разом одинаковые. Двигательный навык даже самого простого и однообразного движения не может быть двигательной формой или двигательным штампом. Поэтому, прежде всего не правильно представлять себе, что двигательный навык это какой - то отпечаток или след в двигательных центрах мозга. И в чувствительных системах мозга откладывается и скапливается при формировании навыка не раз навсегда постоянный шаблон, а своеобразная особая маневренность.

Чувствительные мозговые системы постепенно все искусней прилаживаются делать перевод с того языка, на котором приходит в мозг ощущение и впечатление о ходе движения, на язык тех поправочных двигательных импульсов которые необходимо в соответствии с ними послать той или другой мышце. Этот перевод с языка ощущений на язык коррекций мы называем першифровкой нервных импульсов.

Итак, двигательный навык не формула движения, и тем более не формула каких - либо постоянных, запечатлевших в двигательном центре мышечных коррекций. Двигательный навык – это освоенное умение решать тот или иной вид двигательной задачи. Изучаемое движение нужно не один раз выполнить на самом деле, что бы в действительности испытать все те ощущения, которые лягут в основу его сенсорных коррекций. Его нужно проделать много раз, что бы чувствительные отделы мозга успели познакомиться со всем разнообразием отклонений и разновидностей и составить себе «словарик» для всех предстоящих першифровок. Самой правильной постановкой будет такая тренировка, при которой с затратой наименьшего труда будет совмещаться наиболее продуманное разнообразие ощущений и будут созданы наилучшие условия, чтобы осмысленно заполнить и усвоить все эти ощущения.

Упражнение – это деятельное строительство. Построение навыка – это осмысленное цельное действие, в котором нельзя ни пропускать, ни перепутывать отдельных действий. Если и возможно ценюю значительных напряжений исполнить неустойчивую саморазрушающуюся форму движения то уже, во всяком случае, повторять ее несколько раз совершенно непосильно, поэтому такие формы и не заучиваются.

Наоборот, устойчивые формы имеют все предпосылки к тому, что бы легко поддаваться повторениям, а значит, им нетрудно и закрепляться в памяти. Таким образом, получается, что плохие, неудачные движения не запоминаются, тогда как удачные решения двигательной задачи, напротив имеют тенденцию запечатлеться прочно. Внимание следует

сосредоточить на стремлении как можно лучше и точнее решить стоящую перед нами двигательную задачу. Это стремление и наведет его на основные, решающие смысловые коррекции всего движения. Концентрация (сосредоточение) на задаче в наибольшей мере мобилизует ведущий уровень со всеми его возможностями. Правильно сделанное движение – это движение, которое действительно приведет к требуемой цели, решает возникающую задачу. Правильное движение - это движение, которое делает то, что нужно.

Истинно ловкие движения неторопливы. При плохой неумелой работе, неловкой работе непременно делают много лишних движений. [4, 154].

Быстрота в ловкости проявляется в следующих навыках:

1. Быстрота находчивости;
2. Быстрота решимости;
3. Спорность действий.

Отмечается перенос навыка с органа на орган. При тренировке одной руки происходит заметное улучшение навыка и у другой руки. Переключаемость движений, как по приему, так и по органу представляет собой средство по охране движений от сбиваний, т.е. свойство двигательной приспособляемости.

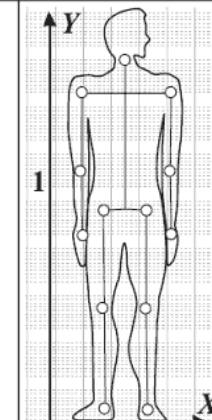
Ловкость есть способность двигательно выйти из любого положения, т.е. способность справиться с любой возникающей двигательной задачей:

1. Правильно (т.е. адекватно и точно);
2. Быстро (т.е. споро и скоро);
3. Рационально (т.е. целесообразно и экономично);
4. Находчиво (т.е. изворотливо и инициативно).

[4, 175].

Таблица № 6

Суставы (сочленения)	Расстояние от пола (% роста)	Базовая модель человека	Расстояние от пола при росте (см)		
			160	170	180
Сустав основания черепа	91,2		145,9	155	164,2
Плечевой сустав	81,2		130	138	146,2
Локтевой сустав	62,2		99,2	105,7	112
Тазобедренный сустав	52,2		83,4	88,6	93,8
Запястье (луче-запястное сочленение)	46,2		73,9	78,5	83,2
Коленный сустав	28,5		45,6	48,5	51,3
Голеностопный сустав	4,0		6,4	6,8	7,2



The diagram shows a side-view human body model with joints marked by circles. A vertical Y-axis points upwards from the head, and a horizontal X-axis points to the right from the lower leg. The joints marked include the skull base, shoulder, elbow, wrist, knee, and ankle.

В таблице приведены данные для определения положения суставов человека. Составив заданную рабочую модель человека, можно затем трансформировать ее, в соответствии с изменением позы, в процессе выполнения двигательного действия. Последовательное

соединение биомеханических пар в теле человека, называют биомеханической цепью, различают замкнутые и разомкнутые цели.

Число степеней свободы кинематической цепи определяется по формуле:

$$W^* = 3k - 2p_1 - p_2.$$

$k$  - число звеньев в цепи;

$p_1$  – число низших кинематических пар;

$p_2$  – число высших кинематических пар.

**Низшие кинематические пары** – пары, в которых элементы касаются по поверхностям конечных размеров.

К ним относятся: поступательная , вращательная, и винтовая пары. Низшие пары обратимы, т.е. характер движения не изменяется в зависимости от того, какое звено, входящее в пару, закреплено.

**Высшие кинематические пары** – это пары, элементы которых касаются по линиям или точкам. Высшие пары необратимы. Точки описывают различные кривые в зависимости от того, какое звено, входящее в пару, закреплено. К высшим парам относятся, например, кулачок с толкателем (соприкосновение по линии или в точке или зубчатое зацепление (два зуба контактируют по линии)). До соединения звеньев в плоские кинематические пары все они обладали  $3k$  степенями свободы, до соединения в пространственные  $6k$  степеней свободы.

Соединение звеньев в низшую вращательную кинематическую пару накладывает на систему две связи, то есть устраняет две степени свободы. Высшая кинематическая пара накладывает одну связь, то есть устраняет одну степень свободы. Обычно рассматривают движения звеньев кинематической цепи относительно неподвижного звена называемого стойкой. Такие звенья есть в любой машине блок цилиндра двигателя, статор электродвигателя, станина станка, в связях машины – работник, они же могут стать неподвижным звеном в данной кинематической цепи. Для спортсмена неподвижным звеном может стать спортивный снаряд.

Поскольку стойка неподвижна, то число степеней свободы плоской кинематической цепи должно уменьшить на три.

$$W = W^* - 3 \Rightarrow W = 3(k - 1) - 2p_1 - p_2$$

$k - 1$  = n есть число подвижных звеньев в кинематической цепи.

Получаем «Формулу Чебышева»:

$$W = 3n - 2p_1 - p_2$$

Степень свободы цепи определяется степенью свободы незамкнутой кинематической пары. (А.А Кадочников, 2003)

Тело находится в равновесии, если действующие на него силы не стремятся ни перемещать его в каком – либо направлении, ни вращать его вокруг какой либо оси. Для того что бы показать, что при действии на тело определенной комбинации сил оно будет находиться в равновесии, нет надобности рассматривать все возможные направления и все возможные оси. Если все силы действуют в одной плоскости, достаточно показать, что:

1) При разложении всех сил на составляющие по двум направлениям, лежащим в этой плоскости, суммы составляющих по каждому из этих направлений равны нулю, часто бывает удобно выбрать два взаимно перпендикулярных направления, но это совсем не обязательно;

2) Сумма моментов всех сил относительно любой оси, перпендикулярной к данной оси, равна нулю.

Условия равновесия можно сформулировать и по – иному, либо на основе составляющих по одному направлению, и моментов относительно двух осей, либо на основе моментов относительно трех осей. Эти альтернативные условия можно найти в учебниках. Если силы не лежат в одной плоскости, необходимо рассмотреть составляющие по трем направлениям и моменты относительно трех осей.

Из условия равновесия вытекают два следствия, которые часто оказываются очень полезными. Во – первых, совершенно очевидно, что при взаимодействии двух сил тело может находиться в равновесии только в том случае, если силы равны по величине, противоположны по направлению и имеют общую линию действия. Во – вторых, если тело находится в равновесии при действии на него трех сил, то равнодействующая любых из этих сил должна равна третьей, и направлена противоположно ей. Это возможно только в том случае, если линии действия всех трех сил лежат в одной плоскости и либо параллельны друг другу, либо пересекаются в одной точке. [5, 241].

Таблица № 7

Отдельные части тела человека	Расстояние от пола $y_i$ (в % роста)	Масса $m_i$ (в %)	Положение ЦМ отдельных частей тела	$y_i$ , см	$m_i$ , кг
				рост 170 см	масса $M$ 80 кг
Голова	93,5	6,9		159,0	5,5
Верхняя часть рук	71,7	6,6		121,9	2,65-2
Тулово и шея	71,2	46,1		120,9	36,9
Нижняя часть рук	55,3	4,2		94,0	1,7-2
Кисти рук	43,1	1,7		73,3	0,7-2
Верхняя часть ног (бедра)	42,5	21,5		72,3	8,6-2
Нижняя часть ног (голени)	18,2	9,6		30,9	3,85-2
Ступни	1,8	3,4		3,1	1,35-2

Свойство тела, которое называют инертностью, выражают его массой. Рабочая модель позволяет для данных роста и массы человека рассчитать положение его центра масс и моментов инерции при любой позе тела, что очень важно для построения движений. Положение общего ЦМ рабочей модели человека как биомеханической системы рассчитывается по формуле механики:

$$\bar{Y}_{\text{ЦМ}} = \frac{\sum (m_i y_i)}{M};$$

$$i = 1$$

Где,  $n$  – количество звеньев тела;

$m_i$  – масса  $i$  –го звена тела (или суммарная масса симметричных звеньев);

$y_i$  – координата ЦМ  $i$  –го звена тела;

$M = \sum m$  – общая масса модели тела.

Таким образом, положение общего ЦМ модели зависит от расположения масс  $m_i$  отдельемых частей тела относительно выбранного начала отсчета.

Моментом инерции модели (системы тел) относительно некоторой оси называется физическая величина равная сумме произведений масс  $m_i$  отдельных звеньев (тел) на квадрат их расстояний  $R_i$  от рассматриваемой оси:

$$I_0 = \sum m_i R_i^2$$

Основными факторами, влияющими на момент инерции, является масса и длина тела. Изменение позы может сильно влиять на момент инерции. Момент инерции тела  $I_0$  относительно оси вращения проходящий через ЦМ называется центральным. [2, 136].

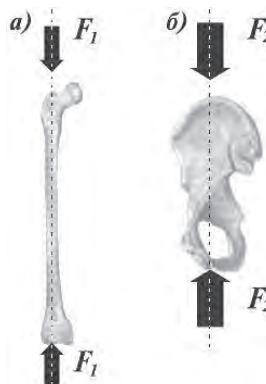


Рис. 10. Бедренная кость и кость таза человека

Большое значение при нагрузках имеет прочность биологических материалов. При статических испытаниях на прочность бедренная кость выдерживала нагрузку  $F = 15$  кН (1500кгс), то есть в 15 – 20 раз превышающую вес человека. Тазобедренная кость, поставленная вертикально, в том же опыте выдерживала груз весом  $F = 50$  кН (вес легкового автомобиля).

Таблица № 8

Материал	Предел прочности на растяжение, МПа	Предел прочности на сжатие, МПа
Кость	110 - 130	120 - 130
Сухожилие	50 - 70	-
Мышечная ткань	0,1 - 10	-
Сталь	380 - 470	500
Титан		

Бетон	48	20
Свинец	16	-
Чугун	170	220 - 250
Дерево (вдоль волокон)	40	35

При взаимодействии, каких либо тел или предметов следует учитывать, что сила действия тела на другое и сила противодействия (реакции) не представляют собой систему сил, поскольку они приложены к разным телам.

Приведем Третий закон Ньютона:

Если одно тело действует на другое с некоторой силой, то второе тело действует на первое с силой равной по величине, но противоположной по направлению.

Все силы природы парные.

В движениях человека как биомеханической системы происходят вращательные движения частей тела. А изменение вращательного движения зависит не от силы, а от момента силы. Понятие статического момента силы, введен в механику Леонардо да Винчи. Момент силы – это мера вращательного действия силы на тело. Численно момент силы  $M_o(P)$  относительно точки О равен произведению величины силы  $P$  на ее плечо  $h$ :

$$M_o(P) = Ph;$$

Где,  $h$  – кратчайшее расстояние от центра вращения (точки О) до линии действия сил. Момент условно считают положительным, если он направлен против часовой стрелки.

Момент пары сил – это мерило вращательного действия пары сил на теле. Численно момент пары сил равен произведению одной из сил  $P_1$  или  $P_2$  на плечо  $h$ :

$$M = P_1 h;$$

Где,  $h$  – кратчайшее расстояние между линиями действия сил, называют плечом пары.

Отметим некоторые свойства пары сил:

- сумма сил пары равна нулю ( $P_1 - P_2 = 0$ ) это означает, что пара сил не имеет равнодействующей и ее не возможно уравновесить одной силой. Пара сил может быть уравновешена только парой;

- момент пары сил не меняется при перенесении сил вдоль линии действия;

- эффект действия пары сил полностью определяется его моментом. За счет увеличения плеча можно добиться желаемого результата при меньшей величине затрачиваемых усилий;

- момент пары сил равен алгебраической сумме моментов сил, составляющих пару относительно любой точки лежащей в плоскости данной пары.

Существуют правила переноса сил. Силы могут переноситься параллельно или вдоль линии их действия:

1. Моменты силы относительно точки не меняются при перенесении силы вдоль линии ее действия, так как величина силы и плечо остаются неизменными. Следовательно, от перенесения силы вдоль линии ее действия равновесие твердого тела не нарушается.

2. Равновесие твердого тела не нарушается при переносе силы параллельно самой себе в произвольную точку тела, если добавить при этом пару сил, момент которой равен моменту данной силы относительно новой точки приложения.

Отметим правила сложения – разложения сил.

Сложение сил. Основой для сложения сил служит одна из аксиом статики, именуемая правилом параллелограмма:

Равнодействующая двух сил, приложенных в одной точке, изображается по величине и направлению диагональю параллелограмма, построенному на данных силах.

Разложение сил. Разложить силу на составляющие – это значит найти сочетание сил, эквивалентной данной силе, разложение происходит, как правило, относительно системы координат. (А.А Кадочников, 2003)

Рассмотрим понятие о вращающих и крутящих моментах.

При равновесном подъёме груза условием равновесия является равенство нулю суммы моментов внешних сил, приложенных к валу из условия равновесия следует, что:

$$QR_1 = PR_2;$$

Эти моменты внешних сил называют вращающим моментом. Моментом внутренних сил возникающих в сечении тела, называют крутящим моментом.

Момент внутренних сил равен алгебраической сумме моментов внешних сил, т.е. вращающих моментов, приложенных к отсеченной части вала:

$$M_{kr} = \sum M_i v_r;$$

Где,  $i$  – число вращающих моментов приложенных к отсеченной части вала.

Законы рычага. Постулаты соотношения рычагов были описаны Архимедом:

1. Равные веса, находящиеся на равных расстояниях от точки опоры, находятся в равновесии, а если равные веса, не на равных расстояниях, не находятся в равновесии, но перевес происходит в сторону того веса, который находится на большем расстоянии.

2. Если два веса, находясь на определенном расстоянии уравновешивают друг друга и если к одному из этих весов что – нибудь прибавить, то веса уже не будут уравновешивать друг друга, но наклоняются к тому весу, который увеличили.

3. Если подобным же образом отнять что – либо от одного из весов, то веса не останутся в равновесии, но отклоняются к тому, от которого не отнимали.

Рычаг, у которого точка опоры расположена посередине, называют двуплечным. Одноплечным называют рычаг у которого точка опоры размещается на конце, и следовательно, силы приложены по одну сторону от оси рычага.

Равновесие рычага будет обеспечена только в том случае, когда сумма моментов всех действующих на рычаг сил относительно точки опоры равны нулю.

$$\sum M_i = 0$$

Рычажными механизмами в теле человека являются почти все кости, имеющую хоть какую – нибудь степень свободы движения. Это в первую очередь кости конечностей. Согласно «золотому правилу» механики: во сколько раз проигрываем в силе, во столько раз выигрываем в перемещении и скорости. Большие перемещения на выходе руки –рычага обуславливают большие скорости движения руки. Это значит, что кисть руки движется в 9 раз быстрее, чем управляющие рукой мышцы.

Задача борца обеспечить собственную устойчивость и наоборот вынудить противника потерять равновесие. Задача работника обеспечить свою устойчивость при взаимодействии с орудием и предметом труда, рационально и эффективно использовать свою силу, и распределить ее на всю рабочую смену, обеспечив выполнение нормированного задания.

Устойчивость – это способность человека надежно сохранять положение равновесия, без опрокидывания (падения) при внешнем силовом воздействии.

Для количественной и качественной оценке устойчивости используют:

- углы устойчивости;
- коэффициенты устойчивости;
- предельные скорости движения.

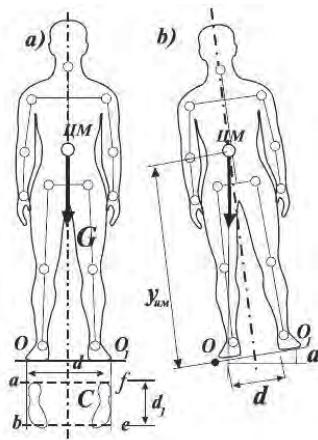


Рис. 11. Потеря устойчивости человека при превышении угла наклона.

Статическая устойчивость это устойчивость при отсутствии динамических сил (инерции, центробежных). При наклоне любого тела его опрокидывание происходит относительно некоторой линии (ребра) называемой линией опрокидывания. Расстояние **d** между линиями опрокидывания называют опорной базой. При отсутствии внешних сил статическую устойчивость тела проще всего оценивать предельным углом наклона. Его можно назвать углом фронтальной статической устойчивости. Угол статической устойчивости человека – это угол **a** между вектором силы тяжести и линией проходящей из ЦМ через линию опрокидывания О – О'.

Угол **a** определяется из геометрических построений :

$\alpha = \arctg(0,5d / Y_{CM})$ , где  $Y_{CM}$  – расстояние от ЦМ до места нахождения опорной поверхности. [2, 210].

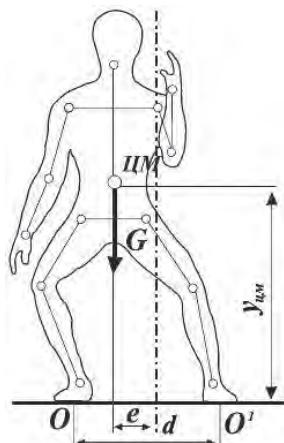


Рис. 12. Изменение угла статической устойчивости.

В процессе двигательной деятельности угол статической устойчивости может меняться. Так если человек не меняя опорной базы, согнет одну ногу, выпрямив при этом другую, то произойдет смещение ЦМ на некоторую величину  $e$ . В этом случае угол  $\alpha$  определяется по формуле:

$$\alpha = \arctg[(0,5d - e) / U_{\text{ЦМ}}].$$

Следовательно, статическая устойчивость человека с одной стороны стала больше, а с другой уменьшилась.

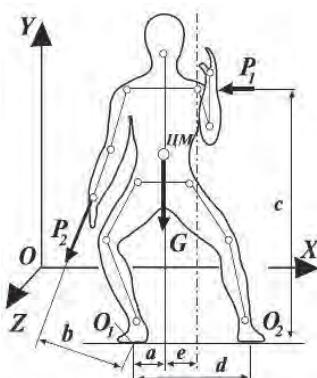


Рис. 13. Система сил и моментов, действующих на человека.

Общую нагрузку, распределенную по площади тела, можно заменить равнодействующей - сосредоточенной силой. Эту силу, приложенную в точке, называют центром давления. Коэффициентом устойчивости называют отношение момента, обеспечивающего устойчивость, к моменту опрокидывающему:

$$Кус = M_{\text{уст}} / M_{\text{опр}}$$

$$M_{\text{уст}} = G(d/2 - e); M_{\text{опр}} = P_1c + P_2b$$

Оптимальное устойчивое положение. Ноги на ширине плеч, колени согнуты так, что лежат в одной вертикальной плоскости с мысами обуви. Корпус прямой.

Динамическая устойчивость есть устойчивость при наличии инерционных сил (ускорения).

$$\text{Центробежная сила} F_{\text{ин}} = mV^2 / R$$

Где,  $m$  – масса (велосипедиста, мотоциклиста, автомобиля);

$V$  – скорость движения;

$R$  – радиус окружности.

Сила трения определяется по формуле:

$$T_{\text{сц}} = \phi G;$$

Где,  $\phi$  – коэффициент сцепления, зависящий от дорожного покрытия, давления в шинах и д.р. факторов;

Условия равновесия при равенстве сил:

$$mV^2 / R = \phi G;$$

Это уравнение позволяет определить предельную скорость движения.

Таблица № 9  
Сила различных мышечных групп (в кг)

	Мужчины	Женщины
Ручная сила (сжатие динамометра)		
правой рукой	38,6	22,2
левой рукой	36,2	20,4
Сила бицепса		
правой руки	27,9	13,6
левой руки	26,8	13,0
Сгибание кисти		
правой руки	27,9	21,7
левой руки	26,6	20,7
Разгибание кисти		
правой руки	23,4	18,5
левой руки	21,8	16,7
Сила большого пальца		
правой руки	11,9	9,0
левой руки	10,9	8,3
Становая сила (мышц, выпрямляющих согнутое туловище)	123,1	71,0

Величина силы зависит от положения тела и его частей, определяющих силу направлением движения и предмета, с которым взаимодействует человек. В соответствии с этим работнику необходимо учитывать следующие положения.

1. Величина силы, развиваемая рукой, зависит от положения ее верхней части: давление и тяга (вперед - назад) сильнее при движении рук перед корпусом, чем при движении сбоку, а действие вверх сильнее при движении сбоку.
2. В положении «стоя» человек развивает наибольшую силу при движении на себя. Поэтому расположение органов управления перед ним позволяет использовать наибольшую силу тяги.
3. В положении «сидя» сила тяги больше, чем в положении «стоя».
4. Сила тяги по горизонтали больше, при движении перед собой, чем при движении сбоку.
5. Мгновенная сила тяги может быть равна 110 кг, средняя – 30 кг.
6. Сила давления больше при согнутой руке, чем при прямой, вытянутой; давление в сторону усиливает тягу.
7. Сила давления ног сидящего больше при положении ног, вытянутых вперед (с тупым углом в колене), чем при положении ног перпендикулярно к полу.
8. В положении «сидя» давление (разгибание руки) сильнее, чем тяга (сгибание руки).
9. Силу рук и ног следует использовать равномерно. Не следует нагружать руки там, где операция может быть выполнена ногами. Максимальная сила рук и ног развивается к 25 годам, а к 65 годам она снижается на 50 % .

10. Усилия при управлении больше 15 кг для рук и 25 кг для ног утомительны.
  11. Сила руки (предплечья) больше при согнутой, чем при вытянутой руке.
  12. При действии на педаль ногой в положении сидя с упором на спинку (угол в колене 160гр) может быть развита сила до 200 кг, если педаль находится на соответствующим расстоянии от сиденья. С уменьшением угла в колене снижается максимальное усилие на педаль.
  13. Усилия, развивающиеся рукой в положении «сидя», при движении в различных направлениях располагаются примерно в следующем порядке: давление горизонтальное, тяга (горизонтальная), давление вверх, движение вниз, движение к себе (сбоку), движение от себя (сбоку).
  14. Сила тяги зависит от положения рукоятки рычага: ее расположение низко на уровне сиденья или ниже его удобнее, чем высоко.
  15. Сила вращения руки зависит от ее положения и направления вращения. При повороте внутрь из положения, вывернутого наружу, развивается большая сила, чем при обратном движении.
- Важное значение, при организации труда, имеет учет скорости и точности движений. Для наилучшего его обеспечения рекомендуется исходить из следующих положений.
1. Время, необходимое для выполнения движения возрастает с длинной пути; время, требующееся для начала и прекращения движения независимо от его пути, остается постоянным.
  2. Максимальная скорость находится в обратной зависимости от веса передвигаемого груза, а время – в прямой в прямой зависимости от веса груза.
  3. Плавно закругленные движения быстрее движений прямолинейных и имеющих резкое и внезапное изменение направления.
  4. Рука способна быстрее двигаться в горизонтальной плоскости, чем в вертикальной.
  5. Прямая рука лучше двигается в горизонтальной плоскости в направлении против часовой стрелки, левая – по часовой стрелке.
  6. Там, где требуется быстрая реакция, необходимо использовать движения вытягивания, т.е. по направлению «к себе».
  7. Движения, ориентированные механическими устройствами, быстрее, чем зависящие только от визуальной оценки.
  8. Движения вперед и назад быстрее, чем в стороны; движения справа налево несколько быстрей, чем слева направо.
  9. Движения, выполняемые одной рукой, совершаются наиболее точно и быстро под углом 60гр к направлению прямо вперед.
  10. Движения, выполняемые обеими руками одновременно, совершаются быстрее под углом 30гр к прямому направлению и в направлении прямо вперед.
  11. При выполнении горизонтальных движений без визуального контроля («вслепую») человек имеет тенденцию удлинять короткие расстояния и укорачивать длинные; при вертикальных движениях «вслепую» наблюдается тенденция преувеличения как на короткие, так и на длинные расстояния.
  12. Точные движения выполняются лучше сидя, чем стоя. [1, 278].

При выполнении рабочих операций большое значение имеют органы чувств человека такие как зрение, слух, осязания и обоняния.

Рациональное расстояние от предмета обработки до глаз работающего, по вертикали, должно быть 450 мм. По горизонтали угол зоны обзора, в границах которой человек отчетливо воспринимает форму предмета, составляет примерно 120 гр., по вертикали – 86 гр. (39 гр. вверх и 47 гр. вниз). Угол мгновенного зрения в рабочей зоне равен 18 гр., угол эффективной видимости - 30 гр. При поворотах головы (45 гр. по горизонтали и 30 гр. по вертикали) угол обзора на рабочем месте составляет 220 гр.

При работе на оборудовании необходимо учитывать время латентного периода (скорости реакции).

Таблица № 10  
**Латентный период простой сенсомоторной реакции**

Анализатор	Раздражитель	Латентный период (средняя величина, сек)
Тактильный	Прикосновение	0,09 – 0,22
Кинестетический	Движение руки	0,12 – 0,16
Слуховой	Звук	0,12 – 0,18
Зрительный	Свет	0,15 – 0,22
Обонятельный	Запах	0,31 – 0,39
Температурный	Тепло и холод	0,28 – 1,6
Вкусовой	Соленое и сладкое	0,31 – 0,45
	Кислое	0,54
	Горькое	1,08
Вестибулярный	Вращение	0,4 – 0,6
Болевой	Укол	0,13 - 089

Сенсомоторная реакция представляет собой ответное движение человека на заранее известный сигнал, с возможной максимальной скоростью. [1, 346].

Опишем способы оптимизации, применяемые при организации спортивной работы и максимизации физических возможностей.

При рассмотрении действий в рукопашном бою необходимо учитывать следующие правила экономии движений:

- при работе двумя руками движения их должны быть по возможности одновременными, симметричными и противоположными по направлению. Одновременность и симметричность движений обеспечивают равновесие всего корпуса, что облегчает выполнение действий;
- движения должны быть простыми, плавными и закругленными. Для выполнения рабочей операции необходимо применять наименьшее количество движений;
- траектория рабочих движений не должна выходить за пределы зон оптимальной и легкой досягаемости;
- движения должны отвечать анатомической структуре тела и осуществляться по возможности в зоне зрительного контроля. Каждое движение должно заканчиваться в

положении, удобном для начала следующего движения, причем последующее и предыдущее движения должны быть плавно связаны между собой;

– движения должны быть не только простыми, но и ритмичными. Нельзя допускать слишком медленных или слишком быстрых ритмов. При этом следует иметь в виду, что так называемые "неритмичные" движения – это не лишенные ритма движения, а либо движения с отклонениями от заданного ритма, либо нерациональные, что отражается на ритме;

– необходимо создать условия, при которых для преодоления слабых сопротивлений использовались бы малые мышечные группы, а при наличии значительных препятствий включались бы в действие большие группы мышц;

– с целью уменьшения мышечной работы в максимально возможной степени должна использоваться кинетическая энергия объекта работы.

Для обеспечения рациональных рабочих движений из двигательного действия необходимо исключить лишние малоэффективные и утомительные движения, вызывающие преждевременное утомление, и выбирать из всех возможных движений наиболее короткие по траектории и требующие минимальных усилий.

При подготовке к рукопашному бою следует учитывать некоторые обусловленные физиологическими, психологическими и анатомическими особенностями человека правила и положения, касающиеся скорости и точности движений и экономии усилий.

#### **Скорость движений:**

- там, где требуется быстрая реакция, движение к себе предпочтительнее;
- в горизонтальной плоскости скорость рук быстрее, чем в вертикальном направлении, наибольшая скорость движений – сверху вниз, наименьшая от себя – снизу вверх;
- скорость движений слева - направо для правой руки больше, чем в обратном направлении;
- скорость движения правой руки больше, чем левой;
- скорость движения под углом к вертикальной и горизонтальной плоскости меньше, чем в этих плоскостях;
- вращательные движения быстрее, чем поступательные;
- плавные криволинейные движения рук, ног осуществляются быстрее, чем прямолинейные с внезапным изменением направления;
- скорость движения уменьшается с увеличением нагрузки;
- движения одной рукой совершаются с наибольшей скоростью под углом 60° к плоскости симметрии, двумя руками – под углом 30°;
- максимальный темп вращательных движений – 4,0–4,8 об. / с., нажимных движений для ведущей руки – 6,6 нажима в 1 с., для неведущей – 5,3 нажима в 1 с. Максимальный темп ударных движений – от 5 до 14 уд. / с., оптимальный для длительной работы – 3,5–5,0 уд. / с.

#### **Точность движений:**

- наибольшая точность движений достигается в горизонтальной плоскости в зоне, расположенной на расстоянии 15–35 см от средней линии тела, при амплитуде движения в локтевом суставе 50–60°;
- точность попадания рукой в заданную точку составляет 15–20 см в средней зоне ниже груди и 30–40 см в крайних зонах;

- при работе вслепую в горизонтальной плоскости короткие расстояния человеком преувеличиваются, а длинные – преуменьшаются, в вертикальной плоскости – преувеличиваются;
- наиболее точно оцениваются движения с амплитудой 8–12 см;
- пространственная точность движений при небольшой нагрузке (до 25 % максимального усилия) наилучшая, при значительных усилиях снижается;
- для вращательных движений наилучшая точность – при скорости 140–200 об. / мин., для ударных – 60–70 движений в минуту.

#### **Экономия усилий:**

- сила, развиваемая рукой, зависит от ее положения: давление и тяга сильнее при движении руки перед корпусом, чем при движении сбоку;
- если при работе используются обе руки, то следует учесть, что сила правой руки больше, чем левой, на 10 % для сгибателей пальцев и на 3–4 % для сгибателей и разгибателей предплечья;
- максимальные усилия в положении стоя развиваются на уровне плеча, в положении сидя – на уровне локтя;
- наибольшая сила в положении стоя развивается движением на себя;
- сила давления больше при согнутой руке, чем при вытянутой;
- сила тяги по горизонтали больше при движении перед собой, чем при движении сбоку;
- в положении стоя давление сильнее, чем тяга;
- сила сгибателей предплечья больше при согнутой, чем при вытянутой руке;
- сила вращения руки зависит от ее положения и направления вращения – при повороте внутрь развивается более значительная сила, чем при обратном движении. Кроме этого, выявлено, что движения организуются не только пространственно, но и музыкально, подчиняясь определенному ритму. Примечательно, что круговая (дуговая) линия в большей степени обеспечивает непрерывность ритма и подчиненность движения определенной ритмической структуре. Поэтому в определенных случаях не самое скорое движение – самое рациональное, а не самое короткое движение – тоже самое рациональное. [2, 392].

Применение биомеханики в организации труда на производстве позволит наиболее эффективно распределять физическую энергию и силу при осуществлении трудовой деятельности. Более успешно приобретать профессиональные навыки, действовать более сознательно и целесообразно, повышать манёвренность и устойчивость действий, увеличить качество владения профессией.

#### **Список литературы.**

1. Левин И.Б., Мельник С.Л., «Справочник экономиста – организатора труда», Высш. школа, Минск, 1975. – С. 448.
2. Кадочников А.А., «Русский рукопашный бой. Научные основы.», И.Д. «Грааль», М., 2003. – С. 286.
3. Зациорский В.М., Аурин А.С., Селюянов В.Н., «Биомеханика двигательного аппарата человека», Физкультура и спорт, М., 1981. – С. 143.
4. Бернштейн Н.А., «О ловкости и ее развитии», Физкультура и спорт, М., 1991. – С. 288.
5. Р. Александр, «Биомеханика», Изд. Мир, М., 1970. – С. 339.

6. Дубровский В.И., Федорова В.Н., «Биомеханика», Владос – Пресс, М., 2008. – С. 668.
7. Грачев А.В., Погожев В.А., Боков П.Ю., «Физика 9 класс», Вентана – Граф, М., 2013, - С. 336.
8. Жуков К.Г.«От инфляции и дефляции - к равновесному состоянию экономики. Государственное управление - оптимизация использования денежных средств в экономике.» Журнал «Российское предпринимательство», М: Креативная экономика., №1, 2012. - С. 11 – 18.
9. Жуков К.Г. «Промышленное равновесие и устойчивое развитие экономики», Журнал «Инновации и инвестиции», № 12, - М., 2015. – С. 41 – 45.
10. Жуков К.Г. «Макроравновесие в национальной экономике», Журнал "Экономика и предпринимательство" № 5. - М., 2012. - С.123 - 133
11. Жуков К.Г. «Создание производства за счет концентрации финансовых средств», Журнал "Экономика и предпринимательство", № 6 (29), - М, 2012 . - С. 238 – 242.
12. Жуков К.Г. «Экономические циклы в промышленном производстве», Журнал "Экономика и предпринимательство", № 8 , - М, 2013. С. 374 – 379.
13. Жуков К.Г. «Микроэкономическое равновесие и баланс предприятия», Журнал «Экономика и предпринимательство», № 7, - М, 2014, - С. 700 – 706.
14. Жуков К.Г. «Цеховое планирование производства», Журнал «Экономика и предпринимательство», № 5, - М., 2015, - С 665 - 671.
15. Жуков К.Г. «Структура уровня жизни и доходы населения», Журнал «Экономика и предпринимательство», № 7, - М., 2015, - С 858 - 865 .

© Жуков К. Г., 2016 г.

**Землякова А.В.**  
канд. экон. наук, доцент кафедры финансов и кредита  
**Путина К.А.**  
студентка 2 курса факультета Экономики и управления  
Южный институт менеджмента  
г. Краснодар, Российская Федерация

## **ПЕНСИОННАЯ РЕФОРМА В РОССИИ: СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ**

Согласно статье 7 Конституции РФ, Россия – это «социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека» [2]. Составной частью социальной политики является обеспечение государственными пенсиями, пособиями и развитием социальных служб.

Современное российское общество характеризует такое явление, как старение населения, что приводит к изменению соотношения трудоспособного населения и людей пенсионного возраста, это влечет за собой рост пенсионных затрат и увеличение нагрузки на работающих граждан. Учитывая эту тенденцию, ряд политиков и общественных