



Инструкция по эксплуатации
Руководство по проведению экспериментов
Заметки учителя
012-10359A

Модель «Рука человека» PASCO

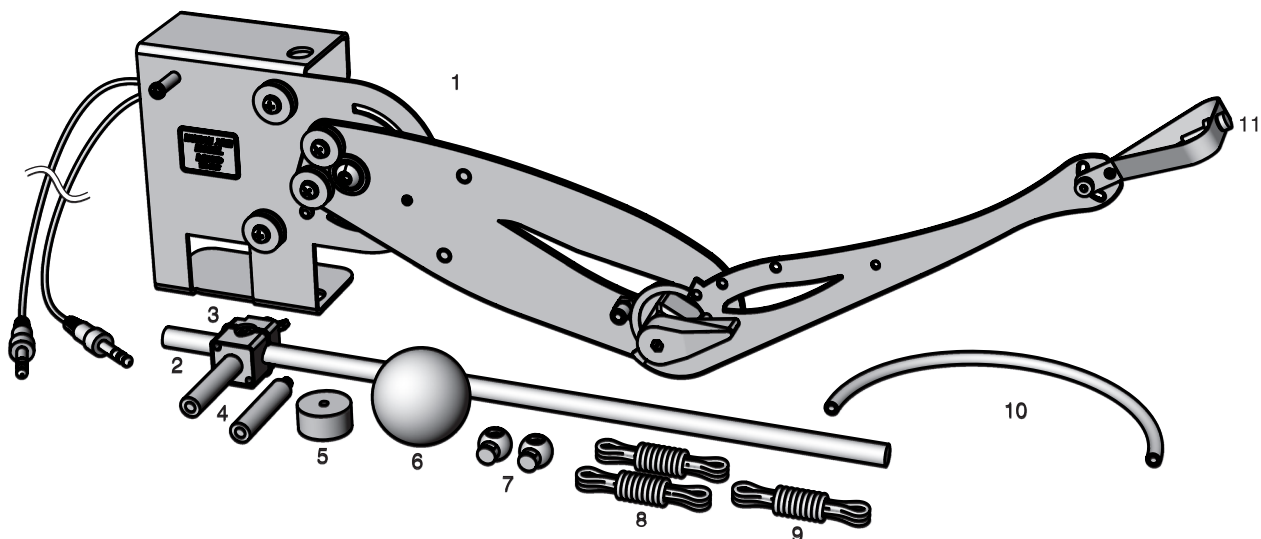
ME-6807A



Введение	4
Компоненты модели	4
Крепление модели к лабораторному столу	5
Фиксирование или ограничение движения плеча	5
Регулирование угла запястья	5
Крепление груза	5
Размещение мяча	5
Привязывание шнуров к модели	6
Способы измерения углов	6
Использование датчиков при работе с моделью	7
Замена пластмассовой трубки ограничителя движения локтя	8
Запасные компоненты	8
Эксперимент 1 Усилие бицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки	9
Эксперимент 2 Усилие бицепса в зависимости от веса	11
Эксперимент 3 Усилие трицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки.	13
Эксперимент 4 Сгибание руки на бицепс	15
Эксперимент 5 Усилие бицепса в зависимости от угла плеча при постоянном угле сгиба локтя.	17
Эксперимент 6 Усилие бицепса в зависимости от угла сгиба локтя при постоянном положении руки (от кисти до локтя)	19
Эксперимент 7 Экстензии трицепса	21
Эксперимент 8 Инерция вращения руки (от кисти до локтя)	23
Демонстрационные показы: сложные движения	25
Заметки учителя.	28
Техническая поддержка	34

Модель «Рука человека»

Артикул ME-6807A



Комплектация артикула ME-6807A

1	Модель «Рука человека»
2	Штанга 45 см
3	Зажим для монтажа датчика
4	Цапфа для монтажа датчика, 2 шт.
5	Груз 100 г
6	Резиновый мяч, полый, диаметр 57 см
7	Зажимы шнуров, 2 шт.
8	Шнуры, 2 x 90 см
9	Эластичный шнур, 60 см
10	Трубка для ограничителя движения локтя
11	Винт-«барашек» и гайка для крепления груза

Номер запасного компонента

ME-6807A
ME-8736
ME-6808 (запасные компоненты модели «Рука человека»)

Дополнительная комплектация PS-2611

Цифровой датчик угла	PS-2139
----------------------	---------

Прочее рекомендуемое оборудование

Цифровой датчик угла	PS-2139
Цифровой датчик силы (рекомендуется 2)	PS-2104 или PS-2189
С-образная скоба или	SE-7286 (упаковка из 6 шт.)
Зажимное устройство для стола	ME-9472

Введение

Изделие моделирует мышцы и движения руки человека. Изменения положения измеряются на локте и плече с помощью 2 монтируемых потенциометров. Шнуры, имитирующие бицепсы и трицепсы, крепятся к руке. Чтобы рука начала двигаться, потяните за шнур. Сила, приложенная на мышцы, измеряется цифровыми датчиками силы.

Настоящее руководство включает в себя:

- инструкции по сборке модели (начиная со страницы 5)
- описание различных экспериментов
- описание демонстрационных показов сложных движений (стр. 25) и
- заметки учителя, выборочные данные для экспериментов (стр. 28)

Компоненты модели «Рука человека»

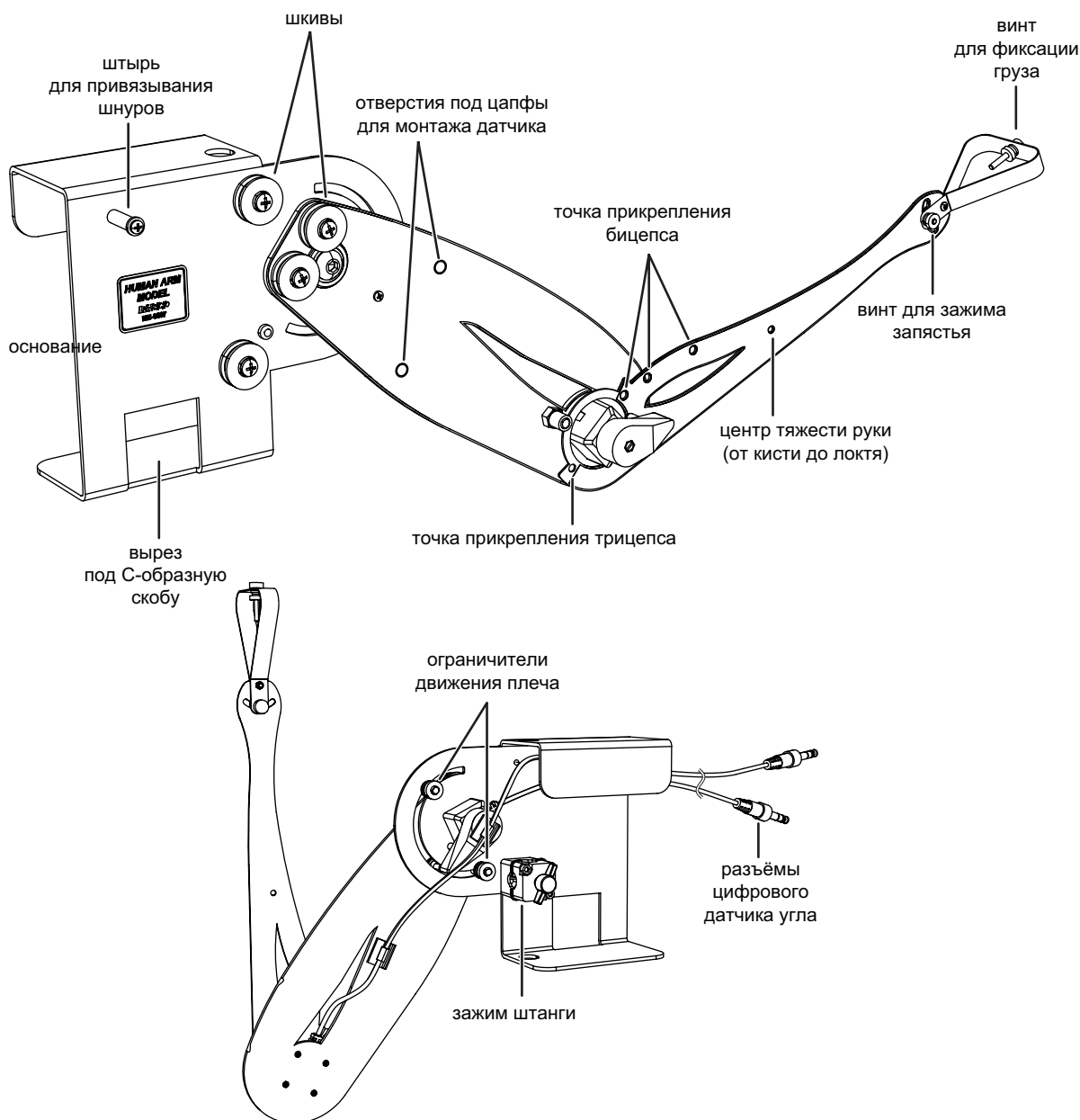


Иллюстрация 1: Состав установки(модели) «Рука человека»

Крепление модели руки к лабораторному столу

Основание модели руки можно зафиксировать на стационарном объекте, например, лабораторном столе. Сделать это можно с помощью С-образной скобы или зажимного устройства для стола (артикул ME-9472). В зависимости от способа применения модели основание можно закрепить горизонтально, вертикально или в перевернутом положении.



Иллюстрация 2:
различные способы расположения
и крепления модели руки

Фиксирование или ограничение движения плеча

Плечо можно зафиксировать под определённым углом или ограничить его движение, используя регулируемые ограничители движения плеча (Иллюстрация 3). Ослабьте одну из гаек ограничителя, переместите его в нужное положение и затяните гайку. Выполните те же самые действия с другим ограничителем.



Иллюстрация 3:
регулируемые
ограничители
движения плеча

Регулировка угла запястья

Ослабьте гайку, фиксирующую запястье, измените положение кисти, затяните гайку (Иллюстрация 4а).

Крепление груза

Чтобы закрепить на руке груз 100 г, используйте входящие в комплект поставки винт и гайку (Иллюстрация 4б).

Размещение мяча

Отрегулируйте углы плеча, локтя, запястья, чтобы привести руку в горизонтальное положение. Положите в руку мяч (Иллюстрация 4с).

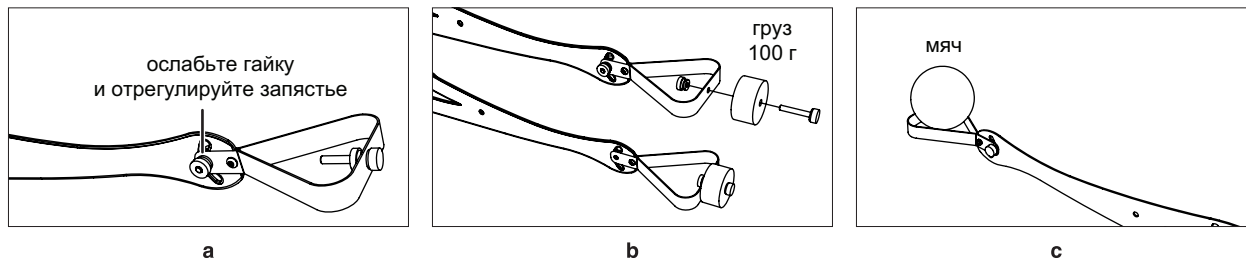


Иллюстрация 4: кисть

Привязывание шнуров к модели «Рука человека»

Шнуры используются для моделирования мышц предплечья. В зависимости от способа применения модели вы можете привязать 1 и 2 шнура, используя обычные или эластичные шнуры. Шнуры можно протягивать над и под шкивами, прибегая к различным вариантам.

Шнур-бицепс можно прикрепить к стандартной точке прикрепления бицепса (для моделирования руки человека) или к 1 из 2 других точек прикрепления для большего или меньшего усилия рычага (Иллюстрация 5).

1. Завяжите узел рядом с краем шнура и пропустите другой его конец через одно из отверстий точки прикрепления. Тяните шнур, пока узел не упрётся в отверстие (Иллюстрация 6).
2. Протяните шнур под и над шкивами по нужной схеме (примеры приводятся в описаниях экспериментов и демонстрационных показах, начиная со стр. 9).
3. С помощью одного из входящих в комплект поставки зажимов шнура сделайте петлю на свободном конце шнура. Петлю накиньте на точку привязывания шнура или крючок для цифрового датчика силы. Отрегулируйте длину шнура. Прижмите зажим к точке крепления или крючку и завяжите на зажиме узел, чтобы тот не соскальзывал (Иллюстрация 7).

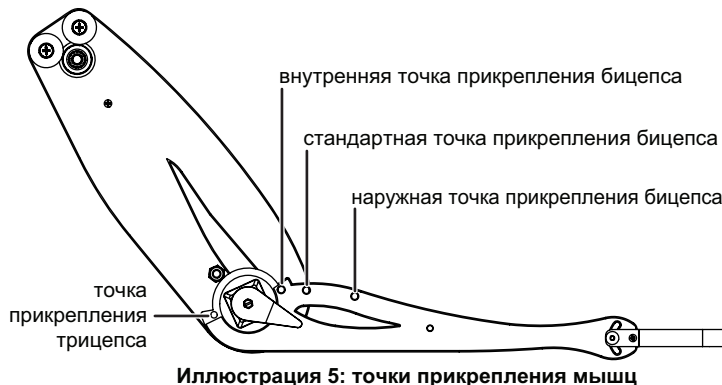


Иллюстрация 5: точки прикрепления мышц

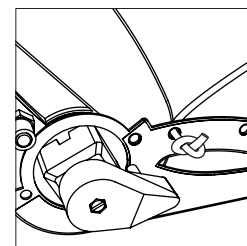


Иллюстрация 6: шнур на точке прикрепления

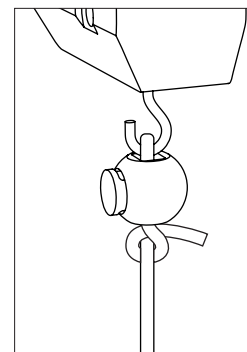


Иллюстрация 7: шнур, прикрепленный к датчику силы с помощью зажима шнура

Способы измерения углов

С помощью цифрового датчика угла можно определить углы плеча и локтя – по сопротивлению встроенных в соединения потенциометров. Измерение углов показано на Иллюстрации 8.

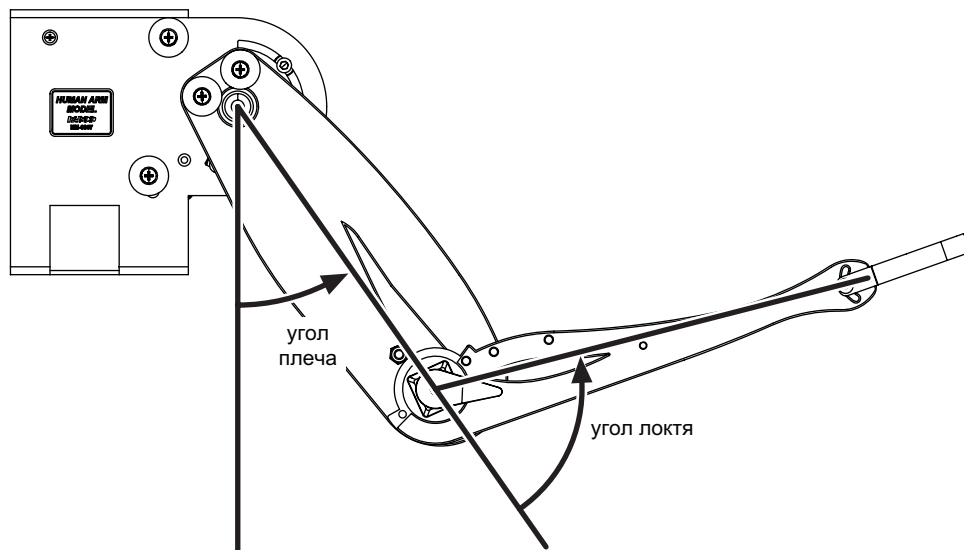


Иллюстрация 8: измерение углов

Применение датчиков на модели руки

Примечание: более подробная информация о цифровых датчиках угла, силы и интерфейсах приводится в инструкциях для данных устройств.

Цифровой датчик угла

1. Подключите кабель, идущий от локтя к Каналу 1 датчика угла.
2. Подключите кабель, идущий от плеча к Каналу 2 датчика угла.
3. Соедините датчик с интерфейсом PASPORT.
4. Если вы используете компьютер, подключите к нему интерфейс PASPORT и запустите SPARKvue.

Цифровой датчик силы

1. Подключите датчик силы к тому же интерфейсу PASPORT, к которому подключен датчик угла (если интерфейс многопортовый), или к отдельному интерфейсу.
2. Используя один из входящих в комплект поставки зажимов шнуров, сделайте петлю на шнуре-бицепсе или шнуре-трицепсе и повесьте её на крючок для датчика силы (Раздел «Привязывание шнуров к модели «Рука человека» на странице 6).
3. Закрепите штангу 45 см на основании модели руки (Иллюстрация 9).
4. Закрепите входящий в комплект поставки зажим датчика на штанге. Ввинтите в зажим цапфу (Иллюстрация 10).
5. На штанге установите датчик силы (Иллюстрация 11).

Для монтажа второго датчика силы выполните действия 1 и 2.

В некоторых экспериментах второй датчик силы используется при приложении нагрузки на кисть модели. Вы можете подвесить датчик силы на крючок непосредственно за кисть или – для обеспечения большей свободы действий – связать из верёвки петлю и подвесить датчик на крючок за неё (Иллюстрация 12).

Для монтажа датчика силы на плече ввинтите цапфу датчика в одно из отверстий с резьбой (Иллюстрация 13 и Эксперимент 5 на странице 17). В верхнем отверстии установите датчик положения бицепса, в нижнем отверстии – датчик положения трицепса. За счёт этого при движении плеча угол сгиба локтя будет оставаться постоянным.

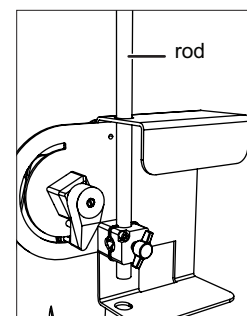


Иллюстрация 9:
штанга,
закреплённая
на основании

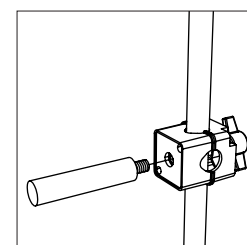


Иллюстрация 10:
цапфа и зажим
для монтажа датчика

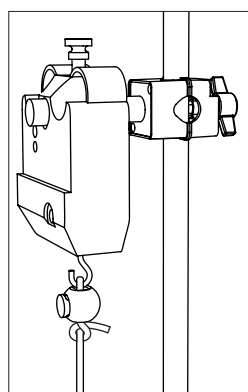


Иллюстрация 11: датчик силы,
закреплённый на штанге

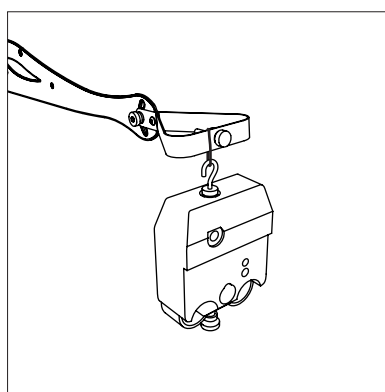


Иллюстрация 12: датчик силы,
подвешенный к кисти за петлю

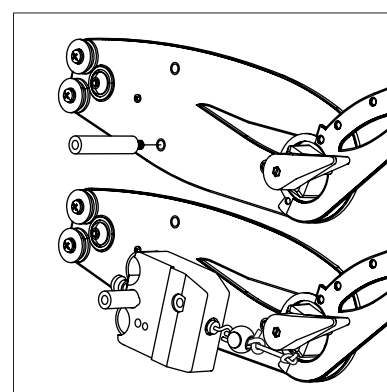


Иллюстрация 13: датчик силы,
прикреплённый к плечу и шнуру-трицепсу

Замена пластмассовой трубки ограничителя движения локтя

На штырь, ограничивающий движение локтя, для амортизации надевается пластмассовая трубка. Для замены изношенной трубки выполните следующие действия:

1. Острым ножом срежьте изношенную трубку.
2. От трубки, входящей в комплект поставки модели руки, отрежьте кусок длиной 10 мм.
3. Насадите отрезанный кусок трубки на штырь (Иллюстрация 14).

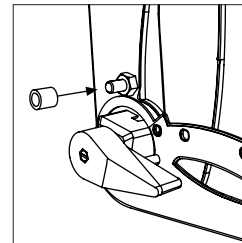


Иллюстрация 14:
замена пластмассовой трубки
на ограничителе движения локтя

Запасные компоненты

Комплект запасных компонентов модели «Рука человека PASCO» (артикул PASCO ME-6808) предназначен для замены утраченных или изношенных компонентов. В комплект входят:

- Неэластичный шнур (120 см)
- Эластичный шнур (60 см)
- Зажимы шнуров (10)
- Мячи (3)
- Грузы по 100 г (2)
- Винты и гайки для крепления груза на кисти (по 2 для каждой)
- Зажим для монтажа датчика (2)
- Цапфы для монтажа датчика (2)
- Винты с Т-образной головкой для зажима штанги (4)
- Ограничители движения плеча (2)
- Амортизатор, соприкасающийся с ограничителями движения плеча (2)
- Винты и гайки для зажима запястья (по 2 для каждого)
- Трубки для ограничителя движения локтя (30 см)

Информация об экспериментах

Описанные на последующих страницах эксперименты приводятся в качестве примеров способов сборки и применения модели руки. В большей части данных экспериментов обучающимся дают задание выполнить какие-либо действия своими руками и сделать предположения перед воспроизведением действий на модели. Заметки учителя и выборочные данные можно найти на странице 28.

Эксперимент 1: усилие бицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Штанга 45 см

Зажим и цапфа для монтажа датчика

Дополнительное необходимое оборудование

2 цифровых датчика силы

PS-2104 или PS-2189

C-образная скоба

SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

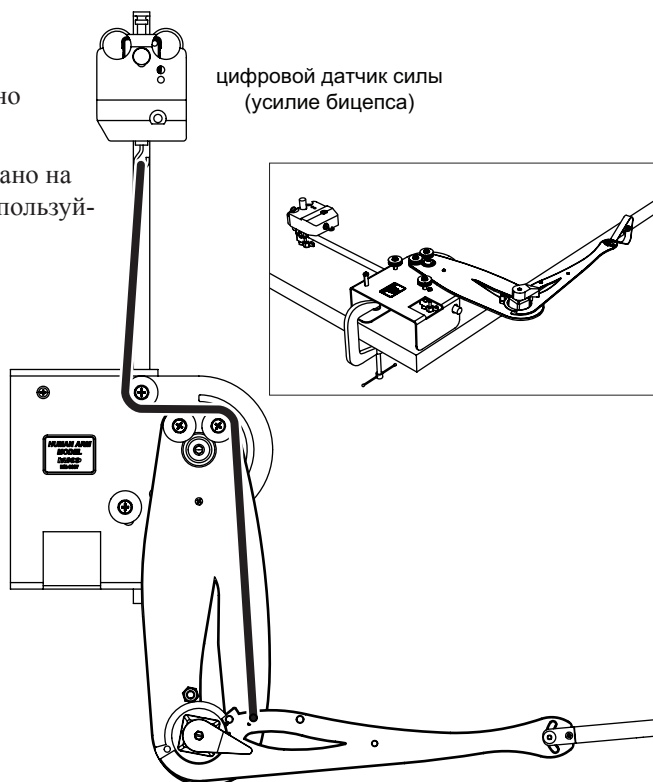
Держите вашу руку перед собой, согнув локоть под углом 90° . Попросите партнёра потянуть вас за руку и постараться разогнуть локоть. Ваша задача – противодействовать прилагаемому партнёром усилию, чтобы угол сгиба локтя оставался 90° .

Предположения

1. Какие мышцы (трицепсы или бицепсы) были задействованы для сопротивления нагрузке? Как вы об этом узнали?
2. Усилие мышц было больше, меньше или равным тому, которое было приложено партнёром к вашей руке?
3. Если партнёр потянет вашу руку с силой, равной 1 Н, какое мышечное усилие понадобится, чтобы удерживать локоть согнутым под углом 90° ?

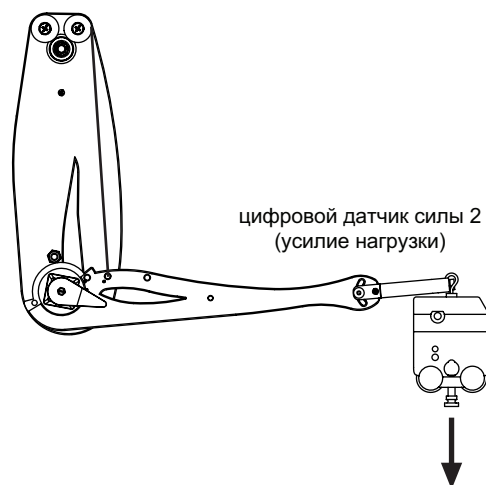
Ход эксперимента

1. Закрепите модель руки горизонтально, как показано на иллюстрации.
2. Закрепите штангу на основании модели, как показано на иллюстрации. Для крепления датчика к штанге используйте зажим и цапфу.
3. Зафиксируйте плечо под углом 0° .
4. Закрепите шнур, как показано на иллюстрации. Отрегулируйте длину шнура так, чтобы угол сгиба локтя составлял примерно 90° .
5. Подключите оба цифровых датчика силы к вашему интерфейсу. Второй датчик держите в своей руке, приложите усилие нагрузки на руку модели.
6. Частоту взятия замеров с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график зависимости усилия бицепса от усилия нагрузки.



Процедура

1. Начните сбор данных
2. Подвесьте второй цифровой датчик силы к кисти модели за крючок и потяните в показанном на иллюстрации направлении. Медленно повышайте усилие, одновременно наблюдая за графиком.
3. Завершите сбор данных, когда значение силы достигнет примерно 2 Н.



Анализ

1. Объясните соотношение усилия нагрузки и усилия бицепса с помощью слов и цифр.
2. Ваши предположения были точными? Объясните.

Дальнейший анализ

1. Приведите силы, действующие на тело человека, покажите все действующие на руку (от кисти до локтя) силы.
2. Каково суммарное значение действующей на руку (от кисти до локтя) силы?
3. Каково значение полезного момента?

Дальнейшее исследование

1. Повторите эксперимент с локтем под различными углами, но усилие нагрузки направляйте перпендикулярно руке (от кисти до локтя). Как меняется соотношение усилия бицепса к усилию нагрузки при углах сгиба локтя более или менее 90° ?
2. Повторите эксперимент, привязав шнур на двух других точках прикрепления бицепса.

Эксперимент 2: усилие бицепса в зависимости от веса

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Штанга 45 см

Зажим для монтажа датчика и цапфа

Дополнительное необходимое оборудование

2 цифровых датчика силы

PS-2104 или PS-2189

C-образная скоба

SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

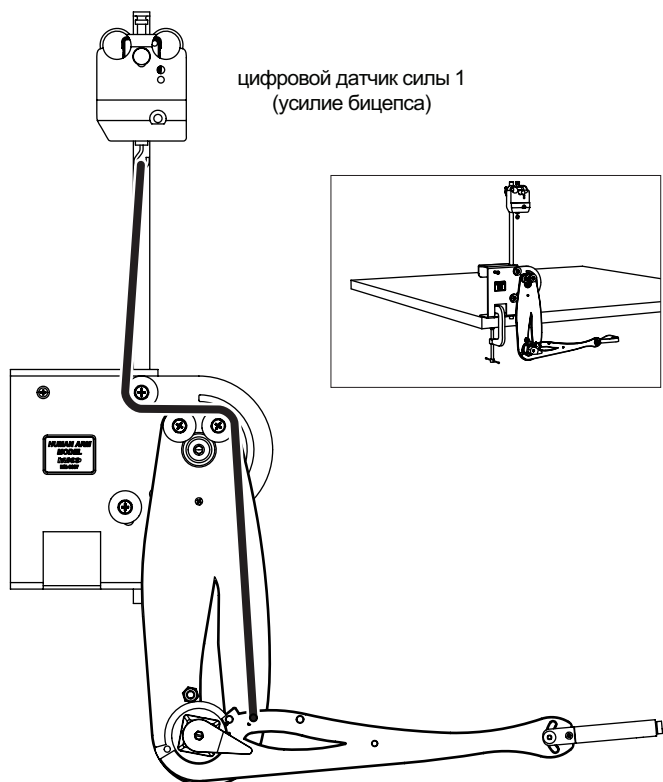
Опустите руку вниз. Не меняя положения предплечья, согните локоть под углом 90° . Поверните руку ладонью вверх. Попросите партнера положить вам в руку груз, руку при этом не сдвигайте.

Предположения

1. Если груз в вашей руке имеет массу 100 г (нагрузка 0,98 Н), какое усилие бицепса необходимо, чтобы удерживать локоть под углом 90° ? (предполагая, что трицепс расслаблен).
2. Если в руку положить груз массой вдвое больше (удвоив, таким образом, нагрузку), увеличится ли вдвое усилие бицепса?
3. Если убрать из руки груз, усилие бицепса будет равно нулю? Поясните ваш ответ.

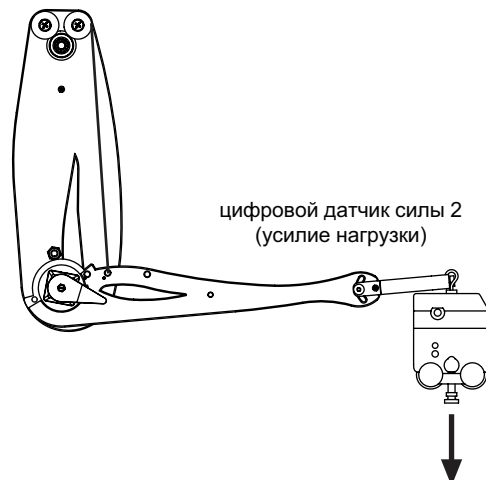
Ход эксперимента

1. Закрепите модель руки вертикально, как показано на иллюстрации.
2. Закрепите штангу на основании модели, как показано на иллюстрации. Для крепления датчика к штанге используйте зажим и цапфу.
3. Зафиксируйте плечо под углом 0° .
4. Закрепите шнур, как показано на иллюстрации. Отрегулируйте длину шнура так, чтобы угол сгиба локтя составлял примерно 90° .
5. Подключите оба цифровых датчика силы к вашему интерфейсу. Второй датчик держите в своей руке, подавайте нагрузку на руку модели.
6. Частоту взятия замеров с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график соотношения усилия бицепса к усилию нагрузки.



Процедура

1. Начните сбор данных.
2. Подвесьте второй цифровой датчик силы за крючок к кисти модели и потяните вниз, моделируя действие веса груза на руку. Медленно повышайте нагрузку, одновременно наблюдая за графиком.
3. Завершите сбор данных, когда значение усилия достигнет примерно 2 Н.



Анализ

1. Объясните соотношение усилия нагрузки и усилия бицепса с помощью слов и цифр.
2. Ваши предположения были точными? Объясните.

Дальнейший анализ

1. Приведите силы, действующие на тело человека, покажите все действующие на руку от кисти до локтя силы.
2. Каково суммарное значение действующей на руку от кисти до локтя силы?
3. Каково значение полезного момента?

Дальнейшее исследование

Повторите эксперимент с локтем, согнутым под разными углами. Сила должна быть направлена прямо вниз, имитируя действие веса удерживаемого в руке груза. Как меняется соотношение усилия бицепса к усилию нагрузки при углах сгиба локтя более или менее 90°?

Вариант

Вместо цифрового датчика силы подвесьте к кисти груз известной массы. Массу добавляйте с определённым шагом, параллельно измеряя усилие бицепса.

Эксперимент 3: усилие трицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Штанга 45 см

Зажим для монтажа датчика и цапфа

Дополнительное необходимое оборудование

2 цифровых датчика силы

PS-2104 или PS-2189

C-образная скоба

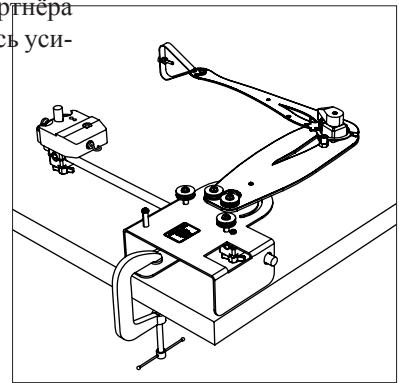
SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

Руку с согнутым под углом 90° локтем держите перед собой. Попросите партнёра надавить на вашу руку в попытке согнуть локоть ещё больше. Сопровитляйтесь усилию нагрузки, чтобы локоть оставался согнутым под углом 90° .

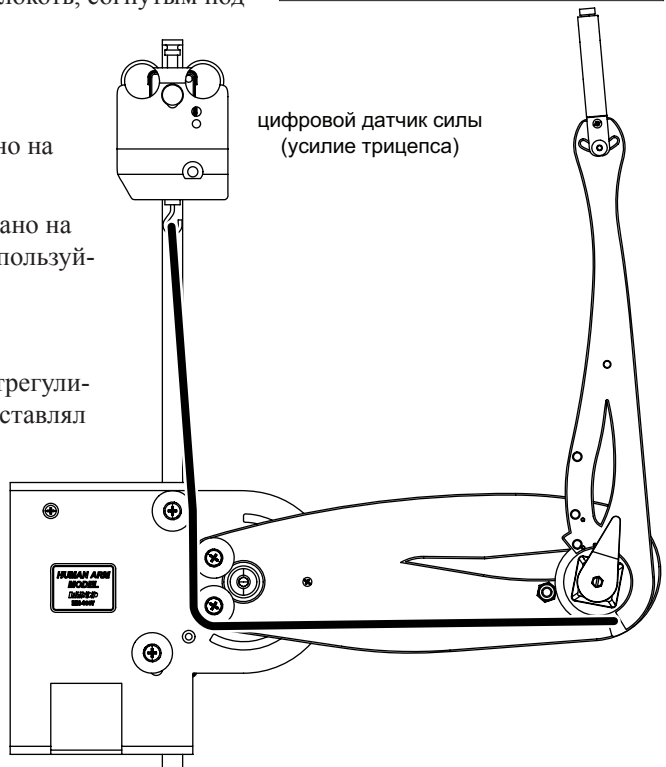
Предположения

1. Какие мышцы (бицепсы или трицепсы) задействованы для сопротивления нагрузке? Откуда вы это знаете?
2. Усилие мышц больше, меньше или равно усилию нагрузки, приложенному к вашей руке?
3. Если ваш партнёр нажимает на вашу руку с усилием, равным 1 Н, какое мышечное усилие необходимо, чтобы удерживать локоть, согнутым под углом 90° .



Ход эксперимента

1. Закрепите модель руки горизонтально, как показано на иллюстрации.
2. Закрепите штангу на основании модели, как показано на иллюстрации. Для крепления датчика к штанге используйте зажим и цапфу.
3. Зафиксируйте плечо под углом 0° .
4. Закрепите шнур, как показано на иллюстрации. Отрегулируйте длину шнура так, чтобы угол сгиба локтя составлял примерно 90° .
5. Подключите оба цифровых датчика силы к вашему интерфейсу. Вторым датчик держите в своей руке, подавайте нагрузку на руку модели.
6. Частоту взятия замеров с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график соотношения усилия трицепса и усилия нагрузки.



Процедура

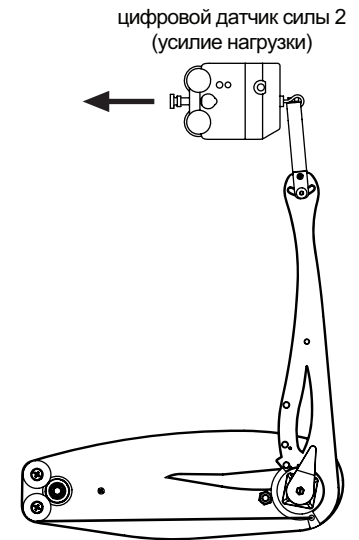
1. Начните сбор данных
2. Подвесьте второй цифровой датчик силы за крючок к кисти модели и потяните в указанном на иллюстрации направлении. Медленно повышайте усилие, одновременно наблюдая за графиком.
3. Завершите сбор данных, когда значение усилия достигнет примерно 2 Н.

Анализ

1. Объясните соотношение усилия нагрузки и усилия трицепса с помощью слов и цифр.
2. Ваши предположения были точными? Объясните.

Дальнейший анализ

1. Приведите силы, действующие на тело человека, покажите все действующие на руку от кисти до локтя силы.
2. Каково суммарное значение действующей на руку от кисти до локтя силы?
3. Каково значение полезного момента?



Эксперимент 4: Сгибание руки на бицепс

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Груз 100 г

Дополнительное необходимое оборудование

Цифровой датчик угла

PS-2139

2 цифровых датчика силы

PS-2104 или PS-2189

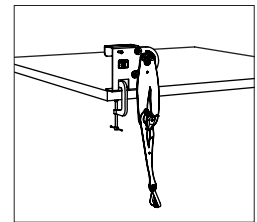
C-образная скоба

SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Часть «А»

Введение

Опустите руку вниз. В руку возьмите и удерживайте груз. Не двигая предплечьем, согните локоть, чтобы поднять груз.

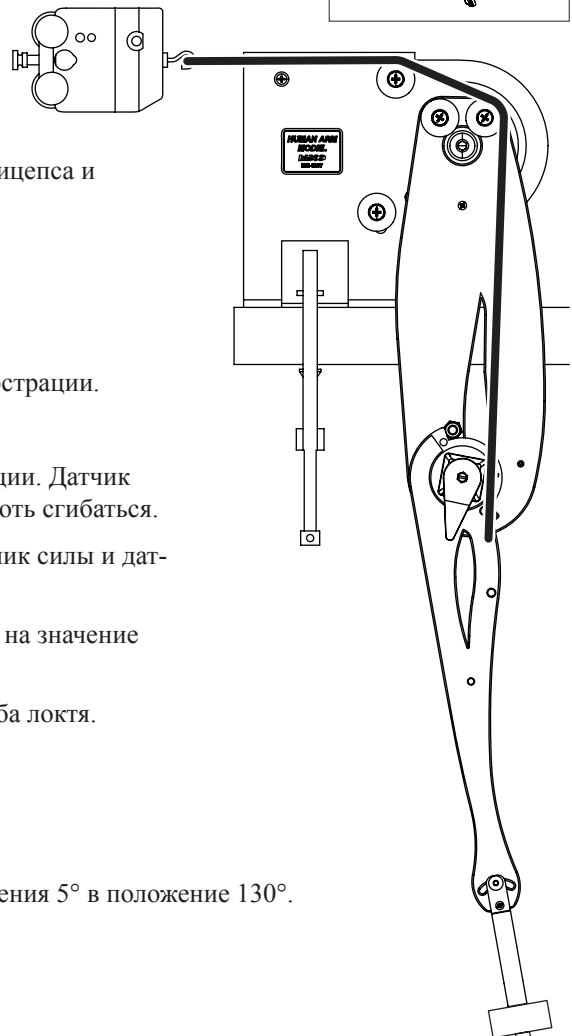


Предположения

1. По мере подъема груза усилие бицепсов увеличивается или уменьшается?
2. Начертите предполагаемый график соотношения усилия бицепса и угла сгиба локтя.

Ход эксперимента

1. Положите груз 100 г на кисть модели.
2. Закрепите модель руки вертикально, как показано на иллюстрации.
3. Зафиксируйте плечо под углом 0° .
4. Закрепите шнур и датчик силы, как показано на иллюстрации. Датчик силы держите в руке. Руку модели тяните, «заставляя» локоть сгибаться.
5. Подключите модель руки к датчику угла. Подключите датчик силы и датчик угла к вашему интерфейсу.
6. Частоту взятия замеров силы с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график соотношения усилия бицепса и угла сгиба локтя.



Процедура

1. Начните сбор данных.
2. Потяните за датчик силы, чтобы локоть сгибался из положения 5° в положение 130° .
3. Завершите сбор данных.

Анализ

1. График является линейным?
2. По мере сгибания локтя усилие бицепса увеличивается или уменьшается?

Часть «Б»

Введение

Движение, изучаемое в этой части, аналогично движению, описанному в последней части. Отличие заключается в том, что предплечье располагается под углом, а не вертикально.

В руке удерживайте груз. Положите локоть на спинку стула, чтобы предплечье располагалось под углом примерно 45° от вертикали. Сгибайте локоть, поднимая груз.

Предположения

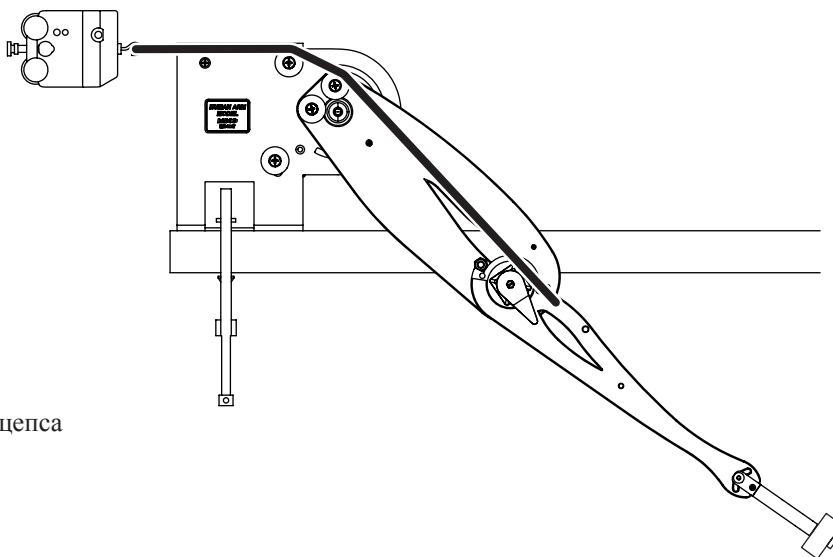
1. По мере подъёма груза усилие бицепсов увеличивается или уменьшается?
2. Начертите прогнозируемый график соотношения усилия бицепса и угла сгиба локтя.

Ход эксперимента

1. Переместите плечо, зафиксируйте его под углом 45° .
2. Датчик силы удерживайте на позиции, показанной на иллюстрации.

Процедура

1. Начните сбор данных.
2. Потяните за датчик силы, чтобы локоть согнулся из положения 5° в положение 130° .
3. Завершите сбор данных.



Анализ

1. График является линейным?
2. По мере сгибания локтя усилие бицепса увеличивается или уменьшается?

Дальнейшие исследования

Найдите угол плеча, при котором усилие бицепса при сгибании локтя из положения 10° в положение 130° практически не меняется.

Эксперимент 5: усилие бицепса в зависимости от угла плеча при постоянном угле сгиба локтя

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука
Шнур (1 шт.)
Груз 100 г
Цапфа для монтажа датчика

Дополнительное необходимое оборудование

Цифровой датчик угла	PS-2139
2 цифровых датчика силы	PS-2104 или PS-2189
C-образная скоба	SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

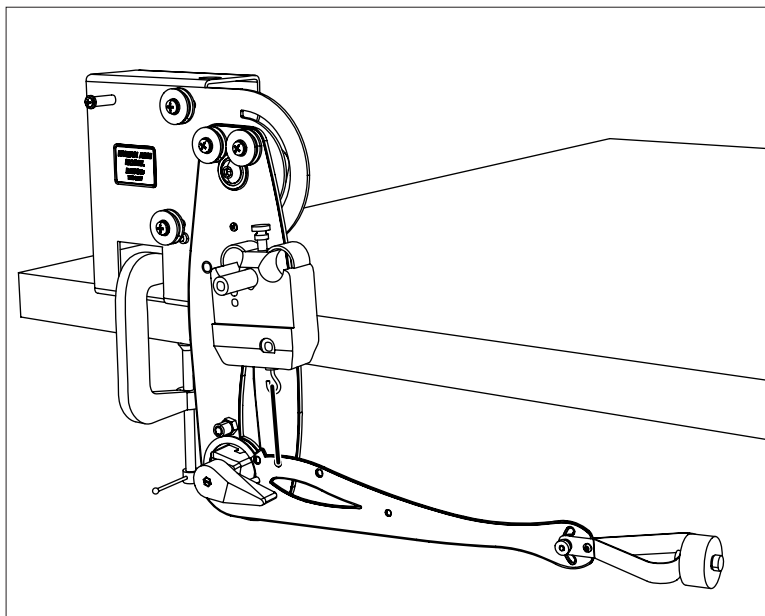
Согнув локоть под углом 90° , удерживайте в руке груз так, чтобы предплечье располагалось вертикально, а рука от кисти до локтя – горизонтально. Удерживая локоть согнутым под углом 90° , поднимайте груз, двигая всей рукой вверх, поднимая её над плечом.

Предположения

1. По мере подъёма груза усилие бицепсов увеличивается или уменьшается?
2. Начертите прогнозируемый график соотношения усилия бицепса и угла плеча.

Ход эксперимента

1. Положите груз 100 г на кисть модели.
2. Закрепите модель руки вертикально, как показано на иллюстрации.
3. С помощью цапфы закрепите датчик силы на предплечье – в положении бицепса, как показано на иллюстрации¹.
4. Закрепите короткий шнур между рукой от кисти до локтя и датчиком силы, как показано на иллюстрации. Отрегулируйте длину шнура (или позицию фиксации датчика силы) так, чтобы локоть был согнут под углом 90° .
5. Подключите модель руки к датчику угла. Подключите датчик силы и датчик угла к вашему интерфейсу.



¹ В ранних версиях модели «Рука человека» отверстия для крепления цапфы датчика к предплечью не предусмотрены. Если у вас ранняя версия изделия, для крепления датчика силы используйте C-образную скобу.

6. Частоту взятия замеров силы с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график соотношения усилия бицепса и угла плеча.

Процедура

1. Начните сбор данных.
2. Давите на предплечье, чтобы плечо переместилось из положения 0° в положение 85° (по мере выполнения не прикасайтесь к руке от кисти до локтя и датчику силы).
3. Завершите сбор данных.

Анализ

1. График является линейным?
2. По мере подъёма груза рукой (при увеличении угла плеча) усилие бицепса увеличивается или уменьшается?

Эксперимент 6: усилие бицепса в зависимости от угла локтя при постоянном положении руки от кисти до локтя

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Груз 100 г

Зажим и цапфа для монтажа датчика

Дополнительное необходимое оборудование

Цифровой датчик угла	PS-2139
2 цифровых датчика силы	PS-2104 или PS-2189
C-образная скоба	SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

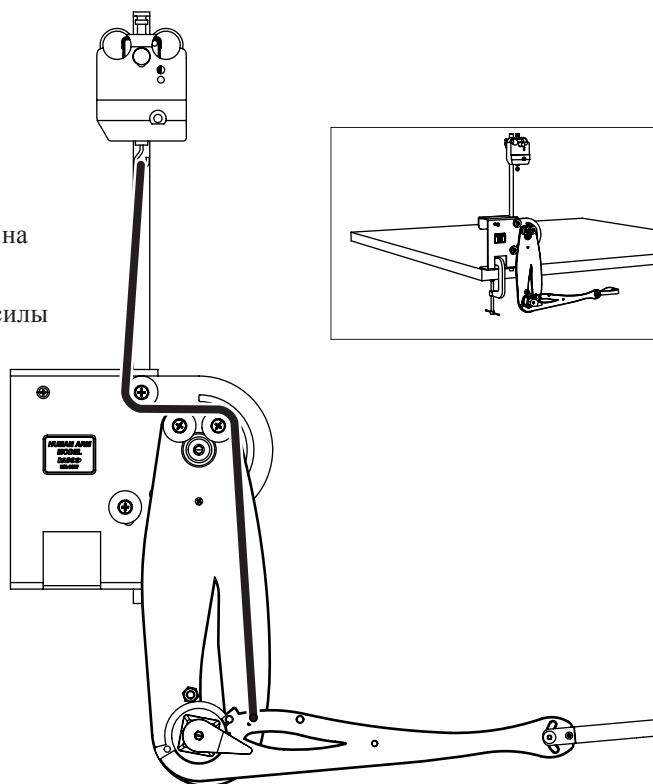
При согнутом под углом 90° локте удерживайте в руке груз так, чтобы предплечье располагалось вертикально, а рука от кисти до локтя – горизонтально. Удерживая руку от кисти до локтя горизонтально, вытяните всю вперёд, как будто вы передаёте груз другому человеку.

Предположения

1. По мере перемещения груза вперёд локоть сгибается или разгибается?
2. Усилие бицепса увеличивается или уменьшается?
3. Начертите прогнозируемый график соотношения усилия бицепса и угла плеча.

Ход эксперимента

1. Положите груз 100 г на кисть модели.
2. Закрепите модель руки вертикально, как показано на иллюстрации.
3. С помощью штанг и зажимов прикрепите датчик силы к основанию модели.
4. Закрепите шнур, как показано на иллюстрации. Длину шнура отрегулируйте так, чтобы локоть находился под углом 90° , а плечо – под углом 0° (при такой длине шнура рука от кисти до локтя во время движения плеча вперёд будет располагаться примерно горизонтально).
5. Подключите модель руки к датчику угла. Подключите датчик силы и датчик угла к вашему интерфейсу.
6. Частоту взятия замеров силы с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.



7. Составьте график соотношения усилия бицепса и угла локтя.

Процедура

1. Начните сбор данных.
2. Перемещайте предплечье, чтобы плечо переместилось из положения 0° в положение 85° (по мере выполнения не прикасайтесь к руке от кисти до локтя и датчику силы).
3. Завершите сбор данных.

Анализ

1. По мере подъёма груза рукой угол сгиба локтя увеличивается или уменьшается?
2. По мере подъёма груза рукой усилие бицепса увеличивается или уменьшается? (внимание: вытягивание руки на графике представлено справа налево).

Эксперимент 7: Жим на трицепс

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (1 шт.)

Груз 100 г

Дополнительное необходимое оборудование

Цифровой датчик угла

PS-2139

2 цифровых датчика силы

PS-2104 или PS-2189

C-образная скоба

SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Часть «А»

Введение

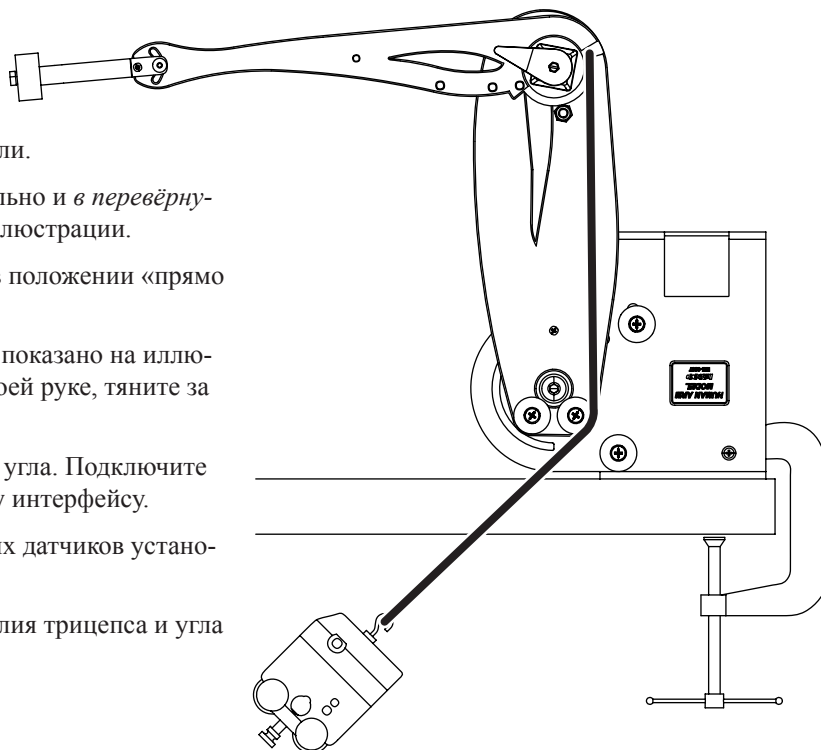
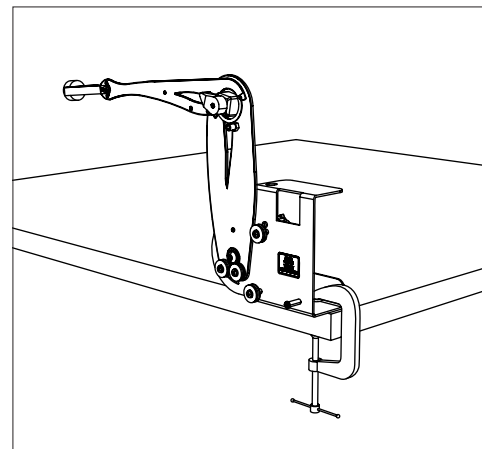
В руке удерживайте груз. Вытяните руку прямо вверх. Согните локоть под углом 90° так, чтобы рука от кисти до локтя располагалась горизонтально, а кисть была близка к затылку. Удерживая предплечье в вертикальном положении, поднимайте груз, выпрямляя локоть.

Предположения

1. По мере подъёма груза усилие трицепса увеличивается или уменьшается?
2. Начертите прогнозируемый график соотношения усилия трицепса и угла локтя.

Установка

1. Поместите груз 100 г на кисть модели.
2. Зафиксируйте модель руки вертикально и в *перевернутом положении*, как показано на иллюстрации.
3. Зафиксируйте плечо под углом 0° (в положении «прямо вверх»).
4. Закрепите шнур и датчик силы, как показано на иллюстрации. Датчик силы держите в своей руке, тяните за него, разгибая локоть модели.
5. Подключите модель руки к датчику угла. Подключите датчик силы и датчик угла к вашему интерфейсу.
6. Частоту взятия замеров силы с обоих датчиков установите на значение 20 Гц.
7. Составьте график соотношения усилия трицепса и угла локтя.



Процедура

1. Тяните за датчик, удерживая руку от кисти до локтя в горизонтальном положении.
2. Начните сбор данных.
3. Тяните за датчик, медленно разгибая локоть из положения 90° в положение примерно 10° .
4. Завершите сбор данных.

Анализ

1. По мере подъёма массы угол локтя увеличивается или уменьшается?
2. Усилие трицепса увеличивается или уменьшается (вытягивание руки на графике представлено справа налево).

Часть «Б»

Введение

Движение, изучаемое в этой части, аналогично тому, которое изучается в части «А». Однако здесь предплечье занимает горизонтальное, а не вертикальное положение.

В руке держите груз. Наклонитесь вперёд и поверните плечо назад так, чтобы предплечье располагалось горизонтально. Согните локоть под углом 90° , чтобы рука от кисти до локтя висела прямо вниз. Удерживая предплечье в горизонтальном положении, поднимайте груз, разгибая локоть.

Предположения

1. По мере подъёма груза усилие вашего трицепса увеличивается или уменьшается?
2. Начертите прогнозируемый график соотношения усилия трицепса и угла локтя.

Ход эксперимента

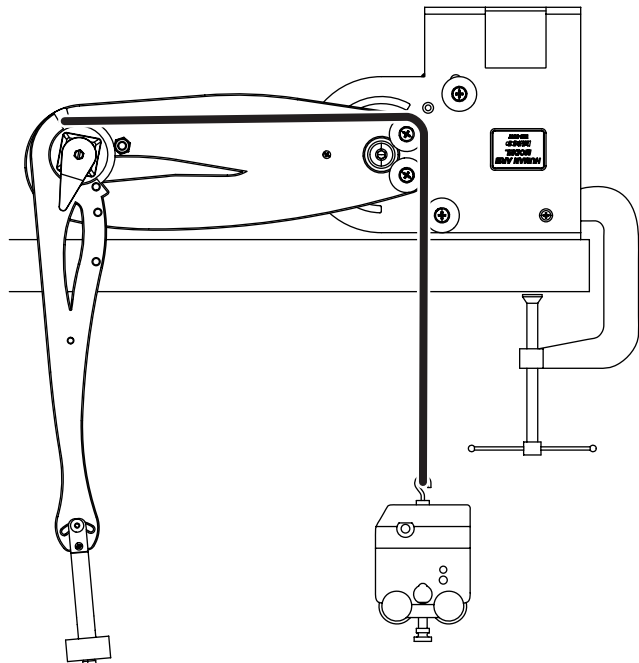
1. Переместите плечо модели и зафиксируйте его в положении 90° .
2. Удерживайте датчик силы в положении, показанном на иллюстрации.

Ход эксперимента

1. Начните сбор данных.
2. Тяните за датчик, медленно разгибая локоть из положения 85° в положение приблизительно 15° .
3. Завершите сбор данных.

Анализ

Сравните графики частей «А» и «Б».



Эксперимент 8: Определение момента инерции руки от кисти до локтя

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука
Эластичный шнур
Штанга 45 см
Зажим и цапфа для монтажа датчика

Дополнительное необходимое оборудование

Цифровой датчик угла	PS-2139
2 цифровых датчика силы	PS-2104 или PS-2189
C-образная скоба	SE-7286 (упаковка из 6 штук)

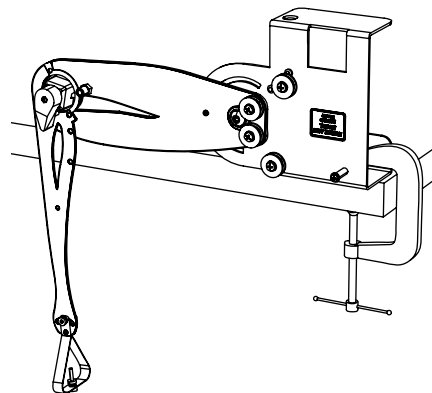
Введение

В этом эксперименте вы используете два разных метода инерции руки от кисти до локтя (ось вращения при этом будет локоть). В части «А» вам предстоит измерить продолжительность качения. В части «Б» ваша задача будет заключаться в приложении усилия известного значения и измерении углового ускорения.

Часть «А»

Ход эксперимента

1. Закрепите модель руки в перевёрнутом положении, как показано на иллюстрации.
2. Зафиксируйте плечо при примерно горизонтальном положении предплечья.
3. Частоту взятия замеров датчика угла установите на значение 200 Гц.
4. Начертите график соотношения угла локтя и времени.



Ход эксперимента

1. Начните сбор данных.
2. Переместите руку от кисти до локтя, ослабьте её так, чтобы она свободно качалась.
3. Как только качение прекратится, завершите сбор данных.

Анализ

Момент инерции (вокруг оси локтя) определяется по формуле $I = T^2 Mgd / (4\pi^2)$, где

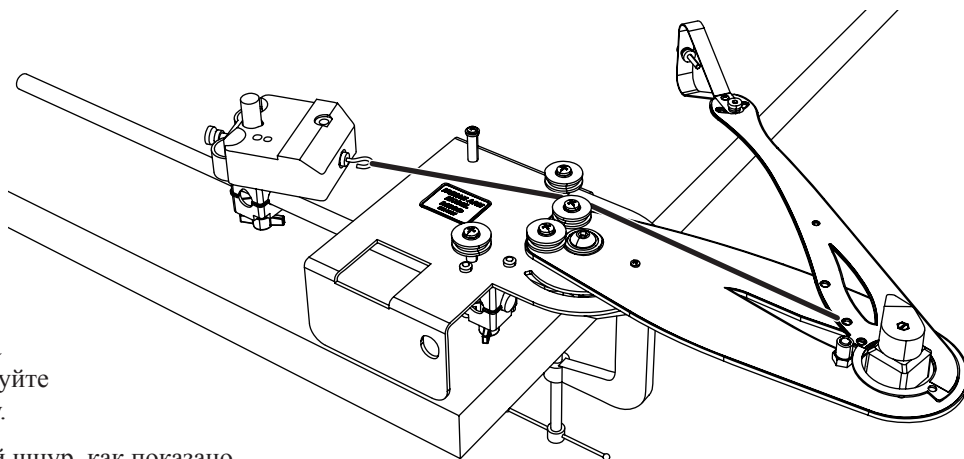
T – это период колебаний (при малых амплитудах), M – 0,10 кг масса руки от кисти до локтя и кисти, g – 9,8 м/с², а d = 0,14 м – это расстояние от локтя до центра массы (центр массы обозначен как отверстие).

1. Определите T на основании графика изменения угла локтя от времени.
2. Примените данное значение T для расчёта момента инерции.

Часть «Б»

Ход эксперимента

1. Закрепите модель руки горизонтально, как показано на иллюстрации.
2. Прикрепите штангу к основанию модели, как показано на иллюстрации. Для крепления датчика силы к штанге используйте зажим датчика и цапфу.
3. Привяжите эластичный шнур, как показано на иллюстрации. Отрегулируйте длину шнура так, чтобы он при полностью согнутом локте был немного натянут.
4. Подключите датчик силы к вашему интерфейсу.
5. Частоту взятия замеров датчика силы установите на значение 200 Гц.
6. Составьте графики соотношения угла локтя, угловой скорости (выраженной в радиан/с), усилия бицепса и времени.
7. Настройте программу так, чтобы при сборе данных выводились показания углов.



Ход эксперимента

1. Начните сбор данных.
2. Руку от кисти до локтя переместите в положение 79° и зафиксируйте его.
3. Ослабьте руку (от кисти до локтя), обеспечьте её свободное движение.
4. Завершите сбор данных.

Анализ

В рамках анализа рассмотрим угловое ускорение при угле сгиба локтя 90° . Примерное значение инерции вращения будет измеряться по формуле $I = rF / \alpha$, где $r = 0,0045$ м (расстояние от локтя до точки прикрепления), F – это усилие бицепса, а α – это угловое ускорение.

1. По графику, отображающему зависимость угла от времени, определите промежуток времени, в течение которого локоть перемещается между положениями 80° и 100° .
2. Определите среднее значение усилия F за данный промежуток времени.
3. За этот же промежуток времени составьте линейный график зависимости углового ускорения от времени. Углом наклона линии будет α .
4. Определите момент инерции руки, используя полученные значения F и α .

Демонстрационные показы: сложные движения

Необходимые компоненты модели «Рука человека»

Рука

Шнур (2 шт.)

Груз 100 г

Мяч

Штанга 45 см

Зажим и цапфа для монтажа датчика

Дополнительное необходимое оборудование

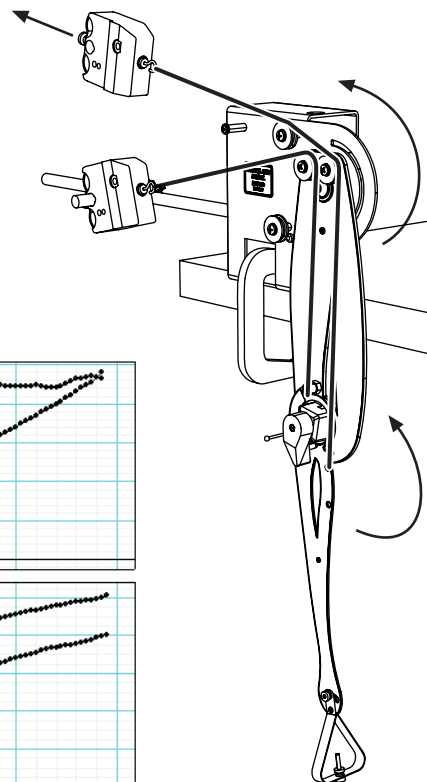
Цифровой датчик угла	PS-2139
2 цифровых датчика силы	PS-2104 или PS-2189
C-образная скоба	SE-7286 (упаковка из 6 штук)

Введение

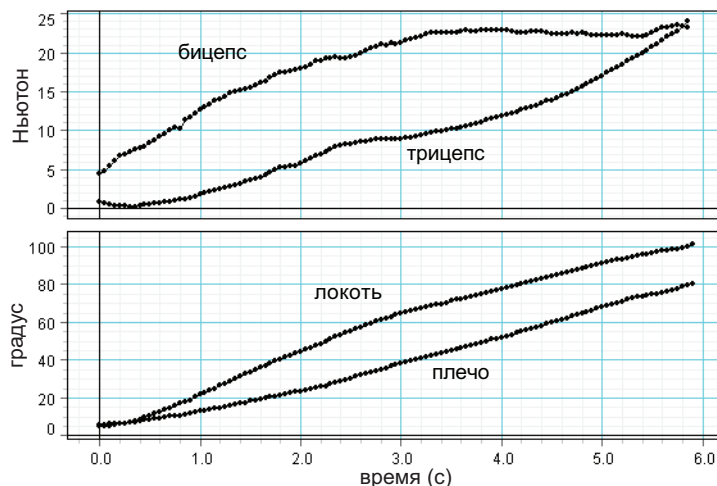
Для следующих демонстрационных показов модель руки конфигурируется для воспроизведения одновременного вращения плеча и локтя. Здесь применяются 2 датчика силы. Однако движения можно воспроизвести и без датчиков. Обратите внимание: каждый шнур приводит в движение оба соединения и представляет собой комбинацию мышц (не только бицепсов и трицепсов).

«Подъём с жимом»

1. Установите на модели руки 2 датчика силы, как показано на иллюстрации. Нижний датчик закрепите на штанге, прикреплённой к основанию модели. Верхний датчик силы держите в вашей руке.
2. Потяните верхний датчик силы. Плечо и локоть двигаются в одном направлении, поднимая руку.
3. Прикрепите на кисти груз 100 г и повторите действия, наблюдая за тем, как дополнительная нагрузка влияет на усилие мышц.



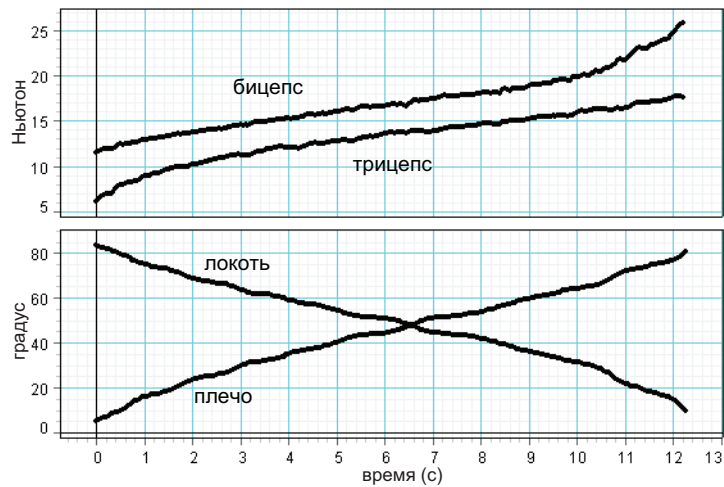
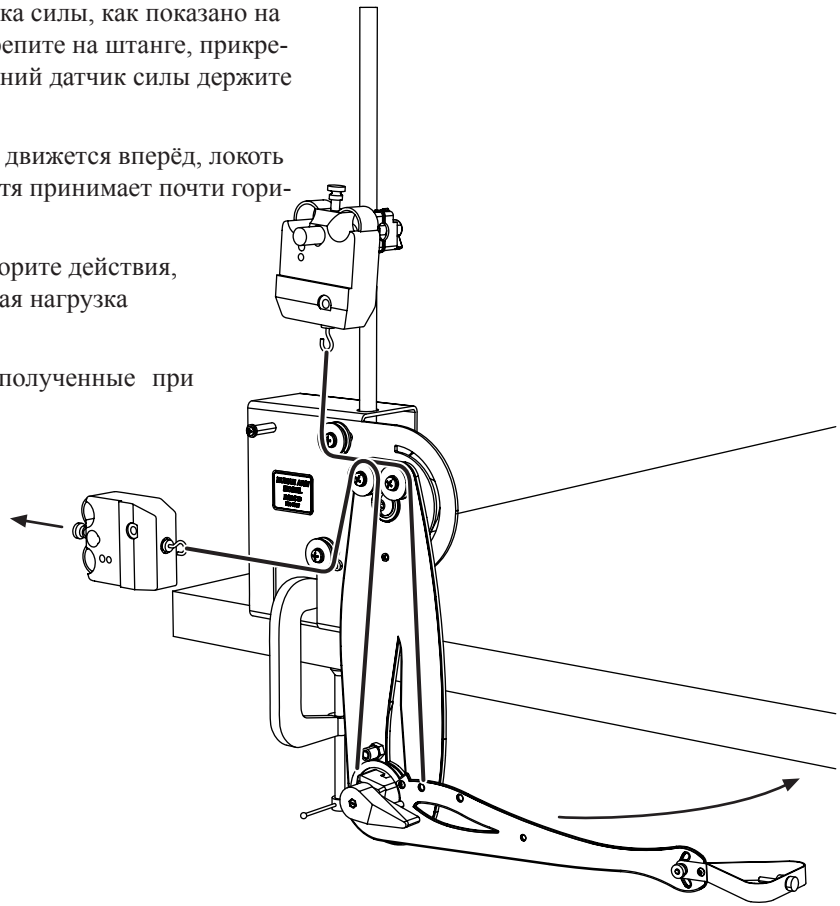
На графике представлены данные, полученные при подъёме груза 100 г.



“Passing Lift”

1. Установите на модели руки 2 датчика силы, как показано на иллюстрации. Верхний датчик закрепите на штанге, прикреплённой к основанию модели. Нижний датчик силы держите в вашей руке.
2. Потяните за нижний датчик. Плечо движется вперёд, локоть разгибается, и рука от кисти до локтя принимает почти горизонтальное положение.
3. Закрепите на кисти груз 100 г, повторите действия, наблюдая за тем, как дополнительная нагрузка влияет на усилие мышц.

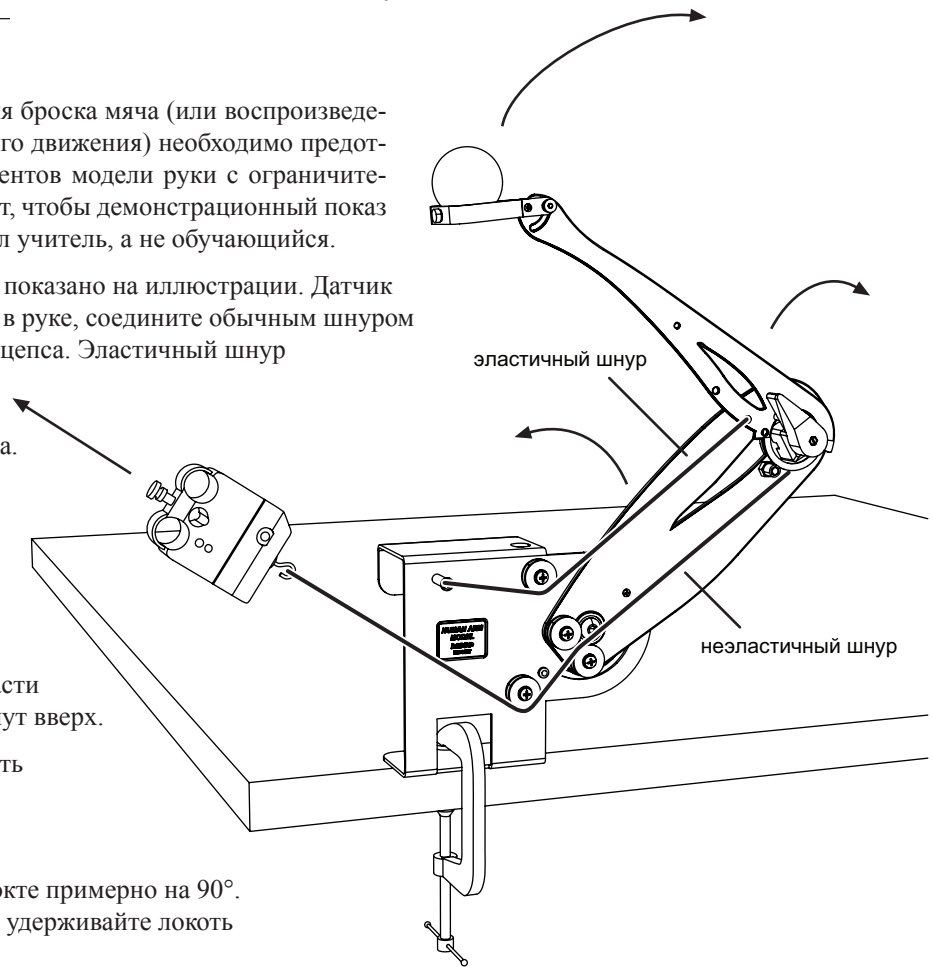
На графике представлены данные, полученные при подъёме груза 100 г.



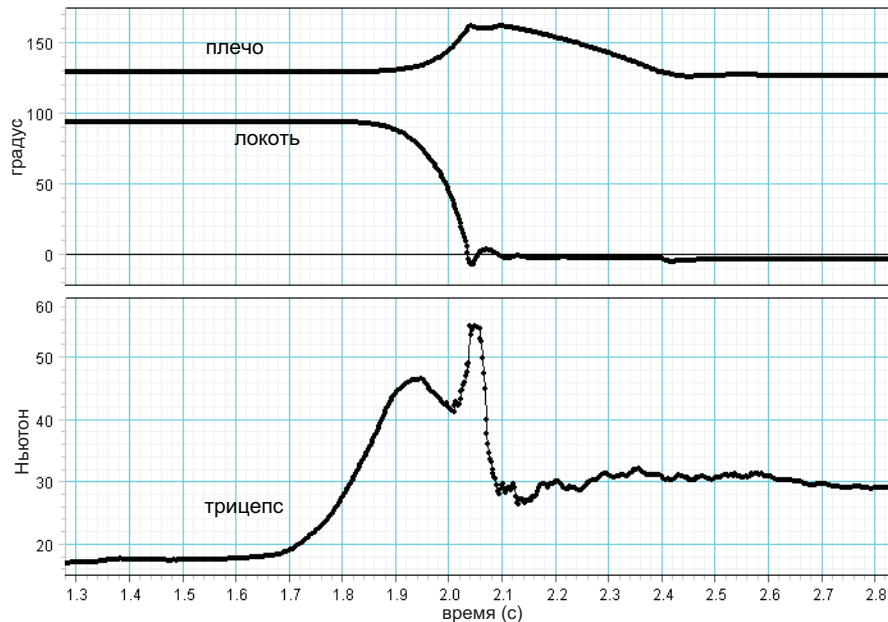
«Свободный бросок»

При использовании модели для броска мяча (или воспроизведения какого-либо другого резкого движения) необходимо предотвратить столкновение компонентов модели руки с ограничителями хода. PASCO рекомендует, чтобы демонстрационный показ «свободного броска» выполнял учитель, а не обучающийся.

1. Соберите модель руки, как показано на иллюстрации. Датчик силы, который вы держите в руке, соедините обычным шнуром с точкой прикрепления трицепса. Эластичный шнур должен соединять точку прикрепления бицепса и шкив верхней части плеча.
2. Отрегулируйте ограничитель нижней части плеча так, чтобы плечо удерживалось под углом примерно 130° . Ограничитель в верхней части должен быть всегда повернут вверх.
3. Запястье всегда должно быть повернуто назад.
4. Положите мяч на кисть.
5. Вручную согните руку в локте примерно на 90° . Затем потяните за датчик и удерживайте локоть в данном положении.
6. Резко потяните за датчик. После первичного тягового усилия удерживайте шнур в натянутом состоянии и медленно опустите руку в исходное положение.



Плечо движется назад, локоть разгибается, в результате чего мяч отлетает вперёд и вверх.

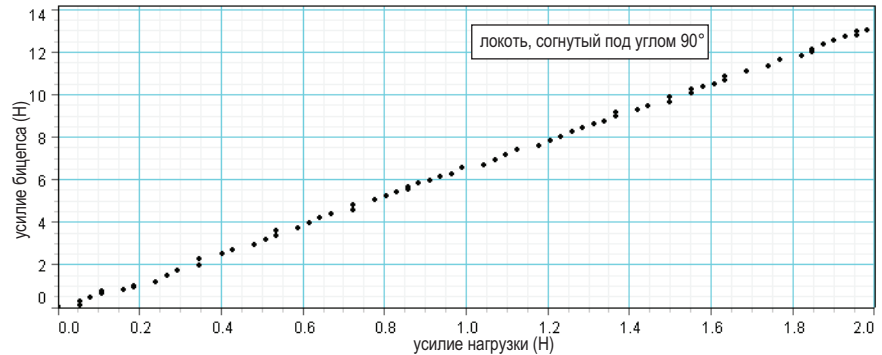


Заметки учителя

Эксперимент 1: усилие бицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки

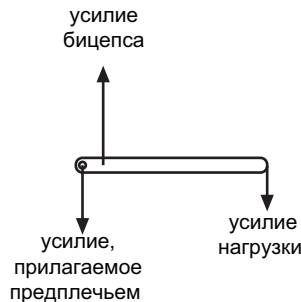
Типичный результат:

Анализ: 1. соотношение примерно пропорциональное, угол наклона около 6. 2. Данные типичные результаты основаны на следующих предположениях: (1) бицепс противодействует нагрузке (2) усилие бицепса выше усилия нагрузки. (3) При нагрузке 1 Н усилие мышцы составляет примерно 6 Н.

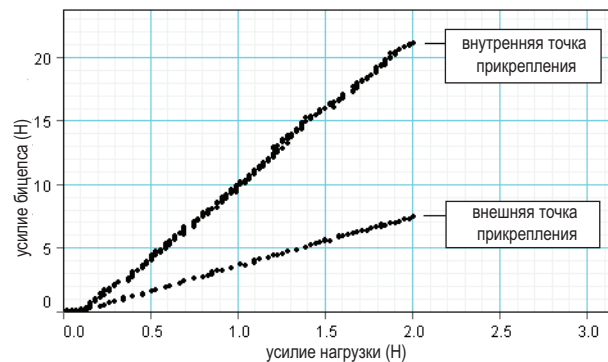
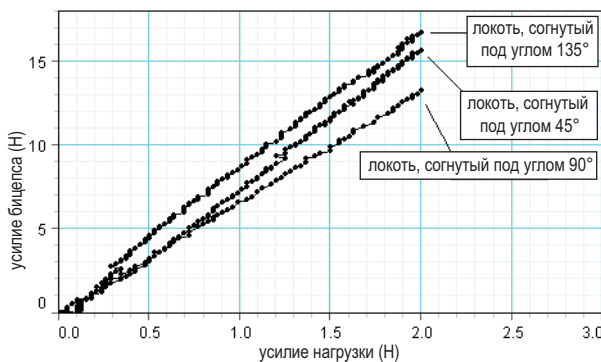


Дальнейший анализ:

1. Приведите силы, действующие на тело человека.
2. Линейное ускорение руки от кисти до локтя равно нулю. В этой связи суммарное усилие равно нулю.



Дальнейшее исследование, типичные результаты:

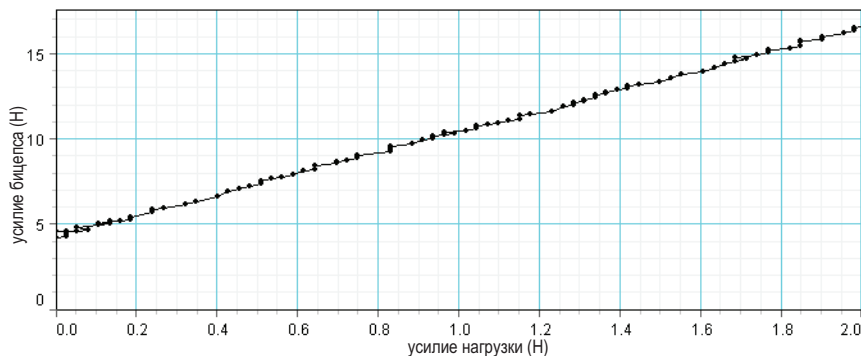


1. Усилие, созданное бицепсом (при указанной нагрузке) увеличивается при углах более или менее 90°. 2. Для сопротивления нагрузке требуется большее усилие бицепса, когда мышца прикреплена к внутренней точке прикрепления. Меньшее усилие требуется, когда мышца прикреплена к внешней точке прикрепления.

Эксперимент 2: усилие бицепса в зависимости от веса

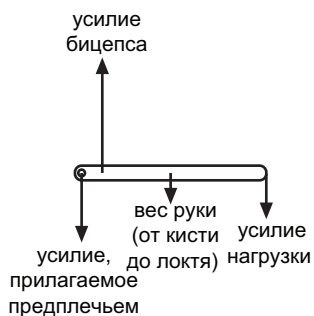
Типичный результат

Анализ: 1. Соотношение линейное, наклон составляет примерно 6, а точка пересечения с осью Y – около 4 Н. 2. Данные типичные результаты основаны на следующих предположениях: (1) если на руку прилагается нагрузка, равная 0,98 Н, усилие бицепса должно составлять порядка 10 Н. (2) увеличение усилия нагрузки вдвое не означает двукратного увеличения усилия мышцы (на основании пересечения с осью Y). (3) если усилие нагрузки равно нулю, усилие бицепса составит 4 Н. Это есть усилие, необходимое для удерживания веса самой руки (от кисти до локтя).



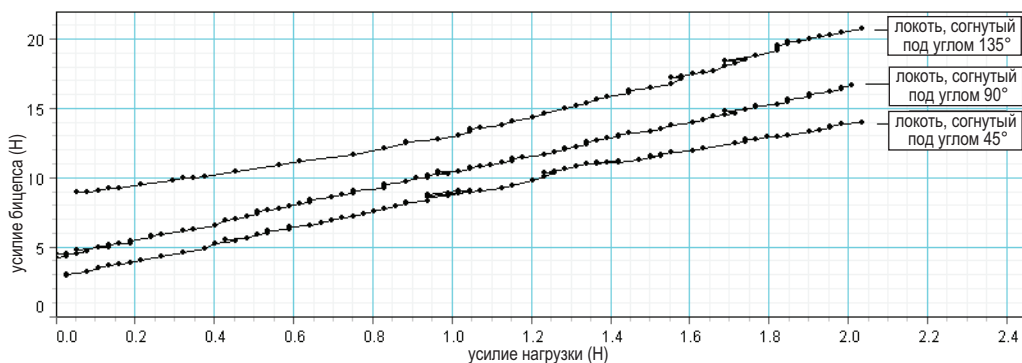
Дальнейший анализ:

- силы, действующие на тело человека.
- Линейное ускорение руки от кисти до локтя равно нулю. В этой связи суммарное усилие равно нулю.
- Угловое ускорение равно нулю. Полезный момент также равен нулю.



Дальнейшее исследование, типичные результаты:

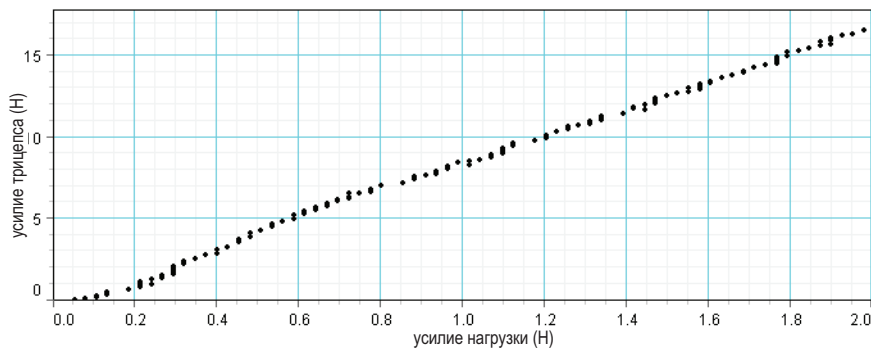
Угол наклона при различных углах сгиба локтя существенно не меняется. Однако точки пересечения с осью Y разные.



Эксперимент 3: усилие трицепса в зависимости от перпендикулярной нагрузки

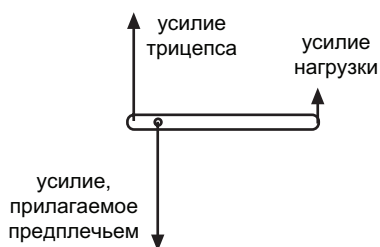
Типичный результат:

Анализ: 1. Соотношение примерно пропорциональное, угол наклона – порядка 9.
2. Данные типичные результаты основаны на следующих предположениях: (1) трицепс противодействует нагрузке. (2) Усилие трицепса выше усилия нагрузки (3) При нагрузке 1 Н усилие мышцы составляет примерно 9 Н.



Дальнейший анализ:

- силы, действующие на тело человека
- Линейное ускорение руки от кисти до локтя равно нулю. В этой связи суммарное усилие равно нулю.
- Угловое ускорение равно нулю. Полезный момент также равен нулю.

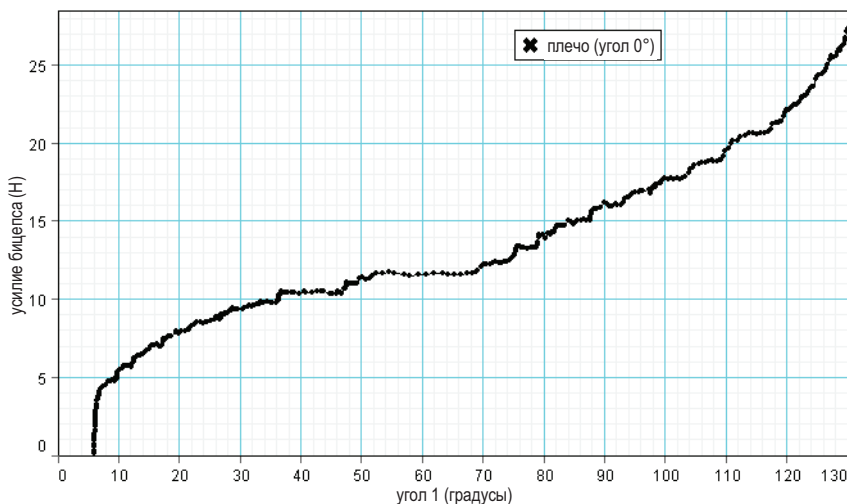


Эксперимент 4: сгибание бицепса

Часть «А», типичный результат

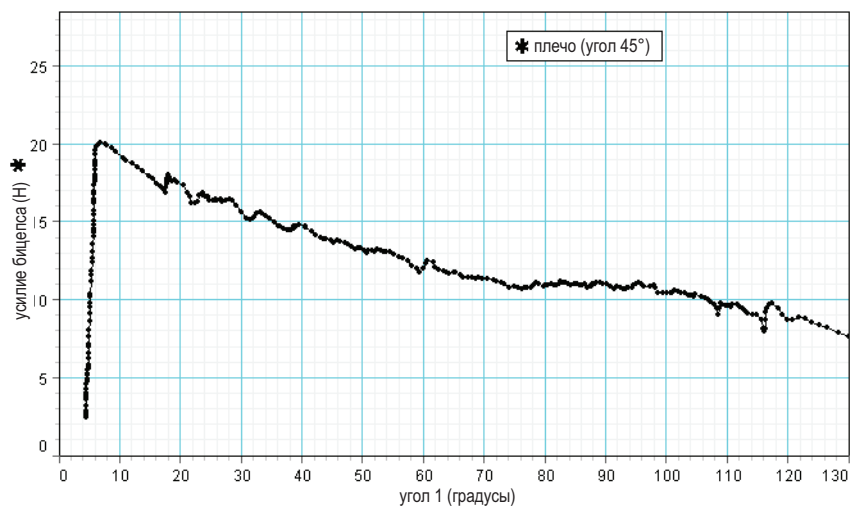
Часть «А», анализ:

- График не линейный.
- По мере сгибания локтя усилие бицепса увеличивается.

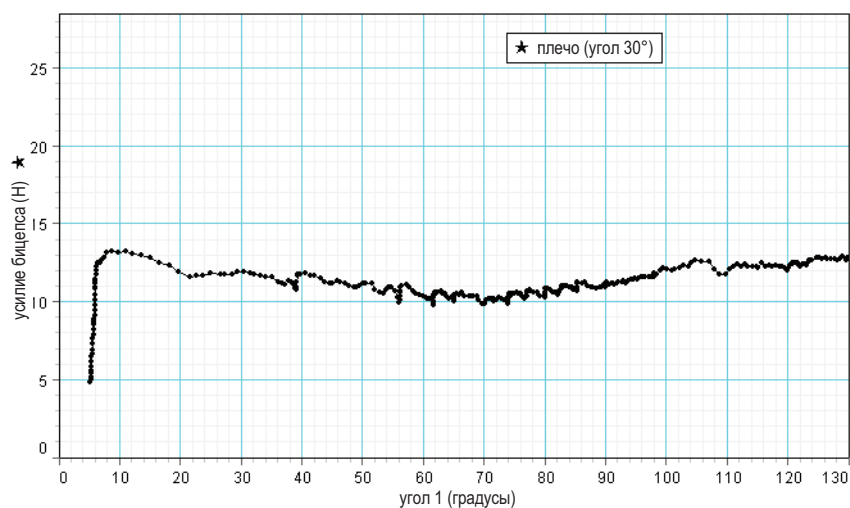


Часть «Б», типичный результат**Часть «Б», анализ:**

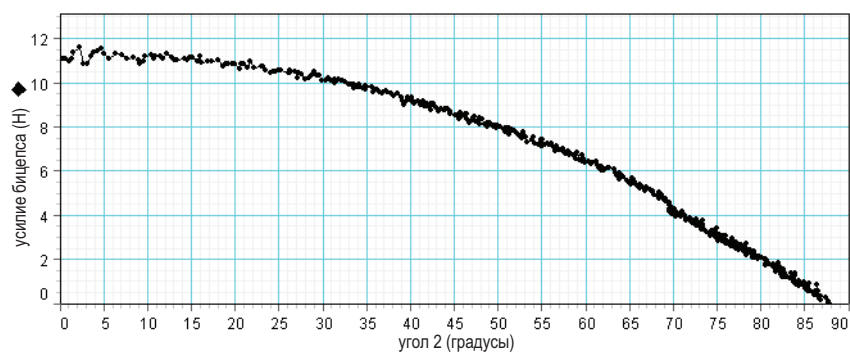
1. График не линейный.
2. По мере сгибания локтя усилие бицепса уменьшается.

**Дальнейшее исследование:**

при расположении плеча под углом 30° усилие бицепса остаётся примерно постоянным.

**Эксперимент 5: усилие бицепса в зависимости от угла плеча при постоянном угле сгиба локтя****Типичный результат:****Анализ:**

1. График не линейный.
2. При подъёме груза рукой усилие бицепса уменьшается.

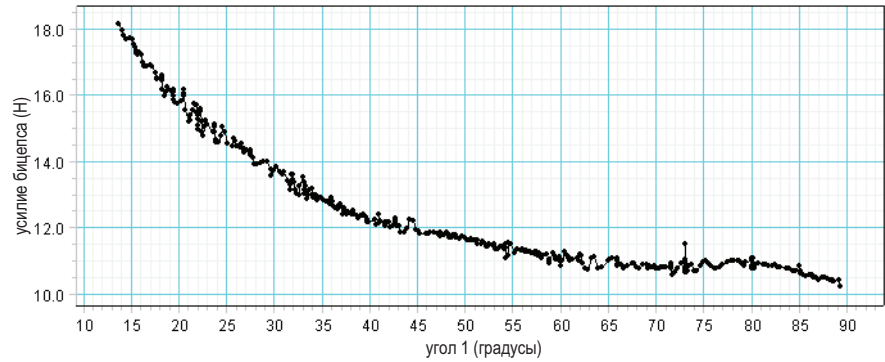


Эксперимент 6: усилие бицепса в зависимости от угла сгиба локтя при постоянном положении руки от кисти до локтя

Типичный результат:

Анализ:

1. Когда рука двигает груз вперёд, угол сгиба локтя уменьшается (на графике – справа налево).
2. Усилие бицепса увеличивается.



Эксперимент 7: Жим на трицепс

Типичные результаты:

Часть «А», анализ:

1. Когда рука поднимает груз, угол сгиба локтя уменьшается.
2. Усилие трицепса уменьшается (на графике – справа налево).

Часть «Б», анализ:

локоть совершает те же самые движения, что и в части «Б», однако на данном графике усилие трицепса при подъёме груза рукой повышается.



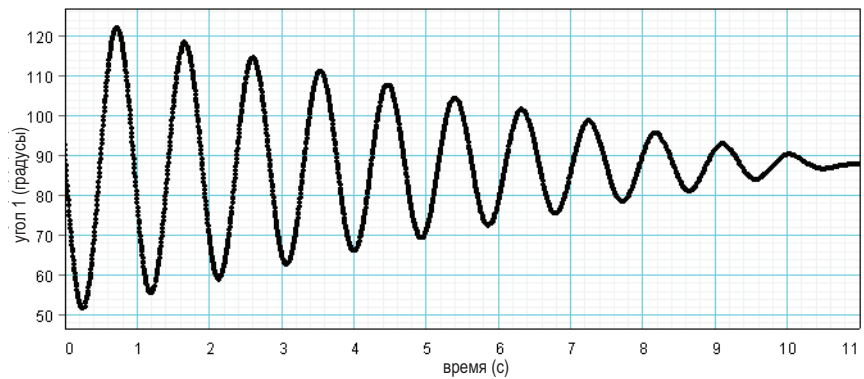
Эксперимент 8: инерция вращения руки от кисти до локтя

Часть «А», типичный результат:

Часть «А», анализ:

$$T = 0.93 \text{ с}$$

$$I = 0,0030 \text{ кг м}^2$$



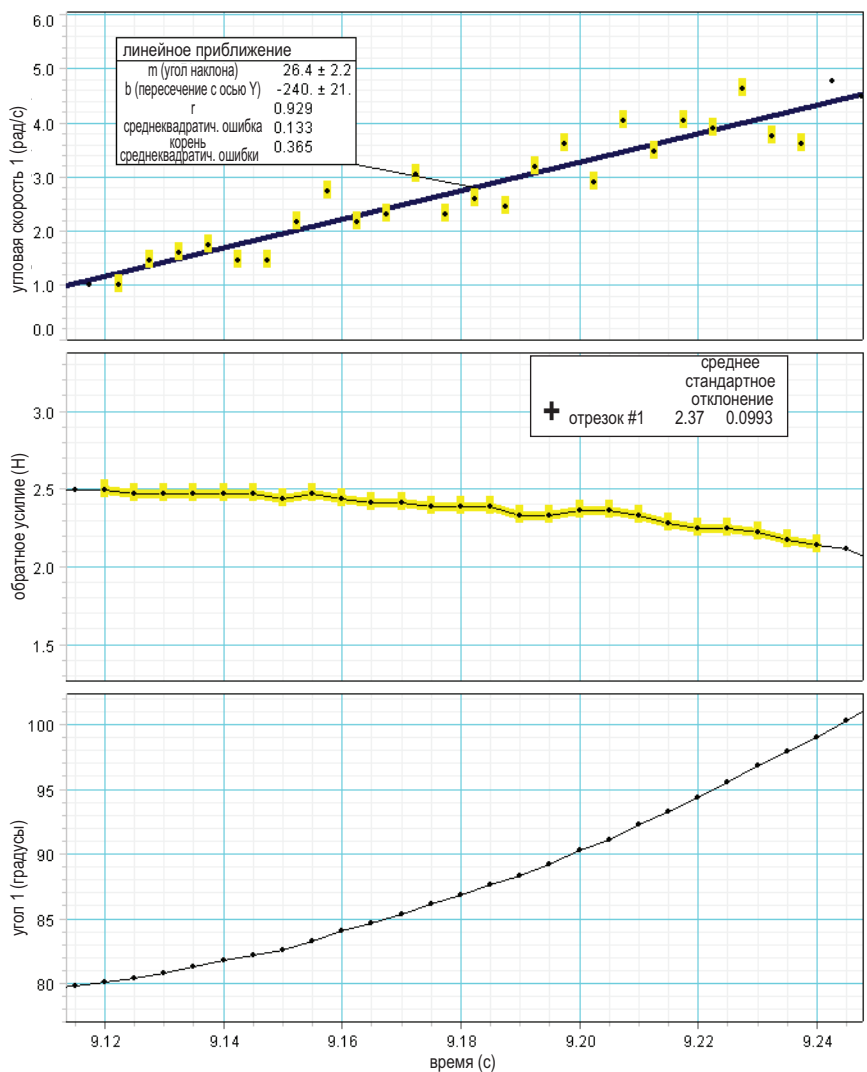
Часть «Б», типичный результат:

Часть «Б», анализ:

$$F = 2,4 \text{ Н}$$

$$\text{Крутизна} = \alpha = 26 \text{ рад/с}^2$$

$$I = 0,0042 \text{ кг м}^2$$



Техническая поддержка

За консультацией по любому продукту PASCO можно обратиться непосредственно к производителю:

Адрес: PASCO scientific,
10101 Бульвар Футхиллз,
Розвилл, Калифорния 95747-7100

Телефон: (916) 786-3800 (для звонков из любой страны мира),
(800) 772-8700 (для звонков из США)

Факс: (916) 786-7565

Сайт: www.pasco.com

Электронная почта: support@pasco.com

Ограниченная гарантия

Описание условий гарантии на продукцию PASCO приводится в каталоге PASCO.

Авторское право

Инструкция по эксплуатации PASCO scientific 012-10359A Human Arm Model Instruction Manual (инструкция по эксплуатации изделия «Модель «Рука человека»») защищена авторским правом. Копирование любой части настоящей инструкции разрешается некоммерческим образовательным учреждениям при условии использования исключительно в лабораториях и аудиториях и неосуществлении продаж с целью получения прибыли. При других обстоятельствах копирование без письменного разрешения со стороны PASCO scientific запрещается.

Торговые марки

PASCO, PASCO scientific, DataStudio и PASPORT являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками PASCO scientific. Все остальные бренды, наименования продуктов и услуг могут быть торговыми марками или знаками обслуживания, и могут использоваться для идентификации продуктов, услуг и владельцев данных знаков. Для получения более подробной информации заходите по ссылке www.pasco.com/legal.