

УДК 531/534

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХОДЬБЫ

Фейлер Л.А., студент гр. ХМб-171, I курс

Смирнов В.Г., к.ф.-м.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

Ходьба это естественный способ передвижения человека. Мы ходим каждый день. Дом, работа, школа, магазин, мы ходим постоянно и не придаём этому никакого значения. А ведь шаг, это удивительное явление с точки зрения физики. Чтобы сделать только один шаг человек одновременно задействует большое количество мышц, сгибающих и разгибающих его суставы. Рефлексы, управляющие мышцами при ходьбе, отвечают за перемещение человека в пространстве и поддержание равновесия всего тела с учетом оптимальных затрат энергии. Практически невозможно полностью описать законами физики каждый шаг человека. А если попытаться описать бег, сравнить двух одинаковых по росту и весу людей? Сколько можно узнать нового о нашем теле, и каким законом его движение подчиняется. Само по себе движение это безумно интересная тема, каждое новое открытие это большой шаг в будущее! Задумываемся ли мы, когда в очередной раз бежим на маршрутку, что в данный момент один физический закон сменяет другой и получается шаг.

В данной работе изучены основные закономерности, характеризующие скорость ходьбы, длину и частоту шагов разных людей. Люди имеют разный вес, рост, темперамент. Влияют ли особенности строения тела человека на характер ходьбы или ходьба определяется только индивидуальными предпочтениям, темпераментом человека. Существуют ли оптимальные параметры ходьбы, зависящие от размеров тела или отдельных его частей. Можно ли сравнивая шаги нескольких близких по росту и весу людей найти общие закономерности, продиктованные законами физики. Позволяют ли законы механики создать простые модели, описывающие движения человека при ходьбе.

Для решения поставленных задач выполнен следующий эксперимент. На прямолинейном участке длиной 50 метров, наблюдая за походкой нескольких десятков людей, измерено время и количество шагов, которое требуется каждому человеку, чтобы пройти данный участок при обычном темпе ходьбы. Для каждого испытуемого в таблицу записывали его рост, вес,

а также пол человека. Всего в исследовании приняли участие 15 женщин и 19 мужчин. Усредненные результаты измерений по группам женщин и мужчин, высокого, среднего и невысокого роста, выделенных из всех испытуемых приведены в таблице №1. В столбцах масса тела, скорость, длина и период шагов указаны средние значения по всем испытуемым в группе. В столбце рост указано среднее значение (с десятичной точкой), либо диапазон значений (через тире) по которым произведен отбор испытуемых в данную группу. При описании группы в скобках указано количество испытуемых, попавших в данную группу.

Табл. №1. Средние значения длины шага и скорости ходьбы у групп людей

Величины →		Масса тела, кг	Рост, см	Скорость, м/с	Длина шага, м	Период шага, с
Описание группы ↓						
Жен.	Высокие (5)	62.2	168-170	0.68	0.45	0.66
	Среднего роста (3)	63.0	164-165	0.70	0.45	0.64
	Невысокие (7)	54.4	157-161	0.68	0.44	0.64
	Все женщины (15)	58.7	163.7	0.69	0.44	0.65
Муж.	Высокие (4)	70.3	183-188	0.81	0.50	0.62
	Среднего роста (10)	68.1	176-181	0.74	0.48	0.65
	Невысокие (5)	67.4	165-174	0.73	0.48	0.65
	Все мужчины (19)	68.4	177.7	0.75	0.48	0.64
Среднее по всем (34)		64.1	171.5	0.72	0.47	0.65

Уточним, что все эксперименты сделаны во время обеденного перерыва. Люди ходили прогулочным шагом с небольшой скоростью передвижения. Из табл. № 1 видно, что заметное различие между группами мужчин и женщин можно обнаружить в длине шага и в скорости ходьбы, у мужчин больше и длина шага и скорость. В то же самое время период шага, т.е. время, требуемое на совершение одного шага примерно одинаково по всем группам испытуемых.

Для более подробного анализа проведен корреляционный анализ по всем испытуемым. Из рис. 1 видно, что длина шага человека монотонно зависит от его роста. Вероятнее всего, у человека высокого роста обычно более длинные ноги, позволяющие делать более широкие шаги. В то же самое время практически не просматривается связь между временем, которое требуется на совершение одного шага (периодом шагов) и длиной шага. Разброс периода, при совершении широких и коротких шагов определяется, вероятно, другими факторами. В среднем, люди, совершающие и широкие и короткие шаги, тратят на это примерно одинаковое время. Однако, (рис. 2) скорость передвижения монотонно увеличивается при возрастании длины шагов и

планомерно снижается при увеличении времени, требуемого на совершение каждого шага.

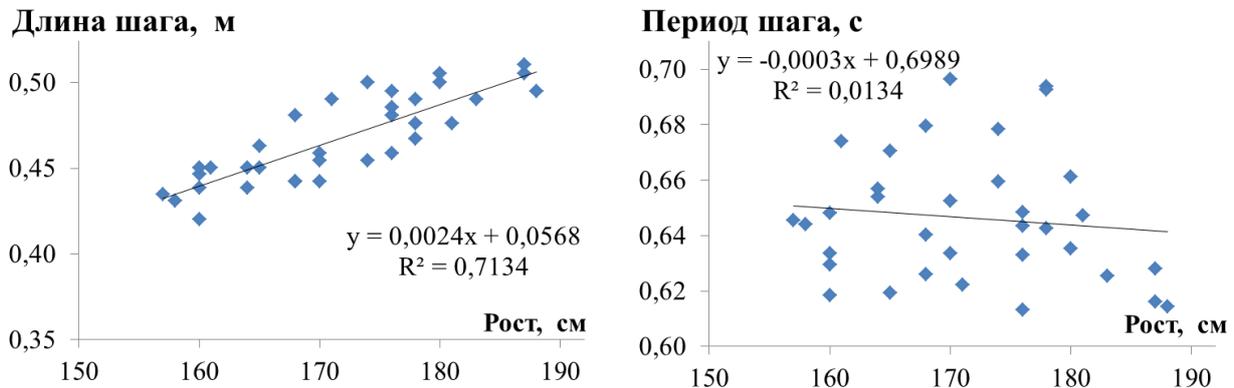


Рис. 1. Зависимость длины шага и периода шагов от роста человека.

Для каждого испытуемого скорость передвижения равна отношению длины его шага ко времени, требуемому на совершение одного шага, однако у разных людей и длина шага и период шагов меняются независимо друг от друга, в связи с чем, каждый из графиков на рис. 2 имеет свой индивидуальный профиль. Скорость движения при ходьбе (рис. 3) практически не связана с весом человека, но прослеживается достаточно отчетливая тенденция большей скорости ходьбы у людей высокого роста.

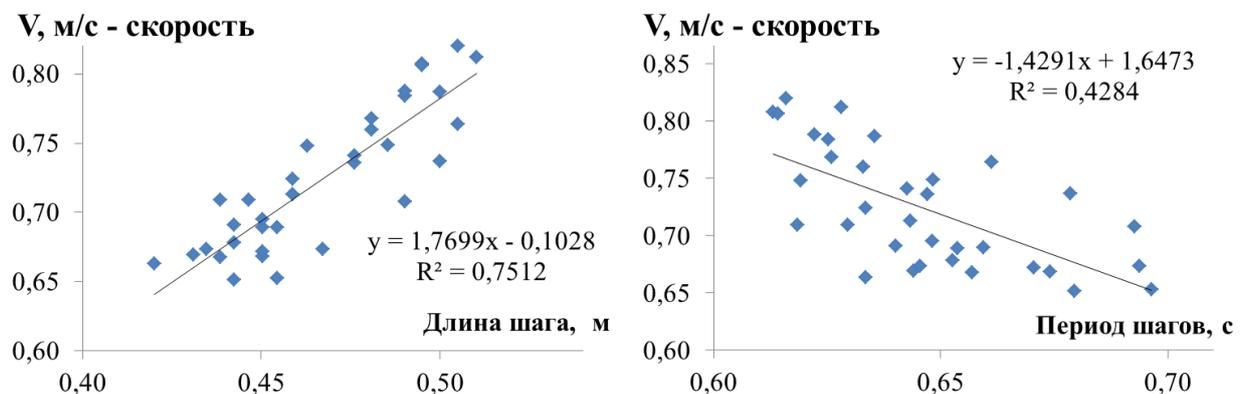


Рис. 2. Связь скорости движения при ходьбе с длиной и периодом шагов.

На основании экспериментальных исследований можно сделать вывод, что высокие люди, в среднем, делают более широкие шаги и обладают более высокой скоростью при ходьбе. Однако период шагов практически не связан с ростом человека и имеет среднюю величину порядка 0.65с, причем разброс значений периода шагов не связан ни с ростом или весом человека, ни с другими параметрами тела.

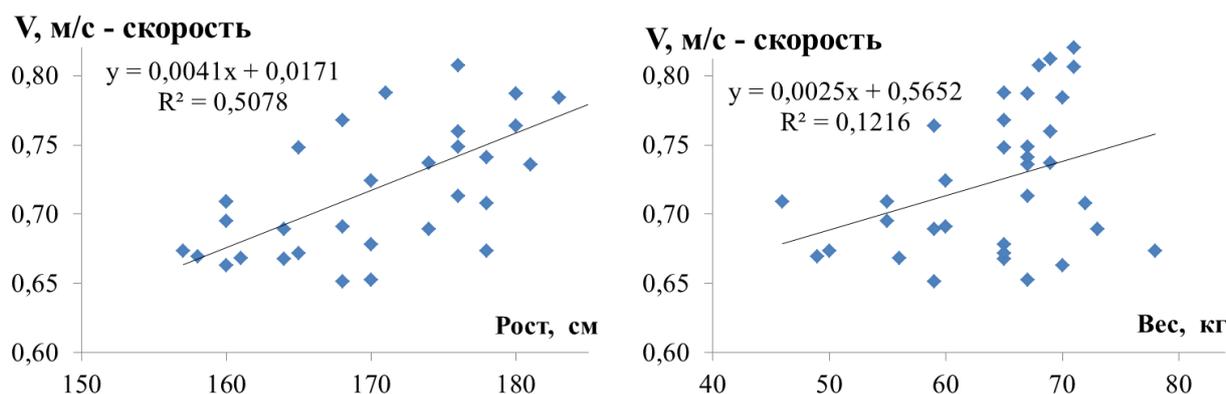


Рис. 3. Зависимость скорости ходьбы от роста и от веса человека

Если рассматривать шаг с точки зрения физики, можно дать такое определение: Шаг – это свободное падение с опорой на левую и правую ногу. При опоре на левую или правую ногу происходит небольшая остановка. Продолжительность этой остановки у каждого человека своя, что зависит от физических особенностей человека и манеры ходьбы. К примеру, при беге её длительность меньше, а при ходьбе несколько больше. Возникает вопрос, существует ли какой-либо оптимальный темп ходьбы или скорость, при которой человеку наиболее комфортно или он может идти с наименьшими затратами энергии. Пытаясь дать более точное определение шагу, я пришла к выводу, что он похож на движение маятника. Движение ног при ходьбе очень схоже с колебаниями маятника. Наименьшие затраты энергии будут в случае, если центр тяжести человека движется равномерно и прямолинейно. Если перейти в инерциальную систему отсчета, движущуюся равномерно со скоростью человека, то основной работой, которую должен совершать человек, является работа по перемещению свободной ноги вперед для совершения следующего шага.

Такое движение можно представить как движение физического маятника в поле тяжести. Период колебания маятника зависит от ускорения свободного падения  $g$ , длины маятника, но не зависит от его веса. Рассмотрим ногу как физический маятник длиной  $l$ , пусть это будет стержень с постоянной линейной плотностью. В этом случае, для периода колебаний физического маятника справедливо следующее выражение:

$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{2l}{3g}}.$$

Причем период малых колебаний не зависит от амплитуды, т.е. в нашем случае от длины шага. Если человек будет идти в таком темпе, что перенос ноги из заднего в переднее положение соответствует времени, за которое физический маятник совершает движение между двумя крайними точками, равному половине периода колебаний, то такое движение будет наиболее

гармоничным, т.е. наименее энергозатратным для человека. Для оценки периода таких шагов, примем  $l=0.8$  м, получим  $T_m = \pi \sqrt{\frac{2l}{3g}} = 0.73\text{с}$ . Эта величина близка к экспериментальным значениям периода шага.

Шаг это далеко не простое физическое явление. С точки зрения физики это достаточно сложный процесс, который стоит изучать. Проведенные эксперименты выявляют лишь основные закономерности ходьбы, присущие разным людям. Испытуемые неспешно прогуливались в своем обычном темпе и не знали об эксперименте, так что наши измерения описывают лишь один из видов ходьбы. При изучении, например бега, можно обнаружить новые закономерности, которым он подчиняется. Мы не задумываемся о том, что же такое шаг, а ведь походка каждого человека настолько же индивидуальна, как и его почерк, и позволяет узнать много интересного о нашем теле и характере человека. Но в любом случае каждый шаг человека определяется физическими законами и при изучении позволяет получить много интересной и полезной информации. Невозможно проведя один эксперимент сделать исчерпывающие выводы и на этом остановится.