А.В. Ворон

Феномен золотой пропорции как необходимое условие эффективности системы «Двойной шаг бега»

Аннотация. В статье обосновывается гипотеза о том, что единство объекта-системы «Двойной шаг бега» обусловлено «золотыми» пропорциональными отношениями объекта-системы к своим подсистемам и между самими подсистемами.

Ключевые слова. Временная структура, локомоции бега, движения бега, единство системы, геометрическая модель бега.

Введение. В основе современного понимания двигательных действий заложен системно-структурный подход, который позволяет рассматривать тело как движущуюся систему. Системно-структурный подход к изучению движений реализуется в теории структурности движений Н.А. Бернштейна. Ученый утверждает, что «Движение не есть цепочка деталей, а структура, дифференцирующаяся на детали» [1, 2, 3]. Собственные исследования позволяют научно обоснованно предполагать наличие закономерностей в системе локомоций человека [4, 5, 6, 7, 8]. Выявление закономерностей системы локомоций человека представляет значимую проблему биомеханики.

Основная часть. *Объектом* настоящего исследования явились локомоции бега. *Предметом* исследования выступила временная структура системы движений бега.

Структурные элементы в системе находятся не сами по себе, а связаны один с другим. Под связью понимается любого рода взаимоотношения между частями системы. Максимальное количество – так названных нами – неоднородных связей (характеризующихся различным математическим соотношением между элементами) в системе определяется числом возможных сочетаний между элементами. Между двумя элементами в таком случае допустима лишь одна связь (соотношение). *Образование более одной* (в данном случае – две) *структурной связи между двумя структурными элементами возможно лишь при условии построения системы на основе, так называемой, «золотой» пропорции или принципа «золотого» соотношения* (рисунок 1). В таком случае возникает, например, для двух подсистем (или элементов системы) не одна, а две однородные (с одним соотношением) структурные связи. Подобное число однородных связей среди множества подсистем в системе может характеризовать ее единство: чем больше однородных связей между частями системы, тем более единой представляется и система в целом.

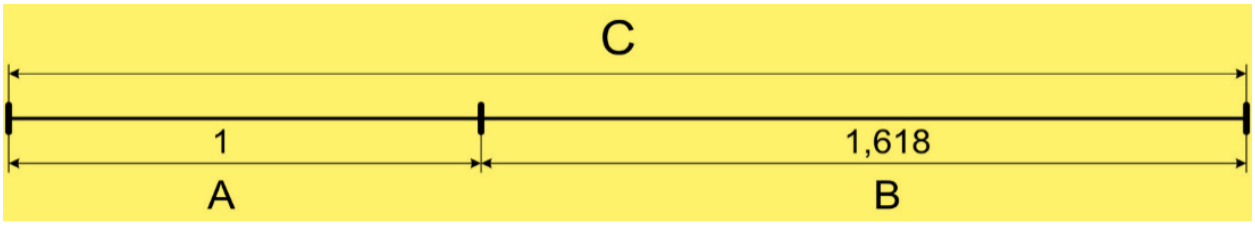


Рисунок 1 – Деление отрезка в соответствии с «золотой» пропорцией, где B/A=C/B

Увеличение количества подсистем в такой системе приводит к сравнительно большому увеличению ее однородных структурных связей в соответствии с формулой 1:

$$A=n\times 2-2 \quad (1)$$

где: A – количество однородных связей; n – количество элементов различной размерности при n>1.

Единство объекта-системы «Двойной шаг бега», вероятно, обусловлено «золотыми» пропорциональными отношениями объекта-системы к своим подсистемам и между самими подсистемами на основе однородных связей. Например, отношением «золотой» пропорции между фиксацией предплечья и его движением, между движением голени и ее фиксацией (рисунок 2, 3). Таким образом, **единство временной структуры отдельных движений локомоции бега может быть обусловлено условием – наибольшим (из возможных вариантов) количеством «золотых» пропорциональных соотношений (однородных связей) между подсистемами, а значит – и наибольшим количеством структурных связей (математических отношений) между ними**. Любой другой коэффициент показывает меньшее количество структурных связей в рассматриваемой системе (однородная связь в системе представлена «золотой» пропорцией – соотношением 1,61803…).

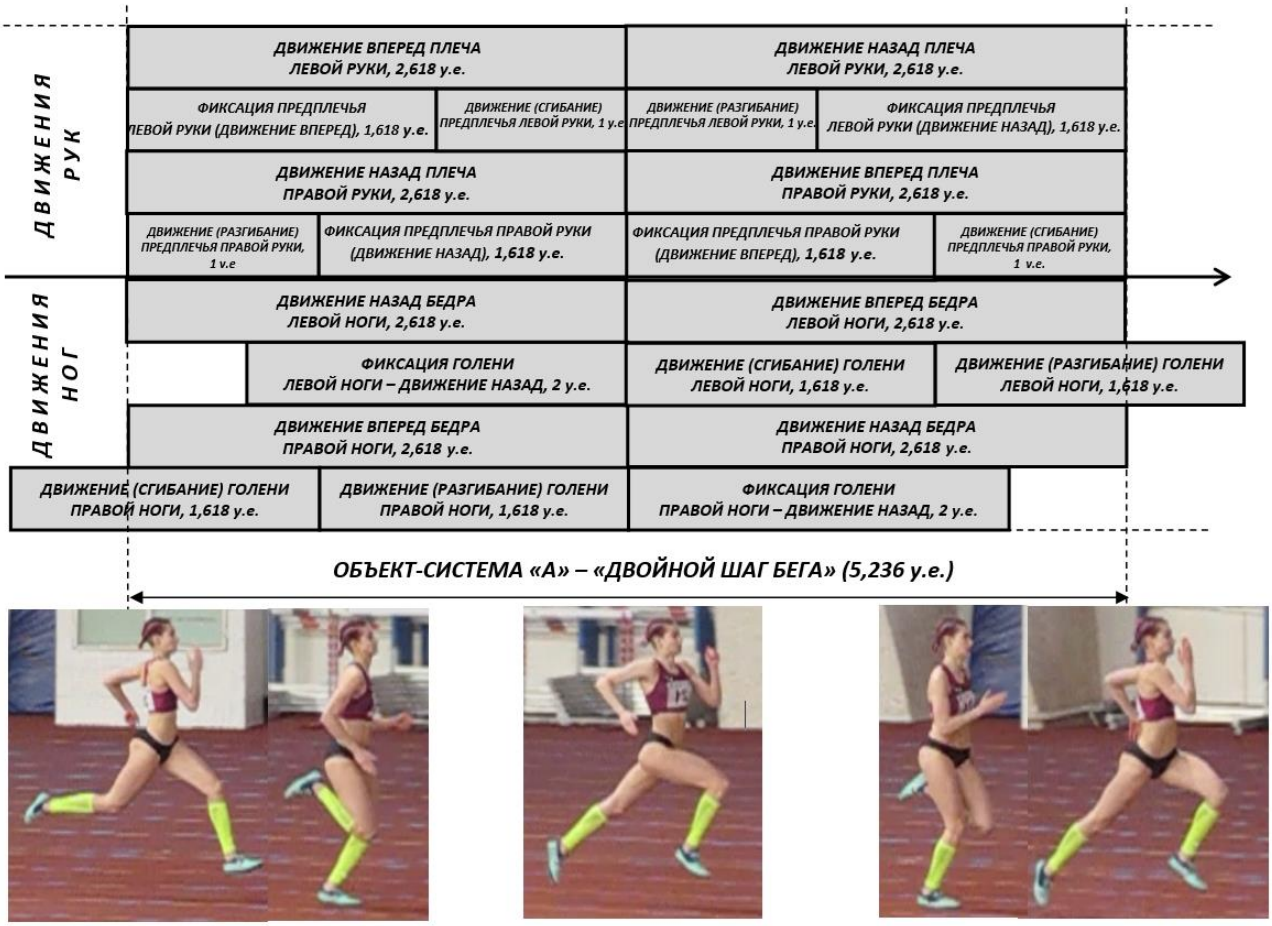


Рисунок 2 – Подограмма временной структуры движений двойного шага в беге (фотографии) [5], где «Ф» ((√5+1)/2=1,618) и «ф» ((√5+1)/2)–1=0,618) – константы «золотой» пропорции, снизу – фотографии моментов бега



Рисунок 3 – Блок-схема длительности движений спортсменов в цикле «двойной шаг» бега как отношений объекта-системы «А» к объектам-подсистемам «В», «С», «D», «Е», «F», где составными частями объекта-системы размером 5,236 условных единицы (у.е.) являются подсистемы с размерами 1; 1,618; 2; 2,618; 3,236 у.е.

Материальную систему, связанную с размерностью «золотой» пропорции, можно представить как идеальную – в виде ряда чисел, отражающих ее параметр. Таким образом можно представить систему бегового шага в цикле «Двойной шаг» бега (рисунок 4). Можно в этой идеализированной системе выделить 2 крупных математических подсистемы – одну – с размерностью ее частей в 1; 1,618; 2,618 и – другую – с размерностью ее частей в 2; 3,236. Эти 2 математические подсистемы согласованы между собой по такому же правилу, как и рассматриваемые нами отдельные материальные движения рук и ног бегуна (см. рисунок 2, 3).

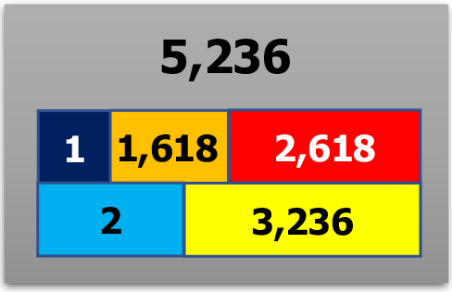


Рисунок 4 – Наглядное представление нахождения 8 однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 5 отрезков разной длины, соразмерных длительности движений спортсменов в цикле «Двойной шаг» бега, где:
1) 1 к 1,618…; 2) 1,618… к 2,618…; 3) 1,618… к 1+1,618…; 4) 2 к 3,236…;
5) 2,618… к 1,618+2,618…; 6) 2,618… к 1+3,236 …;
7) 3,236… к 2+3,236…; 8) 3,236… к 1+1,618…+2,618…

Другой пример идеализированной системы представляет собой модель оптимальной временной (материальной) структуры периодов опоры и полета беговых шагов в беге, где в качестве маркеров ее оптимума выступают «золотые» соотношения (рисунок 5). Изменение длительности амортизации происходит в связи с изменением скорости перемещения бегуна согласно геометрической модели рисунка 5: с увеличением ее – уменьшается условное соотношение амортизации и, наоборот, с ее уменьшением – условное соотношение амортизации увеличивается.

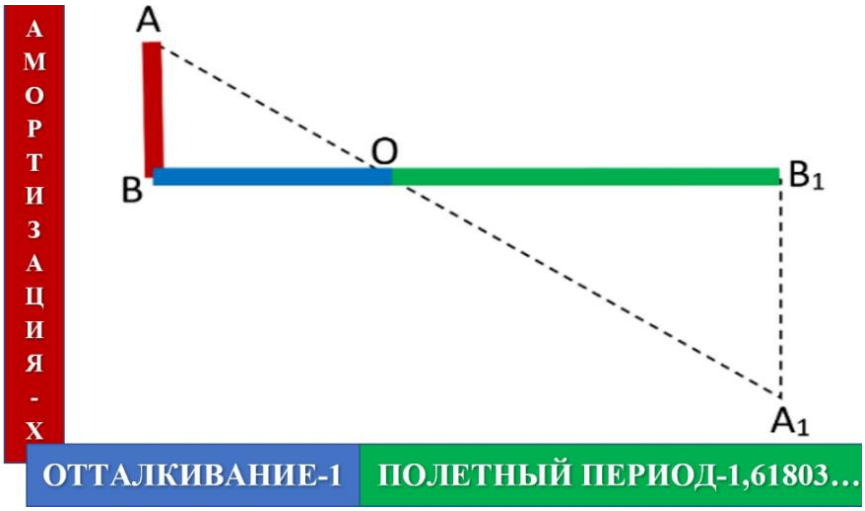


Рисунок 5 – Геометрическая модель оптимальной временной структуры периодов опоры и полета беговых шагов в беге, где:
AB+BO – соразмерное отображение длительности опорного периода в беге (BO/AB = 1,618...); AB – длительность амортизации; BO – длительность отталкивания; OB1 – длительность безопорного периода в беге;
AO/OA1 = 0,618… – линии, соединяющие отрезки;
B_1–A_1 – перпендикулярная B–B_1 условная линия

Можно представить материальную систему «длительность периодов опоры и полета шага в беге» как идеальную – в виде ряда чисел, отражающих ее параметр (рисунок 6).

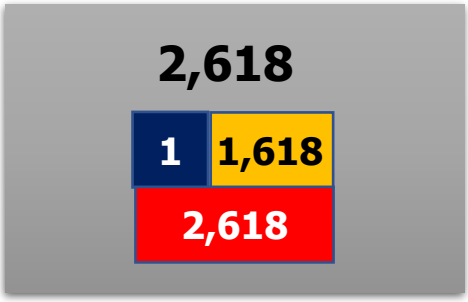


Рисунок 6 – Наглядное представление нахождения 4 однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 3 отрезков разной длины, соразмерных длительности движений спортсменов в периоды опоры и полета беговых шагов, где: 1) 1 к 1,618…; 2) 1,618… к 2,618…; 3) 1,618… к 1+1,618…; 4) 2,618… к 1,618+2,618…

Увеличение количества подсистем в системе приводит к увеличению ее однородных «золотых» структурных связей в соответствии с формулой 1 (см. формула 1) начиная с 2-х, 3-х, 4-х, 5-ти, 6-ти … составляющих систему элементов (рисунки 7, 8, 9, 10, 11).

1	1,618

Рисунок 7 – Две однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 2 отрезков разной длины, где ей соответствуют отношения:

1) 1 к 1,618…;
2) 1,618… к 1+1,618…

1	1,618
2,618	

Рисунок 8 – Четыре однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 3 отрезков разной длины, где ей соответствуют отношения:

1) 1 к 1,618…;
2) 1,618… к 2,618…;
3) 1,618… к 1+1,618…;
4) 2,618… к 1,618+2,618…

1	1,618	2,618
2	3,236	

Рисунок 9 – Восемь однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 5 отрезков разной длины, где ей соответствуют отношения:

1) 1 к 1,618…;
2) 1,618… к 2,618…;
3) 1,618… к 1+1,618…;
4) 2 к 3,236…;
5) 2,618… к 1,618+2,618…;
6) 2,618… к 1+3,236 …;
7) 3,236… к 2+3,236…;
8) 3,236… к 1+1,618…+2,618…

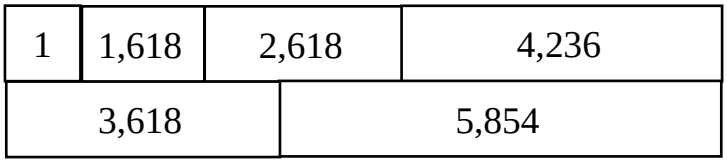


Рисунок 10 – Десять однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 6 отрезков разной длины, где ей соответствуют отношения:

1) 1 к 1,618…;
2) 1,618… к 2,618…;
3) 1,618… к 1+1,618…;
4) 3,618 к 5,854…;
5) 2,618… к 1,618+2,618…;
6) 2,618… к 4,236…;
7) 4,236… к 1+5,854…;
8) 4,236… к 2,618+4,236…;
9) 4,236… к 1+1,618+4,236…;
10) 5,854 к 1+1,618+2,618+4,236…

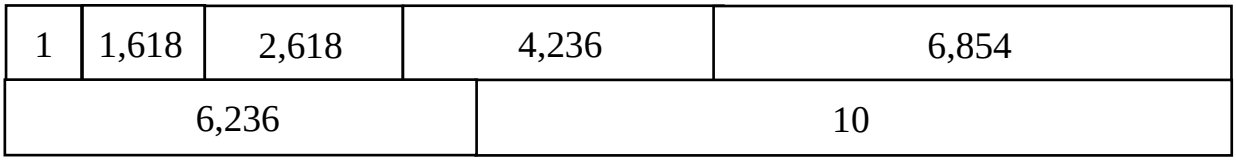


Рисунок 11 – Двенадцать однородных «золотых» связей (отношений) в системе из 7 отрезков разной длины, где ей соответствуют отношения:

1) 1 к 1,618…;
2) 1,618… к 2,618…;
3) 1,618… к 1+1,618…;
4) 4,236… к 6,854…;
5) 6,236… к 10;
6) 2,618… к 1,618+2,618…;
7) 2,618… к 4,236 …;
8) 6,854… к 4,236+6,854…;
9) 6,854… к 1,618+2,618+6,854…;
10) 4,236… к 2,618+4,236…;
11) 4,236… к 1+1,618+4,236…;
12) 10 к 1+1,618+2,618+4,236+6,854...

Заключение.

1. Образование более одной (в данном случае – две) структурной связи между двумя структурными элементами возможно лишь при условии построения системы на основе, так называемой, «золотой» пропорции или принципа «золотого» соотношения.

2. Единство временной структуры отдельных движений локомоции бега может быть обусловлено условием – наибольшим (из возможных вариантов) количеством «золотых» пропорциональных соотношений (однородных связей) между подсистемами, а значит – и наибольшим количеством структурных связей (математических отношений) между ними.

3. Материальную систему, связанную с размерностью «золотой» пропорции, можно представить как идеальную – в виде ряда чисел, отражающих ее параметр. Увеличение количества подсистем в системе приводит к увеличению ее однородных «золотых» структурных связей в соответствии с приведенной формулой.

Список литературы:

1. Бернштейн Н.А. Исследования по биодинамике ходьбы, бега, прыжка / Н.А. Бернштейн. – М., «Физкультура и спорт», 1940. – 312 с.

2. Бернштейн Н.А. О построении движений / Н.А. Бернштейн. – М., Медгиз, 1947. – 254 с.

3. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Бернштейн. – М.: Медицина, 1966. – 349 с.

4. Ворон, А.В. «Золотая» пропорция и локомоции человека / А.В. Ворон // Ученые записки: сб. рец. науч. тр. / редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2018. – Вып. 21. – С. 86–92.

5. Ворон, А.В. Гармоничные отношения временной структуры движений конечностей человека при беге / А.В. Ворон // Ученые записки: сб. рец. науч. тр. / редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2019. – Вып. 22. – С. 256–263.

6. Ворон, А.В. Математические соотношения временных структур оптимальных способов ходьбы и бега // А.В. Ворон, О.А. Гарбаль, А.В. Седнева // Ученые записки: сб. рец. науч. тр. / редкол.: С.Б. Репкин (гл. ред.) [и др.]; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2024. – Вып. 27. – С. 8–17.

7. Ворон, А.В. Структурная гармония локомоций человека / А.В. Ворон // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму: материалы XV Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2016 год, посвященной 80-летию университета, Минск, 30 марта – 17 мая 2017 г.: в 4 ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: Т.Д. Полякова (гл. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК, 2017. – Ч. 1. – С. 47–51.

8. Юшкевич, Т.П. Некоторые аспекты использования пропорции «золотого сечения» в физической культуре и спорте // Т.П. Юшкевич, А.В. Ворон // Мир спорта. – 2022. – № 2. – С. 77–83.