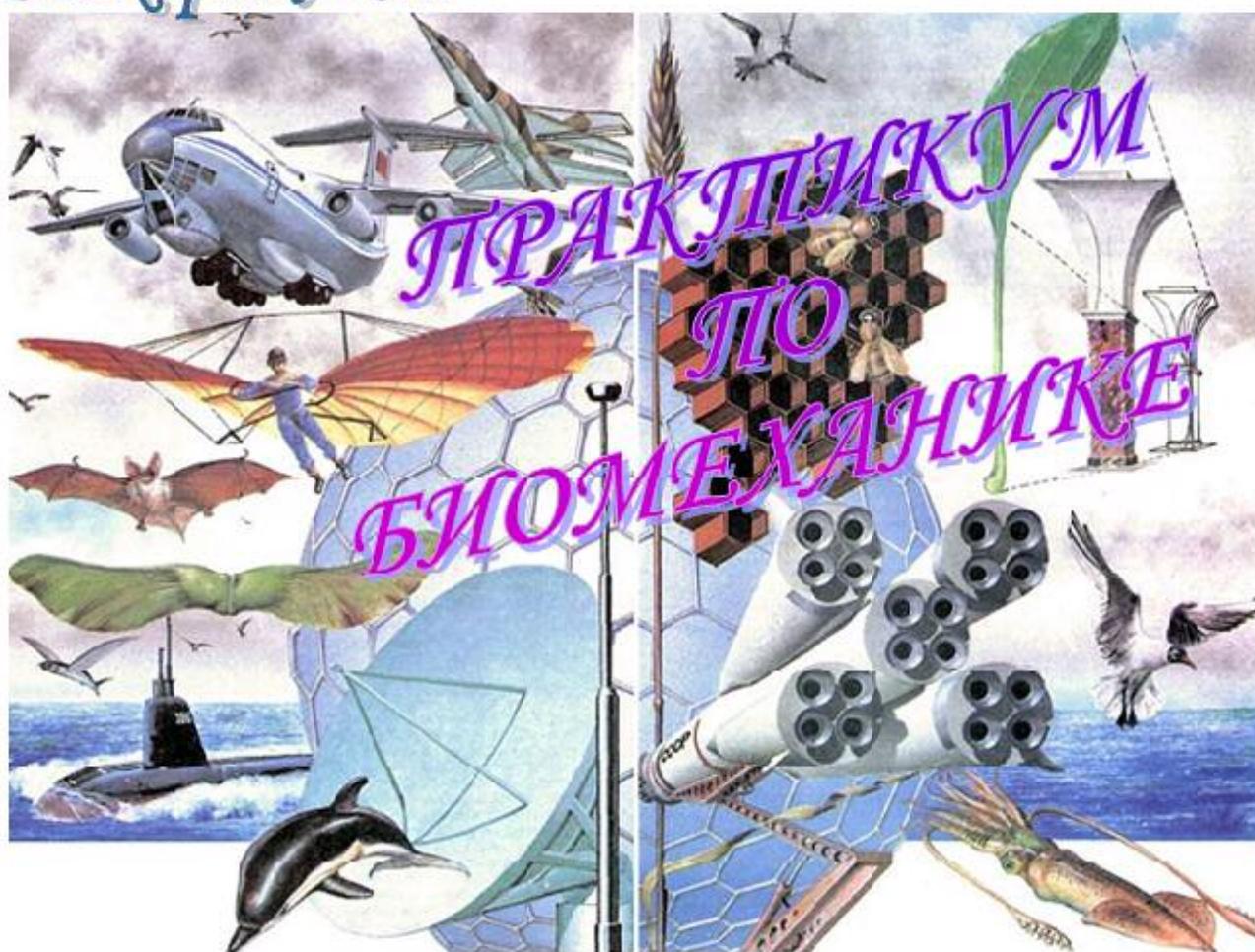


Макаров Л.М.



САНКТ ПЕТЕРБУРГ 2015

## Содержание

Введение.....	2
Практическая работа 1 .....	2
Кинематика манипулятора .....	2
Практическая работа 2 .....	7
Кинематика манипулятора .....	7
Практическая работа 3 .....	10
Кинематика стопы.....	10
Практическая работа 4.....	11
Кинематика верхних и нижних конечностей .....	11
Практическая работа 5 .....	18
Природные пропорции.....	18
Заключение .....	26
Литература .....	26

## Введение

Современные представления о конструировании сложных технических систем в большинстве случаев формировались под впечатлением практических наблюдений за действиями реальных живых организмов. В историческом отношении - длительный процесс наблюдения и систематизации знаний позволил установить общие закономерности рабочих процессов, которые стало возможным повторить в искусственно созданных механизмах.

С одной стороны накопившиеся данные наблюдений сделали возможным расширить представления о возможностях человеческого тела, что послужило основой создания учений о нагрузках в спортивной медицине, а с другой стороны установило единство законов природы, рассматриваемых с позиции классической механики. Объединение этих законов позволяет сегодня создавать как удобные, в анатомическом понимании, предметы обихода (мебели, элементов дизайна), так и сложные конструкции, в которых учитываются особенности анатомии человека. В таком понимании хорошей иллюстрацией служат многочисленные конструкции автомобилей, смартфонов, авторучек, жилых и офисных строений.

Для понимания этих сложных концептов, воспроизводимых Природой, требуется освоение определенного набора методов анализа и, естественно, принципов формирования логических суждений. Эти аспекты и представлены в лабораторном практикуме.

## Практическая работа 1

### Кинематика манипулятора

**Дано:** кинематическая система из связанных посредством ременной передачи блоков и тел. Под действием силы  $F$ , приложенной к телу 1, осуществляется запуск сложного кинематического процесса. Линейное перемещение тела 1, под углом к основной плоскости, тело 4 совершает вращательное движение. Это движение посредством ременной передачи передается к телу 3 и телу 5. Организация сопряженного процесса происходит под углом к основной плоскости. От тела 5 движение, посредством ременной передачи передается к объекту 2, движение которого происходит под углом к основной плоскости.

В задаче требуется определить скорость перемещения объекта 2, перемещение которого зависит от всех элементов системы.

**Параметры:**  $f = 0,1$ ;  $R_4 = 0,3$  м;  $r_4 = 0,1$  м;  $R_5 = 0,2$  м;  $r_5 = 0,1$  м;  $m_1 = 0$  кг;  $m_2 = 2$  кг;  $m_3 = 4$  кг;  $m_4 = 0$  кг;  $m_5 = 10$  кг;  $M_4 = 0,3$  Н·м;  $M_5 = 0$  Н·м;  $F = 40(4+5s)$ ;  $s_1 = 0,8$  м.  
Найти:

**НАЙТИ** скорость  $V_2$

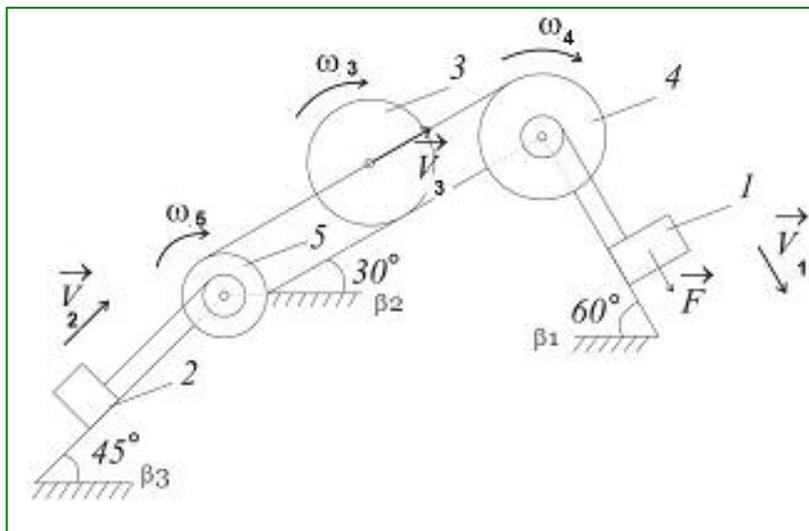


Рисунок 1. Кинематическая система

**Кинематическая система** — это связанные между собой цепи объектов, образующих между собой кинематические пары.

Кинематические цепи имеют такую классификацию:

- Простые и сложные. В простой кинематической цепи каждое из ее звеньев входит в состав одной или двух кинематических пар, а в сложной кинематической цепи имеются звенья, входящие в состав трех и более кинематических пар.
- Открытые и замкнутые. В открытой (незамкнутой) кинематической цепи имеются звенья, входящие в состав одной кинематической пары, а в замкнутой цепи каждое звено входит в состав 2-х и более кинематических пар.
- Плоские и пространственные. Если точки всех звеньев кинематической цепи движутся в одной или параллельных плоскостях, то такая кинематическая цепь называется плоской, в противном случае кинематическая цепь — пространственная, так как точки её звеньев описывают плоские кривые в непараллельных плоскостях или пространственные кривые.

**Решение**

Запишем уравнение изменения кинетической энергии:

$$T - T^{(0)} = \Sigma A_i, \quad (1)$$

$T^{(0)}$  — кинетическая энергия системы в начальный момент времени,

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5. \quad (2)$$

Кинетическая энергия тела 1

$$T_1 = 0, \text{ т.к. } m_1 = 0. \quad (3)$$

Кинетическая энергия тела 2

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_2^2. \quad (4)$$

Кинетическая энергия тела 3

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} J_3 \omega_3^2. \quad (5)$$

Кинетическая энергия тела 4

$$T_4 = 0, \text{ т.к. } m_4 = 0. \quad (6)$$

Кинетическая энергия тела 5

$$T_5 = \frac{1}{2} J_5 \omega_5^2. \quad (7)$$

Проведём кинематический анализ системы

Запишем уравнения, определяющие параметры материальной точки

$$\omega_5 = \frac{V_2}{r_5}; \quad (8)$$

$$V_3 = \omega_5 R_5 = V_2 \frac{R_5}{r_5} \quad (9)$$

$$\omega_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V_2}{R_3} \frac{R_5}{r_5} \quad (10)$$

$$\omega_4 = \frac{V_3}{R_4} = \frac{V_2}{R_4} \frac{R_5}{r_5} \quad (11)$$

$$V_1 = \omega_4 r_4 = V_2 \frac{R_4}{r_4} \frac{R_5}{r_5} \quad (12)$$

Определим моменты инерции тел 3 и 5

$$J_3 = \frac{1}{2} m_3 R_3^2, \quad (13)$$

$$J_5 = m_5 R_5^2. \quad (14)$$

Подставим (9), (13), в (5)

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_2^2 \frac{R_3^2}{r_3^2} + \frac{1}{4} m_3 R_3^2 V_2^2 \frac{R_3^2}{R_3^2 r_3^2} = \frac{3}{4} m_3 V_2^2 \frac{R_3^2}{r_3^2}. \quad (15)$$

Подставим (8), (14) в (7)

$$T_5 = \frac{1}{2} m_5 R_5^2 V_2^2 \frac{1}{r_5^2}. \quad (16)$$

Учитывая (3), (4), (15), (6), (16), получим из (2)

$$\begin{aligned} T &= \frac{1}{2} m_2 V_2^2 + \frac{3}{4} m_3 V_2^2 \frac{R_3^2}{r_3^2} + \frac{1}{2} m_5 V_2^2 \frac{R_5^2}{r_5^2} = \\ &= V_2^2 \left( \frac{1}{2} \cdot 2 + \frac{3}{4} \cdot 4 \cdot \left( \frac{0.2}{0.1} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot \left( \frac{0.2}{0.1} \right)^2 \right) = 33 V_2^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Вычислим работу внешних сил на перемещении  $S_1$

$$\Sigma A_i = A(\vec{F}) + A(m_1 \vec{g}) + A(\vec{F}_{mp1}) + A(M_4) + A(m_3 \vec{g}) + A(M_5) + A(m_2 \vec{g}) + A(\vec{F}_{mp2}), \quad (18)$$

$$A(\vec{F}) = \int_0^{s_1} F ds = \int_0^{s_1} 40(4+5s) ds = 40(4s + 2.5s^2) \Big|_0^{s_1} = 40(4s_1 + 2.5s_1^2). \quad (19)$$

$$A(m_1 \vec{g}) = 0, \text{ т.к. } m_1 = 0, \quad (20)$$

$$A(\vec{F}_{mp1}) = -f m_1 g \cos 60^\circ s_1 = 0, \text{ т.к. } m_1 = 0, \quad (21)$$

$$A(M_4) = -M_4 \varphi_4, \quad (22)$$

$$A(m_3 \vec{g}) = -m_3 g s_3 \sin 30^\circ, \quad (23)$$

$$A(M_5) = -M_5 \varphi_5 = 0, \text{ т.к. } M_5 = 0, \quad (24)$$

$$A(m_2 \vec{g}) = -m_2 g s_2 \sin 45^\circ, \quad (25)$$

$$A(\vec{F}_{mp2}) = -f m_2 g \cos 45^\circ s_2. \quad (26)$$

Проведём ещё один кинематический анализ, выражая кинематические характеристики системы через  $S_1$

$$\dot{\phi}_4 = \omega_4 = \frac{V_1}{r_4} = \frac{\dot{s}_1}{r_4}, \quad \phi_4 = \frac{s_1}{r_4}, \quad (27)$$

$$\dot{s}_3 = V_3 = \omega_4 R_4 = \dot{s}_1 \frac{R_4}{r_4}, \quad s_3 = s_1 \frac{R_4}{r_4}, \quad (28)$$

$$\dot{\phi}_3 = \omega_3 = \frac{V_3}{R_5} = \dot{s}_1 \frac{R_4}{R_5 r_4},$$

$$\phi_3 = s_1 \frac{R_4}{R_5 r_4}, \quad (29)$$

$$\dot{s}_2 = V_2 = \omega_3 r_3 = \dot{s}_1 \frac{r_3}{R_5} \frac{R_4}{r_4}, \quad s_2 = s_1 \frac{r_3}{R_5} \frac{R_4}{r_4}. \quad (30)$$

Подставим (27) в (22)

$$A(M_4) = -M_4 \frac{s_1}{r_4}. \quad (31)$$

Подставим (28) в (23)

$$A(m_3 \bar{g}) = -m_3 g 0.5 s_1 \frac{R_4}{r_4}. \quad (32)$$

Подставим (30) в (25), (26)

$$A(m_2 \bar{g}) = -m_2 g s_1 \frac{r_3}{R_5} \frac{R_4}{r_4} \frac{\sqrt{2}}{2}, \quad (33)$$

$$A(\bar{F}_{m_{p2}}) = -f m_2 g \frac{\sqrt{2}}{2} s_1 \frac{r_3}{R_5} \frac{R_4}{r_4}. \quad (34)$$

Подставим (19), (20), (21), (31), (32), (33), (34) в (18)

$$\begin{aligned} \Sigma A_i &= 40(4 \cdot 0.8 + 2.5 \cdot 0.8^2) - 0.3 \cdot \frac{0.8}{0.1} - 4 \cdot 9.81 \cdot 0.5 \cdot 0.8 \cdot \frac{0.3}{0.1} - \\ &- 2 \cdot 9.81 \cdot 0.8 \cdot \frac{0.1}{0.2} \cdot \frac{0.3}{0.1} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 0.1 \cdot 2 \cdot 9.81 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 0.8 \cdot \frac{0.1}{0.2} \cdot \frac{0.3}{0.1} = 124.20 \text{ (Дж)}. \end{aligned} \quad (35)$$

Подставим (17), (35) в (1) и выразим  $V_2$

$$33V_2^2 = 124.20,$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{124.20}{33}} = 1.94 \text{ (м/с)}.$$

Фиксируем полученный результат и переходим к решению серии типовых задач

Задание. Используя данные таблицы 1.1 провести расчеты и определить скорость  $V_2$

		Версия 1	Версия 2	Версия 3	Версия 4
1.	$f$ ;	0,1	0,1	0,1	0,1
2.	$R_4$ [М];	0,3	0,3	0,3	0,3
3.	$r_4$ [М];	0,1	0,1	0,1	0,1
4.	$R_5$ [М];	0,2	0,2	0,2	0,2
5.	$r_5$ [М];	0,1	0,1	0,1	0,1
6.	$m_1$ [кг];	0	0,012	0,012	0,5
7.	$m_2$ [кг];	2	2	2	2
8.	$m_3$ [кг];	4	4	4	4
9.	$m_4$ [кг];	0	0,3	0,3	0,3
10.	$m_5$ [кг];	10	10	10	10
11.	$M_4$ [Н•М];	0,3	0,3	0,3	0,3
12.	$M_4$ [ Н•М];	0	1,2	1,2	1,2
13.	$F$ ;	$40(4+5s)$	$40(4+5s)$	$40(4+5s)$	$40(4+5s)$
14.	$s_1$ [ М].	0,8	0,8	0,8	1,5
15.	$\beta_1$ °	60	60	45	60
16.	$\beta_2$ °	30	30	15	30
17.	$\beta_3$ °	45	45	35	45

Провести расчеты по всем версиям реализации системы. Установить при в какой версии наблюдается наибольшая скорость  $V_2$ . Пояснить в выводах полученный результат.

По умолчанию полагаем провести расчеты в среде Excel. В этом случае представляется реальная возможность построить графические зависимости, анализ которых при разных начальных условиях позволит записать лаконичные выводы по результатам исследований.

Отчет по работе представить в формате WORD, дополненный графическим материалом и соответствующими выводами по полученным результатам.

## Практическая работа 2

### Кинематика манипулятора

Дано

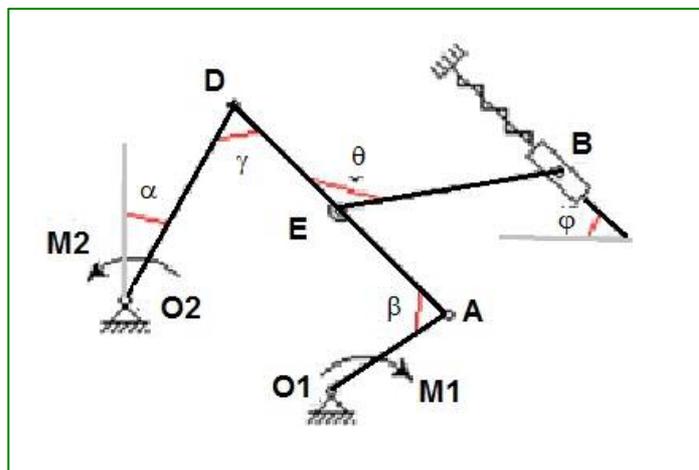


Рисунок 2 Кинематический механизм

Механизм, расположенный в горизонтальной плоскости, находится под действием приложенных сил в равновесии; положение равновесия определяется углами  $\alpha, \beta, \gamma, \varphi, \theta$ . Кривошипы имеют длину:  $O_1A - 0.6$  м,  $O_2D - 0.4$  м. Точка E находится в середине соответствующего стержня. На ползун В действует сила упругости пружины F; численно  $F = c\lambda$ , где  $c$  – коэффициент жесткости пружины,  $\lambda$  - ее деформация. Кроме того, на кривошип  $O_2D$  действует пара сил с моментом  $M_2$ , а на кривошип  $O_1A$  – пара сил с моментом  $M_1$ . Определить, чему равна при равновесии деформация  $\lambda$  пружины, и указать, растянута пружина или сжата.

**Данные для расчета:**  $\alpha=0^\circ, \beta=60^\circ, \gamma=30^\circ, \varphi=180^\circ, \theta=120^\circ$ ,  
 $c=100$  Н/м,  $M_1=320$  Н•м,  $M_2=100$  Н•м.

### Решение

1. Изобразим механизм в положении равновесия в соответствии с заданными углами, а также внешние моменты  $M_1$  и  $M_2$ . Пружину считаем сжатой и силу упругости пружины F в соответствии с этим предположением направим от пружины к ползуну В.
2. Зададим возможное перемещение  $\delta\varphi_1$  и выразим через него все остальные перемещения точек механизма:

Перемещение точки А, принадлежащей кривошипу  $O_1A$  и движущейся по окружности с центром в точке  $O_1$ , равно  $\delta s_A = O_1A \delta\varphi_1$ . Аналогичную ситуацию имеем для точки D как точки, принадлежащей кривошипу  $O_2D$ :  $\delta s_D = O_2D \delta\varphi_2$ . Перемещения точек А и D (как и их скорости) перпендикулярны соответствующим радиусам вращения  $O_1A$  и  $O_2D$ .

Точки А и D принадлежат стержню AD и для них выполняется теорема о проекциях:

$$\delta s_A \cos 30^\circ = \delta s_D \cos 60^\circ.$$

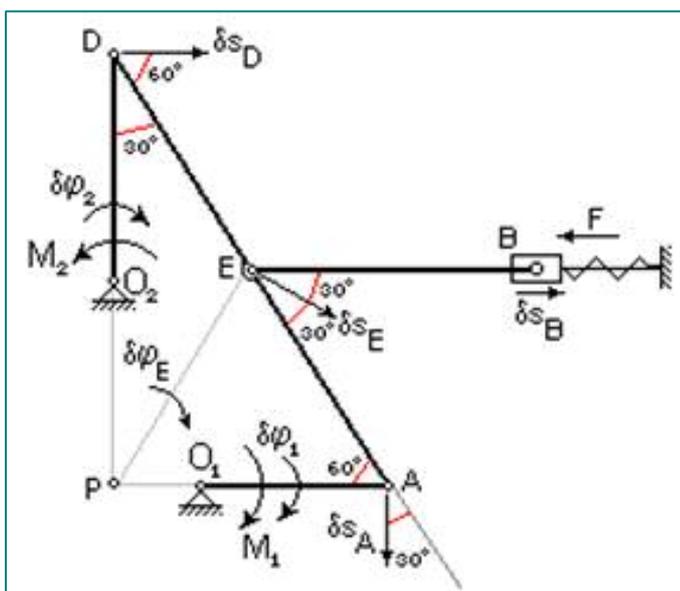


Рисунок 3 Механизм в положении равновесия

Отсюда:

$$\delta s_D = \frac{\cos 30^\circ}{\cos 60^\circ} \delta s_A = \sqrt{3} O_1A \delta\varphi_1 \text{ и } \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_D}{O_2D} = 1.5\sqrt{3}\delta\varphi_1;$$

Точка Р является мгновенным центром скоростей стержня AD (пересечение перпендикуляров к скоростям точек А и D). Из рисунка видно, что  $PA=AD \cdot \cos 60^\circ = AD/2$  и треугольник APE — равносторонний.

Перемещение точки E (как точки стержня AD) равно  $\delta SE = PE \delta \varphi_E = AD/2 \delta \varphi_E$ . Элементарный поворот  $\delta \varphi_E = \delta SA / PA$ , отсюда  $\delta SE = 0,6 \cdot \varphi_1 \cdot \delta \psi \omega \varphi$ .

Проекции перемещений точек В и E, принадлежащих стержню BE, на направление этого стержня в соответствии с теоремой о проекциях равны:  $\delta SE \cos 30^\circ = \delta SB$ . Тогда:

$$\delta S_B = 0,3 \sqrt{3} \delta \varphi_1$$

Согласно принципу возможных перемещений в положении равновесия системы должно выполняться соотношение:

$$M_1 \delta \varphi_1 - M_2 \delta \varphi_2 - F \delta SB = 0;$$

Здесь записана оценка работы внешних моментов  $M_1$  и  $M_2$ , а также работы силы упругости  $F$  сжатой пружины.

Подставим в последнее соотношение перемещения  $\delta \varphi_2$  и  $\delta SB$ , выраженные через  $\delta \varphi_1$ , в результате будем иметь:

$$(M_1 - 1,5 \sqrt{3} M_2 - 0,3 \sqrt{3} F) \delta \varphi_1 = 0;$$

$$\text{Отсюда } F = \frac{M_1 - 1,5 \sqrt{3} M_2}{0,3 \sqrt{3}} = 116,6 \text{ Н}$$

Таким образом получили положительное значение силы  $F$ , что означает, что пружина действительно сжата. Сила упругости пружины определяется по выражению:

$$F = c \lambda; \Rightarrow \lambda = \frac{F}{c} = 1,166 \text{ м}$$

В конечном итоге получили, что при равновесии системы деформация  $\lambda$  пружины равна 1.116 м и пружина находится в сжатом состоянии.

Задание.

Провести расчеты, используя разные версии из таблицы 3.1

Таблица 2.1 Исходные данные для расчета

		Версия 1	Версия 2	Версия 3	Версия 4
1.	$\alpha$	$0^\circ$	$10^\circ$	$15^\circ$	$20^\circ$
2.	$\beta$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$
3.	$\gamma$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$
4.	$\varphi$	$180^\circ$	$180^\circ$	$180^\circ$	$180^\circ$
5.	$\theta$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$	$120^\circ$
6.	$c$	100 Н/м	120 Н/м	150 Н/м	200 Н/м
7.	$M_1$	320 Н•м	320 Н•м	320 Н•м	320 Н•м
8.	$M_2$	100 Н•м	100 Н•м	100 Н•м	100 Н•м

По умолчанию полагаем возможность провести расчеты в среде Excel. В этом случае представляется реальная возможность построить графические зависимости, анализ которых при разных начальных условиях позволит записать лаконичные выводы по результатам исследований.

Отчет по работе представить в формате WORD, дополненный графическим материалом и соответствующими выводами по полученным результатам.

## Практическая работа 3

### Кинематика стопхода

Создание шагающего механизма, иначе говоря «стопхода» занимались в разные времена. У одних исследователей получались простые модели, а у других, таких как П. Чебышева получился хорошо продуманный экземпляр. Механизм Чебышёва был изобретён в XIX веке математиком Пафнутием Чебышёвым, проводившим исследования теоретических проблем кинематических механизмов. Одной из таких проблем была проблема преобразования вращательного движения в приближённое к прямолинейному движению.

Демонстрационный ролик рекомендуется посмотреть здесь:

<https://www.youtube.com/watch?v=NM4q-f68TIY>

Кинематика движения представляется как механический преобразователь вращательного движения в поступательное движение. Прямолинейное движение определяется движением точки Р — средней точки звена L3, расположенной посередине между двумя крайними точками сцепки данного четырёхзвенного механизма.

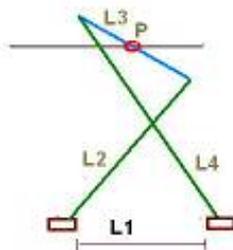


Рисунок 3.1 Схема конструкции «стопхода»

(L1, L2, L3, и L4 показаны на иллюстрации). При движении по участку, показанному на иллюстрации в виде серой горизонтальной линии, точка Р отклоняется от идеального прямолинейного движения. Соотношения между длинами звеньев таковы:

$$L_1 : L_2 : L_3 = 2 : 2.5 : 1 = 4 : 5 : 2. \quad (3.1)$$

Точка Р лежит на середине звена L3. Приведённые соотношения показывают, что звено L3 расположено вертикально, когда оно находится в крайних положениях своего движения.

Длины связаны математически следующим образом:

$$L_4 = L_3 + \sqrt{L_2^2 - L_1^2}.$$

На основании описанного механизма Чебышёв изготовил первый в мире шагающий механизм, который пользовался большим успехом на Всемирной выставке в Париже в 1878 году. Динамику работы механизма смотрим здесь: <http://www.tcheb.ru/>

**Задание.**

Представить расчет макета механизма, с размерами элементов близкими с антропологическим данным человека.

Дать ссылки на источники данных. Описать принцип работы механизма в реальных условиях, например, в офисном помещении.

## **Практическая работа 4**

### **Кинематика верхних и нижних конечностей**

Биологическая механика изучает закономерности движения и деформирования биологических структур и тканей под действием факторов окружающей среды и мышечной системы. Проблемы, решаемые биомеханикой, важны одновременно и для технических и для медико-биологических наук. Это связано с тем, что в процессе эволюции возникли биологические системы, оптимальные по конструкции в отношении не только выполняемых ими физиологических функций, но и свойств материалов, определяющих их механическое поведение.

Поэтому изучение строения и механических свойств различных биологических тканей позволит создать материалы (обычно это композиты<sup>1</sup>), наиболее пригодные для замещения пораженных естественных структур.

Человек и любые другие биологические объекты, являясь частью материального мира, естественно, подчиняются законам механики и физики. Вместе с тем живые объекты отличаются от технических систем и обладают рядом особенностей, которые следует иметь в виду, изучая их механическое поведение. Важнейшим отличием является способность живых систем адаптироваться к длительным или многократным воздействиям внешних факторов путем функциональной и морфологической перестройки отдельных структур.

Из многообразия вопросов, которыми занимается биомеханика, в данной главе рассматриваются следующие:

- кинематика и динамика движений человека;
- виды деформаций и механические характеристики сред;
- механические свойства биотканей и их особенности.

С точки зрения биомеханики аппарат движения человека представляет собой управляемую систему подвижно соединенных костей, которые обладают определёнными размерами, массами, моментами инерции и снабжены мышечными двигателями. Скелет состоит из 206 костей (85 парных и 36 непарных), которые соединены суставами и связками. Это пассивная часть опорно-двигательного аппарата. Поперечно-полосатые скелетные мышцы (их более 600) – это его активная часть, приводящая в движение костные звенья. Управление этим костно-мышечным аппаратом движения осуществляется центральной нервной системой.

Само движение осуществляется системой костных рычагов, которые приводятся в движение силой тяги, возникающей при сокращении мышц.

Рычагом называется твердое тело, имеющее ось вращения (точку опоры), к которому приложены силы, создающие моменты сил относительно этой оси. Напомним, что момент силы (относительно некоторой оси или точки опоры) равен произведению величины силы на плечо действия, а плечо силы – это кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы (лежащей в плоскости вращения).

---

<sup>1</sup> Композиты (композиционные материалы) – материалы, неоднородные по составу, в которых именно сочетание разных компонент обеспечивает нужные физико-механические свойства.

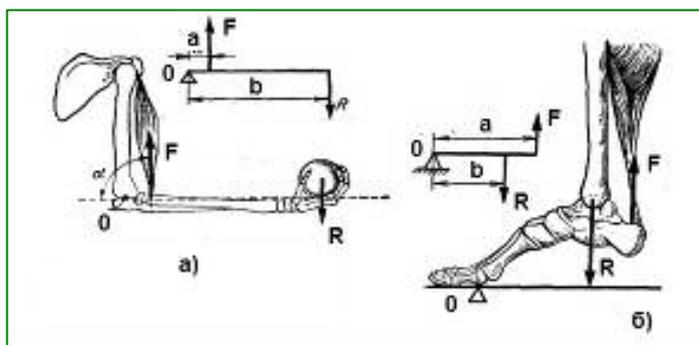


Рис. 4.1. Два основных вида рычагов: а)– рычаг скорости, б) – рычаг силы.

В анатомии различают также рычаги силы, в которых происходит выигрыш в силе, но проигрыш в перемещении, и рычаги скорости, в которых, проигрывая в силе, выигрывают в скорости перемещения. Примером рычага силы может служить действие свода стопы при подъёме на пальцы (см. рис. 4.2).

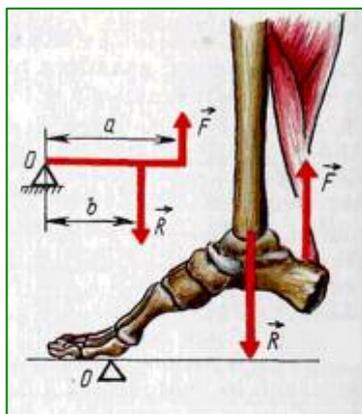


Рисунок 4.2 Схема опоры - нижней конечности

Опорой рычага служат головки плюсневых костей. Преодолеваемая сила – сила тяжести, приходящаяся на нижнюю конечность. Осуществляет подъём тела мышечная сила  $F$ , приложенная к выступу пяточной кости. Такой рычаг даёт выигрыш в силе.

В качестве примера рычага рассмотрим предплечье (рис.4.1,а). Здесь сила тяги мышцы  $F$  приложена к короткому плечу  $a$  рычага (точка опоры  $O$  – локтевой сустав), а к его длинному плечу  $b$  приложена нагрузка  $R$  — сила тяжести удерживаемого груза, приложенная обычно к кисти, а также сила тяжести самого предплечья, приложенная в его центре масс (на рисунке не показана и далее не учитывается). Моменты этих сил равны соответственно  $F \cdot a$  и  $R \cdot b$ . Для равновесия рычага необходимо равенство моментов противодействующих сил, приложенных к нему:

$$F * a = R * b \quad (4.1)$$

При движении рычага угловая скорость  $\omega$   $\varpi = \frac{v}{r}$  всех его точек одинакова, где  $v$  – линейная скорость точки, а  $r$  – ее расстояние от оси вращения, поэтому для точек приложения груза и мышцы к рычагу можем записать:

$$\frac{v_{zp}}{b} = \frac{v_M}{a} \quad (4.2)$$

Из этих соотношений следует, что

$$F = R \frac{b}{a} \quad v_{zp} = \frac{b}{a} v_M$$

где  $v_{zp}$  – скорость движения груза, а  $v_M$  - скорость укорочения мышцы. При  $a < b$  рычаг проигрывает в силе ( $F > R$ ), но выигрывает в скорости перемещения груза ( $v_{zp} > v_M$ ) и называется поэтому рычагом скорости (например, предплечье, рис. 4.1,а), а при  $a > b$  рычаг дает выигрыш в силе ( $F < R$ ) и называется рычагом силы, но при этом проигрывает в скорости перемещения груза:

$$v_{zp} < v_M$$

Проведем расчеты для случая нагрузки на ступню.

Таблица 4.1 Исходные данные для расчета нагрузок на ступню

№	R[Кг]	a[cm]	b[cm]	Расчетные данные F[Кг]
1.	52,5	25,2	15,8	
2.	54	25,43	15,92	
3.	55,5	25,66	16,04	
4.	57	25,89	16,16	
5.	58,5	26,12	16,28	
6.	60	26,35	16,4	
7.	61,5	26,58	16,52	
8.	63	26,81	16,64	
9.	64,5	27,04	16,76	
10.	66	27,27	16,88	
11.	67,5	27,5	17	
12.	69	27,73	17,12	
13.	70,5	27,96	17,24	
14.	72	28,19	17,36	
15.	73,5	28,42	17,48	

Примером такого рычага служит свод стопы при подъеме на полупальцы (рис. 4.1,б). В этом случае опорой О рычага служат головки плюсневых костей; преодолеваемая сила тяжести R тела приложена к таранной кости, а мышечная сила F, осуществляющая подъем тела, передается через ахиллово сухожилие и приложена к выступу пяточной кости и поскольку здесь  $a > b$ , то  $F < R$ .

Проведем расчеты для случая нагрузки при удержании груза рукой.

Таблица 4.2 Исходные данные для расчета нагрузок рукой

№	R[Кг]	a[cm]	b[cm]	Расчетные данные F[Кг]
1.	0,25	2,8	57,3	
2.	0,55	2,82	57,48	
3.	0,85	2,84	57,66	
4.	1,15	2,86	57,84	
5.	1,45	2,88	58,02	
6.	1,75	2,9	58,2	
7.	2,05	2,92	58,38	
8.	2,35	2,94	58,56	
9.	2,65	2,96	58,74	
10.	2,95	2,98	58,92	
11.	3,25	3	59,1	
12.	3,55	3,02	59,28	
13.	3,85	3,04	59,46	
14.	4,15	3,06	59,64	
15.	4,45	3,08	59,82	

Таблица 4.3 Исходные данные для расчета нагрузок рукой, с учетом разных углов удержания груза

№	R [Кг]	a [cm]	b [cm]	Угол $\alpha^0$	Расчетные данные F[Кг]
16.	0,25	2,8	57,3	50	
17.	0,55	2,82	57,48	58,8	
18.	0,85	2,84	57,66	67,6	
19.	1,15	2,86	57,84	76,4	
20.	1,45	2,88	58,02	85,2	
21.	1,75	2,9	58,2	94	
22.	2,05	2,92	58,38	102,8	
23.	2,35	2,94	58,56	111,6	
24.	2,65	2,96	58,74	120,4	
25.	2,95	2,98	58,92	129,2	
26.	3,25	3	59,1	138	
27.	3,55	3,02	59,28	146,8	
28.	3,85	3,04	59,46	155,6	
29.	4,15	3,06	59,64	164,4	
30.	4,45	3,08	59,82	173,2	

Часто мышечная сила F направлена к рычагу под углом  $\alpha$ , отличным от  $90^0$ , (рис.4.1). В этом случае условие равновесия рычага принимает вид:

$$F * a * \sin \alpha = Rb \quad \text{откуда} \quad F = \frac{Rb}{a * \sin \alpha}$$

Понятно, что мышечное усилие  $F$ , необходимое для преодоления данной силы сопротивления  $R$ , должно быть тем больше, чем под меньшим углом к оси рычага оно направлено.

Одиночное мышечное волокно при сокращении развивает силу порядка 2 мН. В мышцах человека содержится примерно  $3 \cdot 10^7$  волокон. Если бы все они сократились одновременно в одном направлении, то создали бы огромное усилие – до 60 000Н.

Сила мышцы зависит от количества содержащихся в ней волокон. Поскольку их трудно подсчитать, обычно измеряют поперечное сечение мышцы, которое пропорционально числу волокон, и по нему судят о ее силовых возможностях. При этом нужно определять не геометрическое, а физиологическое поперечное сечение, под которым понимают сумму поперечных сечений всех волокон, образующих данную мышцу. Отношение максимального мышечного усилия, которое может развить мышца, к ее физиологическому поперечному сечению называется абсолютной мышечной силой и выражается в единицах напряжения ( $\text{Н} \cdot \text{м}^{-2} = \text{Па}$ ). Для большинства скелетных мышц человека абсолютная мышечная сила имеет порядок  $10^6$  Па ( $100 \text{ Н/см}^2$ ), а для гладких -  $10^5$  Па ( $10 \text{ Н/см}^2$ ). Сила одних и тех же мышц человека зависит от ряда физиологических условий: возраста, пола, тренированности.

Перемещение тела человека в пространстве совершается благодаря мышечным сокращениям, при которых мышцы и укорачиваются и напрягаются. В изотоническом режиме, т.е. при постоянной нагрузке  $F$  на мышцу, зависимость между скоростью  $V$  мышечного сокращения и приложенной силой  $F$  описывается уравнением Хилла:

$$v = b \frac{F_{\max} - F}{F + a} \quad (4.3)$$

Здесь  $F_{\max}$  – максимальное усилие, развиваемое данной мышцей,  $a$  – константа, имеющая размерность силы,  $b$  – константа, имеющая размерность скорости.

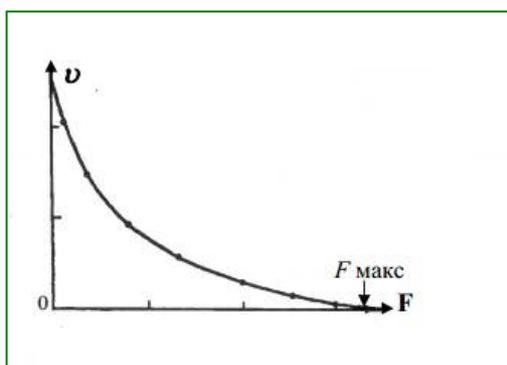


Рисунок 4.3 Зависимость скорости  $v$  укорочения мышцы от приложенной нагрузки  $F$

Из уравнения Хилла (4.3) следует, что при отсутствии нагрузки ( $F = 0$ ) скорость сокращения мышцы максимальна, а с увеличением нагрузки она уменьшается и при максимальной нагрузке ( $F = F_{\max}$ ) ее укорочение вовсе не происходит ( $v=0$ ), что демонстрируется на рис. 4.3.

#### Задание.

Провести расчет показателя  $V$  при следующих данных, размещенных в таблице 4.2

Таблица 4.4 Исходные данные расчета

№	F[Кг]	F max[Кг]	a[Кг]	b [m/c]	Данные расчета
1.	5.7	38.5	0.58	0.12	
2.	12.5	42.2	1.85	0.16	
3.	18.0	44.6	2.38	0.23	
4.	21.2	54.6	2.72	0.46	
5.	25.5	58.2	3.91	0.52	

По умолчанию полагаем возможность провести расчеты в среде Excel. В этом случае представляется реальная возможность построить графические зависимости, анализ которых при разных начальных условиях позволит записать лаконичные выводы по результатам исследований.

Отчет по работе представить в формате WORD, дополненный графическим материалом и соответствующими выводами по полученным результатам.

Коэффициент полезного действия (КПД = A/E) при сокращении мышцы определяется как отношение совершённой работы A к затраченной энергии E и может достигать 40 - 60% в разных типах мышц.

Мышечные усилия и внешние силы, действующие на ткани человека, вызывают деформацию этих тканей и создают в них механические напряжения, которые до определенных значений безопасны для организма, но их превышение может приводить к травмам: к растяжению мышц, связок, вывихам, переломам и другим. Поэтому далее рассмотрим механические свойства различных сред и особенности их поведения при воздействии различных нагрузок.

**Принцип равновесия для рычага:** рычаг находится в равновесии, если сумма моментов сил (с учётом знака), приложенных к нему, равна нулю (см. рис.4.4)

Примером рычага первого рода может быть череп человека. Ось вращения O рычага проходит через сочленение черепа с первым позвонком. Спереди от точки опоры на относительно коротком плече действует сила тяжести R головы, приложенная в центре масс черепа, позади точки опоры – сила тяги F мышц и связок, прикрепленных к затылочной кости. Условие равновесия рычага:  $Fa=Rb$  (см. рис. 4.5).

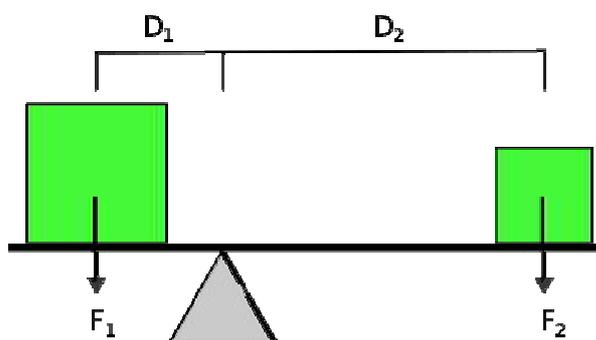


Рисунок 4.4. Демонстрация правила рычага

$$F_1 D_1 = F_2 D_2$$

Примером рычага скорости могут быть кости предплечья, нижняя челюсть человека и т.д.. Точка опоры находится в локтевом суставе (см. рис. 4.1). Действующая сила – сила F – сила мышц предплечья, сила сопротивления R – сила тяжести поддерживаемого груза и самого предплечья.

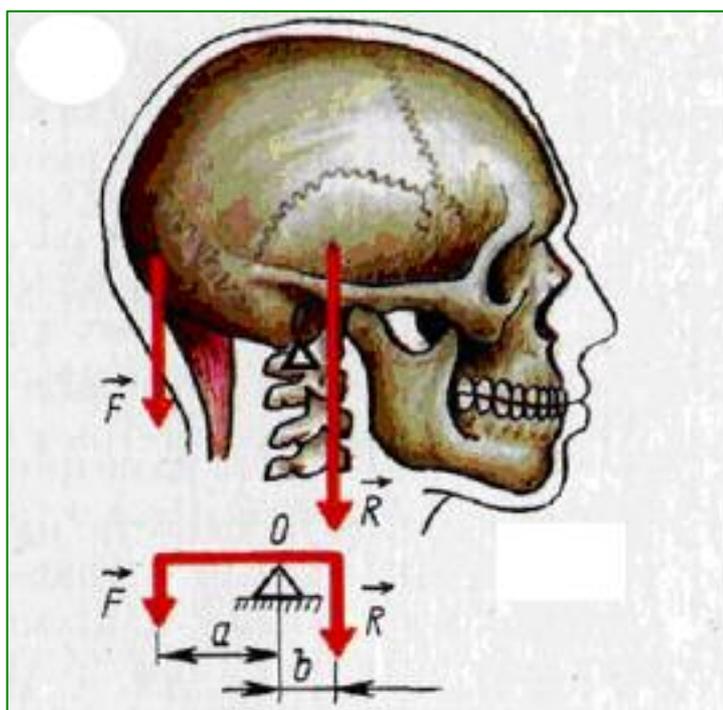


Рисунок 4.5 Схема действия сил в анатомии черепа

У нижней челюсти действующая сила осуществляется жевательной мышцей. Противодействующая сила – сопротивление раздавливаемой пищи – действует на зубы. Плечо действующей силы значительно короче, чем у сил противодействия, поэтому жевательная мышца короткая и сильная. Когда надо разгрызть что-либо зубами, уменьшается плечо силы сопротивления.

Провести расчеты, по данным таблицы 4.5

	F[Кг]	R[Кг]	a[m]	Вычислить b[m]
1.	2,933	4,047	0,068	
2.	2,941	4,059	0,079	
3.	2,950	4,070	0,09	
4.	2,958	4,082	0,101	
5.	2,966	4,094	0,112	
6.	2,975	4,105	0,123	
7.	2,983	4,117	0,134	
8.	2,992	4,128	0,145	
9.	3,000	4,140	0,156	
10.	3,008	4,152	0,167	
11.	3,017	4,163	0,178	
12.	3,025	4,175	0,189	
13.	3,034	4,186	0,2	
14.	3,042	4,198	0,211	
15.	3,050	4,210	0,222	

По умолчанию полагаем возможность провести расчеты в среде Excel. В этом случае представляется реальная возможность построить графические зависимости, анализ которых при разных начальных условиях позволит записать лаконичные выводы по результатам исследований.

Отчет по работе представить в формате WORD, дополненный графическим материалом и соответствующими выводами по полученным результатам.

## Практическая работа 5

### Природные пропорции

Золотое сечение - это такое пропорциональное деление отрезка на неравные части, при котором весь отрезок так относится к большей части, как сама большая часть относится к меньшей; или другими словами, меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему

$$a : b = b : c \text{ или } c : b = b : a.$$

Золотое сечение можно найти и в анатомии. Закон золотого сечения просматривается в количественном членении человеческого тела, соответствующем числам ряда Фибоначчи. Примером может быть число костей туловища, черепа и конечностей. Так, в скелете туловища различают 3 костных системы: позвоночник, реберный его отдел и грудину. Грудина включает 3 кости (рукоятку, тело и мечевидный отросток). Позвоночник состоит из 33 (34) позвонков; от них отходят 12-13 пар ребер.

Мозговой череп состоит из 8 костей. В верхней и нижней челюстях с каждой стороны имеется по 8 альвеол и соответственно - корни 8 зубов.

Скелет верхней конечности состоит из 3 частей (плечевой, костей предплечья и костей кисти). Кисть включает 8 костей запястья, 5 пястных костей и кости 5 пальцев. Каждый палец, кроме большого, имеет по 3 фаланги. Таким образом, морфогенез кисти, включающей два соседних члена числового ряда Фибоначчи - в частности, 8 костей запястья и 5 костей пясти - приближается к золотому сечению 1.618, поскольку  $8/5=1.6$ .

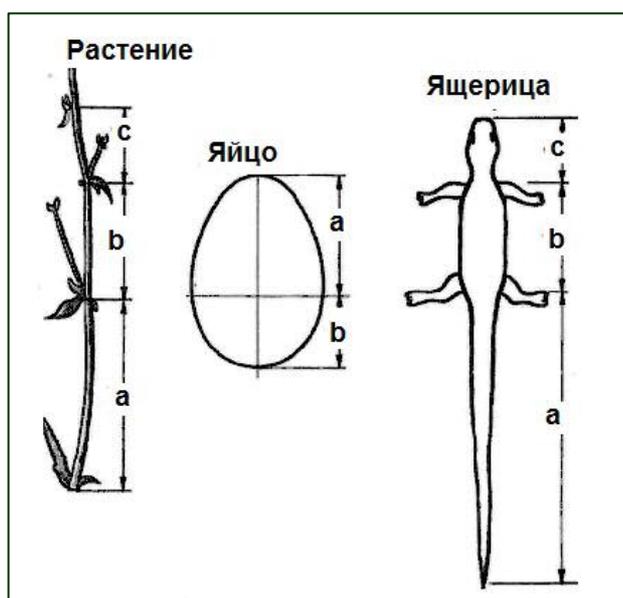


Рисунок 5.1 Проявление золотого сечения в строении живого

Сопоставляя длины фаланг пальцев и кисти руки в целом, а также расстояния между отдельными частями лица, также можно найти "золотые" соотношения (рис. 5.2).

Скульпторы утверждают, что талия делит совершенное человеческое тело в отношении золотого сечения. Измерения нескольких тысяч человеческих тел позволили обнаружить, что для взрослых мужчин это отношение равно в среднем примерно  $13/8 = 1,625$ , а для взрослых женщин оно составляет  $8/5 = 1,6$ . Так что пропорции мужчин ближе к "золотому сечению", чем пропорции

женщин (однако женщина в обуви на каблуках может оказаться ближе к "золотым" пропорциям). У новорожденного пропорция составляет отношение 1 : 1, к 13 годам она равна 1,6, а к 21 году у мужчин равняется 1,625. Пропорции золотого сечения проявляются и в отношении других частей тела - длина плеча, предплечья и кисти, кисти и пальцев.

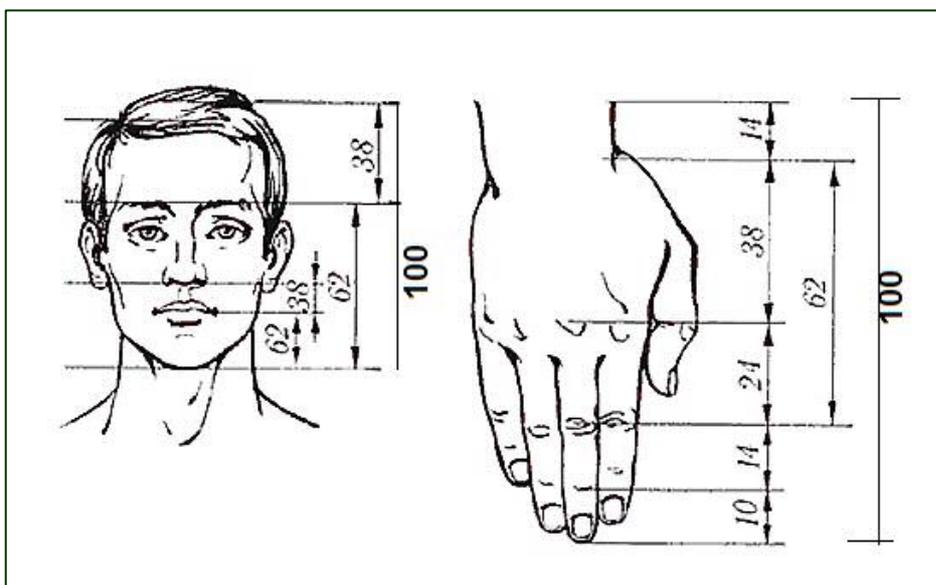


Рисунок 5.2 Пропорции частей тела

С историей золотого сечения косвенным образом связано имя итальянского математика монаха Леонардо из Пизы, более известного под именем Фибоначчи. Он много путешествовал по Востоку, познакомил Европу с арабскими цифрами. В 1202 вышел в свет его математический труд "Книга об абак" (счетной доске), в котором были собраны все известные на то время задачи. Ряд чисел 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 и т.д. известен как ряд Фибоначчи.

Особенность последовательности чисел состоит в том, что каждый ее член, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих  $2 + 3 = 5$ ;  $3 + 5 = 8$ ;  $5 + 8 = 13$ ,  $8 + 13 = 21$ ;  $13 + 21 = 34$  и т.д., а отношение смежных чисел ряда приближается к отношению золотого деления. Так,  $21 : 34 = 0,617$ , а  $34 : 55 = 0,618$ . Это отношение обозначается символом  $\Phi$ . Только это отношение -  $0,618 : 0,382$  - дает непрерывное деление отрезка прямой в золотой пропорции, увеличение его или уменьшение до бесконечности, когда меньший отрезок так относится к большему, как больший ко всему.

Как показано на рисунке, длина каждого сустава пальца соотносится с длиной следующего сустава по пропорции  $\Phi$ . Такое же соотношение проявляется во всех пальцах рук и ног. Эта связь как-то необычна, потому что один палец длиннее другого без всякой видимой закономерности, но это всё не случайно -- как не случайно всё в теле человека.

Все кости человека выдержаны в пропорции золотого сечения. Пропорции различных частей нашего тела составляют число, очень близкое к золотому сечению. Если эти пропорции совпадают с формулой золотого сечения, то внешность или тело человека считается идеально сложенными.

Такие представления оказываются полезными при создании инструментов повседневной деятельности. На рисунке 5.2.1 представлены типовые предметы и их соотношения размеров.

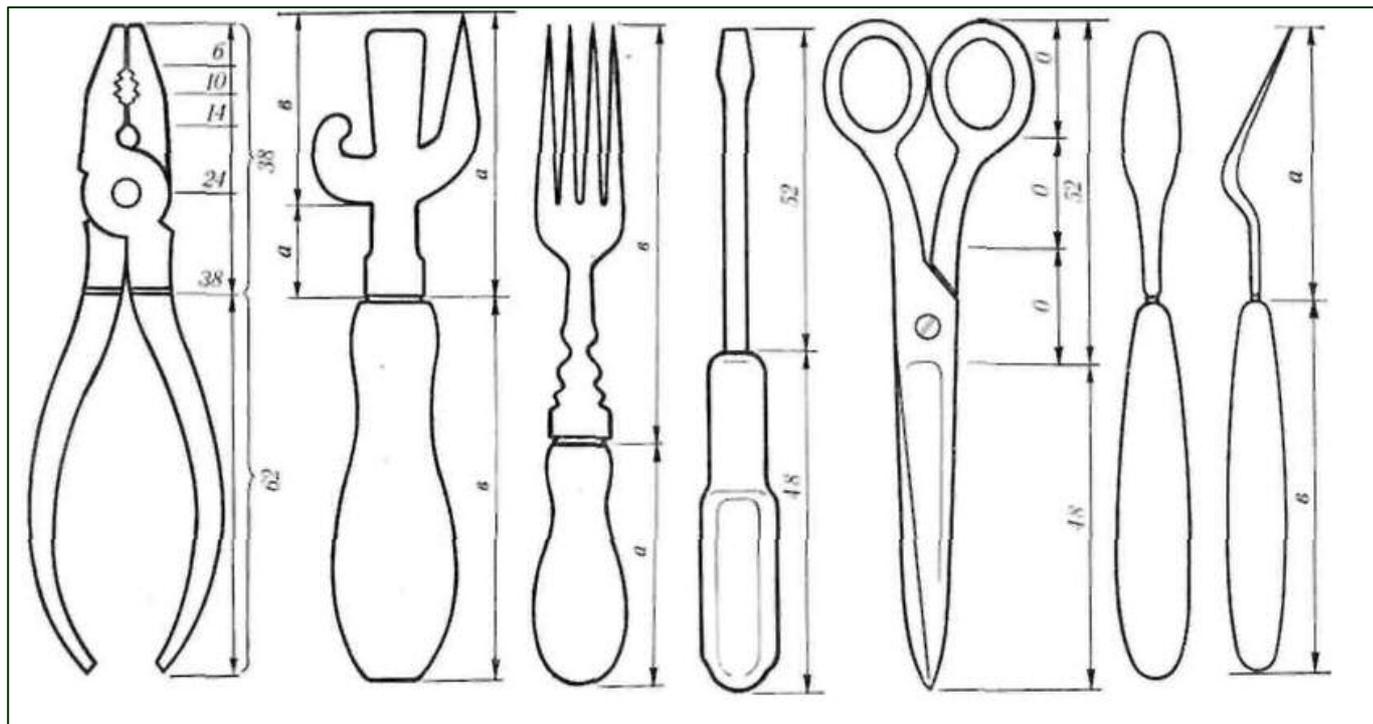


Рисунок 5.2.1 Соотношения размеров предметов быта

Если принять центром человеческого тела точку пупа, а расстояние между ступней человека и точкой пупа за единицу измерения, то рост человека эквивалентен числу 1.618.

Расстояние от уровня плеча до макушки головы и размера головы равно 1:1.618

- Расстояние от точки пупа до макушки головы и от уровня плеча до макушки головы равно 1:1.618
- Расстояние точки пупа до коленей и от коленей до ступней равно 1:1.618
- Расстояние от кончика подбородка до кончика верхней губы и от кончика верхней губы до ноздрей равно 1:1.618

Собственно точное наличие золотой пропорции в лице человека и есть идеал красоты для человеческого взора.

Расстояние от кончика подбородка до верхней линии бровей и от верхней линии бровей до макушки равно 1:1.618

Расстояние от кончика подбородка до верхней линии бровей и от верхней линии бровей до макушки равно 1:1.618

Высота лица / ширина лица

- Центральная точка соединения губ до основания носа / длина носа.
- Высота лица / расстояние от кончика подбородка до центральной точки соединения губ
- Ширина рта / ширина носа
- Ширина носа / расстояние между ноздрями
- Расстояние между зрачками / расстояние между бровями
- Достаточно лишь приблизить сейчас вашу ладонь к себе и внимательно посмотреть на указательный палец, и вы сразу же найдете в нем формулу золотого сечения.

Каждый палец нашей руки состоит из трех фаланг. Сумма двух первых фаланг пальца в со-

отношении со всей длиной пальца и дает число золотого сечения (за исключением большого пальца). Кроме того, соотношение между средним пальцем и мизинцем также равно числу золотого сечения

У человека 2 руки, пальцы на каждой руке состоят из 3 фаланг (за исключением большого пальца). На каждой руке имеется по 5 пальцев, то есть всего 10, но за исключением двух двухфаланговых больших пальцев только 8 пальцев создано по принципу золотого сечения. Тогда как все эти цифры 2, 3, 5 и 8 есть числа последовательности Фибоначчи.

Также следует отметить тот факт, что у большинства людей расстояние между концами расставленных рук равно росту.

Информационный пример - молекула ДНК состоит из двух вертикально переплетенных между собой спиралей. Длина каждой из этих спиралей составляет 34 ангстрема, ширина 21 ангстрема. (1 ангстрем - одна стомиллионная доля сантиметра).

«Информационная гармония» строения организмов, выраженная в формах, характеризуется эстетическим восприятием, которое естественно субъективно. Однако, если применить измерительные инструменты и провести вычисления образа (элементов конструкции) получим результат описываемый последовательностью Ф.

Эстетика изучающая природу всего многообразия выразительных форм окружающего мира, их строение и модификацию. Эстетика ориентирована на выявление универсалий в чувственном восприятии выразительных форм реальности. В широком смысле — это универсалии строения произведения искусства, процесса художественного творчества и восприятия, универсалии художественно-конструкторской деятельности вне искусства (дизайн, промышленность, спорт, мода), универсалии эстетического восприятия природы.

Многообразие использования термина эстетика — свидетельство широты содержания этого понятия, длительного исторического пути, в ходе которого возникали разные его смыслы. При всем различии употреблений на быденном и профессиональном уровне («эстетика интерьера», спектакля, одежды, выражения лица, строения фигуры и другое») данное понятие обозначает единый принцип, обобщающее чувственно-выразительное качество как произведений искусства, так и предметов повседневного обихода, феноменов природы.

В практическом отношении это можно демонстрировать на оптимальных для организма человека параметрах внешней среды, которые требуют измерения и могут быть представлены в количественном отношении.

### **Громкость звука.**

Известно, что максимальная громкость звука, которая вызывает болевые ощущения, равна 130 децибеллам.

Если разделить этот интервал золотой пропорцией 1,618, то получим 80 децибелл, которые характерны для громкости человеческого крика.

Если теперь 80 децибелл разделить золотой пропорцией, то получим 50 децибелл, что соответствует громкости человеческой речи.

Наконец, если разделить 50 децибелл квадратом золотой пропорции 2,618, то получим 20 децибелл, что соответствует шепоту человека.

Таким образом, все характерные параметры громкости звука взаимосвязаны через золотую пропорцию.

### **Влажность воздуха.**

При температуре 18-20° интервал влажности 40-60% считается оптимальным.

Границы оптимального диапазона влажности могут быть получены, если абсолютную влажность 100% дважды разделить золотым сечением:  $100/2,618 = 38,2\%$  (нижняя граница);  $100/1,618 = 61,8\%$  (верхняя граница).

### **Давление воздуха.**

При давлении воздуха 0,5 МПа у человека возникают неприятные ощущения, ухудшается его физическая и психологическая деятельность. При давлении 0,3 - 0,35 МПа разрешается только кратковременная работа, а при давлении 0,2 МПа разрешается работать не более 8 мин.

Все эти характерные параметры связаны между собой золотой пропорцией:  $0,5/1,618 = 0,31$  МПа;

$0,5/2,618 = 0,19$  МПа.

**Температура наружного воздуха.**

Граничными параметрами температуры наружного воздуха, в пределах которых возможно нормальное существование (а, главное, стало возможным происхождение) человека является диапазон температур от 0 до +(57-58)°С. Очевидно, по первой границе пояснений можно не приводить. Вторая граница соответствует максимально возможной температуре наружного воздуха для организма человека.

**Восприятие зрительного образа**

Еще в эпоху Возрождения художники открыли, что любая картина имеет определенные точки, невольно приковывающие наше внимание, так называемые зрительные центры. При этом абсолютно неважно, какой формат имеет картина - горизонтальный или вертикальный. Таких точек всего четыре, и расположены они на расстоянии  $3/8$  и  $5/8$  от соответствующих краев плоскости (рис.5.3)

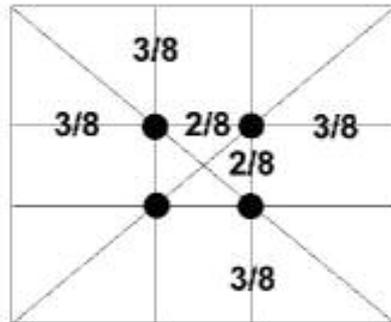


Рисунок 5.3 Позиционирование «информационных точек» на образе

Данное открытие у художников того времени получило название "золотое сечение" картины.

На рис. 5.4 показаны различные прямоугольные форматы, наиболее часто употребляемые художниками для построения картин, и место в них линии золотого сечения. Прямоугольники, поставленные вертикально, как бы растут вверх, как дерево, и им нужен ствол-ось для устойчивости; прямоугольники горизонтального положения «лежат».

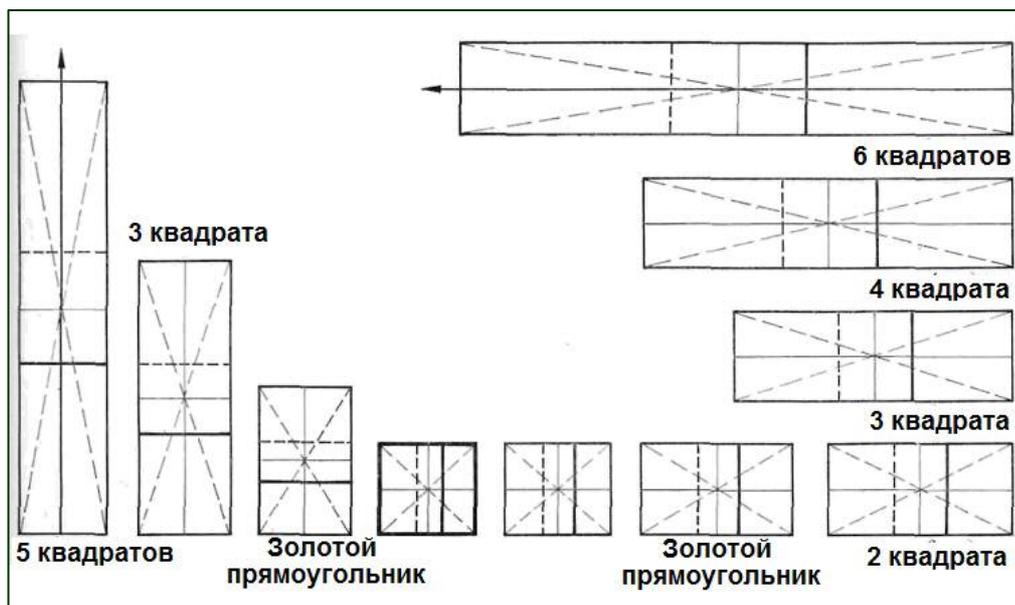


Рисунок 5.4 Типовые форматы картин (образов).

Существует множество примеров построения картин, когда в квадратном или близком к квадрату формате художник ставит главную фигуру на средней линии холста. То же встречается и в вертикальном формате, а в горизонтальном часто располагают главную фигуру на линии золотого сечения. В сильно вытянутом формате, расположенном горизонтально, центр организуется в зоне между средней линией и золотым сечением, т. е. на линии второго золотого сечения.

#### Схема проведения анализа «Золотой прямоугольник»

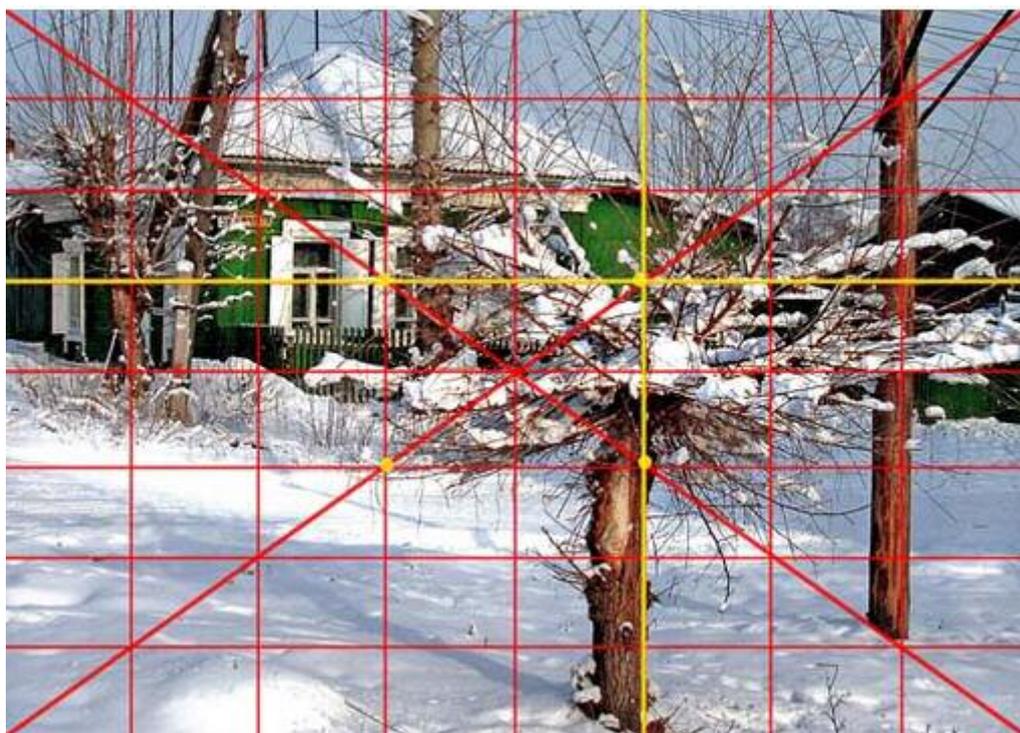


Рисунок 5.5 Анализ фотографии

Обсуждение размеров образов связано с золотой пропорцией. Существует математическая прогрессия, известная как ряд Фибоначчи, и она имеет особое отношение к числу фи и пирамидам в Гизе. Принципы этого ряда впервые изложил средневековый математик Леонардо Фибоначчи. Этот ряд использовали для описания роста растений. Вот эта последовательность: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233 и так далее. Для того, чтобы получить каждое следующее число в этом ряду, надо сложить два предыдущих:  $1+1=2$ ,  $1+2=3$ ,  $2+3=5$ ,  $3+5=8$ ,  $5+8=13$  и так далее.

У этой последовательности очень интересное соотношение с числом фи: если разделить каждый член этого ряда на предыдущий, полученные результаты будут стремиться к трансцендентному числу  $1,6180339+\dots$

$$1/1=1 \quad 2/1=2 \quad 3/2=1.5 \quad 5/3=1.66 \quad 13/8=1.625 \quad 21/13=1.615 \quad 34/21=1.619 \quad 55/34=1.617 \quad 89/55=1.6181$$

Чем дальше будете продолжать считать, тем ближе будете подходить к числу Фи. Конечно, никогда не дойдете до него, потому что у него нет арифметического решения, но вы будете бесконечно приближаться к нему.

Эту последовательность можно изобразить графически, в виде так называемой спирали Фибоначчи. Эта спираль почти идентична логарифмической спирали фи, известной как спираль золотого сечения. Разница заключается в том, что спираль Фибоначчи – это интерпретация (при

помощи целых чисел) арифметически невозможной спирали золотого сечения, у которой нет ни конца, ни начала. У спирали Фибоначчи есть определенное начало.

«Спиралями Фибоначчи» фотографы и дизайнеры указывают нам на центр интереса в композиции, числами Фибоначчи режиссеры видео- и киномонтажа измеряют промежутки между ключевыми сценами.

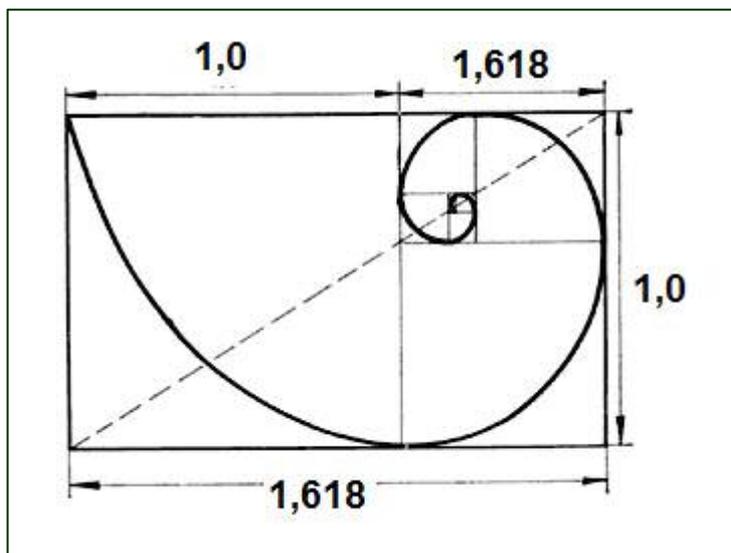
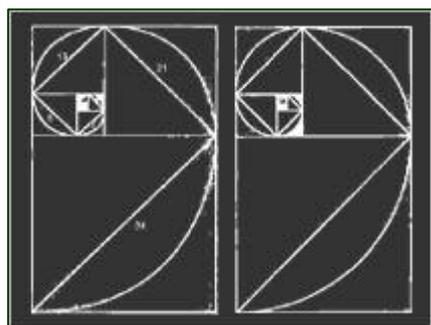
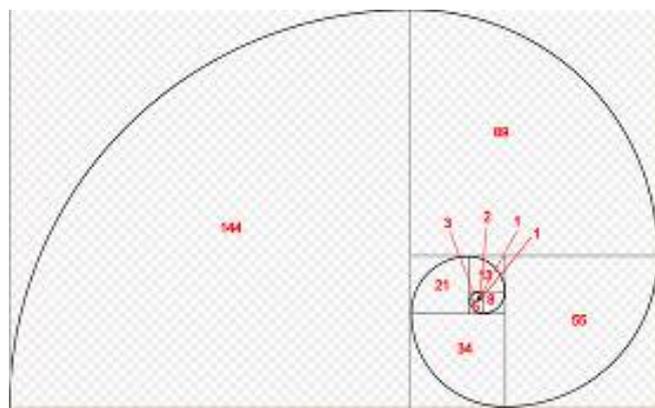


Рисунок 5.5 Спираль Фибоначчи

Рассмотрим строение спирали с математической точки зрения.



Построим прямоугольник  $144 \times 233$  (12 и 13 числа в последовательности Фибоначчи). Отделим от этого прямоугольника квадрат со стороной 144, останется прямоугольник со сторонами 89 и 144, от него отделяем квадрат со стороной 89, тогда оставшаяся часть это прямоугольник со сторонами 89 и 55, то есть каждый получаемый прямоугольник имеет стороны соответствующие соседним числам ряда Фибоначчи. Этот процесс деления продолжаем, пока не получим два квадрата со стороной единицы. Итак, внутри данного прямоугольника выстроилась последовательность

квадратов, стороны, которых соответствуют ряду Фибоначчи. Дуги, проведенные в каждом квадрате, вместе образуют спираль.

Спираль Фибоначчи присутствует как шаблон выделения информационных фрагментов многих произведений искусства. Часто графический образ спирали накладывают на изображение, и тем самым проводят выделение наиболее информативных точек образа. Пример такого анализа помещен на рис. 5.6 «Боярыня Морозова»

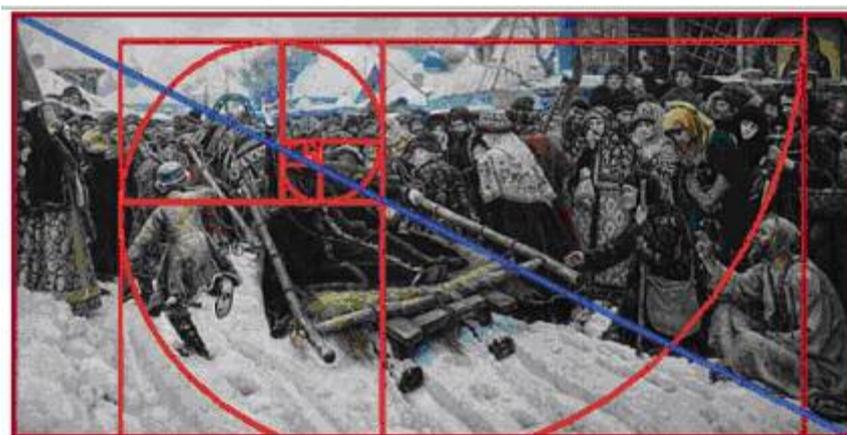


Рисунок 5.6 Схема поиска информационных - реперных точек образа

Анализ. Начало спирали - это лицо боярыни. Здесь пересекаются линии начала спирали и линии диагонали квадрата. Положение призывно поднятой руки совпадает со стороной золотого квадрата.

Сочетание обаяние таинственной природы с человеческой интуицией, могуществом человеческого мастерства и интеллекта позволяет проводить биометрический анализ изображений. В частности, так проводится биометрический анализ при дактилоскопии, сравнении фотографий разных образов.

### Задание 1

1. Создать изображение (посредством собственного телекоммуникационного средства)
2. Сохранить изображение в формате jpg. Это упростит обработку
3. Провести анализ изображения на компьютере «методом золотого прямоугольника».
4. Установить (указать) наличие информационных точек, при самостоятельно установленных соотношениях сторон прямоугольника.
5. Провести сравнение двух разных изображений, созданных с небольшим интервалом времени. Методику сохранения и анализа оставить без изменений.
6. Сделать выводы.

### Задание 2

7. Создать изображение (посредством собственного телекоммуникационного средства)
8. Сохранить изображение в формате jpg. Это упростит обработку
9. Провести анализ изображения на компьютере «методом золотой спирали».
10. Установить (указать) наличие информационных точек, при самостоятельно установленных соотношениях сторон образа.
11. Провести сравнение двух разных изображений, созданных с небольшим интервалом времени. Методику сохранения и анализа оставить без изменений.
12. Сделать выводы.

## **Заключение**

Знания основ анатомии и понимание закономерностей образования живых форм организмов создает хорошие предпосылки проведения разностороннего анализа как по самим биологическим объектам, так и по их образам. В этом отношении использование компьютеров и информационных технологий анализа данных позволяет выявлять эстетичные и гармоничные образы, конструирование которых актуально в современной действительности.

## **Литература**

1. Силовой расчет, уравнивание, проектирование механизмов и механика манипуляторов: Учебное пособие для студентов смешанной формы обучения / И.Н.Чернышева, А.К.Мусатов,Н.А.Глухов и др.; Под ред. А.К.Мусатова. - М.: Изд-во МГТУ, 1990. - 80с., ил.
2. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для втузов: В 3-х кн. / под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. - М.: Высш.шк., 1988.
3. Р.Пол "Моделирование, планирование траекторий и управление движением робота - манипулятора" - М.: Наука, 1976.
4. Сайт о роботах <http://roboter.ru/>
5. Самоорганизующаяся сеть роботов <http://www.zobot.ru/samoorganizuyushhijsyaroj-iz-1024-robotov/>