

## 4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА «СТАТИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ»

### 4.1 Цель работы

Углубление и закрепление теоретических знаний, развитие умений и практических навыков уравнивания вращающихся звеньев и рычажных механизмов. Ознакомление с методами уравнивания главного вектора сил инерции шарнирного 4-х звенного механизма.

### 4.2 Краткие теоретические сведения

Современные машины, как правило, быстроходны. Силы инерции подвижных звеньев механизмов (динамическая нагрузка) нередко превышают рабочие усилия, они переменны по величине и направлению, являются источником вибраций, шума и дополнительных напряжений в кинематических парах и звеньях. При проектировании машин стремятся полностью или частично погасить переменную составляющую давления механизма на фундамент.

Известно, что для полного устранения динамического давления механизма на фундамент необходимо, чтобы главный вектор  $\bar{F}_u$  и главный момент сил инерции  $\bar{M}_u$  были равны нулю в любой момент движения механизма:

$$\bar{F}_u = 0 \quad \text{и} \quad \bar{M}_u = 0 \quad (4.1)$$

Иногда ограничиваются выполнением только первого условия ( $\bar{F}_u = 0$ ), которое равносильно условию постоянства положения центра масс подвижных звеньев механизма. Задача решается путем подбора масс противовесов и их положений на звеньях механизма, при котором силы инерции этих противовесов оказывают на опоры звеньев воздействия, равные и противоположные воздействиям, создаваемым силами инерции подвижных звеньев механизма.

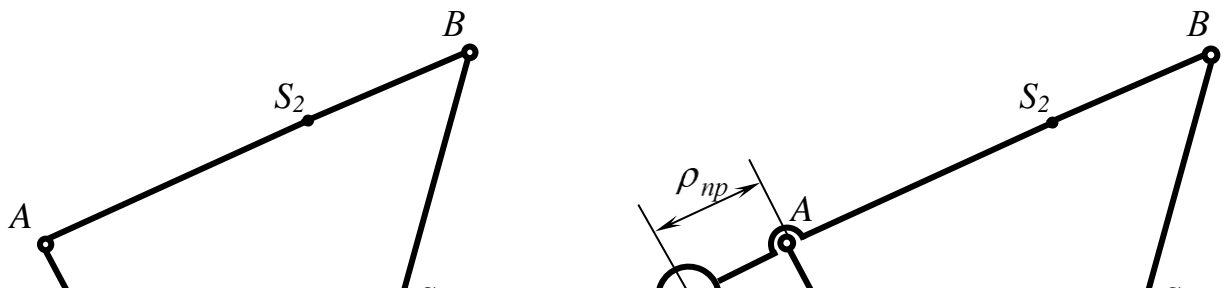
Распределение масс подвижных звеньев механизма, переводящее его центр масс в точку, неподвижную относительно стойки, называют статическим уравниванием масс механизма. Статического уравнивания ( $\bar{F}_u = 0$ ) достаточно для звеньев, имеющих малую протяженность вдоль оси вращения (шкивы, маховики, зубчатые колеса и т.п.). Для звеньев другой формы (например, для валов или барабанов) должны быть выполнены оба условия формулы (4.1). Статическое уравнивание обеспечивается, если с помощью противовесов центр масс подвижных звеньев приводится в опорные стойки механизма.

### 4.3 Исходные данные для расчета

Схема рычажного механизма (Рисунок 4.1), размеры и массы его звеньев, места установки противовесов и положения центров масс подвижных звеньев выбираются из таблицы 4.1 в соответствии с номером варианта, закрепленным за студентом.

Таблица 4.1 – Варианты исходных данных для работы №4

Номер варианта	Схема рычажного механизма	Размеры звеньев, м		Масса звеньев, кг			
		$l_{OA}$	$l_{AB}; l_{BC}; l_{OC}$	$m_1$	$m_2$ $m_3$		
1	Рисунок 4.1,а	0,1	$l_{AB} = 2,4l_{OA}$ $l_{BC} = 1,8l_{OA}$ $l_{OC} = 1,4l_{OA}$	1,5	$m_2 = 2,5m_1$		
2		0,15		2,0			
3		0,20		2,5			
4	Рисунок 4.1,б	0,1		1,8		$m_3 = 2m_1$	
5		0,15		2,2			
6		0,20		2,6			
7	Рисунок 4.1,в	0,1		$l_{OS_1} = 0,3l_{OA}$ $l_{BS_2} = 0,4l_{AB}$ $l_{CS_3} = 0,4l_{BC}$	2,0	$m_2 = 3,0m_1$	
8		0,15			2,4		
9		0,20			2,8		
10	Рисунок 4.1,г	0,1			3,0		$m_3 = 2,5m_1$
11		0,15			3,5		
12		0,20			3,8		
13	Рисунок 4.1,а	0,25	$l_{AB} = 2,0l_{OA}$ $l_{BC} = 2,2l_{OA}$ $l_{OC} = 1,6l_{OA}$		2,5	$m_2 = 2,2m_1$	
14		0,30			3,0		
15		0,35			3,5		
16	Рисунок 4.1,б	0,25		2,8	$m_3 = 2,6m_1$		
17		0,30		3,5			
18		0,35		4,0			
19	Рисунок 4.1,в	0,25		$l_{OS_1} = 0,4l_{OA}$ $l_{BS_2} = 0,6l_{AB}$ $l_{CS_3} = 0,6l_{BC}$	3,0	$m_2 = 2,6m_1$	
20		0,30			3,8		
21		0,35			4,4		
22	Рисунок 4.1,г	0,25			2,8		$m_3 = 3,0m_1$
23		0,30			3,6		
24		0,35			4,2		



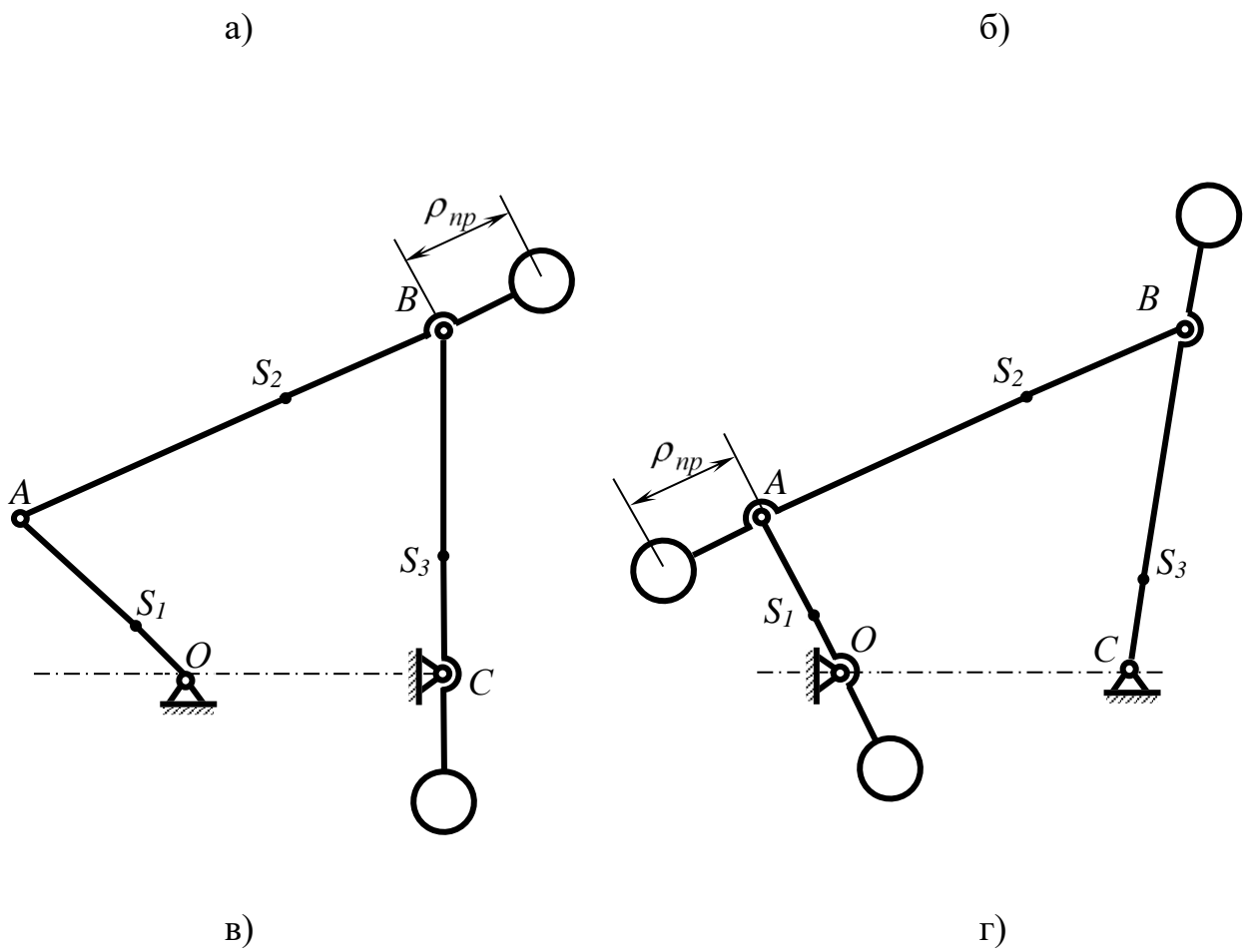


Рисунок 4.1 – Плоские рычажные механизмы

Радиусы установки противовесов  $\rho$  следует определять из соотношения

$$\rho = 0,6l_{OA}$$

#### 4.4 Пример расчета

Ниже, в качестве примера, выполнено статическое уравновешивание кривошипно-шатунного механизма (Рисунок 4.2). В таблице 4.2 приведены необходимые для решения задачи статического уравновешивания размеры и массы подвижных звеньев исследуемого механизма.

Таблица 4.2 – Размерные и весовые характеристики звеньев

Размерные характеристики звеньев, м						Массы звеньев, кг		
$l_{OA}$	$l_{AB}$	$l_{OS_1}$	$l_{AS_2}$	$\rho_1$	$\rho_2$	$m_1$	$m_2$	$m_3$
0,15	0,4	0,075	0,16	0,09	0,09	0,1	0,2	0,3

При статическом уравновешивании массы противовесов  $m_I$  и  $m_{II}$  подбирают такими, чтобы центр масс подвижных звеньев переместился бы в точку  $O$  стойки 4 (Рисунок 4.2).

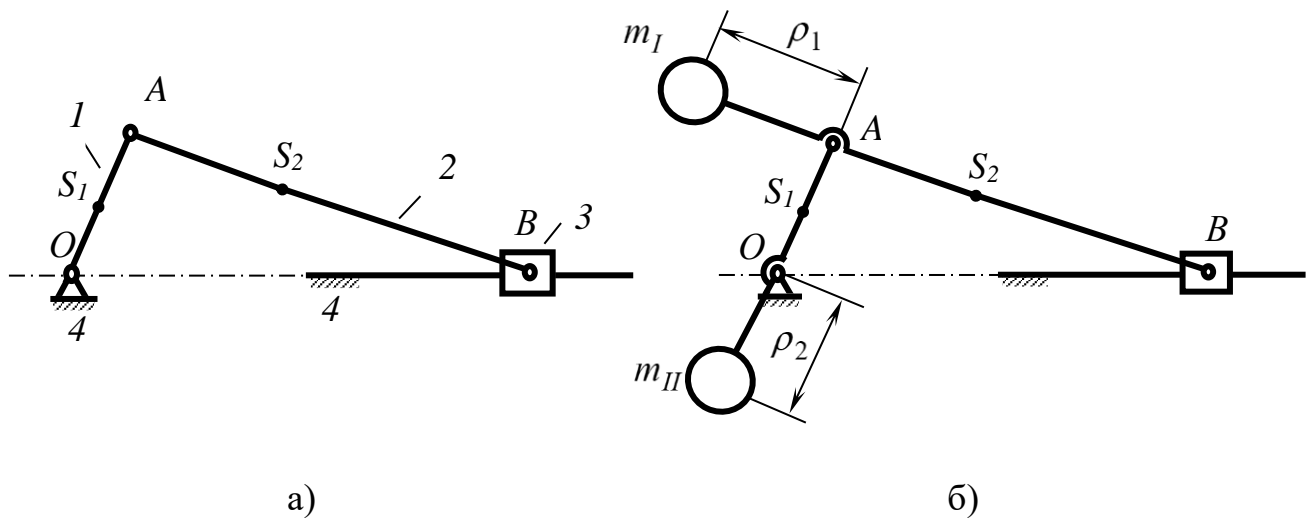


Рисунок 4.2 – Уравновешивание кривошипно-ползунного механизма

Первый противовес устанавливается на продолжении звена  $AB$ , масса противовеса  $m_I$  подбирается такой, чтобы центр масс  $m_2$ ,  $m_3$  и  $m_I$  находился в точке  $A$ , при этом выполняется условие

$$m_I \cdot \rho_1 = m_2 \cdot l_{AS_2} + m_3 \cdot l_{AB},$$

откуда

$$m_I = \frac{m_2 \cdot l_{AS_2} + m_3 \cdot l_{AB}}{\rho_1} = \frac{0,2 \cdot 0,16 + 0,3 \cdot 0,4}{0,09} = 1,69 \text{ кг.}$$

Второй противовес (Рисунок 4.2) устанавливается на продолжении кривошипа  $OA$ . Масса противовеса  $m_{II}$  определяется из условия, что центр масс подвижных звеньев и противовесов находится в точке  $O$ , при этом выполняется условие

$$m_{II} \cdot \rho_2 = m_1 \cdot l_{OS_1} + (m_3 + m_2 + m_I) \cdot l_{OA},$$

откуда

$$m_{II} = \frac{m_1 \cdot l_{OS_1} + (m_3 + m_2 + m_I) \cdot l_{OA}}{\rho_2} = \frac{0,1 \cdot 0,075 + (0,3 + 0,2 + 1,69) \cdot 0,15}{0,09} = 3,73 \text{ кг}$$

Таким образом, установкой двух противовесов  $m_I$  и  $m_{II}$  обеспечиваем статическое уравнивание кривошипно-ползунного механизма, фундамент машины будет разгружен от действия инерционных сил.