

Таблица 22

Номер вари- анта	$z = z(t)$ , см	Номер вари- анта	$z = z(t)$ , см	Номер вари- анта	$z = z(t)$ , см	Номер вари- анта	$z = z(t)$ , см	Номер вари- анта	$z = z(t)$ , см
1	$3t$	7	$2,5t$	13	$1,5t$	19	$6t$	25	$5t$
2	$2t$	8	$5t$	14	$2t+2$	20	$2t$	26	$6t$
3	$1,5t$	9	$4t+8$	15	$3t$	21	$4t$	27	$3,5t$
4	$4t+4$	10	$t$	16	$1,5t$	22	$t$	28	$4t$
5	$t$	11	$2t$	17	$5t$	23	$1,5t$	29	$5t$
6	$3t$	12	$3t$	18	$3,5t$	24	$2t$	30	$1,5t$

## II. КИНЕМАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

### ПОСТУПАТЕЛЬНОЕ И ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

#### За д а н и е К.2. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

Движение груза 1 должно описываться уравнением

$$x = c_2 t^2 + c_1 t + c_0, \quad (1)$$

где  $t$  — время, с;  $c_0$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  — некоторые постоянные.

В начальный момент времени ( $t = 0$ ) положение груза определяется координатой  $x_0$ , и он имеет скорость  $v_0$ . Учесть, что в момент времени  $t = t_2$  координата груза равна  $x_2$ .

Определить коэффициенты  $c_0$ ,  $c_1$  и  $c_2$ , при которых осуществляется требуемое движение груза 1. Определить также в момент времени  $t = t_1$  скорость и ускорение груза и точки  $M$  одного из колес механизма.

Схемы механизмов показаны на рис. 68—70, а необходимые данные приведены в табл. 23.

**Пример выполнения задания.** Дано: схема механизма (рис. 71);  $R_2 = 50$  см,  $r_2 = 25$  см,  $R_3 = 65$  см,  $r_3 = 40$  см,  $x_0 = 14$  см,  $v_0 = 5$  см/с,  $x_2 = 168$  см,  $t_1 = 1$  с,  $t_2 = 2$  с.

Найти уравнение движения груза, а также скорости и ускорения груза и точки  $M$  в момент времени  $t = t_1$ .

Решение. Уравнение движения груза 1 имеет вид

$$x = c_2 t^2 + c_1 t + c_0. \quad (1)$$

Таблица 23

Номер варианта (рис. 68-70)	Радиусы, см				Координаты и скорости груза 1			Расчетные моменты времени, с	
	$R_2$	$r_2$	$R_3$	$r_3$	$x_0$ , см	$v_0$ , см/с	$x_2$ , см	$t_2$	$t_1$
1	60	45	36	-	2	12	173	3	2
2	80	-	60	45	5	10	41	2	1
3	100	60	75	-	8	6	40	4	2
4	58	45	60	-	4	4	172	4	3
5	80	-	45	30	3	15	102	3	2
6	100	60	30	-	7	16	215	4	2
7	45	35	105	-	8	5	124	4	3
8	35	10	10	-	6	2	111	3	2
9	40	30	15	-	10	7	48	2	1
10	15	-	40	35	5	3	129	4	3
11	40	25	20	-	9	8	65	2	1
12	20	15	10	-	5	10	179	3	2
13	30	20	40	-	7	0	557	5	2
14	15	10	15	-	6	3	80	2	1
15	15	10	15	-	5	2	189	4	2
16	20	15	15	-	4	6	220	4	3
17	15	10	20	-	8	4	44	2	1
18	20	15	10	-	3	12	211	4	1
19	15	10	20	-	5	10	505	5	3
20	25	15	10	-	10	8	277	3	1
21	20	10	30	10	6	5	356	5	2
22	40	20	35	-	7	6	103	2	1
23	40	30	30	15	5	9	194	3	2
24	30	15	40	20	9	8	105	4	2
25	50	20	60	-	8	4	119	3	2
26	32	16	32	16	6	14	862	4	2
27	40	18	40	18	5	10	193	2	1
28	40	20	40	15	8	5	347	3	2
29	25	20	50	25	4	6	32	2	1
30	30	15	20	-	10	7	128	2	1

Коэффициенты  $c_0$ ,  $c_1$  и  $c_2$  могут быть определены из следующих условий:

$$\text{при } t = 0 \quad x_0 = 14 \text{ см}, \quad \dot{x}_0 = 5 \text{ см/с}, \quad (2)$$

$$\text{при } t_2 = 2 \text{ с} \quad x_2 = 168 \text{ см}. \quad (3)$$

Скорость груза 1

$$v = \dot{x} = 2c_2t + c_1. \quad (4)$$

Подставляя (2) и (3) в формулы (1) и (4), находим коэффициенты

$$c_0 = 14 \text{ см}, \quad c_1 = 5 \text{ см/с}, \quad c_2 = 36 \text{ см/с}^2.$$

Таким образом, уравнение движения груза 1

$$x = 36t^2 + 5t + 14. \quad (5)$$

Скорость груза 1

$$v = \dot{x} = 72t + 5. \quad (6)$$

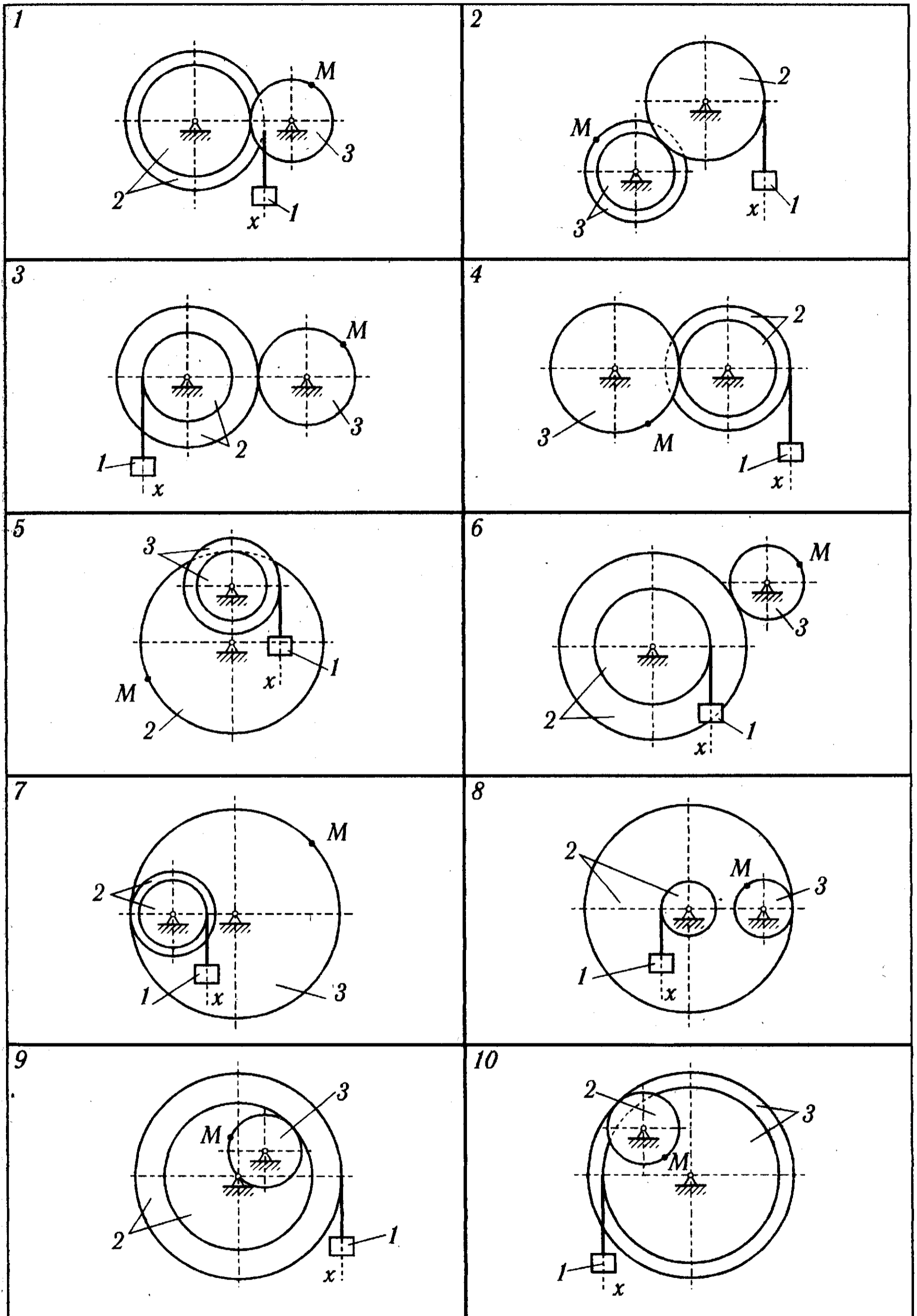


Рис. 68

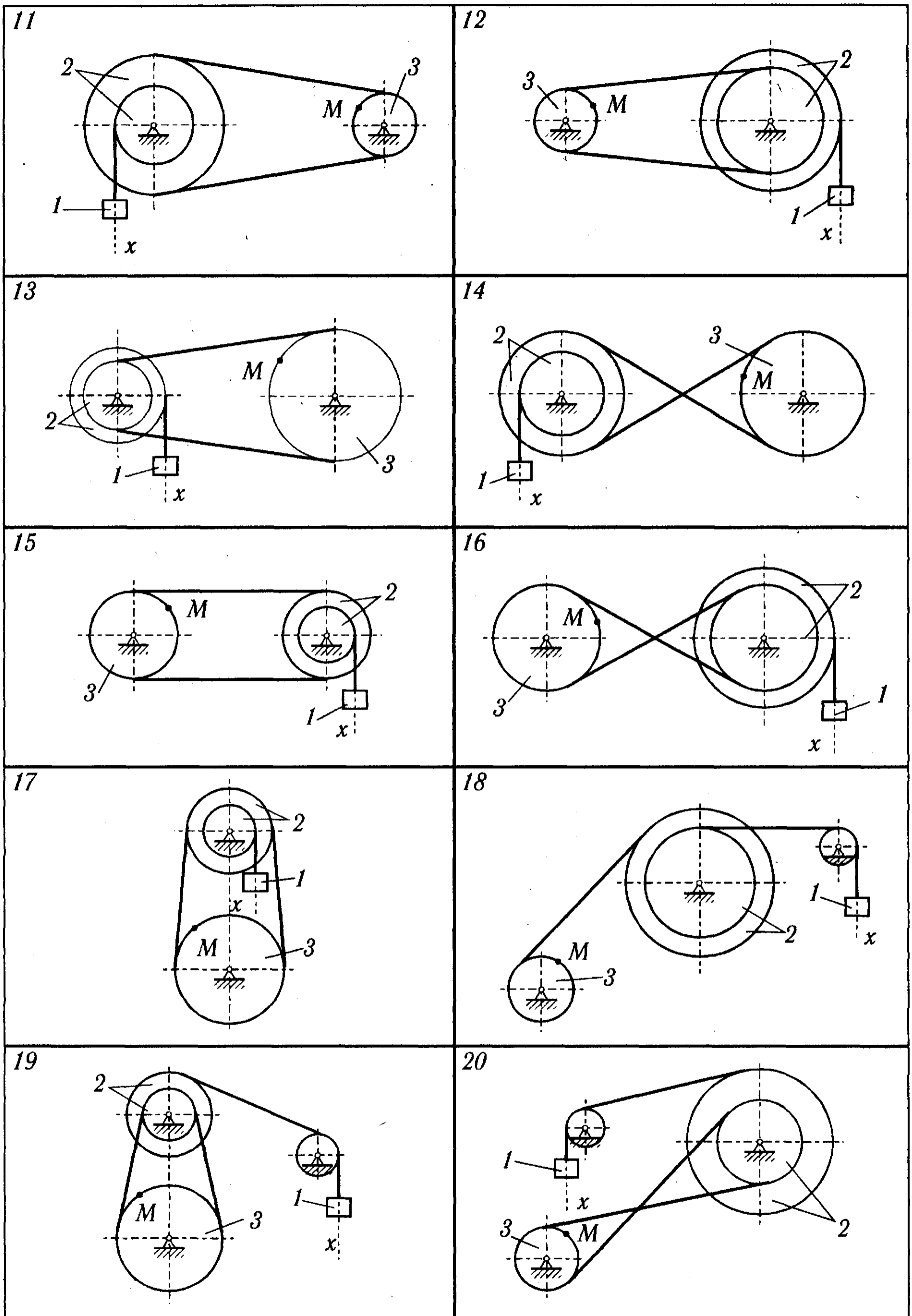


Рис. 69

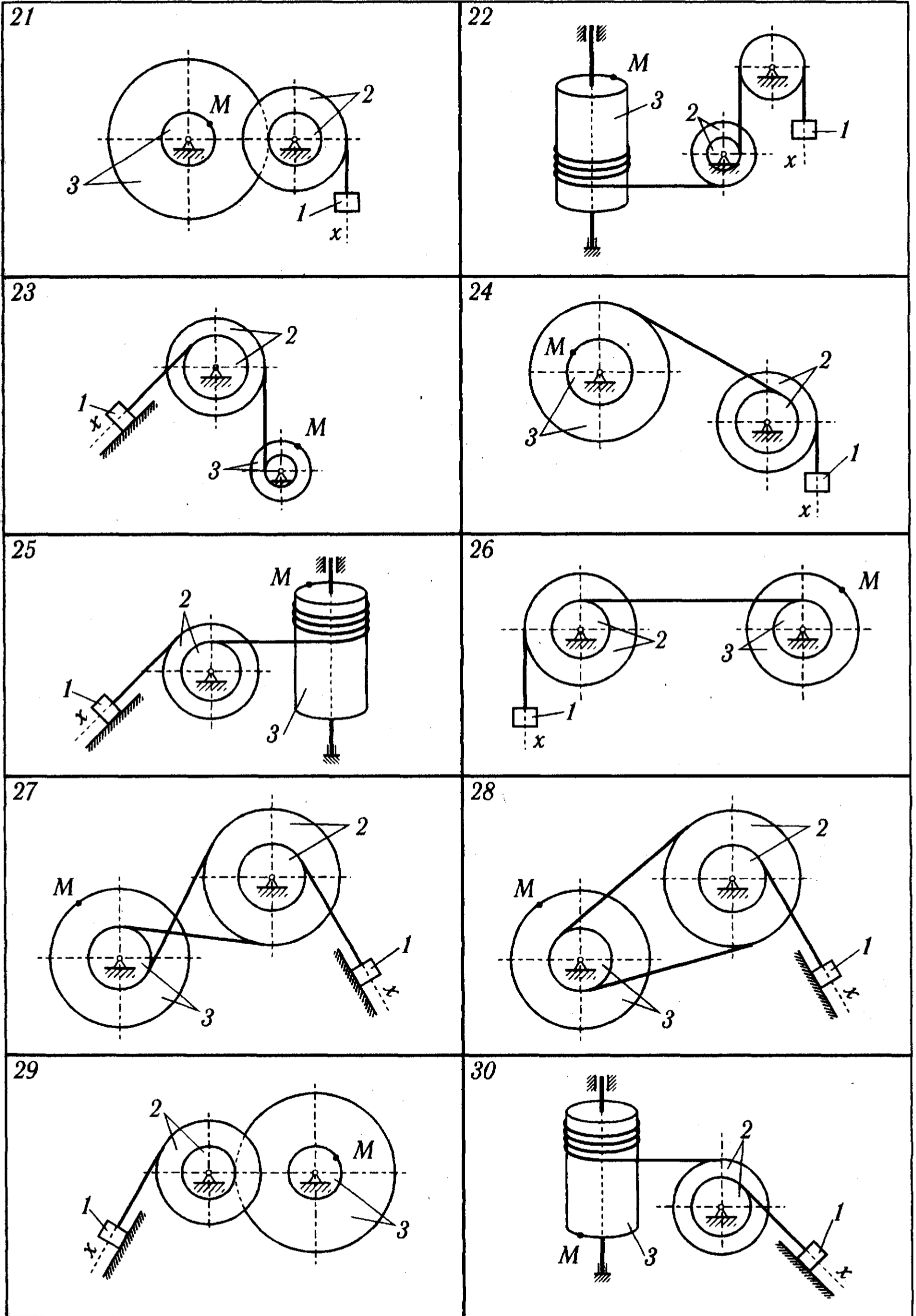


Рис. 70

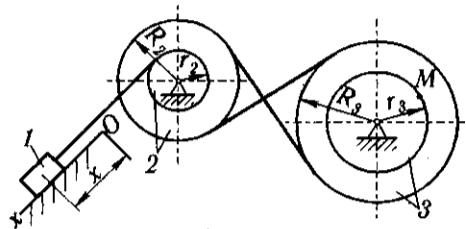


Рис. 71

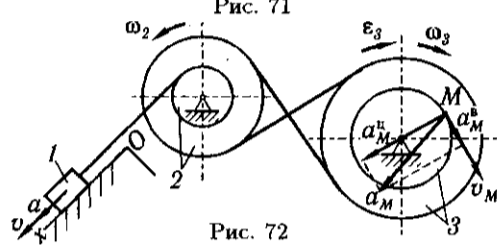


Рис. 72

Ускорение груза 1

$$a = \ddot{x} = 72 \text{ см/с}^2.$$

Для определения скорости и ускорения точки  $M$  запишем уравнения, связывающие скорость груза  $v$  и угловые скорости колес  $\omega_2$  и  $\omega_3$ .

В соответствии со схемой механизма

$$\left. \begin{aligned} v &= r_2 \omega_2; \\ R_2 \omega_2 &= R_3 \omega_3, \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

откуда

$$\omega_3 = v R_2 / (r_2 R_3),$$

или с учетом (6) после подстановки данных

$$\omega_3 = 2,215t + 0,154.$$

Таблица 24

$v$ , см/с	$a$ , см/с <sup>2</sup>	$\omega_3$ , рад/с	$\epsilon_3$ , рад/с <sup>2</sup>	$v_M$ , см/с	$a_M^u$ , см/с <sup>2</sup>	$a_M^b$ , см/с <sup>2</sup>	$a_M$ , см/с <sup>2</sup>
77	72	2,37	2,22	94,8	224	88,6	241

Угловое ускорение колеса 3

$$\epsilon_3 = \dot{\omega}_3 = 2,215 \text{ рад/с}^2.$$

Скорость точки  $M$ , ее вращательное, центростремительное и полное ускорения определяются по формулам

$$\begin{aligned} v_M &= r_3 \omega_3; \\ a_M^b &= r_3 \epsilon_3; \quad a_M^u = r_3 \omega_3^2; \\ a_M &= \sqrt{(a_M^u)^2 + (a_M^b)^2}. \end{aligned}$$

Результаты вычислений для заданного момента времени  $t_1 = 1$  с приведены в табл. 24.

Скорости и ускорения тела 1 и точки  $M$  показаны на рис. 72.

## ПЛОСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА

### Задание К.3. Кинематический анализ плоского механизма

Найти для заданного положения механизма скорости и ускорения точек  $B$  и  $C$ , а также угловую скорость и угловое ускорение звена, которому эти точки принадлежат.