

# Колебания линейной системы с одной степенью свободы.

Авторы Ильин М. М., Пожалостин А. А., Тушева Г. М.

Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана 2002 год.

УСЛОВИЯ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

Рассматриваются малые колебания механической системы с одной степенью свободы около положения устойчивого равновесия. Механические системы представляют собой плоские механизмы, расположенные в вертикальной плоскости и состоящие из твёрдых тел, нитей, демпферов и упругих элементов.

Необходимые числовые данные приведены в таблице и, где это необходимо, на схемах задач. Для всех вариантов на схемах задана обобщённая координата  $q(t)$ , отсчитываемая от положения равновесия в невозмущённом состоянии, а в таблице - соответствующие ей начальные условия. На всех схемах номерами 1, 2 обозначены звенья, массу которых необходимо учитывать при составлении дифференциального уравнения, номером 3 - упругий элемент, номером 4 - демпфер.

Силы и моменты воздействия упругих элементов на тела пропорциональны удлинению пружин или углу закручивания спиральных пружин.

Демпфер создает силу линейно-вязкого сопротивления  $\bar{R} = -\mu_4 \cdot \bar{v}_n$ , пропорциональную скорости движения поршня  $\bar{v}_n$ , где  $\mu_4 > 0$  - коэффициент сопротивления демпфера.

Там, где это необходимо, на схемах вариантов указан радиус инерции звена относительно центральной оси, в остальных вариантах тела вращения принять за однородные сплошные цилиндры.

В вариантах 1, 2, 3, 4, 9, 21, 27 характеристики упругих элементов заданы через их статические деформации  $\Delta_{cm_3}$ , (линейные или угловые).

Внешнее воздействие во всех вариантах изменяется во времени по закону *sinpt*.

При выполнении домашнего задания "Малые колебания - определение параметров колебательного процесса" необходимо:

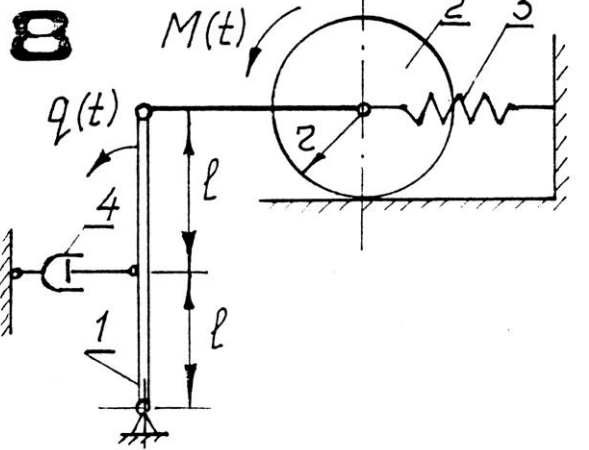
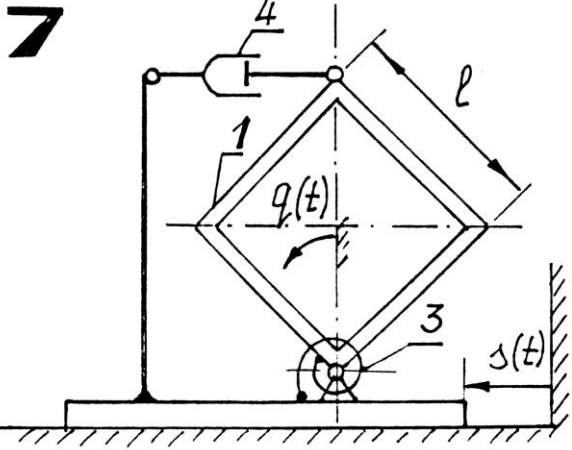
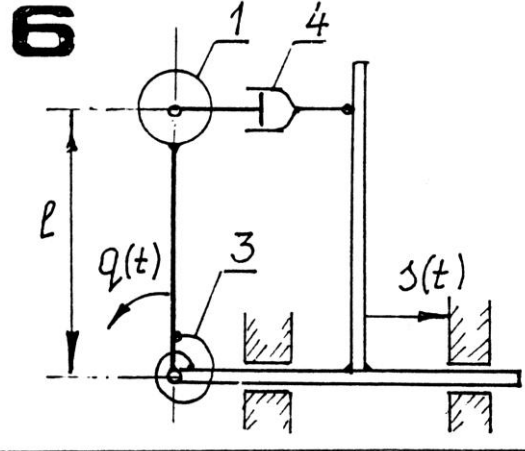
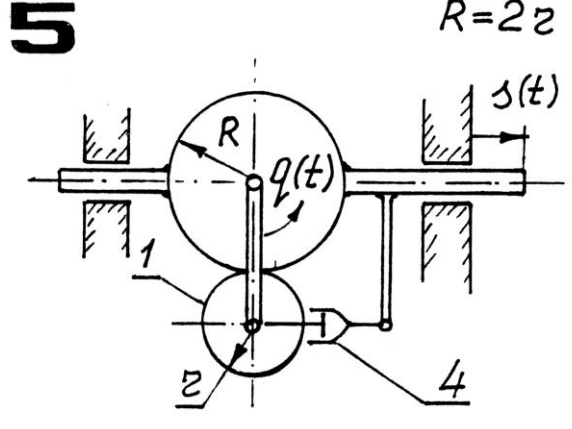
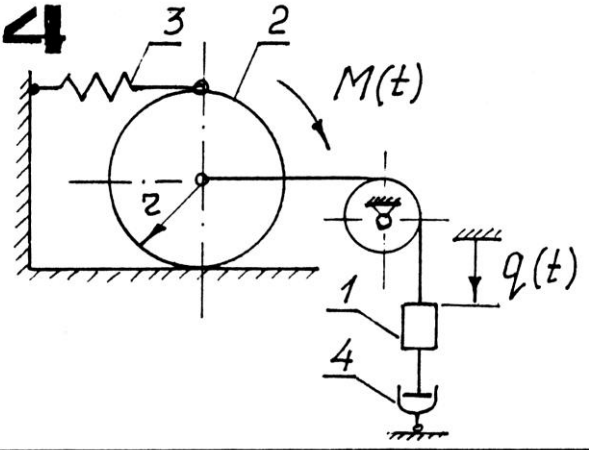
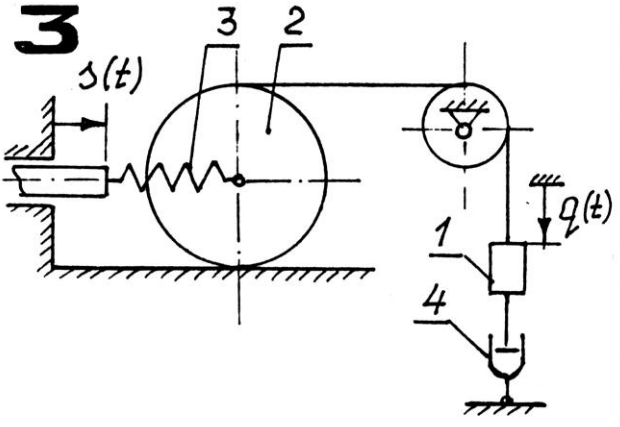
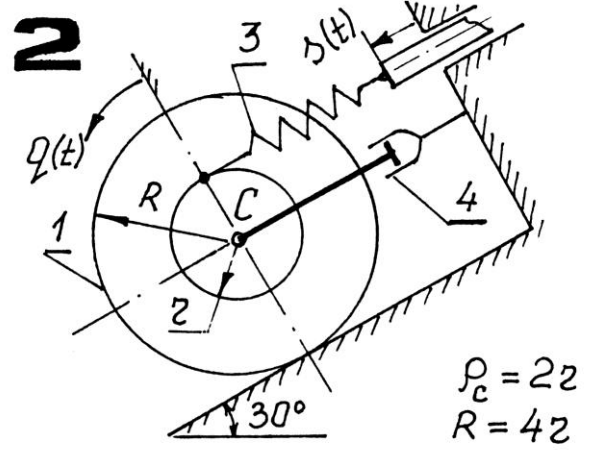
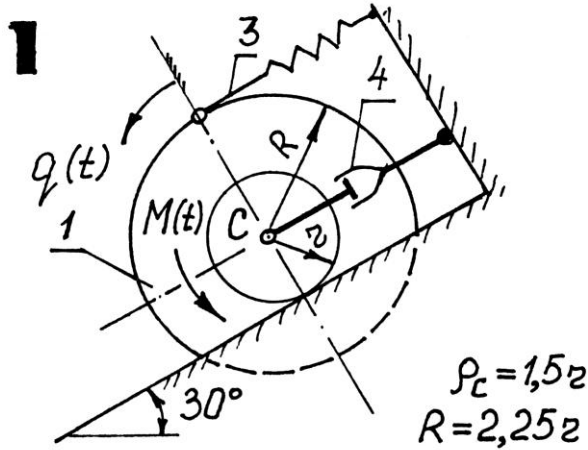
1. Составить дифференциальное уравнение малых колебаний системы.
2. Получить решение этого уравнения и, используя заданные начальные условия, определить постоянные интегрирования.
3. Определить период установившихся вынужденных колебаний  $T_\epsilon$  и добротность системы  $D$ , а для вариантов с малым линейно-вязким сопротивлением ( $n < k$ ) дополнительно:  $T_l$  - условный период затухающих колебаний,  $\delta$  - логарифмический декремент колебаний,  $\tau_0$  - постоянную времени затухающих колебаний.

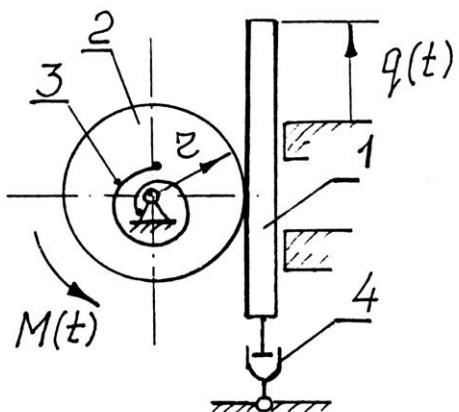
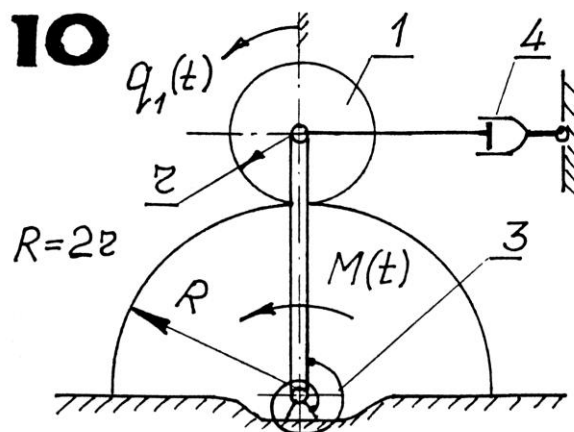
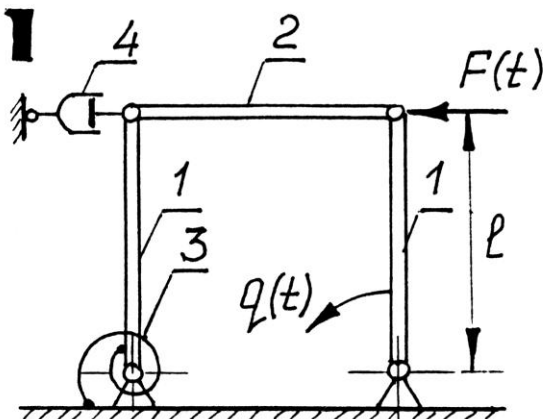
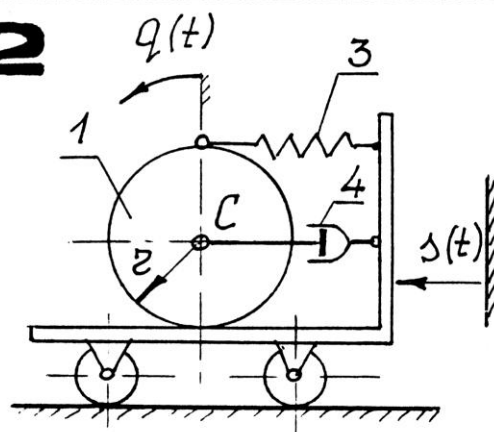
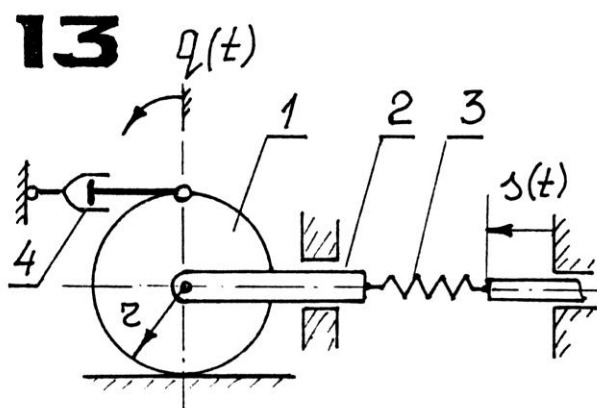
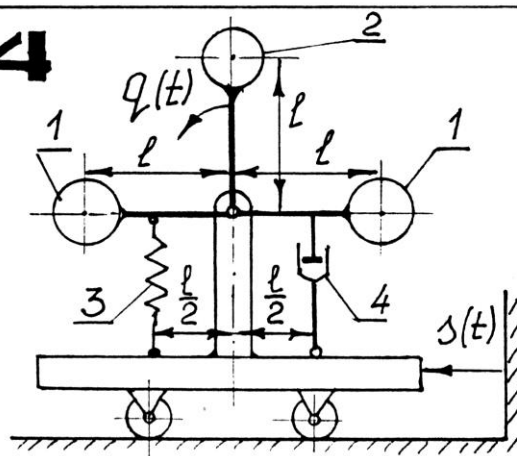
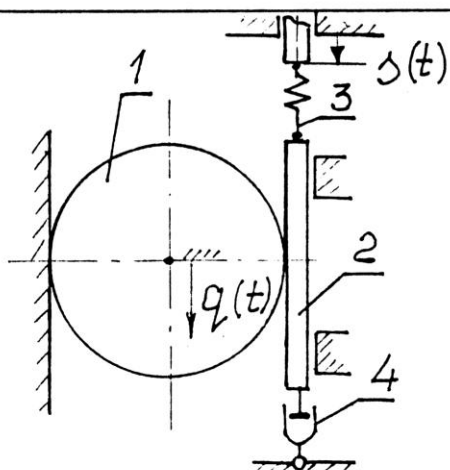
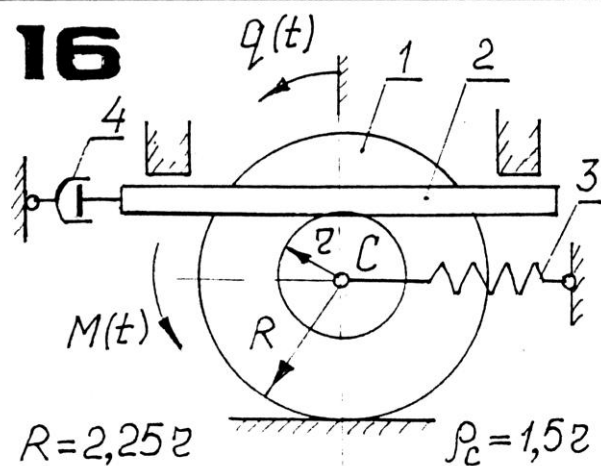
При выполнении домашнего задания "Малые колебания - исследование колебательного процесса" предполагается, что по истечении времени  $4T_\epsilon + 3/n$  ( $4T_\epsilon + 3\tau_0$ ) амплитуда внешнего воздействия увеличивается в два раза, а еще через такой же промежуток времени внешнее воздействие прекращается. Необходимо:

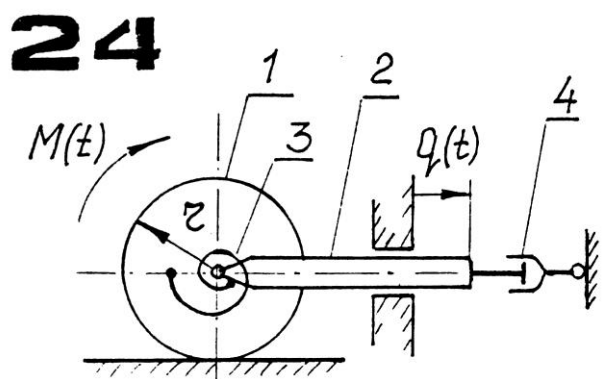
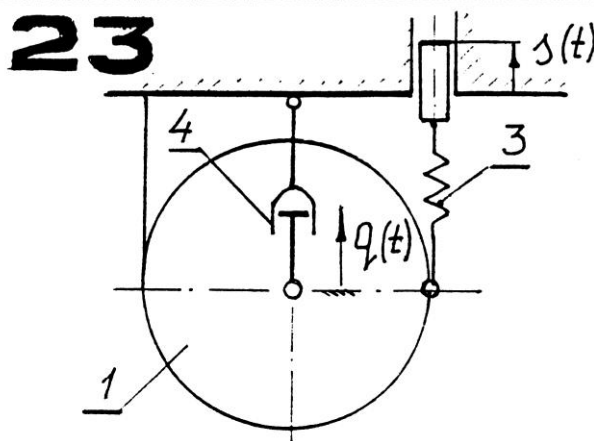
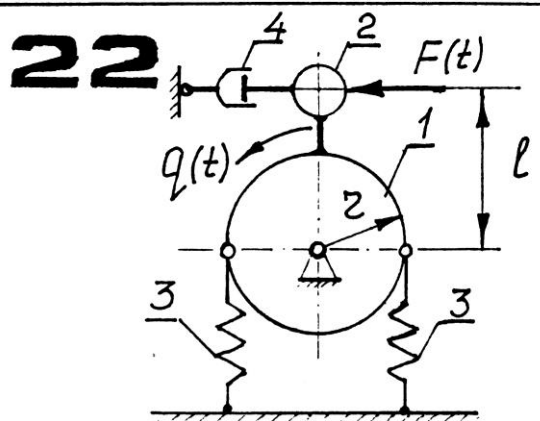
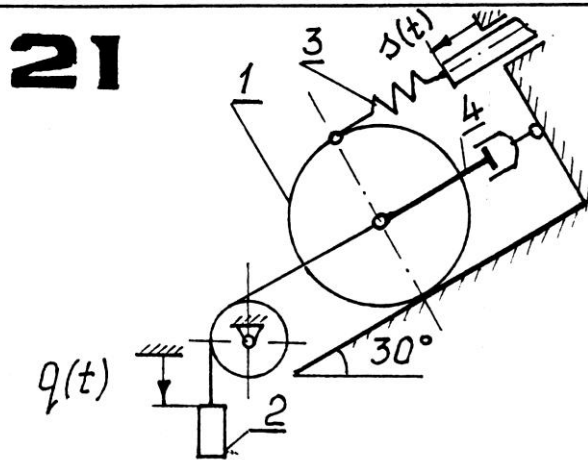
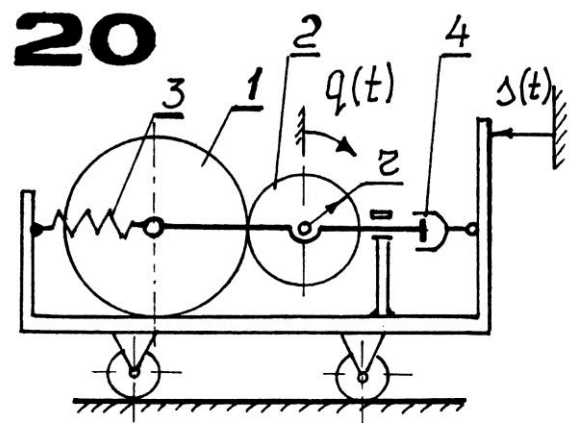
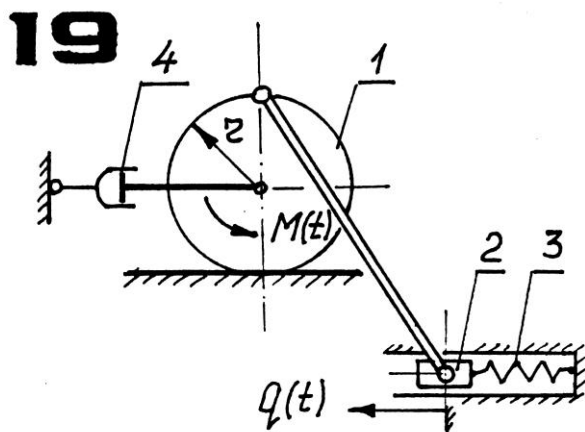
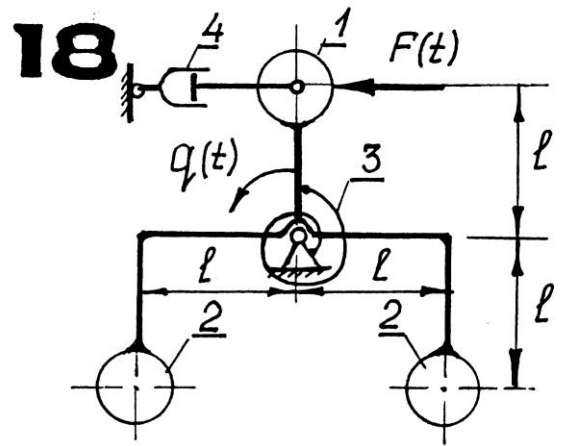
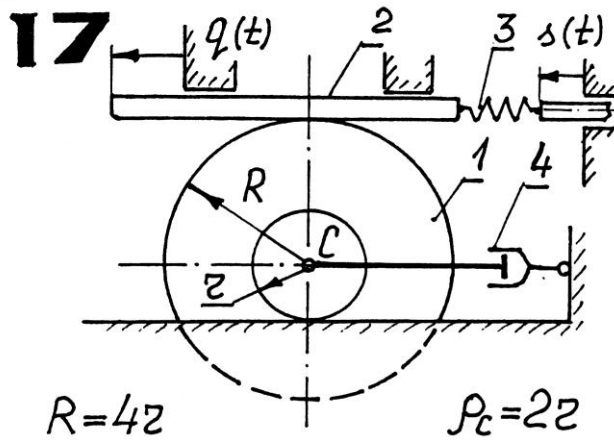
1. Исследовать амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики системы.
2. Исследовать процессы перехода от начального возмущённого состояния к установившимся вынужденным колебаниям, от установившихся вынужденных колебаний при исходной амплитуде внешнего воздействия к установившимся колебаниям при удвоении амплитуды и от последних к состоянию покоя после прекращения внешнего воздействия.
3. Построить график  $q(t)$ , включающий все переходные процессы.

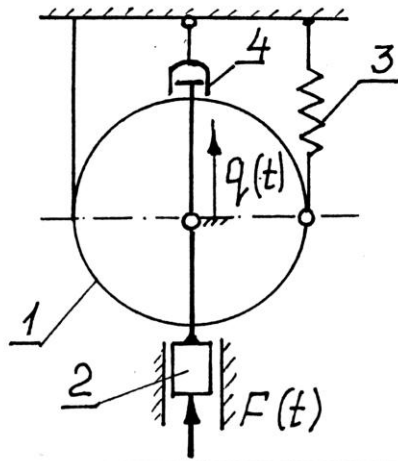
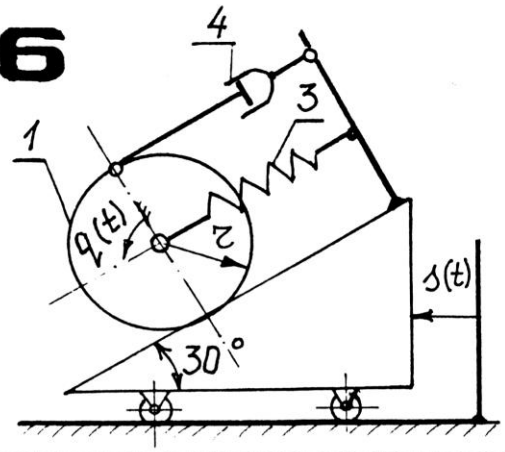
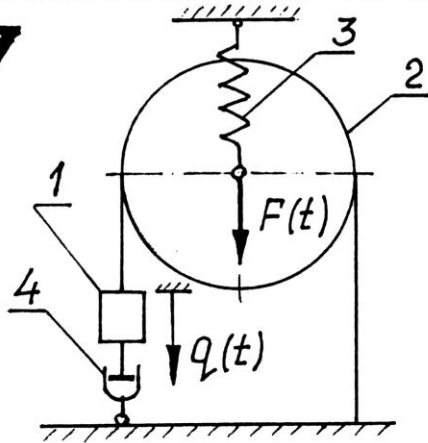
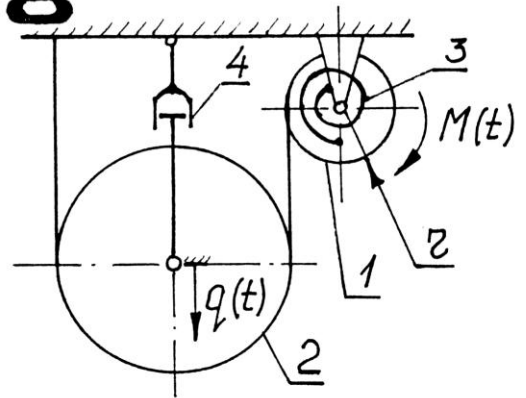
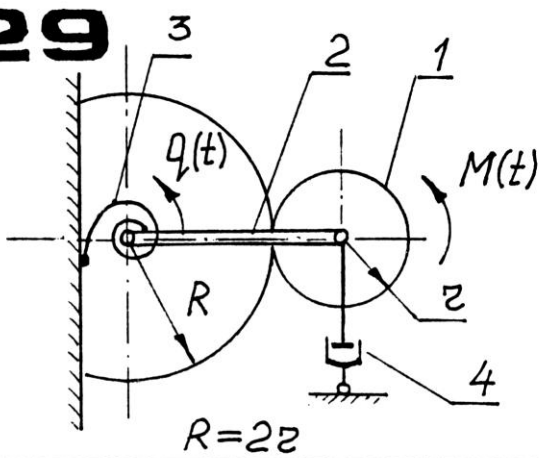
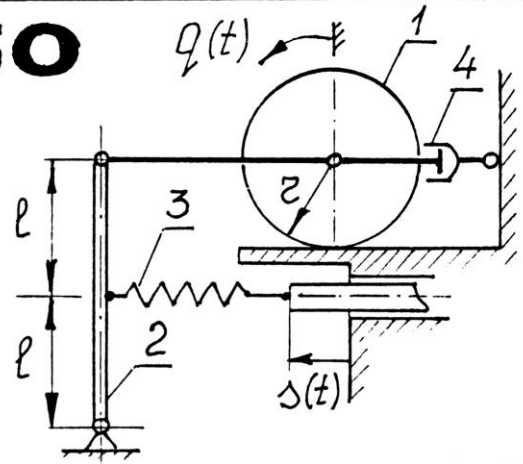
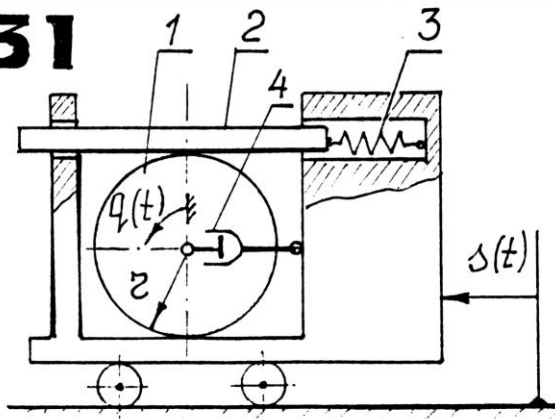
**ТАБЛИЦА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.**

| № вар | $r$  | $l$ | $m_1$ | $m_2$ | $c_3$                                | $\Delta_{cm_3}$ | $\mu_4$       | $F_0(M_0)$    | $s_0$ | $p$   | $q(0)$   | $\dot{q}(0)$                 |
|-------|------|-----|-------|-------|--------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-------|-------|----------|------------------------------|
|       | $m$  | $m$ | $кз$  | $кз$  | $\frac{H}{m}(\frac{H \cdot m}{рад})$ | $m$<br>(рад)    | $H \cdot c/m$ | $H \cdot c/m$ | $m$   | рад/с | $m(рад)$ | $\frac{m}{c}(\frac{рад}{c})$ |
| 1     | 2    | 3   | 4     | 5     | 6                                    | 7               | 8             | 9             | 10    | 11    | 12       | 13                           |
| 1     | 0,4  | –   | 50    | –     | –                                    | 0,1             | 1300          | 100           | –     | 5     | -0,2     | 1                            |
| 2     | 0,25 | –   | 100   | –     | –                                    | 0,1             | 500           | –             | 0,1   | 10    | 0,1      | -1                           |
| 3     | –    | –   | 6,8   | 8     | –                                    | 0,034           | 196           | –             | 0,03  | 11    | 0,05     | -1                           |
| 4     | 0,1  | –   | 3,8   | 4     | –                                    | 0,019           | 78,4          | 3             | –     | 10    | 0,01     | -0,1                         |
| 5     | 0,1  | –   | 2     | –     | –                                    | –               | 6             | –             | 0,02  | 4     | 0,05     | 0,1                          |
| 6     | –    | 1   | 1     | –     | 45,8                                 | –               | 2             | –             | 0,01  | 5     | 0,01     | 0,5                          |
| 7     | –    | 0,4 | 6     | –     | 36,63                                | –               | 15            | –             | 0,03  | 5     | 0,1      | -10                          |
| 8     | 0,2  | 0,4 | 12    | 4     | 1073,5                               | –               | 480           | 10            | –     | 9     | 0,02     | -0,5                         |
| 9     | 0,1  | –   | 2     | 4     | –                                    | 0,25            | 67,2          | 1             | –     | 15    | -0,02    | -0,5                         |
| 10    | 0,1  | –   | 5     | –     | 147                                  | –               | 210           | 9             | –     | 10    | 0,06     | 0,6                          |
| 11    | –    | 0,5 | 3     | 6     | 244,1                                | –               | 96            | 20            | –     | 8     | 0,1      | 1                            |
| 12    | 0,5  | –   | 10    | –     | 6000                                 | –               | 150           | –             | 0,03  | 50    | 0,1      | -1                           |
| 13    | 0,1  | –   | 4     | 1     | 700                                  | –               | 21            | –             | 0,002 | 10    | 0,02     | 0,5                          |
| 14    | –    | 0,5 | 0,5   | 1     | 3278,4                               | –               | 96            | –             | 0,05  | 16    | 0,1      | -0,5                         |
| 15    | –    | –   | 4     | 1     | 122,5                                | –               | 15            | –             | 0,2   | 5     | -0,1     | -1                           |
| 16    | 0,4  | –   | 100   | 50    | 20150                                | –               | 500           | 200           | –     | 10    | 0,1      | -1                           |
| 17    | 0,25 | –   | 200   | 88    | 512                                  | –               | 1920          | –             | 0,01  | 2     | 0,05     | 0,3                          |
| 18    | –    | 1   | 2     | 1     | 384                                  | –               | 120           | 36            | –     | 8     | 0,05     | 0,5                          |
| 19    | 0,2  | –   | 8     | 2     | 500                                  | –               | 400           | 12            | –     | 11    | 0,05     | -2,0                         |
| 20    | 0,2  | –   | 24    | 6     | 7605                                 | –               | 450           | –             | 0,01  | 12    | 0,05     | 0,5                          |
| 21    | –    | –   | 4     | 4     | –                                    | 0,06            | 120           | –             | 0,024 | 10    | 0,02     | 0,1                          |
| 22    | 0,4  | 0,8 | 4     | 2     | 549                                  | –               | 30            | 20            | –     | 20    | 0,02     | -0,5                         |
| 23    | –    | –   | 3     | –     | 288                                  | –               | 45            | –             | 0,1   | 40    | 0,01     | 0,1                          |
| 24    | 0,2  | –   | 20    | 10    | 640                                  | –               | 320           | 100           | –     | 20    | 0,05     | 0,2                          |
| 25    | –    | –   | 10    | 5     | 4500                                 | –               | 200           | 120           | –     | 20    | 0,02     | 0,1                          |
| 26    | 0,2  | –   | 20    | –     | 1080                                 | –               | 15            | –             | 0,02  | 5     | 0,1      | 0,5                          |
| 27    | –    | –   | 4     | 16    | –                                    | 0,12            | 20            | 40            | –     | 8     | -0,15    | -1                           |
| 28    | 0,2  | –   | 2     | 4     | 6,4                                  | –               | 40            | 1,5           | –     | 6     | 0,1      | -0,5                         |
| 29    | 0,1  | –   | 6     | 3     | 360                                  | –               | 60            | 10            | –     | 30    | 0,1      | 0                            |
| 30    | 0,2  | 0,5 | 6     | 3     | 1058,8                               | –               | 100           | –             | 0,02  | 10    | 0,06     | 0,5                          |
| 31    | 0,2  | –   | 6     | 4     | 625                                  | –               | 300           | –             | 0,02  | 19    | 0,05     | -0,5                         |
| 32    | 0,2  | –   | 18    | 8     | 1600                                 | –               | 500           | 500           | –     | 12    | 0,05     | -1                           |



**9****10****11****12****13****14****15****16**



**25****26****27****28****29****30****31****32**