

У1. МЕХАНИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 634.02.23:531.15.18

А.М.Комиссаров, канд. техн. наук,
Е.С.Ковальчук, В.И.Немцова (БТИ),
Г.В.Кнышевский, Г.И.Кейзер, канд. техн. наук
(БелНИИЛХ)

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЫЧАЖНО-МАЯТНИКОВОГО ПОСАДОЧНОГО АППАРАТА ЛЕСОПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ МЛ-1

Исследования проведены с целью выявления силовых нагрузок на конструктивные элементы посадочного аппарата и качественных показателей посадки саженцев.

Динамический анализ посадочного аппарата производился методом кинетостатики, основанным на принципе Даламбера [1]. Расчет осуществлялся для наиболее неблагоприятного режима работы аппарата, т. е. для передаточного отношения (рис.1)

$$i_{42} = z_2/z_4 = 24/11.$$

Известно, что шарниры (подшипники) и звенья аппарата подвергаются статическим и динамическим нагрузкам, зависящим от величин внешних сил, инерционных сил и масс звеньев. Проявление сил инерции тем больше, чем выше ускорения точек звеньев механизма.

В рычажных механизмах ускорения меняются по величине и направлению в течение одного цикла работы аппарата, следовательно, подшипники и звенья его испытывают переменные нагрузки. Для определения величины и направлений этих нагрузок рассмотрено 12 положений механизма и использованы значения ускорений точек звеньев, полученных при кинематическом анализе аппарата [2].

Значения величин сил инерции и моментов сил инерции, действующих на посадочный аппарат, получаем по следующим формулам:

Т а б л и ц а 1. Силы и моменты инерции звеньев посадочного аппарата для 12 положений механизма

| Положение механизма | Сила инерции F_i^a , Н | | | | Момент инерции M_i^u , Н·м | | |
|---------------------|--------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|
| | F_1^u | F_2^u | F_3^u | F_4^u | M_1^u | M_2^u | M_3^u |
| 0 | 0,3 | 5,3 | 0,9 | 25,0 | 0 | 0,123 | 6,56 |
| 1 | 0,3 | 4,8 | 0,81 | 24,4 | 0 | 0,004 | 4,58 |
| 2 | 0,3 | 1,7 | 0,54 | 15,1 | 0 | 0,224 | 1,87 |
| 3 | 0,3 | 1,7 | 0,45 | 11,4 | 0 | 0,155 | 2,46 |
| 4 | 0,3 | 1,9 | 0,27 | 7,2 | 0 | 0,075 | 1,86 |
| 5 | 0,3 | 1,9 | 0,27 | 6,5 | 0 | 0,016 | 1,97 |
| 6 | 0,3 | 2,4 | 0,36 | 10,1 | 0 | 0,056 | 2,82 |
| 7 | 0,3 | 2,7 | 0,45 | 17,5 | 0 | 0,102 | 3,55 |
| 8 | 0,3 | 2,2 | 0,36 | 9,7 | 0 | 0,059 | 1,86 |
| 9 | 0,3 | 2,4 | 0,36 | 9,3 | 0 | 0,031 | 0,20 |
| 10 | 0,3 | 2,6 | 0,27 | 9,7 | 0 | 0,049 | 0,95 |
| 11 | 0,3 | 2,6 | 0,45 | 12,2 | 0 | 0,069 | 3,18 |

* 1 - звено O_1A (рис. 1), $m_1=0,435$ кг; 2 - звено AB , $m_2=1,6$ кг; 3 - звено O_2B , $m_3=0,9$ кг; 4 - звено O_2C , $m_4=4,2$ кг.

Условно можно считать, что звенья механизма под действием приложенных сил находятся в равновесии. Тогда будут справедливы равновесия:

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0; \quad (3) \quad \sum_{i=1}^n M_i = 0, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n F_i$ - геометрическая сумма всех сил, приложенных к соответствующим звеньям механизма, Н; $\sum_{i=1}^n M_i$ - суммарный момент инерции всех сил, в том числе сил инерции, приложенных к i -му звену относительно выбранной точки, Н·м.

В целях составления уравнения (4) для каждого положения механизма строим группу Ассур 2 - 3 [3]. Реакции в шарнирах A и O_2 (рис. 2) разложим на две составляющие: касательную \vec{R}_{12}^τ и нормальную \vec{R}_{12}^n для шарнира A ; \vec{R}_{03}^τ и \vec{R}_{03}^n для шарнира O_2 .

Для определения указанных величин составляем уравнения

$$\pm R_{12}^\tau AB \pm G_2 h_1 \pm F_2^u h_2 \pm M_2^u = 0, \quad (5)$$

откуда
$$R_{12}^\tau = \frac{G_2 h_1}{AB} - \frac{F_2^u h_2}{AB} + \frac{M_2^u}{\mu_1 AB},$$

где h_1, h_2 - плечи сил G_2 и F_2^u ; μ_1 - линейный масштаб звена АВ.

$$+ R_{O_3}^T O_2 B - G_3 h_3 + F_3^u h_4 + M_3 - G_4 h_5 + F_4^u h_6 = 0, (6)$$

$$\text{откуда } R_{O_3}^T = \frac{G_3 h_3}{O_2 B} - \frac{F_3^u h_4}{O_2 B} + \frac{G_4 h_5}{O_2 B} + \frac{F_4^u h_6}{O_2 B} + \frac{M_3}{\mu_1 O_2 B},$$

где h_3, h_4, h_5, h_6 - плечи сил G_3, F_3^u, G_4, F_4^u ; μ_1 - линейный масштаб звена $O_2 B$.

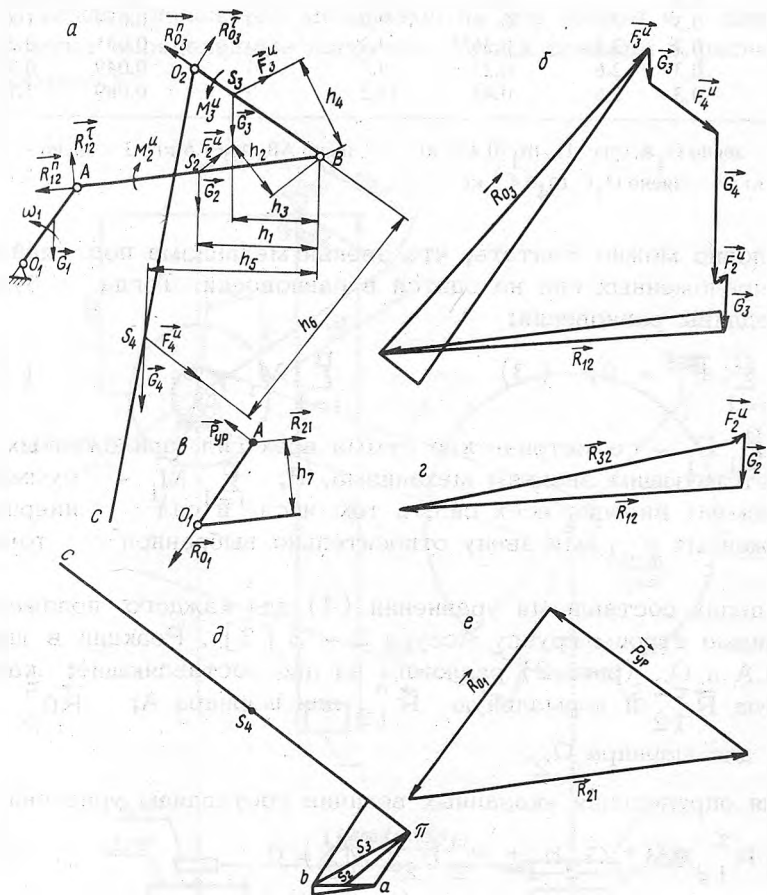


Рис. 2. К определению сил и моментов, действующих на посадочный аппарат: а - план группы 2-3; б - план сил группы 2-3; в - план кривошипа $O_1 A$; г - план сил шатуна АВ; д - план ускорений; е - план сил кривошипа $O_1 A$.

Решив уравнения (5) и (6) для всех положений механизма (табл. 2), строим планы сил в масштабе μ_p (рис. 2), из которых определяем величины и направления действия реакций в шарнирах А, В и O_2 .

В целях определения реакции R_{O_1B} шарнире O_1 допустим, что моменты всех сил, действующих на кривошип O_1A (рис. 2), уравновешиваются силой $P_{ур}$, приложенной в точке А перпендикулярно кривошипу O_1A .

Уравнение равновесия кривошипа*

$$+R_{21}h_7 - P_{ур}O_1A = 0;$$

$$\vec{R}_{21} + \vec{G}_1 + \vec{F}_{ур} + \vec{R}_{O_1} = 0. \quad (7)$$

Из уравнения (7) находим

$$P_{ур} = \frac{R_{21}h_7}{O_1A}.$$

Уравновешивающий момент $M_{ур}$ определяем из выражения

$$M_{ур} = I_{O_1A} P_{ур},$$

где I_{O_1A} — длина кривошипа O_1A , м.

Результаты расчетов значений $P_{ур}$ и $M_{ур}$ по всем 12 положениям механизма приведены в табл. 3.

Знак "—" означает, что уравновешивающий момент направлен в сторону, обратную направлению угловой скорости кривошипа.

Величину усилия (натяжения) ведущей ветви цепного привода посадочного аппарата получаем из формулы

$$P = M_{ур} / r_4,$$

где r_4 — радиус начальной окружности звездочки z_4 (рис.1).

Как показывают расчеты, начиная с 6-го положения механизма результат для $P_{ц}$ получается отрицательным. Ведущая

* Смещением центра тяжести кривошипа относительно оси вращения пренебрегаем.

Т а б л и ц а 2. Значения касательных составляющих R_{12}^T и R_{03}^T реакций в шарнирах А и O_2

| Составляющие реакций | Положение механизма | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $R_{12}^T, \text{Н}$ | 6.1 | 6.6 | 7.8 | 7.80 | 7.85 | 7.46 | 6.71 | 5.92 | 6.6 | 7.33 | 7.48 | 6.62 |
| $R_{03}^T, \text{Н}$ | 108,86 | 112,1 | 49,1 | 47,8 | 52,3 | 42,7 | 28,1 | 22,0 | 52,3 | 63,2 | 75,6 | 80,3 |

Т а б л и ц а 3. Значения уравновешивающей силы $P_{ур}$ и уравновешивающего момента $M_{ур}$ для положения механизма 0-11

| Уравновешивающие величины | Положение механизма | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----|-------|------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $P_{ур}, \text{Н}$ | 4,5 | 75 | 3 | 21 | 27 | 35 | 16 | 11 | 13 | 37 | 20 | 16 |
| $M_{ур}, \text{Н·м}$ | 0,52 | 8,6 | 0,345 | 2,42 | 3,12 | 4,03 | -1,85 | -1,27 | -1,5 | -4,27 | -2,3 | -1,85 |

Т а б л и ц а 4. Нагрузки на шарниры и звенья посадочного аппарата в положении 0-11

| Нагрузка в шарнирах механизма | Положение механизма | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| $R_{12}(A), \text{Н}$ | 88 | 98 | 6 | 30 | 55 | 53 | 42 | 18 | 42 | 37 | 25 | 29 |
| $R_{03}(O_2), \text{Н}$ | 110 | 115 | 74 | 68 | 82 | 88 | 80 | 63 | 98 | 100 | 91 | 85 |
| $R_{32}(B), \text{Н}$ | 91 | 96 | 12 | 30 | 56 | 60 | 51 | 32 | 53 | 45 | 35 | 36 |
| $R_{02}(O_1), \text{Н}$ | 85 | 60 | 5 | 21 | 48 | 40 | 38 | 15 | 39 | 3 | 12 | 25 |
| $P_{ур}, \text{Н}$ | 4,5 | 75 | 3 | 21 | 27 | 35 | 16 | 11 | 13 | 37 | 20 | 16 |
| $M_{ур}, \text{Н·м}$ | 0,52 | 8,6 | 0,34 | 2,42 | 3,12 | 4,03 | -1,85 | -1,27 | -1,50 | -4,27 | -2,30 | -1,85 |
| $P_{ц}, \text{Н}$ | 17,8 | 296 | 11,8 | 81 | 106 | 138 | -59 | -43 | -51 | -146 | -79 | -63 |

ветвь цепи при определенных положениях механизма становится как бы ведомой, а ведомая, наоборот, ведущей. Это свидетельствует о неравномерности действующих усилий на посадочный аппарат в процессе работы.

Результаты выполненных расчетов представлены в сводной табл. 4.

Как следует из табл. 4, нагрузки на шарниры (подшипники) и звенья посадочного аппарата при различных положениях в

работе неравномерны и по абсолютным величинам незначительны.

Л и т е р а т у р а

1. Артоболевский Н.И. Теория машин и механизмов. - М., 1978. - 326 с.
2. Комиссаров А.М. Исследование кинематики рычажно-маятникового посадочного аппарата. - Минск, 1978, с.108 - 114.
3. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. - М., 1970. - 480 с.