

Рисунок 4 — Результат расчётов в виде графиков (вращение МА против часовой стрелки)

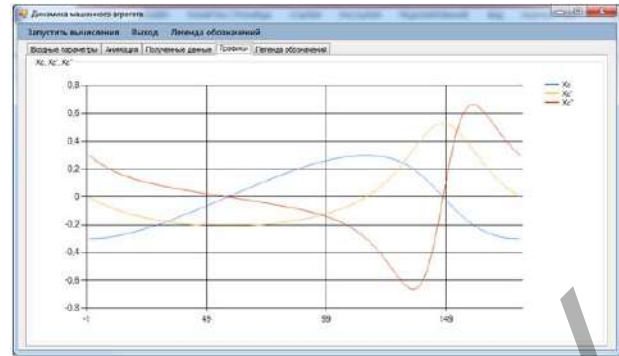


Рисунок 5 — Результат расчётов в виде графиков (вращение МА по часовой стрелке)

Заключение. Программа, разработанная для исследования КШМ, позволяет выводить на экран и на печать полученные величины в табличном виде и в виде графиков в зависимости от угла поворота кривошипа. Данная разработка будет использована в учебном процессе для обеспечения курсового проектирования по теории механизмов и машин на тему «Исследование динамики машинного агрегата» и составления математической модели строгальных станков, является наглядным примером междисциплинарных связей при изучении технических дисциплин. Предусмотрена возможность доработки для динамического расчёта станков с конструктивными особенностями.

Список цитируемых источников

1. *Филонов, И. П.* Теория механизмов, машин и манипуляторов / И. П. Филонов, И. П. Андипорович, В. К. Акулич. — Минск : Дизайн ПРО, 1998. — 656 с.
2. *Толочинец, И. М.* Математическое моделирование шестизвенных механизмов на примере рычажного механизма строгального станка : автореф. дис. ... магистра техн. наук : 1-36 80 03 / И. М. Толочинец. — Барановичи, 2015. — 57 с.
3. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин : учеб. пособие / В. К. Акулич [и др.] ; под общ. ред. Г. Н. Девойно. — Минск : Выш. шк., 1986. — 286 с.

УДК 531.8

І. М. Дыдышка, С. І. Русан

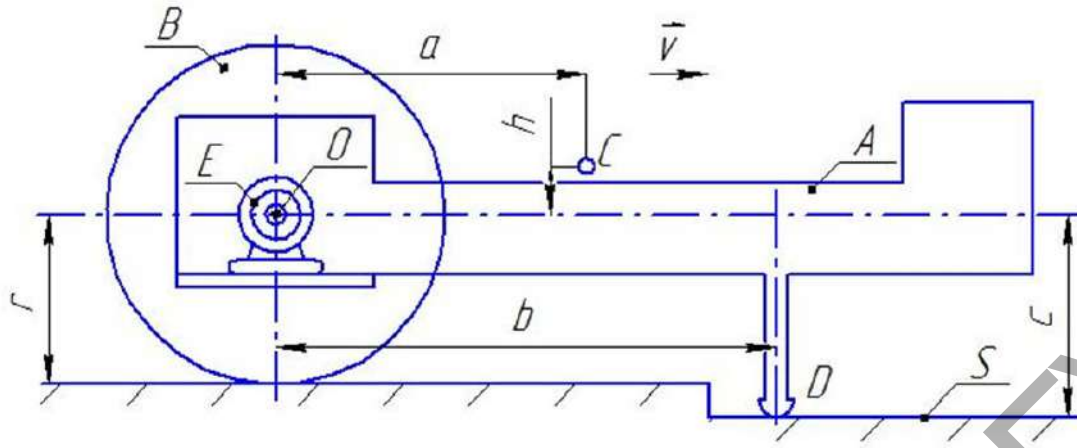
Установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт», Баранавічы

ВЫЗНАЧЭННЕ СТАРТАВАГА МОМЕНТУ ЭЛЕКТРАРУХАВІКА ДЛЯ ЗАДАДЗЕНАЙ МАБІЛЬНАЙ МЕХАНІЧНАЙ СІСТЭМЫ

Уводзіны. Мабільныя механічныя сістэмы шырока выкарыстоўваюцца на дапаможных работах у сельскай гаспадарцы і прамысловасці. Такая сістэма, як правіла, уключае цвёрдае цела, на якім замацаваны рабочы орган, сродкі перамяшчэння (цыліндры, колы, гусеніцы і г. д.) і рухавік, злучаны са сродкамі перамяшчэння. Мабільнай сістэмай (машынай) выконваецца работа па пераадоўванні карысных і шкодных супраціўленняў. Машына можа паспяхова функцыянаваць толькі пры пэўных параметрах рухавіка.

Асноўная частка. Абстрактная мадэль мабільнай механічнай сістэмы складаецца з цела A масы m_A , кола B масы m_B і электрарухавіка E , які прыводзіць сістэму ў рух. Ротар рухавіка жорстка звязаны з колам B , і яго маса і момант інерцыі ўлічваюцца ў інерцыйных характарыстыках кола B . Цела A абпіраецца на гарызонтальную плоскасць S у пункце D (рысунак 1). Корпус электрарухавіка прымацаваны да цела A .

Шурпатаць паверхні S забяспечвае качэнне кола без слізгання. Цэнтры цяжару цела A і кола B абазначаны на рысунку літарамі C і O адпаведна. Напрамак руху паказаны стрэлкай. Прыняты абазначэнні: r — радыус кола; i_ξ — яго радыус інерцыі; f — каэфіцыент трэння ў пункце D ; $M = M(t)$ — момант, перадаваемы ад рухавіка E на кола B . Целы, якія ўтвараюць механічную сістэму, разглядаюцца як абсалютна цвёрдыя. У пачатковы момант часу ($t = 0$), калі механічная сістэма нерухомая, уключаецца электрарухавік. Праз t секунд пачынаецца рух сістэмы.



Рисунак 1 — Агульны выгляд мабільнай механічнай сістэмы

Вызначэнне моманту $M(t)$ у прамежак часу $0 \leq t \leq \tau$.

Будзем лічыць, што механічная характарыстыка рухавіка E вызначаецца дыферэнцыяльным ураўненнем

$$b_1 \frac{dM}{dt} + b_2 M = b_3 - \alpha \omega, \quad (1)$$

дзе b_1, b_2, b_3, α — пастаянныя каэфіцыенты;
 ω — вуглавая скорасць.

У інтэрвале часу $0 \leq t \leq \tau$ ва ўраўненні (1) $\omega = 0$. Рашэнне неаднароднага ўраўнення (1) з пастаяннымі каэфіцыентамі шукаем у выглядзе сумы рашэнняў аднароднага M_1 і неаднароднага M_2 ураўненняў: $M(t) = M_1 + M_2$. Карыстаючыся тыповой методкай рашэння, прымаем: $M_1 = C_1 e^{kt}$, $M_2 = C_2$. Пастаянную k знаходзім з характарыстычнага ўраўнення $k = -b_2 / b_1$. Агульнае рашэнне ўраўнення (1) прыводзіцца да выгляду: $M(t) = C_1 e^{-(b_2/b_1)t} + b_3 / b_2$.

Пастаянную C_1 вызначаем з пачатковай умовы: пры $t = 0$, $M(t) = 0$. Атрымліваем: $C_1 = -b_3 / b_2$. Канчаткова:

$$M(t) = b_3(1 - e^{-(b_2/b_1)t})/b_2. \quad (2)$$

Патрэбны стартавы момант $M(\tau)$ не можа быць атрыман з формулы (2), бо ў ёй не вядома значэнне $t = \tau$. Каб працягнуць рашэнне, выкарыстаем гэзарэму аб змяненні кінетычнай энергіі ў дыферэнцыяльнай форме $dT = \sum dA_i$ [1—3]. Прадыферэнцыруем гэту роўнасць па часе. Атрымаем:

$$dT/dt = \sum N_i, \quad (3)$$

дзе T — кінетычная энергія сістэмы;
 $N_i = dA_i / dt$ — магутнасць сілы F_i , што дзейнічае на яе;
 dA_i — элементарная работа сілы.

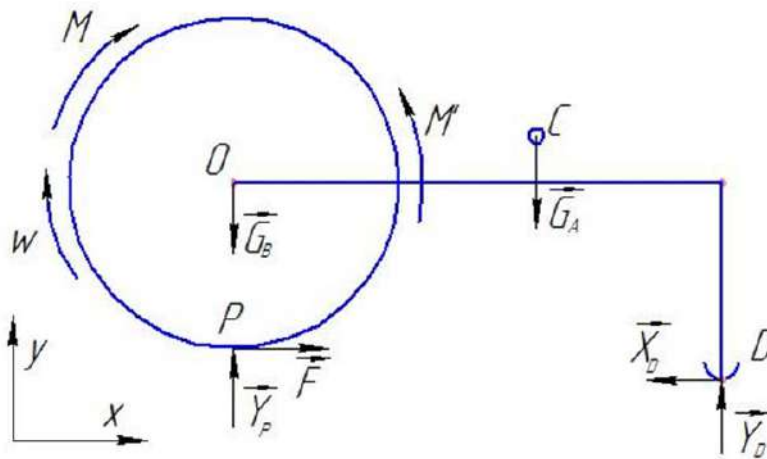
Разліковая схема механічнай сістэмы прадстаўлена на рысунках 2, 3, дзе выкарыстаны агульнапрынятыя абазначэнні сіл цяжару, рэакцый сувязей і скорасцей [1—3]. Будзем улічваць, што $\vartheta_O = \vartheta_C = \vartheta_A = \vartheta = \dot{\vartheta}$, і пры качэнні без слізгання $\omega = \dot{\vartheta} / r$. Карыстаючыся мадэллю, што на рысунку 2, і прымаючы да ўвагі залежнасць $X_D = fY_D$, знойдзем выражэнні: $T = m_{\text{пр}} \dot{\vartheta}^2 / 2$, $\sum N_i = (M/r - fY_D) \dot{\vartheta}$. Тады паводле роўнасці (3) атрымаем:

$$m_{\text{пр}} \ddot{\vartheta} = M/r - fY_D, \quad (4)$$

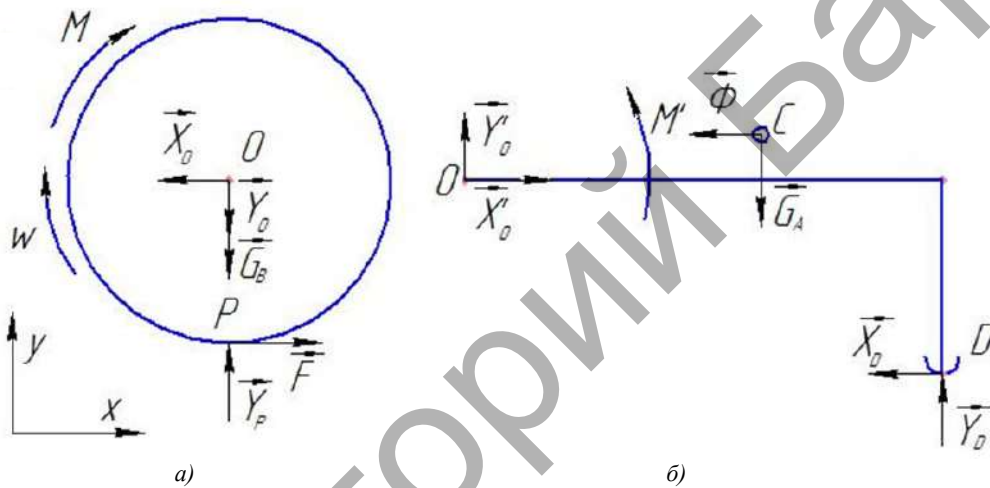
дзе $m_{\text{пр}} = m_A + (1 + \frac{I_A}{r^2})m_B$ — прыведзеная маса сістэмы.

Каб выключыць з роўнасці (4) невядомую рэакцыю Y_D , складзем ураўненне метаду кінэстатыкі асобна для цела A (рысунак 3, б): $\sum M_O(\vec{F}_i) = M' - G_A a - fY_D c + Y_D b + \Phi h = 0$, дзе $\Phi = m_A a_C = m_A \ddot{\vartheta}$ — сіла інерцыі. Адсюль $Y_D = (G_A a - M' - m_A h \ddot{\vartheta}) / d$. Тут $d = b - fc$; $M' = M$. Падстаўляем Y_D у роўнасць (4) і ўводзім абазначэнні: $a_1 = f + d/r$; $a_2 = f a m_{AG}$; $a_3 = m_{\text{пр}} d - f h m_A$. Атрымліваем:

$$a_3 \ddot{\vartheta} = a_1 M - a_2. \quad (5)$$



Рысунак 2 — Разліковая схема ўсёй мабільнай сістэмы



а — левая частка; б — правая частка

Рысунак 3 — Разліковыя схемы левай і правай частак

Рух сістэмы пачынаецца пры дадатным паскарэнні, значыць, пры $\ddot{x} > 0$ ці $a_3\ddot{x} > 0$. Але тады ва ўраўненні (5) і правая частка $(a_1M - a_2) > 0$. Адсюль $M > a_2 / a_1$, а гэта азначае, што мінімальны пачатковы (стартавы) момант роўны:

$$M_n = a_2 / a_1. \quad (6)$$

Ведаючы $M_n = M(\tau)$, з формулы (2) знаходзім час τ пачатку руху сістэмы:

$$\tau = b_1/b_2 \ln\left(\frac{b_3}{b_3 - b_2 M_n}\right).$$

Заклучэнне. Аналізуючы формулу (6), прыходзім да высновы, што неабходны стартавы момант на вале электрарухавіка прапарцыянальны сіле супраціўлення руху ў пункце D.

Спіс цытаваных крыніц

1. Чигарев, А. В. Курс тэарэтычнай механікі : учеб. пособие / А. В. Чигарев, Ю. В. Чигарев. — Мінск : Новое знанне ; М. : ЦУПЛ, 2010. — 398 с.
2. Хвясько, Г. М. Курс тэарэтычнай механікі : вучэб. дапам. / Г. М. Хвясько. — Мінск : БДТУ, 2000. — 354 с.
3. Яблонскі, А. А. Курс тэарэтычнай механікі : учеб. для высш. техн. учеб. заведений : в 2 ч. / А. А. Яблонскі. — М. : Вышш. шк., 1971. — Ч. 2 : Дынаміка. — 488 с.