УДК 531.8:621.01

У. А. ПАТАПАЎ[1]*, С. І. РУСАН*[1]*, Л. А. СІВАЧЭНКА*[2]
[1]*Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт, Баранавічы, Беларусь*
[2]*Беларуска-Расійскі ўніверсітэт, Магілёў, Беларусь*

МЕТОДЫКА ЎСТАНАЎЛЕННЯ ЗАЛЕЖНАСЦЕЙ ПАМІЖ КААРДЫНАТАМІ І ВУГЛАМІ Ў СІСТЭМЕ ДЗВЮХ АКРУЖНАСЦЕЙ, ЗЛУЧАНЫХ АДРЭЗКАМ

Прадстаўлены два метады рашэння задачы па ўстанаўленні залежнасцей паміж каардынатамі і вугламі ў сістэме дзвюх акружнасцяў, злучаных адрэзкамі. Вынікам гэтага даследавання з'яўляецца матэматычная мадэль чатырохзвеннага механізма, якая можа быць выкарыстана пры рашэнні прыкладных задач тэорыі механізмаў і машын, у тым ліку пры праектаванні і разліку чатырохзвеннага механізма ланцужнага агрэгата.

Ключавыя словы: акружнасці; каардынаты; адрэзак; матэматычная мадэль; чатырохзвенны механізм.

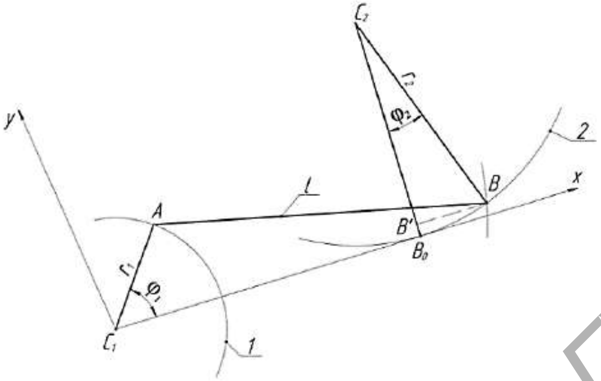
Уступ. Задача, коратка сфармуляваная ў загалоўку артыкула, можа падацца абстрактнай і бессэнсоўнай. Магчыма па гэтай прычыне ў вядомых нам крыніцах інфармацыі яна не разглядаецца, у тым ліку і пры праектаванні абсталявання [1–6]. На самой жа справе яе рашэнне можа знайсці плённае прымяненне ў задачах прыкладной механікі і тэорыі механізмаў. Больш канкрэтна аб актуальнасці даследавання сказана ў «Заключэнні».

Асноўная частка. Разгледзім наступную задачу. На рысунку 1 зададзе-ны акружнасці 1 і 2 з цэнтрамі C_1, C_2, радыусы якіх роўныя r_1, r_2. Акружнасці злучаны адрэзкам AB даўжыні l. Пачатак восей каардынат сумешчаны з цэнтрам C_1 акружнасці 1. Пры гэтым вось C_1x датычна да акружнасці 2. Становішча пункта A на акружнасці 1 задаецца вуглом φ_1, які адлічваецца ад восі C_1x, а становішча пункта B на акружнасці 2 вызначаецца вуглом φ_2, што адлічваецца ад нармалі C_2B_0 да восі C_1x. Ведаючы вугал φ_1, радыусы акружнасцей r_1, r_2, даўжыню адрэзка $AB = l$ і каардынату $x_{C2} = C_1B_0$, трэба вызначыць каардынату пункта B і вугал φ_2.

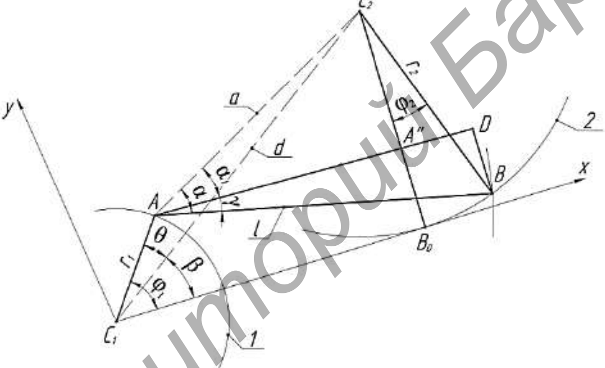
Паколькі пункт A – канец адрэзка AB – знаходзіцца на акружнасці 1, то яго каардынаты вядомы:

$$(x_A = r_1 \cos\varphi_1 \,;\, y_A = r_1 \sin\varphi_1)\,. \tag{1}$$

Разгледзім два метады рашэння задачы. Відавочна, што становішча пункта B на акружнасці можна вызначыць графічна шляхам засечкі з цэнтра A. Таму паводле першага метаду ён разглядаецца як пункт перасячэння дзвюх акружнасцей з цэнтрамі ў пунктах A і C_2 (рысунак 2). Радыус першай з іх роўны l, другой – r_2.



Рысунак 1 – Фрагменты акружнасцей 1 і 2, злучаных адрэзкам *AB*



Рысунак 2 – Ілюстрацыя да вызначэння параметрычнага вугла γ
і каардынат пункта *B*

Аналітычна каардынаты пункта *B* вызначаюцца сумесным рашэннем ураўненняў дзвюх акружнасцей, праведзеных праз яго. Запішам ураўненні гэтых акружнасцей у каардынатнай форме:

$$\left.\begin{aligned} &(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 = l^2; \\ &(x_B - x_{C_2})^2 + (y_B - y_{C_2})^2 = r^2, \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

дзе x_B, y_B – шукаемыя каардынаты пункта *B*.

Перапішам сістэму ўраўненняў у выглядзе

$$\left.\begin{aligned} &y_B - y_A = \sqrt{l^2 - (x_B - x_A)^2}; \\ &y_B - y_{C_2} = \sqrt{r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2}. \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Ад першага ўраўнення сістэмы (3) аднімаем другое, атрымліваем

$$\Delta y = \sqrt{l^2 - \left(x_B - x_A\right)^2} - \sqrt{r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2}\ , \tag{4}$$

дзе $\Delta y = y_{C_2} - y_A$. Пазбаўляемся ад радыкалаў у (4)

$$l^2 - (x_B - x_A)^2 + r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2 -$$

$$-2\sqrt{\left[l^2 - (x_B - x_A)^2\right]\left[r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2\right]} = \Delta y^2$$

ці

$$\left[l^2 - (x_B - x_A)^2 + r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2 - \Delta y^2\right]^2 =$$

$$= 4\left[l^2 - (x_B - x_A)^2\right]\left[r_2^2 - (x_B - x_{C_2})^2\right]. \tag{5}$$

Пераўтвараем правую частку роўнасці шляхам выканання адпаведных дзеянняў – узвядзення ў квадрат і перамнажэння.

У скарочаным запісу атрымаем:

$$4(a_1' x_B^4 + a_2' x_B^3 + a_3' x_B^2 + a_4' x_B + a_5'), \tag{6}$$

дзе $a_1' = 1$; $a_2' = -2(x_A + x_{C_2})$; $a_3' = x_A^2 + x_{C_2}^2 + 4x_A x_{C_2} - l^2 - r^2$;

$$a_4' = 2(r_2^2 x_A + l^2 x_{C_2} - x_A^2 x_{C_2} - x_A x_{C_2}^2)\ ;\ a_5' = (l^2 - x_A^2)(r_2^2 - x_{C_2}^2)\ .$$

У левай частцы роўнасці (5) уводзім абазначэнне: $l^2 + r_2^2 - \Delta y^2 = c_0^2$. Выконваючы абазначаныя ў ёй дзеянні, атрымаем:

$$a_1'' x_B^4 + a_2'' x_B^3 + a_3'' x_B^2 + a_4'' x_B + a_5''\ , \tag{7}$$

дзе $a_1'' = 4$; $a_2'' = -6(x_A + x_{C_2})$; $a_3'' = 2(2x_A^2 + 2x_{C_2}^2 + x_A x_{C_2} - c_0^2)$;

$$a_4'' = -4\left[x_A^3 + x_{C_2}^3 - c_0^2(x_A + x_{C_2}^2) + x_A^2 x_{C_2} + x_A x_{C_2}^2\right];$$

$$a_5'' = c_0^2(c_0^2 - 2x_A^2 + 2x_{C_2}^2) + x_A^4 + 2x_A^2 x_{C_2}^2\ .$$

З улікам мнагачленаў (6) і (7) пераносім правую частку радка (5) улева ад знака роўнасці. Атрымаем наступную рэзальвенту сістэмы (2) адносна каардынаты x_B:

$$a_1 x_B^4 + a_2 x_B^3 + a_3 x_B^2 + a_4 x_B + a_5 = 0\ . \tag{8}$$

Яе каэфіцыенты a_i (i = 1, 2, …, 5) знаходзім шляхам злучэння ўжо запісаных вышэй a_i', a_i'': $a_i = a_i'' - a_i'$. Канчаткова атрымліваем

$$a_1 = 3\ ;\ a_2 = -4(x_A + x_{C_2})\ ;\ a_3 = 3(x_A^2 + x_{C_2}) - 2(x_A x_{C_2} + c_0^2) + l^2 + r_2^2\ ;$$

$$a_4 = -2\left[2(x_A^3 + x_{C_2}^3 - c_0^2(x_A + x_{C_2})) + r_2^2 x_A + l^2 x_{C_2} + x_A^2 x_{C_2} + x_A x_{C_2}^2\right];$$

$$a_5 = c_0^4 + x_A^4 + 2c_0^2(x_{C_2}^2 - x_A^2) + x_A^2 x_{C_2}^2 + r_2^2(x_A^2 - l^2) + l^2 x_{C_2}^2\ .$$

Каб вызначыць каардынату y_B, сістэму ўраўненняў (1) перапісваем у выглядзе:

$$\left.\begin{aligned} x_B - x_A &= \sqrt{l^2 - (y_B - y_A)^2}; \\ x_B - x_{C_2} &= \sqrt{r_2^2 - (y_B - y_{C_2})^2}. \end{aligned}\right\}$$

Выключаючы з яе x_B, маем:

$$\Delta x = \sqrt{l^2 - (y_B - y_A)^2} - \sqrt{r_2^2 - (y_B - y_{C_2})^2},$$

дзе $\Delta x = x_{C_2} - x_A$. Паўтараючы ўсе дзеянні, выкананыя пры вывадзе ўраўнення (8), атрымаем:

$$b_1 y_B^4 + b_2 y_B^3 + b_3 y_B^2 + b_4 y_B + b_5 = 0. \qquad (9)$$

Структура каэфіцыентаў b_i ва ўраўненні (9) такая ж, як a_i у (8). Таму, каб іх запісаць, няма неабходнасці паўтараць вывад ураўнення (8), а дастаткова пры пераходзе ад каэфіцыентаў a_i да b_i каардынаты x_A, x_{C2} замяніць на y_A, y_{C2}, а велічыню a_0^2 – на $b_0^2 = l^2 + r_2^2 - \Delta y^2$.

Спосабы рашэння нелінейных ураўненняў віду (8), (9) выкладзены ў даведніках па матэматыцы. Для рашэння ўраўненняў чацвёртага парадку са складанымі каэфіцыентамі ў выглядзе мнагачленаў, як у нашым выпадку, распрацаваны адмысловыя праграмы разлікаў на камп'ютары.

Далей будзем лічыць, што каардынаты пункта B ужо вядомы. Знойдзем вугал φ_2 (гл. рысунак 1). Звяртаем увагу на прамавугольны трохвугольнік $BB'C_2$. Яго катэт BB' роўны $x_B - x_{C_2}$, а $\sin\varphi_2 = BB'/r = g$. Адсюль:

$$\varphi_2 = \arcsin g. \qquad (10)$$

Заўважым, што рашэнне абодвух ураўненняў (8), (9) неабходна толькі на пачатку распрацоўкі алгарытма іх рашэння для праверкі вынікаў па формуле: $x_B^2 + y_B^2 = r_2^2$. Пры наладжаным алгарытме рашэння ўраўненняў (8) ці (9) знаходзіцца толькі адна з каардынат. Другую, пры неабходнасці, можна вызначыць з апошняй роўнасці.

Як мы пераканаліся, разгледжаны вышэй метад рашэння задачы вельмі працаёмкі, з высокай верагоднасцю памылак. Прычына недахопу алгарытма ў тым, што шукаемыя параметры вызначаюцца з сістэмы квадратных ураўненняў (1), у кожнае з якіх уваходзяць дзве невядомыя каардынаты пункта B.

Для распрацоўкі іншага метаду скарыстаемся ўраўненнямі акружнасцей у параметрычнай форме. Але спачатку знойдзем з трохвугольніка ABC_2 патрэбны параметр – вугал γ (гл. рысунак 2). У гэтым трохвугольніку вядомы бакі $AB = l$, $BC_2 = r_2$. Трэцюю пераменную AC_2 (абазначым яе літарай a), знойдзем па тэарэме косінусаў з трохвугольніка C_1AC_2:

$$a^2 = r_1^2 + d^2 - 2r_1 d\cos\theta,$$

дзе $\theta = \varphi_1 - \beta$, $\beta = \mathrm{arctg}\, t_1$, $t_1 = y_{C_2} / x_{C_2}$.

Вернемся зноў да трохвугольніка ABC_2. Яго вугал α пры вяршыне A падзелім адрэзкам AD, паралельным да восі C_1x, на дзве часткі. Верхнюю абазначым літарай α_1, ніжнюю – праз γ. Відавочна, што $\gamma = \alpha - \alpha_1$. Знойдзем вуглы α і α_1. Паводле тэарэмы косінусаў у трохвугольніку ABC_2

$$r_2^2 = a^2 + l^2 - 2al\cos\alpha;$$

адсюль $\cos\alpha = (a^2 + l^2 - r_2^2)/2al = t_2$ і $\alpha = \arccos t_2$.

У прамавугольным трохвугольніку $AA''C_2$

$$\mathrm{tg}\,\alpha_1 = A''C_2 / AA'' = (y_{C_2} - y_A) / (x_{C_2} - x_A) = t_3,$$

адкуль $\alpha_1 = \mathrm{arctg}\, t_3$. Значыць, $\gamma = \arccos t_2 - \mathrm{arctg}\, t_3$.

Цяпер запішам ураўненні акружнасцей у параметрычнай форме з цэнтрамі A і C_2, якія перасякаюцца ў пункце B:

$$(x_B = x_A + l\cos\gamma;\ y_B = y_A + l\sin\gamma); \tag{11}$$

$$(x_B = x_{C_2} + r_2\sin\varphi_2;\ y_B = y_{C_2} + r_2\cos\varphi_2). \tag{12}$$

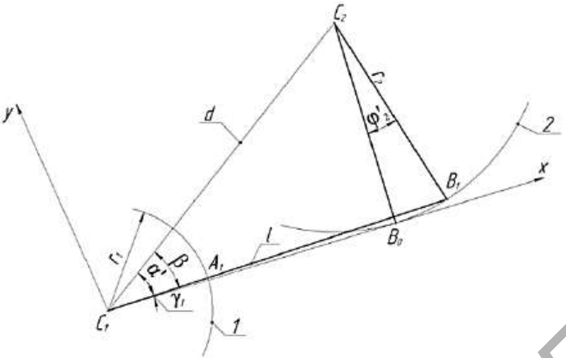
У якасці параметраў тут выкарыстаны вуглы γ і φ_2. Як бачым, роўнасці (11) дазваляюць знайсці каардынаты пункта B. Выключаем з першых дзвюх формул (11), (12) каардынату x_B. З атрыманай роўнасці знаходзім сінус патрэбнага вугла:

$$\sin\varphi_2 = (x_A - x_{C_2} + l\cos\gamma)/r_2. \tag{13}$$

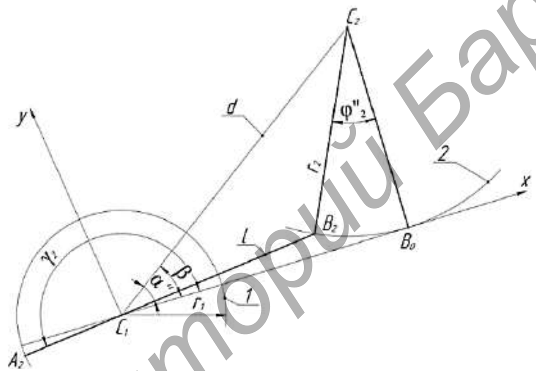
Такім жа спосабам з другіх формул (11), (12) вызначаем яго косінус:

$$\cos\varphi_2 = (y_A - y_{C_2} + l\sin\gamma)/r_2. \tag{14}$$

Для кантролю разлікаў выкарыстоўваецца роўнасць $\sin^2\varphi_2 + \cos^2\varphi_2 = 1$. Высветлім, ці можа адрэзак AB займаць адвольнае становішча ў сістэме дзвюх зададзеных акружнасцей. Будзем меркаваць, што геаметрычныя параметры сістэмы дазваляюць змяшчаць яко канец A на акружнасці 1 у адвольнае становішча, не «зрываючы» яго канец B з акружнасці 2. Іншымі словамі, дапускаем, што вуглавая каардыната канца A можа змяняцца ў межах ад $\varphi_1 = 0$ да $\varphi_1 = 2\pi$. Знойдзем межы змянення адпаведнай вуглавой каардынаты φ_2 канца B на акружнасці 2. Для гэтага неабходна знайсці яго крайнія правае і левае становішчы ад нармалі C_2B_0 да восі C_1x. Відавочна, што ў крайнім правым становішчы канец B максімальна аддалены ад цэнтра C_1, а ў крайнім левым – максімальна набліжаны да яго. У першым выпадку працяг адрэзка ўлева за канец A праходзіць праз цэнтр C_1, у другім – сам адрэзак праходзіць праз яго. У першым становішчы адрэзак абазначаны літарамі A_1B_1 (рысунак 3), у другім – A_2B_2 (рысунак 4).



Рысунак 3 – Асобнае становішча адрэзка AB – крайняе правае A_1B_1



Рысунак 4 – Асобнае становішча адрэзка AB – крайняе левае A_2B_2

Каардынатныя вуглы (параметры) абазначаем праз $\gamma_1, \gamma_2, \varphi_2', \varphi_2''$ (пры гэтым $\gamma_1 = \varphi_1'$, $\gamma_2 = \varphi_1''$). Каб запісаць ураўненні акружнасцей з цэнтрамі A_1, A_2, што перасякаюцца ў пунктах B_1, B_2 з акружнасцю 2, неабходна спачатку знайсці параметры γ_1, γ_2. Як відаць на рысунку 3, $\gamma_1 = \beta - \alpha'$. Вугал α' вызначаецца з трохвугольніка $C_1C_2B_1$ па тэарэме косінусаў: $\alpha' = \arccos k_1$, дзе $k_1 = (d^2 + (l')^2 - r_2^2) / 2dl'$, $l' = C_1B_1 = l + r_1$. Аналагічна, карыстаючыся рысункам 4, атрымліваем: $\gamma_2 = \beta - \alpha''$, дзе $\alpha'' = \arccos k_2$, $k_2 = (d^2 + (l'')^2 - r_2^2) / 2dl''$, $l'' = C_1B_2 = l - r_1$, $d = \sqrt{x_{C_2}^2 + r_2^2}$.

А цяпер запісваем першыя ўраўненні акружнасцей з цэнтрамі C_1, C_2, якія перасякаюцца ў пункце B_1:

$$(x_{B_1} = x_{C_1} + l' \cos\gamma_1 \, ; \, x_{B_1} = x_{C_2} + r_2 \sin\varphi_2') \, , \tag{15}$$

дзе $x_{C1} = 0$.

Першая з роўнасцей дазваляе вызначыць дэкартаву каардынату канца B_1 адрэзка A_1B_1 у яго крайнім правым становішчы на акружнасці 2. Выключаем з сістэмы (15) x_{B1}. З атрыманай роўнасці знаходзім вуглавую каардынату пункта B_1:

$$\varphi_2' = \arcsin k_3, \qquad (16)$$

дзе $k_3 = (l' \cos\gamma_1 - x_{C_2}) / r_2$.

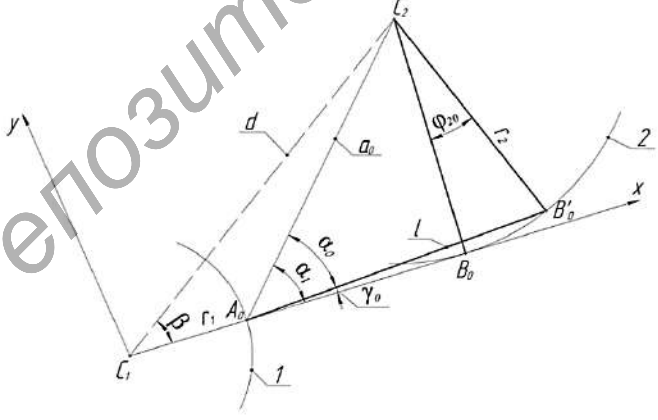
Калі зноў, па аналогіі з ураўненнямі (15), запісаць іх для акружнасцей з цэнтрамі C_1, C_2, якія перасякаюцца ў пункце B_2, то можна ўстанавіць, што

$$\varphi_2'' = \arcsin k_4, \qquad (17)$$

дзе
$$k_4 = (x_{C2} - l'' \cos\gamma_2) / r_2^2.$$

Падводзячы вынікі даследавання, канстатуем, што адрэзак AB даўжыні l не можа займаць адвольнае становішча на плоскасці паміж акружнасцямі 1, 2 – яго канец B застаецца на ўчастку дугі $B_2B_0B_1$, акружнасці 2, а вуглавая каардыната абмежавана значэннямі (16), (17).

Пры фармуляванні разглядаемай тут задачы пачатак адліку вуглавой каардынаты φ_2 ад адрэзка C_2B_0 прыняты адвольна, што не дазваляе атрымліваць выразную адпаведнасць паміж каардынатнымі вугламі φ_1, φ_2. Установім пачатак адліку вугла φ_2 такім чынам, каб вуглу $\varphi_1 = 0$ адпавядаў вугал $\varphi_2 = 0$. Для гэтага канец A адрэзка AB змесцім у становішча A_0 і знойдзем становішча яго канца B на акружнасці 2. На рысунку 5 ён абазначаны праз B_0', а яго адпаведная вуглавая каардыната – літарай φ_{20}.



Рысунак 5 – Ілюстрацыя да вызначэння вуглавой каардынаты φ_{20}

Для вызначэння вугла φ_{20} можна скарыстацца формулай (14), у якой прыняць $y_A = 0$, $y_{C_2} = r_2$, $\gamma = \gamma_0 = \alpha_1 - \alpha_0$. Вуглы α і α_1 знаходзяцца з трохвугольнікаў $A_0C_2B_0'$ і $A_0C_2B_0$.

Заключэнне. У артыкуле актуалізуецца задача аналітычнай геаметрыі з мэтай наступнага выкарыстання яе рашэння ў прыкладных задачах тэорыі механізмаў і машын. Сапраўды, калі геаметрычныя адрэзкі C_1A, AB, BC_2 на рысунку 1 матэрыялізаваць – лічыць стрыжнямі, то атрымаецца геаметрычная схема механізма, які ў тэорыі механізмаў і машын называюць чатырохзвеннікам [7–9]. Рух яго звенняў традыцыйна даследуецца распрацаванымі ў мінулым графічнымі метадамі. Калі ж у атрыманых тут рашэннях (10), (13), (14) вугал φ_1 лічыць пераменным – функцыяй $\varphi_2(t)$ часу t, то прыведзеныя рашэнні будуць ураўненнямі руху выхаднога звяна механізма – каромысла C_2B. Наяўнасць ураўненняў руху дазваляе распрацаваць сучасны аналітычны метад даследавання кінематыкі і дынамікі чатырохзвеннага механізма.

Дадзенае даследаванне будзе выкарыстоўвацца пры праектаванні і разліку чатырохзвеннага механізма ланцужнага агрэгата, які апісаны ў манаграфіі [10], артыкулах [11–13] і апісанні вынаходства [14].

СПІС ЛІТАРАТУРЫ

1 **Бронштейн, И. Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Гос. изд-во техн.-теор. л-ры, 1957. – 608 с.

2 **Корн, Г.** Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

3 **Dicker, J. J.** Theory of machines and mechanisms / J. J. Dicker, G. R. Pennock, J. E. Shigley. – New York ; Oxford : Oxford University Press, 2003. – 734 p.

4 Advanced theory of mechanisms and machines / M. Z. Kolovsky [et al.]. – St. Petersburg : State Technical University St. Petersburg, 2000. – 396 p.

5 Fundamentals of machine theory and mechanisms / A. S. Mata [et al.]. – Cham : Springer, 2016. – 409 p.

6 **Живов, Л. И.** Кузнечно-штамповочное оборудование : учеб. для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков ; под ред. Л. И. Живова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 560 с.

7 **Артоболевский, И. И.** Теория механизмов и машин : учеб. для студентов высших технических учебных заведений / И. И. Артоболевский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1988. – 639 с.

8 Теория механизмов и машин : учеб. для втузов / К. В. Фролов и [др.] ; под ред. К. В. Фролова. – М. : Высш. шк., 1987. – 496 с.

9 **Машков, А. А.** Теория механизмов и машин / А. А. Машков. – Минск : Выш. шк., 1971. – 471 с.

10 Интенсификация технологических процессов в аппаратах адаптивного действия : монография / Л. А. Сиваченко [и др.] : под науч. ред. Л. А. Сиваченко. – Барановичи : БарГУ, 2020. – 359 с.

11 **Потапов, В. А.** Цепной агрегат с волновой рабочей камерой и адаптивным механизмом силового воздействия для переработки влажных сырьевых материалов / В. А. Потапов, Л. А. Сиваченко // Вестн. БарГУ. Сер. Технические науки. – 2020. – Вып. 8. – С. 98–105.

12 **Потапов, В. А.** Рабочее оборудование цепного агрегата для переработки сложных и неоднородных материалов / В. А. Потапов, Л. А. Сиваченко, М. С. Кузьменкова // Энерго- и ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительных отраслях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2019. – С. 174–181.

13 **Сиваченко, Л. А.** Многофункциональный технологический агрегат с цепным рабочим оборудованием / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, Т. Л. Сиваченко // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Белгород, 20–21 сентября 2018 г. / БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, 2018. – С. 210–215.

14 Агрегат для переработки неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов : заявка ЕАПО № 202090391 / В. А. Потапов, Л. А. Сиваченко, Т. Л. Сиваченко. – Опубл. 31.08.2021.

В. А. ПОТАПОВ[1], С. И. РУСАН[1], Л. А. СИВАЧЕНКО[2]
[1]*Барановичский государственный университет, Барановичи, Беларусь*
[2]*Белорусско-Российский университет, Могилёв, Беларусь*

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ КООРДИНАТАМИ И УГЛАМИ В СИСТЕМЕ ДВУХ ОКРУЖНОСТЕЙ, СОЕДИНЕННЫХ ОТРЕЗКОМ

Представлены два метода решения задачи по установлению зависимостей между координатами и углами в системе двух окружностей, соединенных отрезками. Результатом этого исследования является математическая модель четырехзвенного механизма, которая может быть использована при решении прикладных задач теории механизмов и машин, в том числе при проектировании и расчете четырехзвенного механизма цепного агрегата.

Ключевые слова: окружности, координаты, отрезок, математическая модель, четырехзвенный механизм.

V. A. POTAPOV[1], S. I. RUSAN[1], L. A. SIVACHENKO[2]
[1]*Baranovichi State University, Baranovichi, Belarus*
[2]*Belarusian-Russian University, Mogilev, Belarus*

A TECHNIQUE FOR ESTABLISHING DEPENDENCIES BETWEEN COORDINATES AND ANGLES IN A SYSTEM OF TWO CIRCLES CONNECTED BY OFFCUT

The article presents two methods for solving the problem of establishing dependencies between coordinates and angles in a system of two circles connected by offcut. The result of this research is a mathematical model of a four-link mechanism, which can be used in solving applied problems of the theory of mechanisms and machines, including in the design and calculation of a four-link mechanism of a chain unit.

Keywords: circles, coordinates, offcut, mathematical model, four-link mechanism.

Получено 30.10.2021