

**СИНТЕЗ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ
ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ З ЛІНІЙНОЮ ТРАЄКТОРІЄЮ РІЗАННЯ ҐРУНТУ,
ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЮ ДО ОСІ ТЯГАЧА**

Дем'янюк В.А., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Мусійко В.Д., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Коваль А.Б., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

**DESIGN OF THE OPERATION ALGORITHM FOR THE MULTIPURPOSE EARTHMOVING
MACHINE WITH LINEAR TRAJECTORY OF THE SOIL EXCAVATION THAT
IS PERPENDICULAR TO THE TRACTION ENGINE AXLE**

Demianiuk V.A., Ph.D. Engineering (Dr.), National Transport University, Kyiv, Ukraine
Musiiko V.D., Ph.D. Engineering, National Transport University, Kyiv
Koval A.B., Ph.D. Engineering, National Transport University, Kyiv

**СИНТЕЗ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ
ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ С ЛИНЕЙНОЙ ТРАЕКТОРИЕЙ РЕЗАНИЯ ГРУНТА,
ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ К ОСИ ТЯГАЧА**

Демьянюк В.А., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Мусийко В.Д., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина
Коваль А.Б., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Земляні роботи є одним з найважливіших етапів якісної реалізації будь-якого будівельного проекту, прокладання трубопроводів, мереж комунікації, будівництва фортифікаційних споруд тощо. Для цих цілей здебільшого використовуються екскаватори поздовжнього копання, які здатні викопувати в ґрунті виїмки лише певної ширини, а для зміни ширини профілю необхідно переоснащувати екскаватор іншим робочим обладнанням.

Останнім часом серйозна увага приділяється створенню універсальних землерийних машин (УЗМ), здатних одним і тим же робочим органом забезпечувати копання у ґрунті протяжних виїмок різної ширини та глибини.

Аналіз літератури. Відомі технічні рішення по створенню УЗМ [1, 2] характеризуються, перед усім, своєю недосконалістю, а відомі результати виконаних досліджень в цьому напрямі [3, 4] носять попередній характер і присвячені удосконаленню робочих органів та обґрунтуванню вибору їх конструктивних і кінематичних параметрів. Дослідженням віяльно-поступальної подачі робочого органа на забій приділялось недостатньо уваги. Зазначимо, що домогтися вирівнювання та мінімізації значень параметрів силового навантаження УЗМ можливо за умови надання робочому органу необхідної кінематики переміщення в забої, за реалізації якої ґрунт буде розроблятися ротором стружками постійної товщини при різних швидкостях поздовжньої подачі машини на забій. Можливі варіанти організації руху робочого органа в забої розглядалися і раніше [5, 6], але як окремі випадки.

Мета роботи - розробити алгоритм функціонування елементів робочого органа УЗМ, який забезпечує лінійну траєкторію різання ґрунту перпендикулярну до вектору швидкості тягача.

Основна частина. В якості об'єкта дослідження приймаємо універсальну землерийну машину (УЗМ) з роторним робочим органом, який працює у режимі віяльно-поступальної подачі на забій [7, 8]. Схема дволанкового механізму коливання робочого органа згаданої УЗМ з індивідуальним приводом бічного переміщення кожної ланки наведена на рис. 1.

Під алгоритмом функціонування робочого органа УЗМ будемо розуміти кінематичну залежність між кутом повороту φ ланки 2 робочого органа та кутом повороту β проміжної ланки 1, тобто залежність $\varphi=f(\beta)$. Раціональним вибором цієї залежності можна впливати на такі параметри як товщина та рівномірність стружки ґрунту, що зрізується робочим органом по ширині котловану, сила

опору бічному переміщенню робочого органу, динамічні навантаження в механізмі робочого органу, ефективність сколювання ґрунту та його підбирання, величина призми волочіння ґрунту та його залишок, курсова стійкість УЗМ, енергетичні витрати та продуктивність УЗМ тощо.

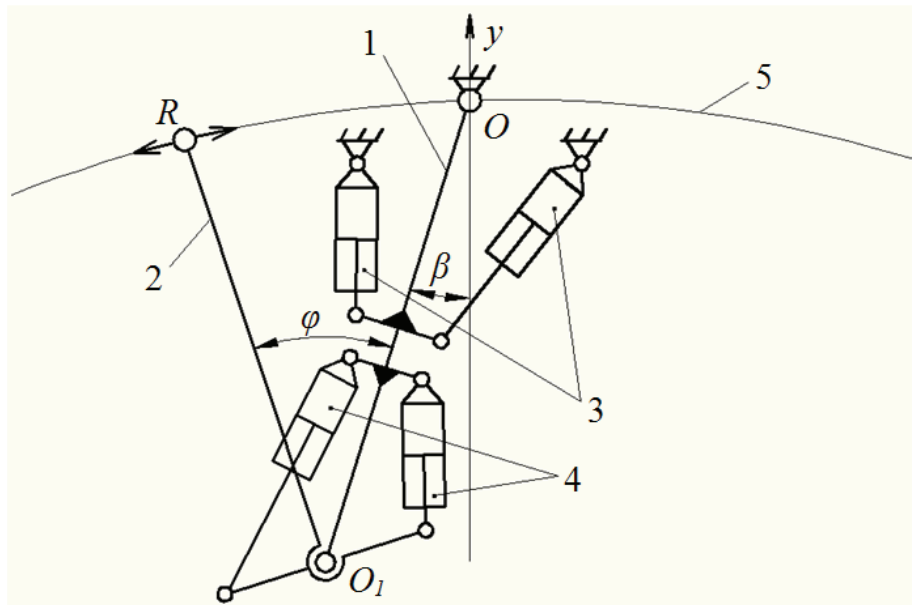


Рисунок 1 – Схема дволанкового механізму переміщення робочого органу УЗМ:
1- проміжна ланка; 2- ланка робочого органу; 3 і 4- гідроциліндри керування поворотом відповідно проміжної ланки та ланки робочого органу; 5- траєкторія переміщення точки R

Згадані параметри можна розглядати як критерії, кожен з яких формує певний набір вимог до алгоритму функціонування робочого органу УЗМ.

Зупинимось на першому із згаданих критеріїв, закріпивши за ним такі вимоги до алгоритму:

- 1) незмінність товщини стружки ґрунту, що зрізується робочим органом по ширині котловану;
- 2) адаптація алгоритму до таких параметрів як ширина котловану, товщина стружки ґрунту, швидкість поздовжнього переміщення тягача;
- 3) траєкторія різання ґрунту в горизонтальній площині з урахуванням поздовжнього переміщення тягача повинна мати вигляд, наведений на рис. 2, де S – товщина стружки ґрунту, що зрізується, а B – ширина котлована.

Розглянемо варіант, коли довжини проміжної ланки 1 та ланки робочого органу 2 рівні між собою, тобто $m=n$ (рис. 3). Траєкторії ab і cd переміщення поверхні ротора, що контактує з ґрунтом (точки R), у загальному випадку, можуть бути довільними.

Попередній аналіз показав, що для досягнення сформульованих вище вимог при русі тягача з постійною швидкістю, траєкторії ab і cd бічного переміщення точки R повинні бути близькими до прямих, нахилених під кутом α_0 до лінії ac , яка перпендикулярна вектору поздовжнього переміщення тягача V_{nm} .

Перед отриманням аналітичної залежності для алгоритму $\varphi=f(\beta)$, визначимось з правилом знаків для кінематичної схеми механізму бічного переміщення робочого органу УЗМ (рис. 3).

Кут відхилення β проміжної ланки 1 відносно шарніра O вважаємо додатнім при її відхиленні ліворуч від нульового положення, а саме від осі y , що співпадає з поздовжньою віссю УЗМ. Відповідно цьому відхиленню ланки 1 кут відхилення φ ланки 2 також приймаємо додатнім. Кут відхилення β проміжної ланки 1 від осі y праворуч вважаємо від'ємним, а також від'ємним і відповідний цьому відхиленню кут φ .

Кут α_0 вважаємо додатнім при переміщенні точки R по траєкторії від точки c вліво до точки d і навпаки – від'ємним, при переміщенні точки R по траєкторії від точки a до точки b .

Напрями осі y (поздовжнього переміщення тягача) та осі x (поперечного переміщення робочого органу) прийняті стандартними (рис. 3), тобто додатній напрям осі x – праворуч і додатній напрям осі y вгору.

Знак при кутовій швидкості ω відповідає знаку кута β , оскільки:

$$\beta = \omega \cdot t; \quad (2)$$

$$\dot{\beta} = \omega; \quad (3)$$

$$\ddot{\beta} = 0.$$

Виведемо основні кінематичні залежності $\varphi(\beta)$ робочого органу УЗМ з умови забезпечення незмінності товщини стружки ґрунту при рівних довжинах ланок 1 і 2, тобто при $m=n$.

Кут α_o виражається через параметри S і B наступним чином (рис. 4)

$$\alpha_o = \arctg \frac{S}{B}. \quad (4)$$

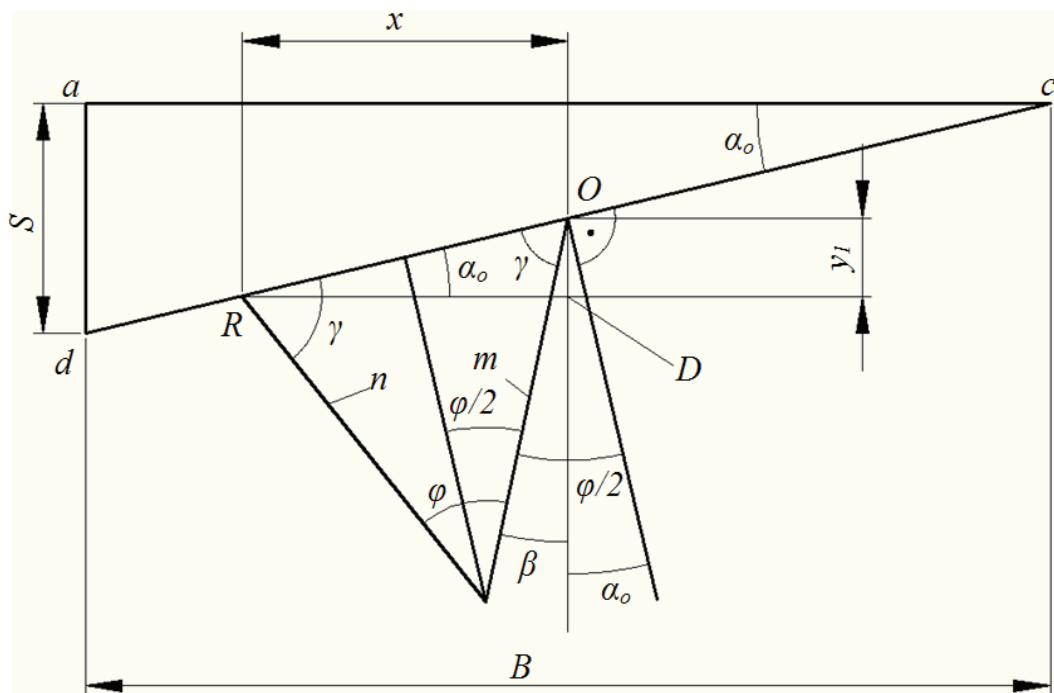


Рисунок 4 – Схема розташування ланок робочого органу УЗМ при русі точки R по траєкторії cd

З рис. 4 видно, що при переміщенні точки R по траєкторії cd

$$\frac{\varphi}{2} = \beta + \alpha_o, \quad (5)$$

звідки

$$\varphi = 2 \cdot (\beta + \alpha_o). \quad (6)$$

Провівши такий же аналіз для випадку переміщення точки R по траєкторії ab (рис. 3), одержуємо:

$$\frac{\varphi}{2} = \beta - \alpha_o, \quad (7)$$

звідки

$$\varphi = 2 \cdot (\beta - \alpha_o) . \quad (8)$$

Узагальнена залежність для першої фази робочого процесу УЗМ

$$\varphi = 2 \cdot (\beta + n\alpha_o) , \quad (9)$$

де $n=1$ – при русі точки R по траєкторії cd і $n=-1$ – при русі точки R по траєкторії ab .

Перша похідна від (9)

$$\dot{\varphi} = 2 \cdot \dot{\beta} . \quad (10)$$

У другій фазі:

$$\varphi = \varphi_b = const ; \quad (11)$$

$$\dot{\varphi} = 0 .$$

Таким чином, для забезпечення незмінності товщини стружки ґрунту при рівних довжинах ланок 1 і 2 ($m=n$) алгоритм функціонування робочого органу УЗМ синтезовано у вигляді залежностей (9) і (11).

Графічне представлення залежностей (9) і (11) наведено на рис. 5 з нанесенням точок a, b, c і d , що відповідають аналогічним точкам на рис. 3. Прямі ab і cd відповідають залежності (9) (1-а фаза), а прямі bc і da – залежності (11), яка характеризує стадії довертання проміжної ланки 1 на кут $\Delta\beta$ при $\varphi_b=const$ (2-а фаза).

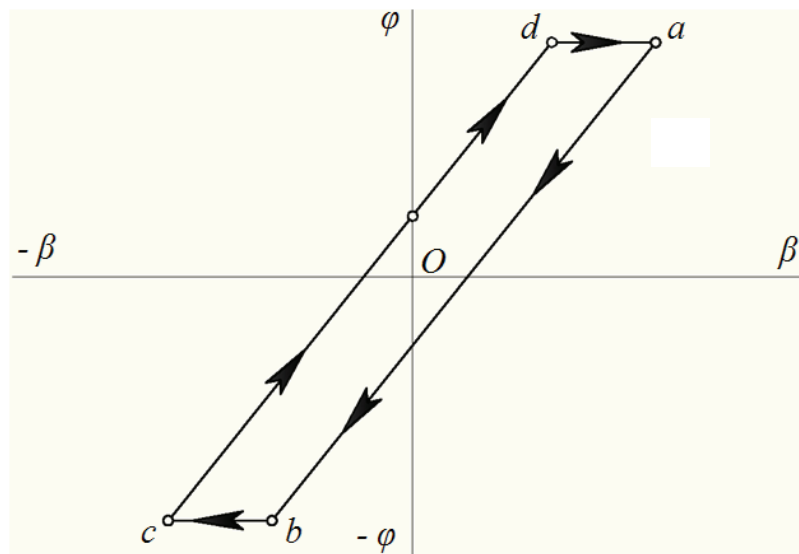


Рисунок 5 – Графічне представлення алгоритму функціонування робочого органу УЗМ

Одержимо залежності для визначення координат переміщення точки R вздовж координатних осей x і y .

На підставі рис. 4:

$$-x = DR = OR \cdot \cos \alpha_o ;$$

$$OR = 2 \cdot OP = 2 \cdot m \cdot \sin(0,5 \cdot \varphi) .$$

Після сумісного розв'язку цих рівнянь одержуємо

$$x = -2 \cdot m \cdot \cos \alpha_o \cdot \sin(0,5 \cdot \varphi) . \quad (12)$$

Перша та друга похідні від координати x :

$$x = -m \cdot \cos \alpha_o \cdot \cos(0,5 \cdot \varphi) \cdot \varphi; \quad (13)$$

$$\dot{x} = -m \cdot \cos \alpha_o \cdot [\cos(0,5 \cdot \varphi) \cdot \dot{\varphi} - 0,5 \cdot \sin(0,5 \cdot \varphi) \cdot \varphi]. \quad (14)$$

Ординату y_1 точки R відносно точки O для фази 1 знаходимо на підставі рис. 4

$$y_1 = x \cdot \operatorname{tg} \alpha_o$$

або на підставі (12) і траєкторії переміщень, що враховується параметром n ($n = \pm 1$)

$$y_1 = -2 \cdot m \cdot \sin(n \cdot \alpha_o) \cdot \sin(0,5 \cdot \varphi). \quad (15)$$

У фазі 2

$$y_2 = 0,5 \cdot B \cdot n \cdot \beta. \quad (16)$$

Поздовжнє переміщення тягача y_v впродовж 1-ї та 2-ї фаз

$$y_v = V_{nm} \cdot t \quad (17)$$

де V_{nm} – швидкість поздовжнього переміщення тягача.

Таким чином, ордината y поздовжнього переміщення робочого органа УЗМ при нерухомому тягачі визначається залежністю

$$y = y_1 + y_2, \quad (18)$$

а під час руху тягача

$$y = y_1 + y_2 + y_v. \quad (19)$$

Нижче наведені результати комп'ютерного моделювання кінематичних параметрів робочого органа УЗМ при рівних довжинах проміжної ланки 1 і ланки робочого органу 2 (рис. 3) з дослідженням різних режимів роботи УЗМ.

Спочатку була досліджена кінематика УЗМ без впливу на неї поздовжнього переміщення тягача, тобто при $V_{nm} = 0$. Дослідження виконувалися при таких вхідних параметрах: довжини проміжної ланки і ланки робочого органу $m = n = 2\text{м}$; кутова швидкість проміжної ланки $\omega = \pm 0,218 \text{ рад/с}$; ширина котловану $B = 3,5\text{м}$; товщина стружки ґрунту, що зрізується $S = 0,2\text{м}$.

Розрахункова залежність $\varphi(\beta)$, одержана методом комп'ютерного моделювання, наведена на рис. 6. На ній у кількісному вигляді відображені всі складові алгоритму функціонування робочого органу УЗМ, які були розглянуті на рис. 5.

На рис. 7 кількісно відображена траєкторія $y(x)$ точки R робочого органу УЗМ, яка на рис. 3 позначена точками a, b, c, d . З рис. 7 видно, що результуюча абсциса переміщення точки R складає $x = B = 3,5\text{м}$, а ордината $y = S = 0,2\text{м}$.

В подальшому досліджувався режим, коли тягач рухається з постійною швидкістю при постійній кутовій швидкості проміжної ланки.

Вхідні параметри цього дослідження приймалися такими ж, як і для випадку нерухомого тягача за винятком того, що в даному випадку тягач рухається з поздовжньою швидкістю $V_{nm} = 0,0314\text{м/с}$, а ширина котловану складає $B = 4,5\text{м}$.

На рис. 8 шляхом моделювання кількісно відтворена бажана траєкторія $y(x)$ точки R , завдання на формування якої було викладено вище (рис. 2). Відтворюється задана ширина котловану ($B = 4,5\text{м}$) і задана товщина стружки ґрунту, що зрізується ($S = 0,2\text{м}$). Як видно з рис. 8, товщина стружки ґрунту залишається практично незмінною по всій ширині котловану.

Як у випадку нерухомого тягача, так і у випадку його руху з постійною швидкістю досліджувалася також низка інших залежностей між кінематичними параметрами робочого процесу УЗМ, а також їх зміна в часі. Зокрема, розраховувалися і аналізувалися наступні графіки: $x(\beta)$, $y(\beta)$, $\omega(t)$, $\beta(t)$, $\varphi(t)$, $\dot{\varphi}(t)$, $x(t)$, $\dot{x}(t)$, $\ddot{x}(t)$, $y(t)$, $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_v(t)$, $\beta(\omega)$, $\varphi(\omega)$, $x(\omega)$, $y(\omega)$, $\dot{x}(\omega)$, $x(\varphi)$ та інші. Ці

залежності розкривають особливості робочого процесу УЗМ. Деякі зі згаданих залежностей наведені на рис. 9, 10 і 11.

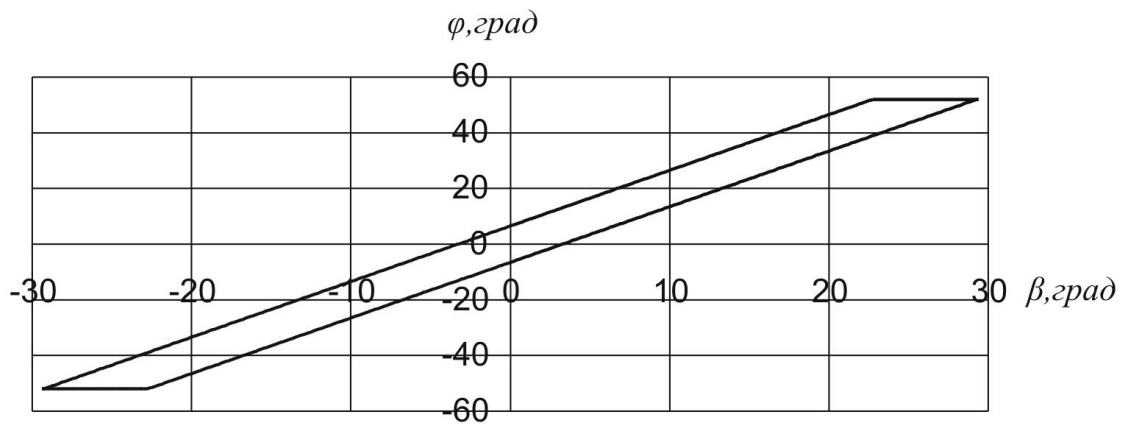


Рисунок 6 – Розрахункова залежність між кутом повороту φ ланки робочого органу та кутом повороту β проміжної ланки ($V_{nm}=0$; $\omega=\text{const}$)

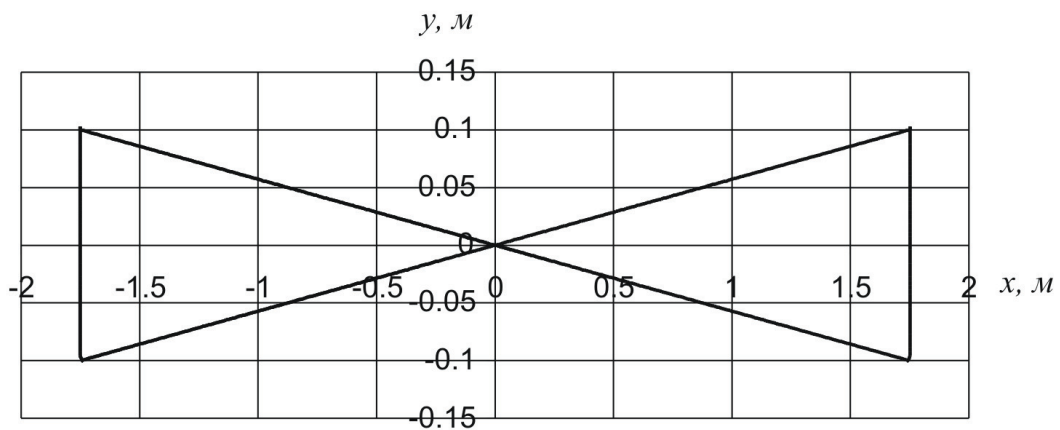


Рисунок 7 – Розрахункова залежність між поздовжнім y та поперечним x переміщеннями робочого органу УЗМ ($V_{nm}=0$; $\omega=\text{const}$)

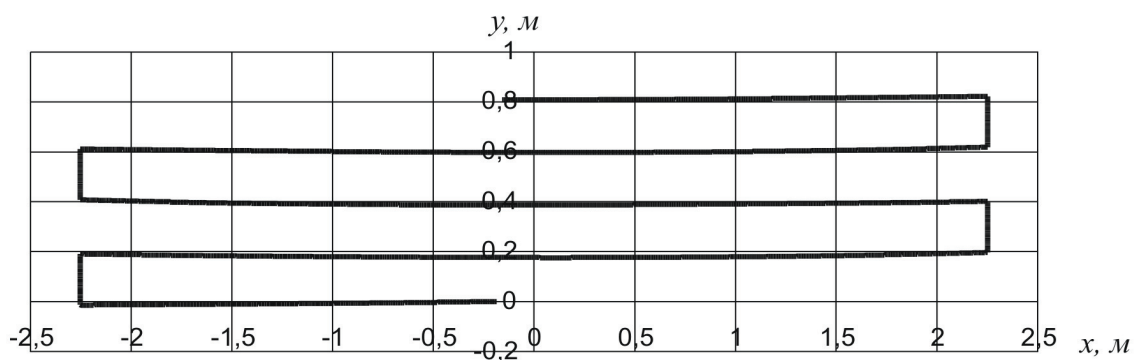


Рисунок 8 – Розрахункова залежність між поздовжнім y та поперечним x переміщеннями робочого органу УЗМ ($V_{nm}=\text{const}$; $\omega=\text{const}$)

Кутова швидкість ω проміжної ланки УЗМ має знакозмінний характер (рис. 9), залишаючись постійною за модулем, при цьому кутове прискорення $\dot{\omega}(t) = 0$.

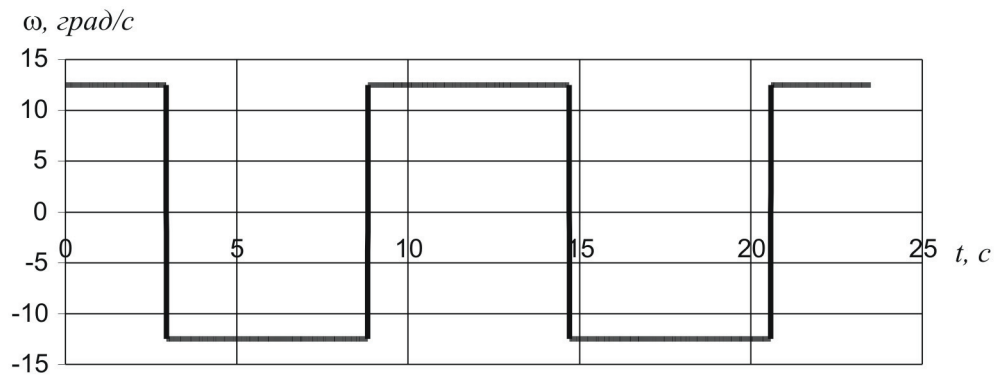


Рисунок 9 – Графік зміни в часі знаку постійної кутової швидкості ω проміжної ланки УЗМ ($V_{nm} = \text{const}$; $\omega = \text{const}$)

Кут повороту φ проміжної ланки змінюється в часі за лінійним законом (рис. 10), маючи пилкоподібний характер. На цьому графіку присутні також горизонтальні ділянки, де $\varphi(t) = \text{const}$. Це відповідає робочому процесу УЗМ, згідно з яким у другій фазі процесу $\varphi = \varphi_b = \text{const}$.

Графік поперечного переміщення x точки R робочого органу УЗМ – це дзеркальне, за характером, відображення відносно горизонтальної осі графіка $\varphi(t)$ з практично лінійним законом перебігу.

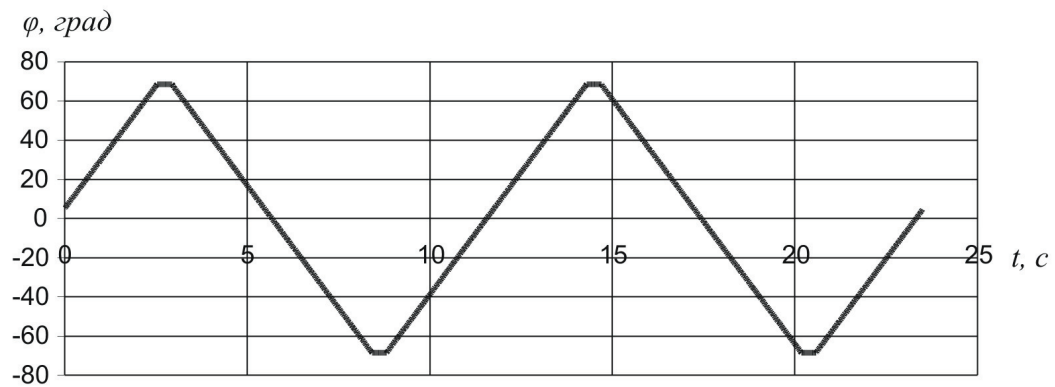


Рисунок 10 – Графік зміни в часі кута повороту φ ланки робочого органу УЗМ ($V_{nm} = \text{const}$; $\omega = \text{const}$)

Складніший характер зміни в часі має графік швидкості $\dot{x}$ (рис. 11) точки R робочого органу УЗМ.

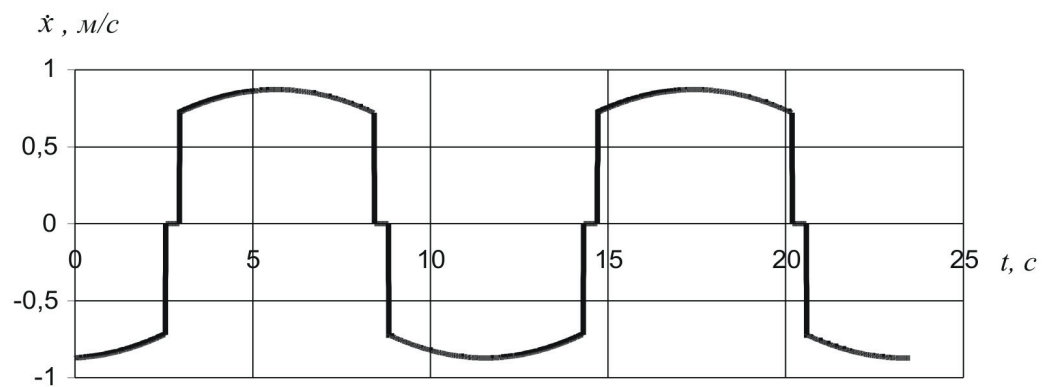


Рисунок 11 – Графік зміни в часі швидкості поперечного переміщення $\dot{x}$ точки R робочого органу УЗМ ($V_{nm} = \text{const}$; $\omega = \text{const}$)

Дослідження кінематичних параметрів робочого органу УЗМ для випадку рухомого тягача при змінній кутовій швидкості проміжної ланки буде викладено в окремій статті.

Висновки.

1. Синтезовано алгоритм функціонування робочого органу УЗМ, який забезпечує постійність товщини стружки ґрунту, що зрізується, по всій ширині котловану з лінійною траєкторією різання ґрунту, перпендикулярною до вектору переміщення тягача.

2. Комп'ютерним моделюванням підтверджено, що синтезований алгоритм функціонування робочого органу УЗМ забезпечує вимоги, що ставилися до нього. Змодельовано залежності між кінематичними параметрами робочого процесу УЗМ (переміщеннями, швидкостями, прискореннями) та досліджено їх зміну у часі.

3. Встановлено, що товщину стружки ґрунту, що зрізується, можна забезпечити практично незмінною по всій ширині котловану при постійній кутовій швидкості проміжної ланки УЗМ, якщо попередньо узгоджувати між собою експлуатаційні та конструктивні параметри УЗМ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. А.с. 966168 СССР, МПК³ E02 F 3/18. Землеройная машина / А. В. Быков, Ю.Г. Коцюба, Б.М. Глазман [и др.] (СССР). – № 23722557/29-03 ; заявл. 08.02.1979 ; опубл. 15.10.1982, Бюл. № 38 – 4 с.

2. А.с. № 1137157 СССР, МКИ³ E 02 F 3/18. Землеройная машина /А. В. Быков, Ю.Г. Коцюба, Б.М. Глазман [и др.] (СССР). - № 3581844/29-03 ; заявл. 28.02.83 ; опубл. 30.01.85, Бюл. № 4.

3. Экспериментальные исследования рабочих процессов перспективных землеройных машин с целью определения их основных параметров. Отчет о НИР / Киев. Автом.-дор. ин-т. ; рук. Маевский А.Г. ; исполн.: Мусийко В.Д. [и др.]. – К., 1983. – 146 с. – Библиогр.: с. 144–146. – № ГР 01.84.0000355 – Инв. № 0283.0086514.

4. Определение оптимальных кинематических параметров рабочего процесса и компоновочного решения универсальной роторной землеройной машины. Отчет о НИР / Киев. автом.-дор. ин-т. ; рук. Мусийко В.Д. ; исполн.: Коваль А.Б., Лейченко Ю.Б., Маслов В.Ф., Варфоломеев Ю.М., Юрчиков Б.В., Федорков В.И., Бережнюк В.И. – К., 1987. – 196 с. – № ГР 01.86.0017418; Инв. № 02880051223.

5. Лейченко Ю. К расчету конструктивных и кинематических параметров универсальной землеройной машины. / Лейченко Юрий, Коваль Андрей // Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych. SAKON'93. – Rzeszów (Polska) : Politechnika Rzeszowska, 1993. – S. 99–104.

6. Коваль А.Б. Шляхи мінімізації навантажень робочого обладнання універсальних роторних землерійних машин / А.Б. Коваль // Сб. научн. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. – Днепропетровск : ГВУЗ "ПГАСА", 2013. – Вып. № 72. – С. 170–175.

7. Пат. 101931, Україна, МПК(2013.01) E02F 3/00. Універсальна землерійна машина / Дмитриченко М.Ф., Мусійко В.Д., Білякович М.О., Лейченко Ю.Б., Коваль А.Б., Кузьмінець М.П.; заявник і патентовласник Національний транспортний університет. – № а 2012 09065 ; заявл. 23.07.2012 ; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.

8. Коваль А.Б. Визначення умов забезпечення курсової стійкості універсальних землерійних машин. Дис...канд. техн. наук : 05.05.04 / Коваль Андрій Борисович ; Нац. транспортний ун-т. – Київ, 2013. – 219 с. – Бібліогр.: С. 167-177.

REFERENCES

1. Bykov A.V., Kotsyuba Yu.G., Glazman B.V., Sidorov K. I., Lisnovskiy B.G., Norinskiy E.Ya., Kvach A.A., Bandurov V.M., Stepanenko V.P., Dashkov N.G.. *Zemleroytnaya mashina* [Earthmover] Patent SU, no. 23722557, 1982. (Rus)

2. Bykov A.V., Kotsyuba Yu.G., Glazman B.V., Lisnovskiy B.G., Sidorov K. I., Saluk L.V., Loboda V.A., Maksimov V.A., Suvorov V.V. *Zemleroytnaya mashina* [Earthmover] Patent SU, no. 3581844, 1985.

3. Maevskiy A.G., Musiyko V.D. *Eksperimentalnye issledovaniya rabochikh protsesov zemleroynykh mashyn s tselyu opredeleyiya ikh osnovnykh parametrov* [Experimental research of working processes perspective earthmoving machines to determine their basic parameters]. Kiev, Kiev Automobile and Highway Institute, 1983. 146 p. (Rus)

4. Musiyko V.D., Koval A.B., Leychenko Yu.B., Maslov V.F., Varfolomeev Yu.M., Yurchikov B.V., Fedorkov V.I., Berezhnyuk V.I. *Opreделение optimalnykh kinematicheskikh parametrov rabocheho protsessa*

i komponovochного resheniya universalnoy roturnoy zemleroynoy mashyny [Determination of optimal kinematic parameters of the working process and the layout decision of the multipurpose earth-moving machine]. Kiev, Kiev Automobile and Highway Institute, 1987. 196 p. (Rus)

5. Leychenko Yu., Koval A. *K raschetu konstruktivnykh i kinematicheskikh parametrov universalnoy zemleroynoy mashyny* [Calculation of the structural and kinematic parameters of the multipurpose earth-moving machine] *Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych. SAKON'93.* – Rzeszów (Polska) : Politechnika Rzeszowska, 1993. – p.p. 99–104. (Rus)

6. Koval A.B. *Shliakhy minimizatsii navantazhen robochoho obladdannia universalnykh roturnykh zemleroynykh mashyn* [Ways to minimize the stress of work equipment of the multipurpose earth-moving machine] *Stoitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Intensifikatsiya rabochikh protsesov stroitelnykh i dorozhnykh mashyn. Seriya: Podemno-transportnye, stroitelnye i dorozhnye mashyny i oborudovanie.* [Building. Materials Science. Mechanical Engineering. Intensification of working processes of building and road machines. Series: Hoisting, building and road machines and equipment.], 2013, issue 72, p.p. 170–175. (Ukr)

7. Dmytrychenko M.F., Musiiko V.D., Biliakovych M.O., Leychenko Yu.B., Koval A.B., Kuzminets M.P. *Universalna zemleroyna mashyna* [Universal earth-moving machine] Patent UA no. a 2012 09065, 2013. (Ukr)

8. Koval A.B. *Vuznachennia umov zabezpechennia kursovoi stiiikosti universalnykh zemleroynykh mashyn* Diss. [Definition of the conditions assuring the course stability of the multipurpose earth-moving machine. Diss.]. Kyiv, 2013. 219 p. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Дем'янюк В.А. Синтез алгоритму функціонування універсальної землерийної машини з лінійною траєкторією різання ґрунту, перпендикулярною до осі тягача / В. А. Дем'янюк, В.Д. Мусійко, А.Б. Коваль // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ. – 2016. – Вип. 1 (34).

Стаття присвячена дослідженню кінематичних характеристик робочого органу універсальної землерийної машини (УЗМ).

Об'єкт дослідження – УЗМ з роторним робочим органом, який працює в режимі віяльно-поступальної подачі, здійснюючи копання траншей та котлованів різної ширини одним і тим же робочим органом.

Мета роботи - розробити алгоритм функціонування елементів робочого органу УЗМ, який забезпечує лінійну траєкторію різання ґрунту, перпендикулярною до вектору швидкості тягача.

Метод дослідження – математичне та комп'ютерне моделювання динамічної системи.

Синтезовано алгоритм функціонування робочого органу УЗМ, який забезпечує постійність товщини стружки ґрунту, що зрізується, по всій ширині котловану з лінійною траєкторією різання ґрунту, перпендикулярною до вектору переміщення тягача.

Одержані математичні залежності між кінематичними параметрами робочого процесу УЗМ (переміщеннями, швидкостями, прискореннями). Комп'ютерним моделюванням отримані графіки згаданих залежностей та графіки зміни кінематичних параметрів у часі.

Встановлено, що товщину стружки ґрунту, що зрізується, можна забезпечити практично незмінною по всій ширині котловану при постійній кутовій швидкості проміжної ланки УЗМ, якщо попередньо узгоджувати між собою експлуатаційні та конструктивні параметри УЗМ.

Результати статті можуть бути використані проектувальниками на стадії розробки, комп'ютерного моделювання та удосконалення алгоритму функціонування робочого органу УЗМ.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розроблення і оцінка ефективності перспективних алгоритмів функціонування УЗМ з лінійною траєкторією різання ґрунту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УНІВЕРСАЛЬНА ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА, РОБОЧИЙ ОРГАН, АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

Demianiuk V.A., Musiiko V.D., Koval A.B. Design of the operation algorithm for the multipurpose earthmoving machine with linear trajectory of the soil excavation that is perpendicular to the traction engine axle. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. Issue 1 (34).

The article is dedicated to the study of the multipurpose earthmoving machine (MEMM) working implement kinematic characteristics.

Study subject – MEMM with rotary working implement and the radial-translational approach, which produces the trenches and pits with various width using the same working implement.

Objective – to design the operation algorithm for the MEMM working implement elements that ensures the linear trajectory of excavation, perpendicular to the traction engines velocity vector.

Research technique – mathematical and computer modelling of the dynamic system.

The MEMM working implement operation algorithm has been designed. The algorithm ensures the consistency of the excavated soil chips thickness across the width of the excavation with the linear trajectory of the soil cutting perpendicular to the traction engines velocity vector.

Mathematical relations between kinematic parameters of the MEMM operating process (transpositions, speeds, accelerations) have been obtained. The diagrams of the mentioned relations and the kinematic parameters time history charts have been obtained by means of computer modelling.

The following fact has been determined – the thickness of the excavated soil chips can be maintained almost constant across the width of the whole excavation if the rotational speed of the MEMM intermediate link is constant and the precedential alignment of the performance and design parameters is done.

The results of the study can be utilized by designers in the development stage, for computer modelling and improvement of the operation algorithm of the MEMM working implement.

Forecasting suggestions for the study subject evolution – design and efficiency evaluation of the promising MEMM operation algorithms with linear trajectory of the soil excavation.

KEYWORDS: MULTIPURPOSE EARTHMOVING MACHINE, WORKING IMPLEMENT, OPERATION ALGORITHM, MATHEMATICAL MODELS, COMPUTER MODELLING

РЕФЕРАТ

Демьянюк В.А. Синтез алгоритма функционирования универсальной землеройной машины с линейной траектории резания грунта, перпендикулярной к оси тягача / В. А. Демьянюк, В.Д. Мусийко, А.Б. Коваль // Вестник Национального транспортного университета, Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ. – 2016. – Вып. 1 (34).

Статья посвящена исследованию кинематических характеристик рабочего органа универсальной землеройной машины (УЗМ).

Объект исследования - УЗМ с роторным рабочим органом, который работает в режиме веяльно-поступательной подачи, осуществляя рытье траншей и котлованов различной ширины одним и тем же рабочим органом.

Цель работы - разработать алгоритм функционирования элементов рабочего органа УЗМ, который обеспечивает линейную траекторию резания грунта, перпендикулярную вектору скорости тягача.

Метод исследования - математическое и компьютерное моделирование динамической системы.

Синтезирован алгоритм функционирования рабочего органа УЗМ, который обеспечивает постоянство толщины стружки срезаемого грунта по всей ширине котлована с линейной траекторией резания грунта, перпендикулярной к вектору перемещения тягача.

Получены математические зависимости между кинематическими параметрами рабочего процесса УЗМ (перемещениями, скоростями, ускорениями). Компьютерным моделированием получены графики упомянутых зависимостей и графики изменения кинематических параметров во времени.

Установлено, что толщину стружки срезаемого грунта можно обеспечить практически неизменной по всей ширине котлована при постоянной угловой скорости промежуточного звена УЗМ, если предварительно согласовывать между собой эксплуатационные и конструктивные параметры УЗМ.

Результаты статьи могут быть использованы проектировщиками на стадии разработки, компьютерного моделирования и совершенствования алгоритма функционирования рабочего органа УЗМ.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - разработка и оценка эффективности перспективных алгоритмов функционирования УЗМ с линейной траекторией резания грунта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЗЕМЛЕРОЙНАЯ МАШИНА, РАБОЧИЙ ОРГАН, АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Дем'янюк Володимир Андрійович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожніх машин, e-mail: vademianiuk@ukr.net, тел. +380677023247, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 226.

Мусійко Володимир Данилович, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри дорожніх машин, e-mail: musvd@i.ua, тел. +380501040262, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.

Коваль Андрій Борисович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожніх машин, e-mail: kandr@i.ua, тел. +380500240894, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 226.

AUTHOR:

Demianiuk Volodimir A., Ph.D. Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor department of road machines, e-mail: vademianiuk@ukr.net, тел. +380677023247, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 226.

Musiiko Volodimir D., Ph.D. Engineering, professor, National Transport University, Head of department of road machines, e-mail: musvd@i.ua, тел. +380501040262, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 226.

Koval Andrii B., Ph.D. Engineering, National Transport University, associate professor department of road machines, e-mail: kandr@i.ua, тел. +38050240894, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 226.

АВТОРЫ:

Демьянюк Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры дорожных машин, e-mail: vademianiuk@ukr.net, тел. +380677023247, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 226.

Мусийко Владимир Данилович, кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедры дорожных машин, e-mail: musvd@i.ua, тел. +380501040262, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

Коваль Андрей Борисович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожных машин, e-mail: kandr@i.ua, тел. +38050240894, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 226.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Іткін О.Ф., доктор технічних наук, генеральний директор ПрАТ "Промислово-виробничий інститут зварювально-ізоляційних технологій при будівництві трубопроводів "Нафтогазбудізоляція"», Київ, Україна.

Сахно В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

REVIEWER:

Itkin O.F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, General Director "Neftegazstroyizoliatsiya" Industrial Production Institute of welding-insulation technologies to a piping building, Kyiv, Ukraine.

Sakhno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Head Department of "Automobiles", Kyiv, Ukraine