

УДК 62-231.3:621.313.8

М.В. Фелько*Військова академія (м. Одеса), Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ КОМБІНОВАНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ УНІВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО ДИНАМІЧНОГО ТРЕНАЖЕРА

Розроблено математичну модель відтворення комбінованим електромеханічним приводом маневру типу «тангаж», яка дозволяє оцінити можливості приводу з відтворення заданого маневру, визначити необхідні довжини робочого руху окремих привідних ланок та дослідити динамічні характеристики приводу, оцінити рівень акселераційного впливу на оператора (перевантажень) під час проходження траєкторії з різною швидкістю за різні проміжки часу.

Ключові слова: комбінований електромеханічний привод, оператор транспортного засобу, акселераційна інформація, гексапод.

Вступ

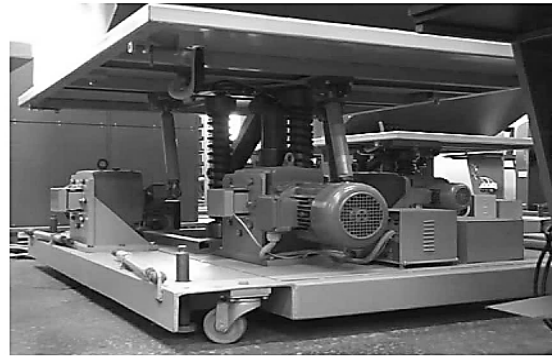
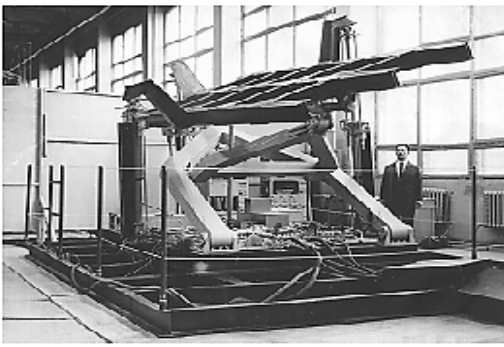
Постановка проблеми. З розвитком військової техніки для підвищення ефективності індивідуальної підготовки операторів транспортних засобів (ТЗ) великого значення отримало використання різноманітних тренажерів. Під час керування транспортним засобом оператор отримує різноманітну інформацію, серед якої найбільший вплив мають: зорова інформація; тактильно-кінестезична інформація; звукова та акселераційна інформація. Саме моделювання акселераційної інформації у сучасних тренажерах ТЗ викликає найбільші труднощі у технічному плані. Акселераційна інформація (АІ) – це складова інформаційного поля оператора ТЗ, яка відображає величину і тривалість дії на нього перевантажень, спричинених лінійними та кутовими прискореннями під час руху [1].

Відомо, що збільшення перевантаження вимагає більших зусиль людини на виконання однієї і тієї ж операції, порівняно з умовами відсутності впливу перевантажень. Саме тому, не зважаючи на технічну складність, виникає необхідність відтворення у сучасних динамічних тренажерах впливу перевантажень на оператора ТЗ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Адекватність моделювання АІ цілком залежить від системи рухомості кабіни тренажера. При цьому параметри руху кабіни визначаються: кількістю ступенів свободи; діапазоном лінійних і кутових переміщень; можливістю отримання заданих швидкостей та прискорень. Аналіз технічних можливостей динамічних тренажерів показує, що більшість з них відтворюють тільки обертовий рух, в той час як лінійні переміщення відтворюються в небагатьох, найбільш складних і, як правило, авіаційних тренажерах [2, 3, 4, 5, 6, 7].

В більшості тренажерів наземних транспортних засобів застосовуються триступеневі динамічні платформи, які дозволяють здійснювати обертовий рух у повздовжній та поперечній площинах, а також лінійні переміщення вздовж вертикальної осі (рис. 1) [4, 7]. Такі тренажери не мають можливості відтворювати комбіновані рухи, що включають маневри, наприклад, типу «тангаж». Кінематична схема з трьома ступенями свободи вважається класичною для тренажерів механіків-водіїв наземних зразків військової техніки, таких як танки, БМП, БТР, оскільки раніше не надавалося суттєве значення проблемі моделювання АІ в цих машинах.

На сьогодні все більше набуває популярності застосування у якості приводу рухомої кабіни тренажера запозиченого із робототехніки механізму паралельної структури з 6 ступенями свободи, який отримав назву «гексапод» [2, 3, 5, 6]. Цей механізм дозволяє реалізувати (хоча і не у великому діапазоні) не тільки обертові, але і лінійні переміщення вздовж трьох осей координат.



а)

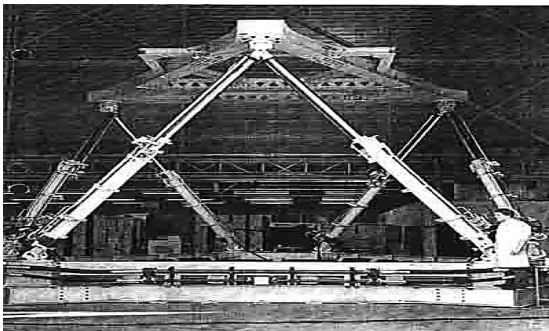
б)

Рис. 1. Триступеневі динамічні платформи:

а – авіаційний динамічний стенд з електрогідравлічним приводом ДС-3 з максимальним відхиленням по крену;
б – динамічна платформа ПД 12 з електромеханічним приводом

При цьому кабіна тренажера кріпиться безпосередньо на привідних ланках, які відіграють роль важелів змінної довжини (рис. 2). Переміщення кабіни вздовж окремих ступенів свободи здійснюється за рахунок зміни довжини привідних ланок.

Постановка завдання. Реалізація поступального та сферичного руху, а також відтворення лінійних та кутових швидкостей і прискорень у тренажері наземного ТЗ має забезпечувати створення акселераційних відчуттів при русанні з місця, розгоні, гальмуванні та зупинці ТЗ, подоланні таких перешкод як спуски, підйоми, косогори, обминання перешкод (здійснення поворотів). Це дозволить навчати операторів ТЗ не просто керувати ТЗ у звичайних умовах, але й діяти під час здійснення екстрених маневрувань, наприклад, при заносі, миттєвому виникненні перешкоди і т.ін.



а)

б)

Рис. 2. Динамічні платформи на основі гексаподу:

а) Авіаційний динамічний стенд ДС6-1 з електрогідравлічним приводом;
б) динамічна платформа 6ПД8 з електромеханічним приводом

Підвищення адекватності імітації приводом тренажера складного руху ТЗ у значній мірі залежить від збільшення діапазону лінійних та кутових переміщень динамічних платформ тренажерів завдяки удосконаленню їх кінематичних схем. На думку авторів, одним із напрямків вирішення цього завдання може бути комбіноване застосування лінійного електромеханічного приводу та багатоступневих динамічних платформ [5, 6].

Основна частина

В основу перспективного комбінованого багатокординатного тренажера (рис. 3) з модульним електромеханічним приводом покладено описаний у роботі [8] двокоординатний привід, у якому застосовуються широкорегульовані лінійні електричні двигуни, що форсуються з високою переважувальною здатністю, широкий вибір яких представлений у [9]. Шляхові прямолінійні структури двигунів 1 попарно паралельно встановлені уздовж кожної з чотирьох меж обслуговування прямокутної координатної площини. Симетрично розміщені один проти одного активні рухомі блоки-

модулі 2 координатних лінійних електричних двигунів жорстко закріплені на взаємно перпендикулярних напрямних 3, що знаходяться в паралельних площинах, а майданчик 4 на якому розміщено базис шестиступеневої динамічної платформи (гексаподу) 5 забезпечений двома парами опор кочення, в яких з можливістю вільного переміщення, проходять напрямні координатні. На верхній (рухомій) ділянці гексаподу 6 (далі – платформа) в центрі мас P розташоване крісло людини-оператора (кабіна тренажера). Базис і платформа з'єднані між собою шістьма штангами 7 змінної довжини за допомогою шарнірів. Зміну довжини штанг забезпечують шість приводів [5].

Введемо такі системи координат (рис. 3): нерухому $OX_oY_oZ_o$; рухому систему $SX_sY_sZ_s$, що пов'язана в центрі S з базисом гексаподу; рухому систему $PX_pY_pZ_p$, що розташована в центрі P платформи та рухається поступально відносно нерухомої системи; рухому систему $PXYZ$, яка пов'язана нерозривно з рухомою платформою [2].

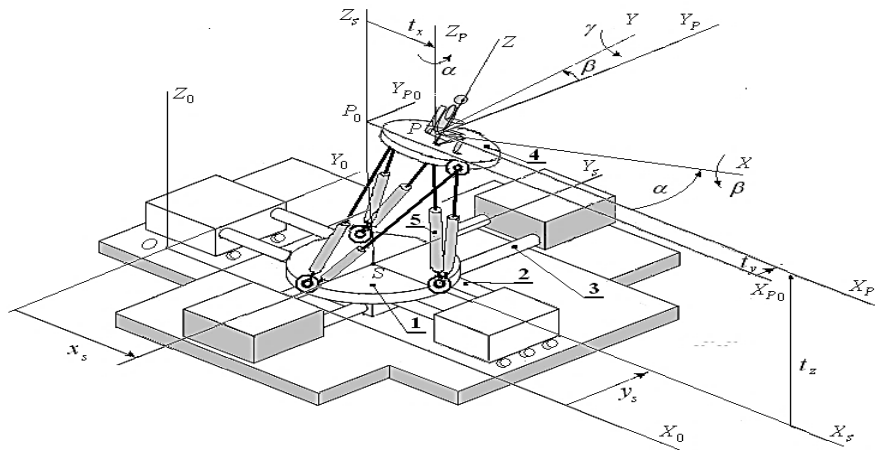


Рис. 3. Розрахункова схема комбінованого тренажера та формування систем координат

У загальному випадку довільний просторовий рух платформи відносно нерухомої системи координат $OX_oY_oZ_o$ визначається сукупністю восьми скалярних функцій часу:

$$\begin{aligned} x_s &= x_s(t), \quad y_s = y_s(t), \quad x_p = x_p(t), \quad y_p = y_p(t), \quad z_p = z_p(t); \\ \alpha &= \alpha(t), \quad \beta = \beta(t), \quad \varphi = \varphi(t). \end{aligned} \tag{1}$$

де: x_s, y_s – координати полюса S базису гексапода, що характеризують поступальний рух тренажера вздовж осей OX_o, OY_o ; x_p, y_p, z_p – координати полюса P платформи, що характеризують поступальний рух платформи у координатному базисі $SX_sY_sZ_s$, α, β, φ – кути Ейлера-Крилова (рис. 4).

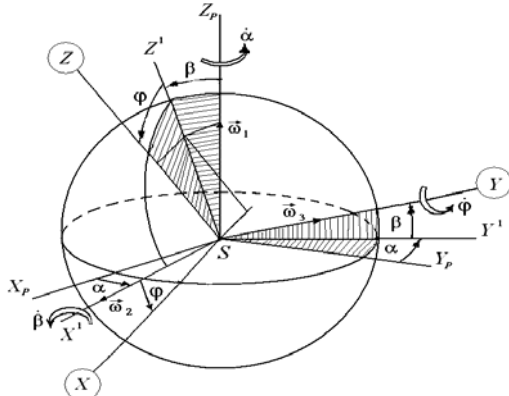


Рис. 4. Схема визначення кутів Ейлера-Крилова

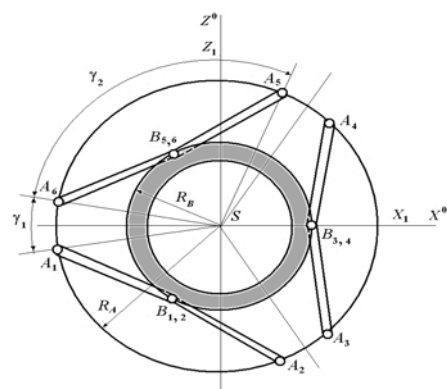


Рис. 5. Схема розташування нижніх A_i та верхніх B_i шарнірів гексаподу

Координати центрів шарнірів A_i у базисі $SX_s Y_s Z_s$ гексаподу та центрів шарнірів B_i платформи в рухомому координатному базисі $PXYZ$, пов'язаному з платформою, під час її руху не змінюються і наведені у матричній формі (рис. 5) [10]:

$$\begin{pmatrix} {}^S A_1 \\ {}^S A_2 \\ {}^S A_3 \\ {}^S A_4 \\ {}^S A_5 \\ {}^S A_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{A1} & y_{A1} & z_{A1} \\ x_{A2} & y_{A2} & z_{A2} \\ x_{A3} & y_{A3} & z_{A3} \\ x_{A4} & y_{A4} & z_{A4} \\ x_{A5} & y_{A5} & z_{A5} \\ x_{A6} & y_{A6} & z_{A6} \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} -R_A \cos(0,5\gamma_1) & -R_A \sin(0,5\gamma_1) & 0 \\ R_A \cos(\gamma_1 + 0,5\gamma_2) & -R_A \sin(\gamma_1 + 0,5\gamma_2) & 0 \\ R_A \cos(0,5\gamma_2) & -R_A \sin(0,5\gamma_2) & 0 \\ R_A \cos(0,5\gamma_2) & R_A \sin(0,5\gamma_2) & 0 \\ R_A \cos(\gamma_1 + 0,5\gamma_2) & R_A \sin(\gamma_1 + 0,5\gamma_2) & 0 \\ -R_A \cos(0,5\gamma_1) & R_A \sin(0,5\gamma_1) & 0 \end{pmatrix}^T \Rightarrow \quad (2)$$

$$\Rightarrow {}^S A_i = (x_{Ai}, y_{Ai}, z_{Ai})^T = (R_A \cos(\gamma_i), R_A \sin(\gamma_i), 0)^T;$$

$$\left. \begin{aligned} \begin{pmatrix} {}^P B_{1,2} \\ {}^P B_{3,4} \\ {}^P B_{5,6} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} {}^P x_{B1,2} & {}^P y_{B1,2} & {}^P z_{B1,2} \\ {}^P x_{B3,4} & {}^P y_{B3,4} & {}^P z_{B3,4} \\ {}^P x_{B5,6} & {}^P y_{B5,6} & {}^P z_{B5,6} \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} -R_B \cos 60^\circ & -R_B \sin 60^\circ & 0 \\ R_B & 0 & 0 \\ -R_B \cos 60^\circ & R_B \sin 60^\circ & 0 \end{pmatrix}^T \Rightarrow \\ \Rightarrow {}^P B_i &= ({}^P x_{Bi}, {}^P y_{Bi}, {}^P z_{Bi})^T = \left(R_B \cos\left(\frac{\pi}{3}\right), R_B \sin\left(\frac{\pi}{3}\right), 0 \right)^T, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\gamma_2}{2}\right) = \frac{A_1 A_2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}\right)}{A_1 A_6 + 0,5 \cdot A_1 A_2}, \quad \gamma_1 = \frac{2\pi}{3} - \gamma_2 \quad (4)$$

Символи ліворуч зверху означають значення величин у відповідному базисі: S – у базисі гексаподу $SX_s Y_s Z_s$, P – у власному базисі платформи $PXYZ$; T – символ транспонування матриць.

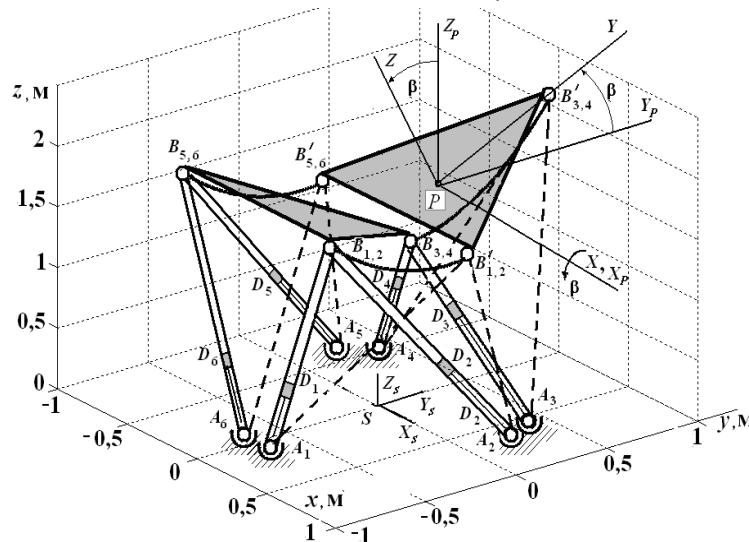


Рис. 6. Схема функціональної траєкторії рухів гексаподу з кутом тангажу 20°

При здійсненні маневру типу «тангаж» (коли $x_p = 0$, $\alpha = 0$, $\varphi = 0$) для збільшення діапазону лінійних переміщень полюсу P платформи, базис гексаподу разом з платформою, завдяки лінійному електромеханічному приводу, здійснює поступальний рух у площині xOy вздовж осі Oy , рух базису

визначається узагальненою координатою y_s . Крім того, завдяки зміні довжини шести привідних ланок гексаподу, полюс платформи здійснює поступальний рух вздовж осей PY_p та PZ_p , платформа здійснює поворот навколо осі PX_p на кут β (рис. 6) [2].

Таким чином, абсолютний рух платформи у системі координат $OX_oY_oZ_o$ при здійсненні маневру типу «тангаж» буде заданий рівняннями:

$$y_p = y_s(t) + t_y(t) \quad z_p = t_z(t), \quad \beta = \beta(t), \tag{5}$$

де $t_y(t)$, $t_z(t)$ – рівняння поступального руху платформи з системою координат $PX_pY_pZ_p$ відносно власного базису гексаподу $SX_sY_sZ_s$; $y_s(t)$ – рівняння поступального руху базису гексаподу у системі координат $OX_oY_oZ_o$; $\beta(t)$ – рівняння обертового руху платформи навколо осі PX_p .

Рівняння відносного руху полюса платформи $P(0, t_y, t_z)$ у системі координат базису $SX_sY_sZ_s$ гексаподу під час виконання тангажу визначені за розрахунковою схемою (рис. 7)

$$\left. \begin{aligned} & \left. \begin{aligned} t_x &= 0, \\ t_y &= y_{p0} + R_p [\sin \beta_0 - \sin(\beta_0 - \beta)], \\ t_z &= z_{p0} - R_p [\cos(\beta_0 - \beta) - \cos \beta_0] \end{aligned} \right\} \Rightarrow 0 \leq \beta \leq \beta_0; \\ & \left. \begin{aligned} t_x &= 0, \\ t_y &= y_{p0} + R_p [\sin \beta_0 + \sin(\beta - \beta_0)], \\ t_z &= z_{p0} - R_p [\cos(\beta - \beta_0) - \cos \beta_0] \end{aligned} \right\} \Rightarrow \beta_0 < \beta < 2\beta_0 \end{aligned} \right\}, \tag{6}$$

де β_0, β – кут початкової орієнтації та кут повороту платформи навколо осі PX_p ; R_p – радіус модельованої траєкторії тангажу; x_{p0}, y_{p0}, z_{p0} – початкові координати полюса платформи P у власному базисі гексаподу $SX_sY_sZ_s$.

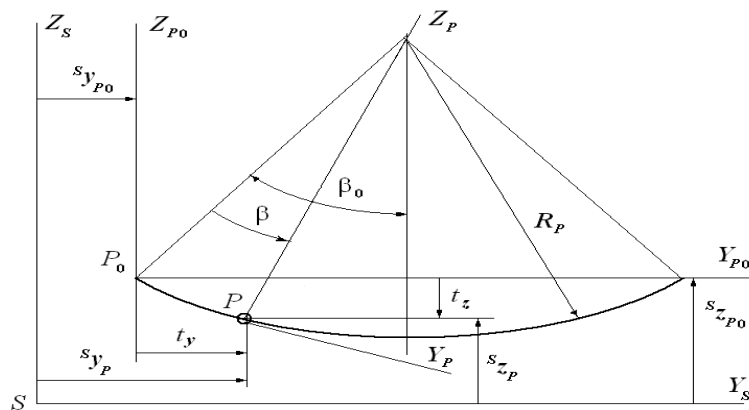


Рис. 7. Схема визначення траєкторії полюса P платформи під час тангажу

У вихідному положенні, коли початкові довжини штанг гексаподу L_{i0} однакові, відповідні осі систем $PXYZ$ та $PX_pY_pZ_p$ збігаються. Координати точок B_i ($i=1\dots6$) $\rightarrow {}^S B_i = ({}^S x_{Bi}, {}^S y_{Bi}, {}^S z_{Bi})^T$ платформи у власному базисі $SX_sY_sZ_s$ гексапода визначені за допомогою матриць перетворення так:

$$\begin{pmatrix} {}^S x_{Bi} \\ {}^S y_{Bi} \\ {}^S z_{Bi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_\beta & -s_\beta \\ 0 & s_\beta & c_\beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} {}^P x_{Bi} \\ {}^P y_{Bi} \\ {}^P z_{Bi} \end{pmatrix} \Rightarrow {}^S B_i = T_p + R_X \cdot {}^P B_i, \tag{7}$$

де T_P – матриця поступального руху платформи гексаподу відносно власного базису $SX_sY_sZ_s$; R_X матриця повороту платформи навколо осі PX_p ; $c_\beta = \cos\beta$, $s_\beta = \sin\beta$. [10]

Відстані A_iB_i між центрами шарнірів A_i і B_i гексаподу, залежно від положення платформи у будь-який момент часу, характеризуються величиною L_i та визначаються з урахуванням (2)–(4), (6)–(7) за формулами:

$$A_iB_i = \sqrt{(x_{B_i} - x_{A_i})^2 + (y_{B_i} - y_{A_i})^2 + (z_{B_i} - z_{A_i})^2}, \quad |L_i| = A_iB_i - L_{i0}, \quad i=1, \dots, 6, \quad (8)$$

де L_{i0} – початкова відстань між шарнірами $A_{i0}B_{i0}$, i – номер привідної ланки гексаподу.

Рівняння абсолютного руху точки C (центру мас прикріпленого до платформи P модуля управління тренажером (кабіни оператора)):

$$\begin{pmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_\beta & -S_\beta \\ 0 & S_\beta & C_\beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} {}^P x_C \\ {}^P y_C \\ {}^P z_C \end{pmatrix} \Rightarrow {}^O C = T_S + T_P + R_x \cdot {}^P C, \quad (9)$$

де T_S – матриця поступального руху базису гексаподу у системі координат $OX_oY_oZ_o$; ${}^P C = (0, 0, z_C)^T$ – координати точки C у рухомій системі координат $PXYZ$.

Кінематичними параметрами платформи (центру мас кабіни оператора) є швидкість і прискорення т. C , які визначаються похідними за часом:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_C & \dot{y}_C & \dot{z}_C \end{pmatrix}^T = \dot{T}_S + \dot{T}_P + \dot{R}_x \cdot {}^P C; \quad \begin{pmatrix} \ddot{x}_C & \ddot{y}_C & \ddot{z}_C \end{pmatrix}^T = \ddot{T}_S + \ddot{T}_P + \ddot{R}_x \cdot {}^P C. \quad (10)$$

Швидкість та прискорення змін довжини i -тої привідної ланки визначаються за рівняннями:

$$V_{Li} = \frac{dL_i}{dt}, \quad a_{Li} = \frac{dV_{Li}}{dt}. \quad (11)$$

При заданих відстанях між шарнірами $A_1A_2 = 0,78$ м, $A_1A_6 = 0,22$ м; (рис. 6) за рівнянням (4) знайдемо: $\gamma_1 = 16^\circ$; $\gamma_2 = 104^\circ$, відповідно $R_A = A_1A_2 / \sin \gamma_2 = 0,7843$ м; $R_B = 0,243$ м.

Задамо відстань між точками S і P у нульовому положенні, коли платформа і базис паралельні $H_0 = 0,8$ м. Тоді довжини приводних ланок будуть однаковими і відповідно до формули (8) можемо визначити $L_{i0} = 1,039$ м.

Чисельні результати зміни довжини приводних ланок при відпрацюванні програми руху тренажера з кутом тангажу 20° ($\frac{\pi}{9} \leq \beta \leq -\frac{\pi}{9}$) при заданих конструктивних характеристиках показано у таблиці 1. Графічне відображення маневру, залежно від часу показано на рис.8.

Таблиця 1

Характеристика зміни довжини приводних ланок тренажера при відпрацюванні маневру з кутом тангажу 20°

№ ланки	Довжина приводних ланок у нульовому положенні L_{i0}	Довжина приводних ланок у початковому положенні і L_{in}	Довжина приводних ланок у кінцевому положенні L_{ik}	Величина зміни довжини приводних ланок $ d_i $
1	1,039 м	0,8587 м	1,2296 м	0,3709 м
2	1,039 м	1,5603 м	0,9241 м	0,6362 м
3	1,039 м	1,4170 м	1,0789 м	0,3381 м
4	1,039 м	1,4170 м	1,0789 м	0,3381 м
5	1,039 м	1,5603 м	0,9241 м	0,6362 м
6	1,039 м	0,8587 м	1,2296 м	0,3709 м

Результат моделювання АІ, яку отримує оператор ТЗ під час виконання маневру з кутом тангажу 20° по заданій траєкторії за різні проміжки часу (5 с і 10 с) представлено на графіку (рис. 9).

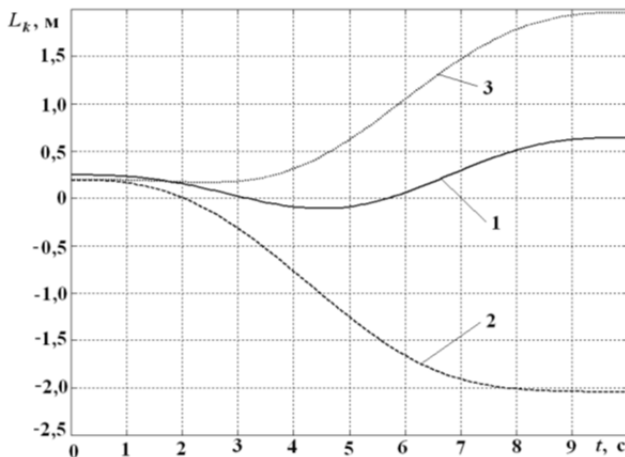


Рис. 8. Діаграми зміни довжин штанг L_i у часі при відпрацюванні програми руху з кутом тангажу $\beta = 20^\circ$: крива 1 відповідає функціям $L_1(t) = L_6(t)$; 2 – $L_2(t) = L_5(t)$; 3 – $L_3(t) = L_4(t)$

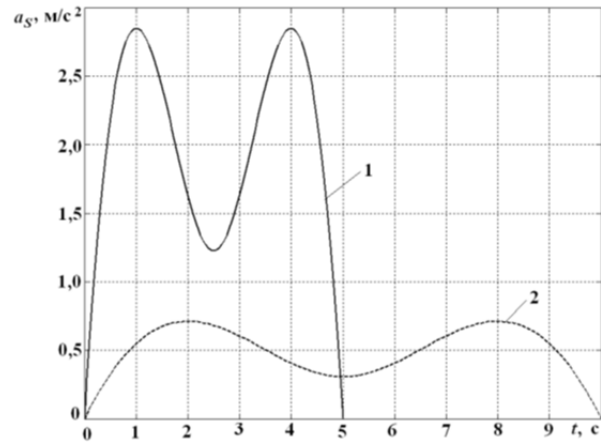


Рис. 9. Прискорення центра мас кабіни оператора під час маневрування на тренажері з кутом тангажу $\beta = 20^\circ$: крива 1 відповідає тривалості часу $t_1 = 5$ с; 2 – $t_2 = 10$ с

Висновки

1. Створено динамічну модель комбінованого модульного тренажера на основі лінійного електромеханічного приводу та гексаподу, що дозволяє збільшити діапазон лінійних і кутових переміщень кабіни та навчати операторів не тільки управлінню транспортним засобом у штатному режимі, а також діяти при виконанні екстреного маневрування, при заносі, тангажу, миттєвому виникненні перешкод.
2. Розроблено методику визначення як конструктивних характеристик тренажера, так і параметрів робочого руху та оцінки можливостей приводів та окремих приводних ланок при відпрацюванні тренажером заданого маневру.
3. На прикладі відтворення тренажером маневру типу «тангаж» продемонстровано моделювання певної акселераційної інформації оператора ТЗ в широкому інтервалі прискорень при проходженні траєкторії з різною швидкістю за різні проміжки часу.
4. Отримані результати можуть бути застосовані під час дослідження динамічних характеристик комбінованого багатокоординатного тренажера операторів військової транспортної техніки з модульними електромеханічними приводами.

Список використаних джерел:

1. Фелько М.В. Основні напрями підвищення рухомості кабін динамічних тренажерів бойових машин / М.В. Фелько, В.М. Ярмолюк // Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки: матеріали II-ї науково-технічної конференції, 13 грудня 2011 р., м. Київ. – К. : ЦНДІ ОБТ, 2011. – 41 – 42 с.
2. Ягліньський В.П. Кінематика комбінованого модульного динамічного тренажера / В.П. Ягліньський, А. Обайді // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 2/1 (16). – 38 – 41 с.
3. Бачинський В.В. Оцінка системи рухомості тренажерів бойових машин / В.В. Бачинський, В.М. Ярмолюк // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2010. – № 1(23). – 137 – 141 с.
4. Прошин И. А. Тренажер плаваючого об'єкта для обучения экипажей действиям в чрезвычайных ситуациях / И.А. Прошин, В.М. Тимаков, В.Н. Прошкин // Вестник АГТУ. – Морская техника и технология, 2009. – № 1. – 82 – 87 с.
5. Пат. 103250 Україна, МПК (2013.01) F41A 33/00, F41G 3/26, F41G 5/00, H02K 41/00, A63B 24/00. Комбінований багатокоординатний тренажер операторів військової транспортної техніки з модульними електромеханічними приводами / М.В.Фелько, А.А. Гончарук, А.А. Коваль, В.М. Ярмолюк, В.Т. Беліков, В.В. Васильєв; – № 201200487; заявл. 16.01.2012; опубл. 25.09.2013, Бюл. № 18.

6. Пат. 104273 Україна, МПК (2013.01) G09B 9/10 (2006.01), G09B 9/52 (2006.01), F41A 33/00, F41G 3/26 (2006.01), A63B 24/00. Багатокоординатний двосторонній модульний електропривод аерокосмічних тренажерних систем / М. В. Фелько, В. П. Яглінський, С. С. Ковалішин, В. Т. Беліков, В. В. Васильєв; – № 201310021; заявл. 12.08.2013; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1.

7. Комплексные тренажеры экипажей танков Т-72 и Т-90. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://simulator.com.ua/files/tp/t72-90_ru.pdf.

8. Пат. 91298 Україна, МПК(2009) F41A 33/00, F41G 3/26 (2006.01), F41G 3/30 (2006.01), F41G 5/00, A63B 24/00, H02K 41/00. Двокоординатний електромеханічний тренажер стрільця / О. В. Поповіченко, О. В. Толстой, В. Т. Беліков, В. В. Васильєв, М. М. Грачов, В. М. Ярмолюк; – № 200903025; заявл. 30.03.2009; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.

9. BALDOR LinearMotors @ stages [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.baldor.com>.

10. Яглінський В. П. Надійність авіаційного тренажера на основі гексаподу при екстремальних навантаженнях / В. П. Яглінський, С. С. Гутиря // Вісн. СевНТУ. Механіка, енергетика, екологія, 2011. – Вип. 120. – 196–20 с.

Рецензент: В. В. Бачинський, к. т. н., с. н. с., Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНАЖЕРА

М. В. Фелько

Разработана математическая модель выполнения комбинированным электромеханическим приводом маневра типа «тангаж», которая позволяет оценить возможности привода по воспроизведению заданного маневра, определить необходимые длины рабочего хода отдельных приводных звеньев и исследовать динамические характеристики привода, оценить уровень акселерационного воздействия (перегрузок) на оператора во время прохождения траектории с разной скоростью за разные промежутки времени.

Ключевые слова: комбинированный электромеханический привод, оператор транспортного средства, акселерационная информация, гексапод.

THE RESEARCH OF KINEMATIC CHARACTERISTICS OF MOVEMENT OF COMBINED ELECTROMECHANICAL DRIVING GEAR OF MULTIPURPOSE DYNAMIC TRAINING SIMULATOR

M. Felko

The mathematical model representing the «pitch» maneuver by combined electromechanical driving gear is developed, this model gives the possibility to estimate the driving gear's possibilities of specified maneuver reproduction, to determine the necessary length of working motion of individual driving parts and to research the dynamic characteristics of driving gear, to estimate the level of acceleration effect on the operator (overload) during the passage through the trajectory with different speeds and intervals.

Keywords: combined electromechanical driving gear, vehicle operator, acceleration information, hexapod.