ISSN 2079–1836
2015, вип. 24

УДК 621.9.04

А. С. Обайді

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ТРЕНАЖЕРА-ГЕКСАПОДА ЗА КРИТЕРІЯМИ МОБІЛЬНОСТІ ТА ШВИДКОДІЇ

Обґрунтовано застосування системної кваліметричної моделі технічного рівня на етапі проектування або модернізації існуючих конструкцій тренажера на основі гексапода. Сформована номенклатура функціональних властивостей тренажера, розроблена методика підвищення технічного рівня конструкції за критеріями мобільності та швидкодії.

Ключові слова: *математична модель, інтегральний показник, нормалізація, багаторівнева оптимізація*

Вступ. Розвиток військової техніки потребує підвищення ефективності індивідуальної підготовки операторів мобільних машин (ММ), які під час керування отримують різноманітну інформацію, серед якої найбільший вплив мають: зорова інформація; тактильно-кінестезична інформація; звукова та акселераційна інформація (АІ) [5, 6]. Саме моделювання акселераційної інформації у сучасних тренажерах ММ викликає найбільші труднощі у технічному відношенні. Акселераційна інформація (АІ) – це складова інформаційного поля оператора ММ, яка відображає величину та тривалість дії на нього перевантажень, спричинених лінійними та кутовими пришвидшеннями під час руху.

Збільшення перевантаження вимагає більших зусиль людини на виконання однієї і тієї ж операції у порівнянні з умовами відсутності впливу перевантажень. Саме тому, не дивлячись на технічну складність, виникає необхідність відтворення у сучасних динамічних тренажерах впливу перевантажень на оператора ММ, що підтверджує актуальність науково-технічної проблеми.

Аналіз технічних можливостей існуючих динамічних тренажерів наземних ММ показує, що в більшості застосовуються трьохступеневі динамічні платформи, які не мають можливості відтворювати комбіновані рухи, що включають маневри, наприклад, типу тангажа або віражу [3, 6]. Більш маневрені динамічні тренажерні системи на основі гексаподу мають шість степенів рухомості і використовуються для обов'язкових наземних тренувань пілотів. Такі тренування передбачені нормативними вимогами і дають змогу відпрацьовувати на тренажерах (симуляторах польоту) режими екстрених маневрувань у різних площинах протягом чотирьох годин (пілоти без стажу – 30 годин). Однак, відомі авіаційні тренажери мають обмежений робочий простір і тому недостатню маневреність [3, 5].

© А. С. Обайді, 2015

Актуальність питання підготовки операторів ММ характеризується перманентним зростанням вимог замовників до функціонально-технічних і економічних показників тренажерних систем при жорсткій умові не зниження, або навіть покращення вже досягнутого технічного рівня. Високий рівень вимог до тренажерної техніки пояснюється тим, що під час експлуатації ММ внаслідок відмови агрегатів і систем екіпаж може не встигнути адекватно відреагувати на прояв таких відмов, і це може привести до руйнування техніки та до загибелі людей.

Запропонований комбінований модульний динамічний тренажер (патент України [4]) із застосуванням механізму паралельної структури і кінематики (МПСК) типу «гексапод» (рис. 1) дозволяє відтворення лінійних та кутових швидкостей і пришвидшень у комбінованому тренажері для забезпечення акселераційних відчуттів при рушанні з місця, розгоні, гальмуванні та зупинці ММ, подоланні таких перешкод, як спуски, підйоми, косогори, обминання перешкод (здійснення поворотів) [4]. Це дозволить навчати операторів ММ не просто керувати транспортним засобом в звичайних умовах, але й діяти під час здійснення екстрених маневрувань, наприклад, при заносі, тангажі, миттєвому виникненні перешкоди і т. ін.

Метою досліджень є визначення технічного рівня тренажера-гексапода, який має збільшену робочу зону, підвищену мобільність та вищу швидкодію порівняно з відомими тренажерними системами.

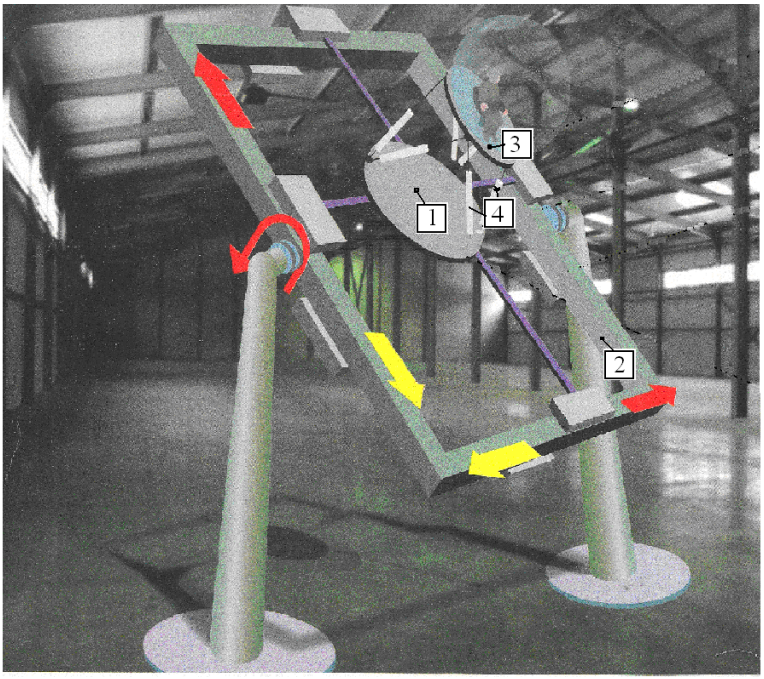


Рис. 1 – **Модель тренажера на основі динамічної платформи комбінованого модульного типу (патент України [4])**

Дослідження. Модульний динамічний тренажер із застосуванням МПСК типу «гексапод» має (рис. 1) базову платформу *1*, що за допомогою лінійного приводу рухається поступально по напрямним *2*, які обертаються навколо нерухомої осі, та рухому промислову платформу (ПП) *3*, яка кріпиться безпосередньо на привідних ланках-штангах *4* у вигляді важелів змінної довжини [6]. Тренажерна система має підвищену мобільність за рахунок 9-ти ступенів рухомості: базова платформа має три незалежні координати (одна обертальна і дві поступальні); ПП розташована на гексаподі з 6-ма незалежними координатами.

Процес багаторівневої оптимізації системи складається з двох етапів: пошуку границь області існування показників якості готового виробу та пошуку у цій області кращого набору значень показників якості основних складових (підсистем, модулів, кінематичних пар тощо) методами багатокритеріальної і багатопараметричної оптимізації на етапі проектування [7].

Усі службові якості механічної системи ПП (вантажність, точність позиціювання, швидкодія, надійність та ін.) системно залежать від параметрів взаємодіючих компонентів і повністю не визначаються жодним з них окремо. Саме тому оцінка технічного рівня ПП не є композицією оцінок окремих службових властивостей і потребує системного відображення, а їх конструювання із локально оптимізованих підсистем, модулів тощо не гарантує створення оптимальної у цілому технічної системи [2].

За міжнародною класифікацією модулем ПП прийнято вважати комплексний пристрій або універсальний агрегатний вузол, що забезпечує перетворення команд на виконання рухів в необхідні зусилля чи крутний момент та має уніфіковані розміри і параметри для зовнішнього спряженого приєднання. Приклади типових виконавчих модулів у складі серійних конструкцій ПП – модулі зміни довжин штанг, їх повороту, переміщення основи тощо. Зважаючи на складність задач оптимізації параметрів МСПК у складі ПП, визнано доцільним урахування при моделюванні показників їх якості рівня підсистем, що складаються з декількох послідовно або паралельно розташованих модулів різного функціонального призначення.

За статистичними даними провідних виробників із множини функціональних показників і параметрів ПП сформовано номенклатуру показників якості типових конструкцій, що систематизовані за групами службових властивостей (маневреність, вантажність, точність позиціювання, швидкодія і надійність, табл. 1) [2].

Порівняно з прототипом (авіатренажера-гексапода) для розглянутого в роботі тренажера-гексапода ММ за рахунок додаткових рухів базисної платформи покращено два критерії якості: маневреності і швидкодії, що безумовно впливає на технічний рівень тренажерної системи.

Таблиця 1 – **Систематизація типових показників якості тренажера [2]**

Властивість	Показник	Позначення
1. Маневреність	1.1 Коефіцієнт маневреності	$k_{м}$
	1.2 Коефіцієнт ефективності площі	k_{eff}
2. Вантажність	2.1. Питома енергоємність	$\gamma_N = N_D \cdot \gamma_{\text{м}}$
	2.2. Відносна вантажність підсистем	$\gamma_{\text{м}} = m_{\text{м}} / n_s$
3. Точність позиціювання	3.1.Похибка позиціювання полюса ПП	Δ_C
	3.2. Усереднена динамічна похибка: — кутова — лінійна	Δ_ϕ Δ_d
	3.3. Усереднена нерівномірність рухів: — обертальних — поступальних	δ_ω δ_V
4. Швидкодія	4.1. Час фіксації полюса захвату	t_f
	4.2. Коефіцієнт динамічності: — для підсистеми повороту — для підсистеми лінійних переміщень	$k_{dA} = \varepsilon_{\max} / \omega_{\text{ср}}^2$ $k_{dA} = a_{\max} / V_{\text{ср}}^2$
	4.3. Усереднений час розгону двигунів модулів: — кутового переміщення — лінійного переміщення	$t_{\text{р}}$
	4.4. Усереднена допустима відносна швидкість у кінематичних парах: — кутова — лінійна	$\omega_{\max}$ $V_{\max}$
5. Надійність	5.1. Наробіток на відмову системи	$T_{\text{НС}}$
	5.2. Усереднене значення коефіцієнта готовності для підсистеми	$T_{\text{НР}}$
	5.3. Усереднений ресурс модулів	$T_{\text{РМ}}$
	5.4. Усереднений ресурс кінематичних пар	$T_{\text{КР}}$
	5.5. Усереднений ресурс “слабких” елементів	$T_{\text{СЕ}}$

Примітка. Прийняті позначення: $m_{м}$ – маса об’єкта маніпуляції ПП; N_D – сумарна потужність двигунів; n_s – число ступенів рухомості; $\varepsilon_{\max}, a_{\max}$ – максимальні значення кутового пришвидшення ПП та пришвидшення полюса; $V_{\text{ср}}, \omega_{\text{ср}}$ – усереднені лінійна та кутова швидкості модулів рухів; $k_{м} = k_{eff} \cdot k_{st} \cdot L_{\max} / L_H$, $L_{\max}, L_H$ – максимальні хід та номінальна довжина штанги; k_{st} – коефіцієнт урахування структури ПП (кількості штанг МПСК).
Усереднені оцінки для малих вибірок значень певного показника відповідають математичному очікуванню, для великих вибірок – визначають за функцією розподілу.

Оптимізація конструктивних параметрів ПП на основі гексапода, що виконана І. Г. Хольшевим і В. В. Бушуєвим, полягає у варіюванні геометричних розмірів елементів конструкції гексапода й положення платформи шляхом моделювання для кожної комбінації варійованих параметрів обсягу робочого простору [1]. Проведене порівняння ряду конструкцій гексаподів за критерієм ефективності займаної площі k_{eff}

$$k_{eff} = \frac{S_{\text{г}}}{S_{\text{рп}}} = \frac{L_{\text{ст}} \cdot B_{\text{ст}}}{l_{\text{рп}} \cdot b_{\text{рп}}}, \quad (1)$$

де $S_{\text{г}}$ – площа, відповідна до габариту верстата; $S_{\text{рп}}$ – площа перерізу робочого простору гексапода; $L_{\text{ст}}, B_{\text{ст}}$ – довжина та ширина гексапода; $b_{\text{рп}}, L_{\text{рп}}$ – характерні розміри в плані робочого простору.

Для тренажера-гексапода на основі МПСК робочий простір залежить не тільки від параметрів ПП, а й від довжини напрямних. Тому для тренажера-гексапода зі штангами змінної довжини показник маневреності встановлено з урахуванням (1) у вигляді:

$$k_{м} = k_{eff} \cdot k_{st}\, L_{\max} / L_{H},$$

де k_{st} – коефіцієнт врахування структури МПСК, який визначається залежно від кількості ступенів рухомості n_S [2]:

$$\begin{cases} n_S = 2 \to k_{St} = 1,0; & n_S = 3 \to k_{St} = 1,1; & n_S = 4 \to k_{St} = 1,2; \\ n_S = 5 \to k_{St} = 1,3; & n_S = 6 \to k_{St} = 1,35; & n_S = 7 \to k_{St} = 1,4; \\ n_S = 8 \to k_{St} = 1,45; & n_S = 9 \to k_{St} = 1,5; & n_S = 10 \to k_{St} = 1,6. \end{cases}$$

Припускаючи, що множина параметрів стану об’єкту проектування є замкненою, випуклою і не порожньою, показник технічного рівня $U = U\left(q_{i,j}\right)$, значення якого є інваріантним рівню кваліметричної моделі, визначається за розв’язуванням системи неоднорідних лінійних рівнянь [2, 7]:

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & -1 \\ 0 & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & -1 \\ 0 & 0 & q_{33} & q_{34} & q_{35} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & q_{44} & q_{45} & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & q_{55} & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \lambda_4 \\ \lambda_5 \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_5\}$ – вектор-стовпець невідомих вагових коефіцієнтів.

Індекси елементів $q_{i,\,j}$ матриці нормованих показників якості у формулі (2) відповідають номеру показника у другому стовпцю табл. 1. Єдиність розв'язку системи (2) забезпечується відношенням суворої упорядкованості елементів матриці $Q = Q\left(q_{i,\,j}\right)$ у вигляді

$$1,0 > q_{k+1,\,j} > q_{k,\,j} > 0,1; \quad \forall k = \overline{1,\,j} \wedge j = \overline{1,5}\,. \tag{3}$$

Адекватність застосування умови (3) підтверджується послідовністю формування таких системних властивостей, як вантажність, точність позиціювання, енергоємність, надійність тощо, інтенсивність яких змінюється із градієнтом постійного напрямку від рівня моделювання окремих елементів, модулів, кінематичного ланцюга до рівня ПП як системи (виробу у цілому).

Оскільки технічний рівень – поняття відносне, то відповідний критерій $U = U\left(Q\right)$ є безрозмірним, а комплексні показники (точності позиціювання, швидкодії, надійності, вантажності тощо), що мають імовірнісну природу, ніколи не перевершують одиницю. На основі гіперболічної функції $\operatorname{th} y = \left(e^{2y} - 1\right) \Big/ \left(e^{2y} + 1\right)$, що відображує зниження рівня переваги будь-якої ознаки якості $y\,\forall i = \overline{1,n}$ із зростанням її значення, для нормування різноманітних фізичних шкал елементів множини $\left\{Y\right\}$ у діапазоні $\left[0,1...1,0\right]$ використано наступні рівняння [2]:

– при відображенні без зміни градієнта

$$q_i = 0,1 + 1,18 \operatorname{th}\left[\left(y_i - y_i^-\right) \Big/ \left(y_i^+ - y_i^-\right)\right]; \tag{4}$$

– при зміні градієнта на протилежний

$$q_i = 0,1 - 1,18 \operatorname{th}\left[\left(y_i - y_i^-\right) \Big/ \left(y_i^+ - y_i^-\right)\right], \tag{5}$$

де y_i^+, y_i^- – відповідно верхня і нижня межі статистично усередненого діапазону зміни показника певної ознаки.

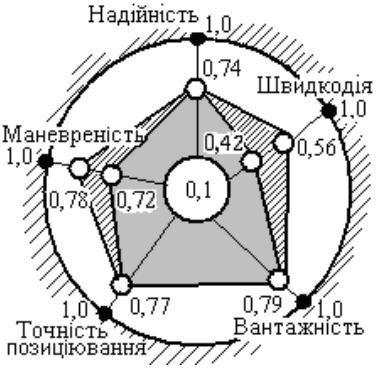
У якості прототипу для порівняння технічного рівня обрано гексапод з 6-ма ступенями вільності, для якого за аналізом і статистичним усередненням параметрів ПП та розрахункових значень функціональних показників визначено межі зміни відповідних показників технічного рівня, виконано нормування відповідних показників згідно з (4) і (5), сформовано номенклатуру типових показників (табл. 2) та визначено технічний рівень інтегральним показником $U = 0,76$ [2]. Для комбінованого тренажера-гексапода (рис. 1) усі показники прототипу збережено за виключенням критеріїв маневреності та швидкодії, які для розглянутого тренажера покращені і також нормовані згідно з (4) і (5) та вирізнено у матриці (рис. 2, б).

На основі кваліметричної моделі технічного рівня (2) визначено групові показники удосконаленого тренажера (перша строка табл. 2, рис. 2, б) і побудовано відповідну «павутину якості» (рис. 2, а).

Таблиця 2 **– Систематизація номенклатури типових показників якості тренажера**

Властивість	Показник якості	Діапазон визначення	Розрахункове значення показника	Нормоване значення показника
1. Маневреність	1.1. $k_{м}$	5,0…45,0	32,4	0,78
	1.2. k_{eff}			
2. Вантажність	2.1. $\gamma_N = N_D \cdot \gamma_{\text{м}}$, *Вт*	0,10…20,0	8,5	0,79
	2.2. $\gamma_m = m_{\text{м}} / (n_{\text{s}})$	0,1…1,5	1,3	0,87
3. Точність позиціювання	3.1. Δ_C, *мм*	0,006…0,10	0,02	0,77
	3.2. Δ_ϕ, *рад* Δ_d, *мм*	0,005…0,01 0,003…0,01	— 0, 006	— 0,82
	3.3. δ_ω, *с* $^{-1}$ δ_V, *м/с*	0,003…0,06 0,002…0,01	— 0,004	— 0,86
4. Швидкодія	4.1. t_f, *с*	0,02…0,10	0,05	0,42
	4.2. $k_{dA} = \varepsilon_{\max} / \omega_{\text{ср}}^2$ $k_{dA} = a_{\max} / V_{\text{ср}}^2$	— 6,0…0,5	— 3,2	— 0,48
	4.3. t_{p}, *с*	0,03…0,15	0,06	0,55
	4.4. $\omega_{\max}$, *с* $^{-1}$ $V_{\max}$, *м/с*	0,3…5,0 2,5…10,5	— 3,5	— 0,73
5. Надійність	5.1. $T_{\text{НС}}$, *год*	2000…6500	5100	0,74
	5.2. $T_{\text{НР}}$, *год*	2100…6600	5200	0,84
	5.3. $T_{\text{РМ}}$, *год*	2150…6700	5250	0,91
	5.4. $T_{\text{КР}}$, *год*	2300…6750	5300	0,95
	5.5. $T_{\text{СЕ}}$, *год*	2400…6800	5400	0,96

Шляхом покращання параметрів маневреності та швидкодії тренажера-гексапода ММ за груповими показниками $q_{11} = 0,78$ і $q_{41} = 0,56$ забезпечено підвищення системного (інтегрального) показника технічного рівня до значення $U = 0,85$, що на $11,8\,\%$ вище у порівнянні з базовою конструкцією прототипу, для якої $U = 0,76$.



а

Маневреність	Вантажність	Точність позиціювання	Швидкодія	Надійність	Рівень моделі
0,78	0,79	0,77	**0,56**	0,74	система
	0,87	0,82	**0,58**	0,84	підсистеми
		0,86	**0,55**	0,91	модулі
			0,73	0,95	кінемат. пари
				0,96	"Слабкі" елементи

б

Рис. 2 – **"Павутина якості" (а) та матриця $[Q]$ (б) для тренажера-гексапода (пунктиром позначено "павутину" для моделі (патент України [4])**

Висновки. 1. Виявлено резерви покращення серійних тренажерних систем ММ на основі МПСК і запропоновано удосконалену конструкцію тренажера-гексапода за критеріями маневреності та швидкодії.

2. Опрацьовано методику оцінки технічного рівня комбінованого тренажера-гексапода ММ під час модернізації або при проектуванні нових моделей, а також при порівнянні альтернативних варіантів конструкцій з метою відбору кращої моделі.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

1. ***Бушуев В. В***. Механизмы параллельной структуры в машиностроении / В. В. Бушуев, И. Г. Хольшев. – СТИН, 2001. – № 1. – С. 3–8.

2. ***Гутиря С. С.*** Підвищення технічного рівня механізмів паралельної структури і кінематики у складі технологічних коиплексів / С. С. Гутиря, В. П. Яглінський, А. С. Обайді // Технологічні комплекси. – 2012. – № 2,2 (5,6). – С. 50–56.

3. ***Кузнєцов Ю. М.*** Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури / Ю. М. Кузнєцов, Д. О. Дмитрієв, Г. Ю. Діневич. – Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2009. – 456 с.

4. Пат. 104273 Україна, МПК G09B9/10, G09B9/52, F41A33/00, F41G3/26, A63B24/00. Багатокоординатний двосторонній модульний електропривод аерокосмічних тренажерних систем / Фелько М. В., Яглінський В. П., Ковалішин С. С., Беліков В. Т., Васильєв В. В. ; заявник і власник Фелько М. В., Яглінський В. П., Ковалішин С. С., Беліков В. Т., Васильєв В. В. – № а 201310021; заявл. 12.08.13 ; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1.

5. ***Яглинский В. П.*** Кинематика оборудования на основе механизмов параллельной структуры: монография / В. П. Яглинский, В. В. Ержуков, А. Г. Ивахненко, А. В. Киричек [и др.] // Прогрессивное машиностроительное оборудование. Коллективная монография — Орел: Изд. дом "Спектр", 2011. – 455 с.

6. ***Яглинский В. П.*** Повышение подвижности кабин динамических тренажеров мобильных машин / В. П. Яглинский, А. С. Обайди, Н. В. Фелько // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – № 3/4 (17). – С. 44–48.

7. ***Yaglinsky V. P.*** Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V. P. Yaglinsky, S. S. Gutyrya, O. U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37–38.

А. С. Обайди

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ТРЕНАЖЕРА-ГЕКСАПОДА ПО КРИТЕРИЯМ МАНЕВРЕННОСТИ И БЫСТРОДЕЙСТВИЯ

Обосновано применение квалиметрической модели технического уровня на стадии проектировании или модернизации существующих конструкций тренажера на основе гексапода. Сформирована номенклатура функциональных свойств тренажера, разработана методика повышения технического уровня конструкции по критериям маневренности и быстродействия.

Ключевые слова: *математическая модель, интегральный показатель, нормализация, многоуровневая оптимизация*

A. S. Obaydi

INCREASE OF THE TECHNICAL LEVEL OF THE SIMULATOR-HEXAPOD BY CRITERIA OF MANEUVERABILITY AND SPEED

The application of a qualimetrical model of technical level at a design stage or modernization of the existing simulator designs based on a hexapod is established. The nomenclature of functional properties of the simulator is created and the technique of technical level increase of a design by criteria of maneuverability and speed is developed.

Keywords: *mathematical model, integrated indicator, normalization, multilevel optimization*

The application of a qualimetrical model of technical level at a design stage or modernization of the existing simulator designs based on a hexapod is established. The nomenclature of functional properties of the simulator is created and the technique of level increase of a design by criteria of maneuverability and speed is developed. Prompt development of military technology demands an increase of efficiency of individual training crews of mobile machine.

At management of mobile machine the crew receives the various information among which acceleration is of the greate influence. Modelling information of acceleration in modern training apparatus of mobile machine causes the bigger difficulties technically. The increase of overload of mobile machine demands the bigger efforts of the person to perform the same operation in comparison with conditions without influence of overloads. For this reason there is a necessity of reconstruction for modern dynamic simulator of influence of overloads on the operator that confirms the actuality of scientific and technical problem.

During operation of mobile machine is possible refusal of units and systems. The crew can not be in time is adequate to react of such refusals and it can lead to destruction of mechanics and to injuring of people.

Statistical data of leading manufacturers from set of functional characteristics and parameters of training systems quality indicators of typical designs are systematised and are generated groups of office properties: manoeuvrability, load-carrying capacity, accuracy of positioning, speed and reliability. The additional movements of a basic platform are offered. Two criteria of quality: manoeuvrability and speed that certainly raised a technological level of simulator system are improved.

On the basis of qualimetrical model of technological level of the simulator-hexapod is generated the nomenclature of typical criteria of quality. On the base of criteria group of quality the advanced simulator is defined and the "quality webs" are constructed. The improvement reserves of quality of serial simulator systems are revealed.

By criteria of manoeuvrability and speed the advanced design of the simulator-hexapod is offered. By improvement of parameters of manoeuvrability and of speed of the simulator-hexapod the increase of indicator of the technological level of quality on 12 % is provided. The technique of an estimation of technological level of the combined simulator-hexapod during modernisation or at designing of new models and also at comparison of alternative variants of designs for the purpose of selection of the best model is offered.

REFERENCES

1. ***Bushuev V. V.*** Mechanisms of parallel structure in the engineer / V. V. Bushuev, I. G. Holshev. – STIN, 2001. – № 1. – P. 3–8. (in Russian).

2. ***Gutyrya S. S.*** An increase of technical level of mechanisms of parallel structure and kinematics in composition of technological complexes / S. S. Gutyrya, V. P. Yaglinsky, A. S. Obaydi // Technological complexes. – 2012. – № 2,2 (5,6). – P. 50–56. (in Russian).

3. ***Kuznezov U. M.*** Arrangements of machine-tools with the mechanisms of parallel structure / U. M. Kuznezov, D. O. Dmitriev, G. U. Dinevich. – Kherson: PP Vyschemyrsky V. S., 2009. – 456 p. (in Russian).

4. Pat. 104273 Ukraine, МРК G09B9/10, G09B9/52, F41A33/00, F41G3/26, A63B24/00. Multicoordinate bilateral module electromechanical drive of the aerospace trainer systems / Felko M. V., Yaglinsky V. P., Kowalischyn S.S., Belikow W. T., Wasilew W. W. ; declarant and proprietor: Felko M. V., Yaglinsky V. P., Kowalischyn S. S., Belikow W. T., Wasilew W. W. – № a 201310021; publ. 10.01.14, Bul. № 1. (in Russian).

5. ***Yaglinsky V. P.*** Kinematics of equipment on the basis of mechanisms of parallel structure : Monograph / V. P. Yaglinsky, V. V. Ershukow, A. G. Ivachnenko, A. V. Kyrychek // Progressive machine-building equipment. Collective monograph. – Orel, Pabl. “Spektr”, 2011. – 455 p. (in Russian).

6. ***Yaglinsky V. P.*** Increase of mobility of dynamic trainers booths of mobile machines / V. P. Yaglinsky, A. S. Obaydi, M. V. Felko // Technological audit and backlogs of production. – 2014. – № 3/4 (17). – P. 44–48. (in Russian).

7. ***Yaglinsky V. P.*** Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots / V. P. Yaglinsky, S. S. Gutyrya, O. U. Bezuglenko // Annals of DAAAM International 2004. – Vienna, 2004. – P. 37–38.

Одеський національний
політехнічний університет,
Одеса, Україна

Надійшла до редколегії 27.04.2015