

Таблиця 1 – Результати розрахунків найкращої сукупності параметрів оптимізації

$k_x \cdot 10^{-3}$	$f_x \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	$f_e \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$	$t_p, \text{ с}$	$\sigma, \%$	$P_y, \text{ Вт}$	$A, \%$	K	№ досл.
5	0,8	1	1,56	86	1460	2,41	0,52	19
5	0,8	2,5	1,22	85	1450	2,48	0,46	20
5	0,8	4	0,7	62	1488	2,56	0,35	21
5	2	1	1,58	88	2160	6,16	0,63	22
5	2	2,5	1,18	79	2162	6,27	0,55	23

В процесі оптимізації знайдено сполучення параметрів $k_x=5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $f_x=0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ та $f_e=4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, яке забезпечує наступні значення характеристик: час регулювання $t_p \leq 0,7 \text{ с}$, перерегулювання $\sigma \leq 62\%$, втрати потужності в системі керування $P_y \leq 1,488 \text{ кВт}$, статична похибка регулювання $A \leq 2,56\%$.

Список літератури

1. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпуляторів з адаптивними регуляторами на основі нейромереж для мобільних робочих машин : дис. докт. техн. наук / Козлов Л. Г. – Київ, 2015. – 420 с.
2. Mechatronic Hydraulic Drive with Regulator, Based on Artificial Neural Network / Y. Burennikov, L. Kozlov, V. Pyliavets, O. Piontkevych. – IOP Publishing, 2017. – (In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering). – (209; №. 1).
3. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора / Л. Г. Козлов, С. В. Репінський, О. В. Паславська, О. В. Піонткевич. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2017. – №2.
4. Determining of the optimal parameters for a mechatronic hydraulic drive / L. G.Kozlov, V. V. Bogachuk, V. V. Bilichenko, A. O. Tovkach. // Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry and High-Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – №10808.
5. Товкач А. О. Характеристики гідропривода з електрогідравлічним регулятором подачі насоса / А. О. Товкач, В. В. Богачук, Л. Г. Козлов. // Всеукраїнський фаховий журнал "Вісник Хмельницького національного університету". – 2015. – С. 67–72.

УДК 621

Л.Г. Козлов, д.т.н., (Україна)
О.В. Піонткевич, (Україна)
С. І. Котик, (Україна)
В. П. Б. Мбуїм, (Камерун)

Вінницький національний технічний університет

РОЗРАХУНОК ТЕНЗОРА МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ СТРИЛИ ФРОНТАЛЬНОГО НАВАНТАЖУВАЧА

Під час моделювання динамічних процесів в гідроприводах мобільних машин потрібно враховувати інерційно-масові характеристики виконавчих органів [1, 2]. Для цього використовують сучасні прикладні програми SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС-3D та інші. Шляхом побудови тривимірних моделей виконавчих органів розраховують їх масу, моменти інерції головних осей, положення центру мас [3] в конкретній позиції. Для

отримання інерційно-масових характеристик виконавчих органів в динаміці потрібно будувати їх залежності під час переміщення.

Фронтальний навантажувач на базі колісного трактора оснащений стрілою Н-подібного типу з шістьма гідродвигунами: для піднімання/опускання стріли [4], для повороту ковша та для повороту щелепи ковша. На рисунку 1 показано тривимірну модель стріли фронтального навантажувача, яка виконана за допомогою програмного продукту Autodesk Inventor. Очевидно, що гідропривод стріли фронтального навантажувача є найбільш навантаженим приводом. Для проектування гідроприводу стріли фронтального навантажувача потрібно врахувати особливості її переміщення та інерційно-масові характеристики під час роботи.

Піднімання/опускання стріли відбувається за рахунок обертання її навколо нерухокої осі y_0 . В результаті аналізу тривимірної моделі стріли фронтального навантажувача розраховано залежність моментів інерції головних осей $I_{xx}, I_{zz}, I_{yy}, I_{xz}, I_{yz}, I_{xy}$ від кута повороту φ та приведеної маси m . Приведена маса m включає маси вантажу m_c і стріли фронтального навантажувача m_s .

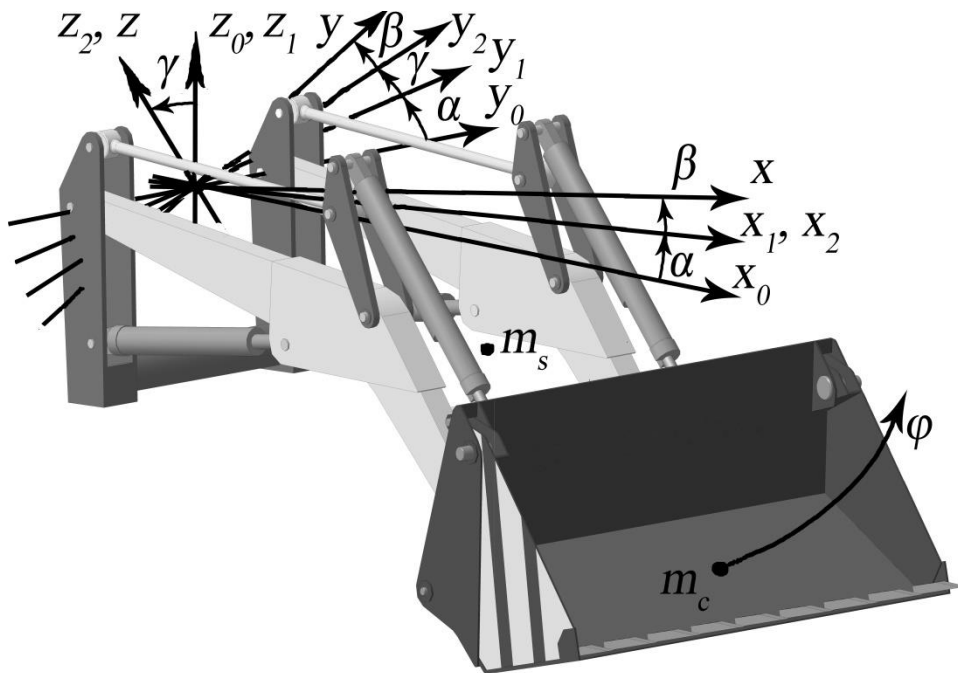


Рисунок 1 – Тривимірна модель стріли фронтального навантажувача при повороті на кут φ

Залежність тензора моменту інерції $I_m=f(\varphi, m)$ стріли фронтального навантажувача розраховується за формулою:

$$I_m = I_{xx}(\varphi, m) \cdot \cos^2 \alpha + I_{yy}(\varphi, m) \cdot \cos^2 \beta + I_{zz}(\varphi, m) \cdot \cos^2 \gamma - 2 \cdot I_{xy}(\varphi, m) \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta - 2 \cdot I_{xz}(\varphi, m) \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma - 2 \cdot I_{yz}(\varphi, m) \cdot \cos \beta \cdot \cos \gamma. \quad (1)$$

На рисунку 2, крива a відображає залежність тензора моменту інерції $I_m=f(\varphi, m)$ тривимірної моделі стріли фронтального навантажувача від кута повороту φ для приведеної маси m стріли з вантажем. У формулі (1) кути $\alpha=90^\circ, \gamma=90^\circ, \beta=0$ характеризують положення головних осей x, z, y відносно осі y_0 .

Під час роботи фронтального навантажувача рух його стріли супроводжується ривками через наявність люфтів, дію дисипативних сил та перехідних процесів в

гідроприводі. Стріла з вантажем коливається за випадковим законом вибираючи зазори у шарнірах. Тому реальні значення кутів α, β, γ варто враховувати як стохастичні величини із діапазоном зміни в $\pm 4^\circ$.

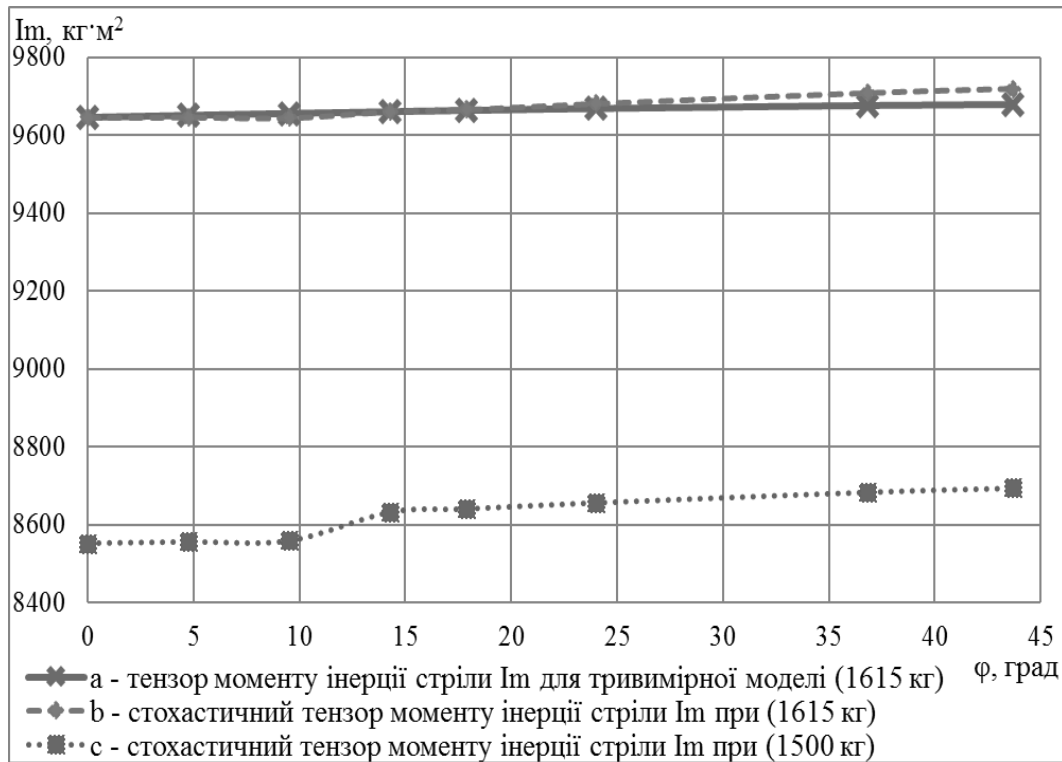


Рисунок 2 – Залежності тензора моменту інерції стріли $I_m=f(\varphi, m)$ від кута її повороту φ та приведеної маси m стріли з вантажем

Результати розрахунку тензора моменту інерції $I_m=f(\varphi, m)$ стріли фронтального навантажувача, що враховує стохастичний вплив кутів повороту головних осей α, β, γ показано на рис. 2, b, c для різних приведених мас m .

Список літератури

1. Козлов Л. Характеристики мехатронного приводу під час просторового руху маніпулятора / Л. Козлов, С. Репінський, О. Паславська, О. Піонткевич // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, 2017. – № 2. – 9 с. Електронний ресурс: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/507>
2. Поліщук Л. К. Дослідження динамічних процесів в системі керування гідропривода стрічкових конвеєрів із змінними вантажопотоками / Л. К. Поліщук, Є. В. Харченко, О. В. Піонткевич, О. О. Коваль // Восточно-Европейский журнал передових технологий. Технологии машиностроения, – 2016. – 2/8(80). – С. 22–29
3. Грабар, І. Г. Моделювання процесу зміни положення центра мас кривошипно-шатунного механізму двигуна внутрішнього згоряння / І. Г. Грабар, А. В. Ільченко, В. О. Ломакін // Вісник ЖДТУ «Технічні науки», 2007. – № 3 (42). – С. 17 – 24.
4. Піонткевич О. В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном / О. В. Піонткевич. – Вінниця: Вісник машинобудування та транспорту, 2015. – №2. – С. 83 – 90.