

## ЗАЛЮБОВСЬКИЙ МАРК

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

<https://orcid.org/0000-0002-9183-2771>e-mail: [markzalubovskiy@gmail.com](mailto:markzalubovskiy@gmail.com)

## ПАНАСЮК ІГОР

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0001-6671-4266>e-mail: [panasjuk1961@gmail.com](mailto:panasjuk1961@gmail.com)

## КОШЕЛЬ ОЛЕКСАНДР

Київський національний університет технологій та дизайну

e-mail: [a\\_koshel@ukr.net](mailto:a_koshel@ukr.net)

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ РЕАКЦІЙ У КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАХ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ, У ЯКІЙ ЄМНІСТЬ ЗДІЙСНЮЄ СКЛАДНИЙ ПРОСТОРОВИЙ РУХ

Технологічні операції галтування можна виконувати із застосуванням різного обладнання. Найбільш інтенсивно технологічний процес реалізується із використанням галтувальних машин, у яких робочі ємності виконують складне просторове переміщення. На сьогоднішній день розроблені різні типи таких машин з індивідуальними конструктивними та технологічними особливостями, які, з високою продуктивністю забезпечують виконання різних галтувальних технологічних операцій, зокрема шліфування, полірування чи гляцювання, зміцнення поверхневого шару деталей, відокремлення від ливників чи змішування речовин. Зі структурної точки зору, машини зі складним просторовим рухом ємності являють собою складні просторові механізми, у переважній більшості, з обертальними кінематичними парами. Важливим аспектом довговічної та безвідмовної роботи таких машин є належне проектування кінематичних пар з урахуванням реактивних навантажень, які виникають під час експлуатації машин. Таким чином, використовуючи САПР «SolidWorks» здійснено 3D моделювання галтувальної конструкції машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами, у якій ємність виконує складне просторове переміщення, з подальшим визначенням реакції в усіх обертальних кінематичних парах в залежності від зміни міжосьової відстані робочої ємності. В результаті проведених досліджень встановлено взаємозв'язок між зміною міжосьової відстані ємності та екстремальними значеннями реакцій, які будуть виникати в обертальних кінематичних парах. Отримані результати аналітичних досліджень можуть стати у нагоді на стадії проектування аналогічного галтувального обладнання.

Ключові слова: кінематичні пари, реакції, ємність, просторовий рух.

ZALYUBOVSKYI MARK

Open International University of Human Development "Ukraine"

PANASYUK IGOR, KOSHEL OLEXANDR

Kyiv National University of Technology and Design

## DETERMINATION OF EXTREME VALUES OF REACTIONS IN KINEMATIC COUPLES OF A TURNING MACHINE IN WHICH THE CAPACITY PERFORMS COMPLEX SPATIAL MOVEMENT

Technological operations of felting can be performed using various equipment. The most intensive technological process is implemented with the use of rolling machines, in which working containers perform complex spatial movement. To date, various types of such machines with individual structural and technological features have been developed, which, with high productivity, ensure the performance of various felting technological operations, in particular - grinding, polishing or glossing, strengthening of the surface layer of parts, separation from sprues or mixing of substances. From a structural point of view, machines with complex spatial movement of the container are complex spatial mechanisms, in the vast majority, with rotational kinematic pairs. An important aspect of the long-lasting and trouble-free operation of such machines is the proper design of kinematic pairs, taking into account the reactive loads that arise during the operation of the machines. Thus, using CAD "SolidWorks", 3D modeling of the rolling structure of the machine with an additional moving link connecting rod with two rotational kinematic pairs, in which the capacity performs complex spatial movement, with subsequent determination of the reaction in all rotational kinematic pairs depending on the change in the interaxial distance of the working capacity, was carried out. As a result of the conducted research, the relationship between the change in the interaxial distance of the container and the extreme values of the reactions that will occur in the rotational kinematic pairs has been established. The obtained results of analytical studies can be useful at the stage of designing similar felting equipment.

**Key words:** kinematic pairs, reactions, capacity, spatial motion.

**Постановка задачі.** У машинобудуванні, легкій та інших галузях промисловості широко застосовуються галтувальні технологічні операції [1]. До таких операцій відносять покращення якості поверхні виробів [2, 3], зміцнення поверхневого шару деталей [4], що виникає за рахунок пластичної деформації співударом незакріплених виробів зі стінками ємності та робочими тілами наповнювача, відділення деталей від ливників [5, 6] тощо. Таким способом обробляються такі деталі легкої промисловості, як підбори взуття [7], фурнітурні полімерні вироби, деталі замка «блискавка» [8] з цинкових сплавів, гудзики [9] та інші деталі та вироби, до яких можна застосувати перевірку якості органолептичним методом.

Доведено [10], що реалізувати дану технологічну операцію, із досягненням найбільшої продуктивності, можна із використанням галтувальних машин, у яких робоча ємність здійснює складний

просторовий рух, зокрема, – одночасно переміщається у трьох взаємоперпендикулярних площинах та виконує обертання навколо власної осі.

У свою чергу, машини зі складним просторовим переміщенням робочих ємностей характеризуються складністю своєї будови, яка може мати негативний вплив на експлуатаційні властивості. Одним із проявів такого впливу може бути виникнення реакцій у кінематичних парах галтувальної конструкції машини, які здатні вплинути на зниження надійності та погіршення експлуатаційних властивостей.

Відомі [10] різні конструкції галтувальних машин зі складним просторовим переміщенням робочих ємностей з індивідуальними конструктивними особливостями. Наявність відмінних конструктивних особливостей зумовлюють виникнення різних за значенням навантажень у кінематичних парах, які будуть виникати під час експлуатації відповідної машини. Важливою задачею є порівняльне визначення значень цих реакцій у кінематичних парах машини при відповідних експлуатаційних умовах.

**Аналіз досліджень та публікацій.** У роботах [11, 12] представлено силові дослідження «базової» конструкції машини типу «Turbula» при роботі на холостому та робочому ході. Результати даних досліджень стали основою для проведення подальших порівняльних силових досліджень інших розроблених галтувальних конструкцій машин зі складним просторовим переміщенням робочих ємностей. Також, у [10] зазначається, що кожен розроблену конструкцію галтувальної машини раціонально використовувати у тому випадку, якщо середнє арифметичне максимальних значень реакцій (осьових та радіальних) в шести обертальних кінематичних парах розробленої конструкції машини не перевищувало більш ніж в 1,5 разів середнє арифметичне максимальних значень реакцій в усіх відповідних обертальних кінематичних парах «базової» конструкції машини:

$$1,5 \sum_{i=1}^6 R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{БКМ}} \geq \sum_{i=1}^6 R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{ПКМ}}, \quad (1)$$

де  $R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{БКМ}}$  – максимальне значення реакції у обертальній кінематичній парі «базової» конструкції машини,  $R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{ПКМ}}$  – максимальне значення реакції у відповідній обертальній кінематичній парі розробленої конструкції галтувальної машини, а також окремо взяте, максимальне значення реакції у будь-якій обертальній кінематичній парі розробленої конструкції галтувальної машини не перевищувало більш ніж у 2 рази відповідне максимальне значення реакції у тій само кінематичній парі «базової» конструкції машини:

$$2 R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{БКМ}} \geq R_{x(\text{об. КП})i}^{\text{ПКМ}}. \quad (2)$$

Окрім того, у [13] представлені силові дослідження галтувальної машини, що містить додаткову рухому ланку коромисло з вертикальною віссю обертання, у [14] – галтувальної машини, що містить додаткову рухому ланку коромисло з горизонтальною віссю обертання, у [15] – галтувальної машини, що оснащена додатковою рухомою ланкою повзуном, у [16] – галтувальної машини із застосуванням вищої кінематичної пари четвертого класу, у [17] – галтувальної машини з двома ємностями, котрі рухомо з'єднані між собою поступальною кінематичною парою.

**Виділення невирішених частин.** У той само час, не зважаючи на проведені силові дослідження зазначених вище конструкцій галтувальних машин зі складним просторовим переміщенням ємностей, на сьогоднішній день відсутня інформація щодо аналогічного силового дослідження, з точки зору визначення екстремальних значень реакцій у кінематичних парах, галтувальної машини [14], що містить додаткову рухому ланку шатун з двома обертальними кінематичними парами. Відповідно, не досліджено вплив міжосьової відстані робочої ємності, на зміну екстремальних значень реакцій в кінематичних парах машини.

**Формулювання цілей.** Метою роботи є визначення екстремальних значень реакцій у кінематичних парах галтувальної машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами, у якій робоча ємність здійснює складне просторове переміщення із застосуванням САПР SolidWorks, а також дослідження впливу зміни міжосьової відстані ємності, на екстремальні значення реакцій в кінематичних парах.

**Виклад основного матеріалу.** Було розроблено конструкцію галтувальної машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами, яка містить станину 1, розміщений в ній привід 2, ведучий 3 та ведений 4 вали, що встановлені в станині паралельно в одній площині. Вали 3 та 4 шарнірно з'єднані другими кінцями з ведучою 5 та веденою 6 вилками відповідно, діаметрально взаємно перпендикулярні геометричні осі яких 7 і 8 є осями кріплення ємності 9 та шатуна 10, вісь 12 якої проходить в середині ємності, відповідно. Ємність 9 та шатун 10 рухомо з'єднані між собою за допомогою обертальної кінематичної пари 11. Вісь обертання 12 кінематичної пари 11 паралельна до вісі кріплення 8. Кінематична схема просторового механізму машини представлена на рис. 1.а, модель машини – на рис. 1.б.

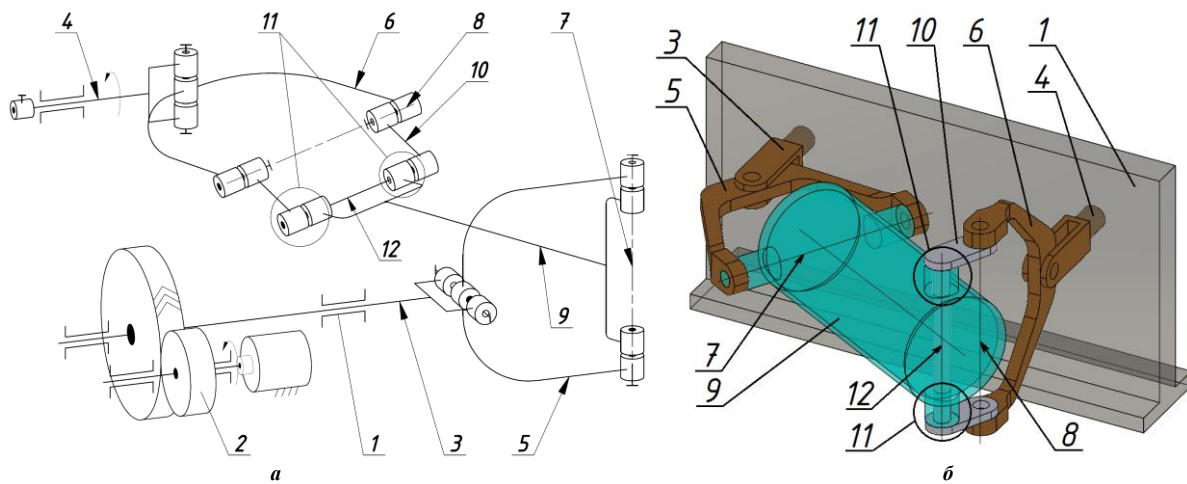


Рис. 1. Гальтувальна машина з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами: а – кінематична схема, б – модель машини

При моделюванні даної конструкції машини у САПР SolidWorks її геометричні параметри приймали максимально наближеними до геометричних параметрів промислового змішувача «Turbula T10B», дані геометричні параметри представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Геометричний параметр машини	Значення коефіцієнту $\delta$		
	1,2	1,4	1,6
Діаметр робочої ємності $d_{PC}$	0,32 м	0,32 м	0,32 м
Довжина (між торцями) робочої ємності $l_{Ц}$	0,43 м	0,48 м	0,54 м
Міжосьова відстань вилки $l_B$	0,27 м	0,27 м	0,27 м
Міжосьова відстань робочої ємності $l_{PC}$	0,33 м	0,38 м	0,44 м
Об'єм робочої ємності $V_{PC}$	0,032 м <sup>3</sup>	0,036 м <sup>3</sup>	0,041 м <sup>3</sup>
Маса усіх рухомих деталей машини $m_D$	50 кг	52 кг	53,2 кг
Кутова швидкість ведучого валу машини $\omega_{ведч.}$	3,3 с <sup>-1</sup> (32 об/хв)	3,3 с <sup>-1</sup> (32 об/хв)	3,3 с <sup>-1</sup> (32 об/хв)

У даній конструкції машини, після додавання в кінематичний ланцюг додаткової рухомої ланки – шатуна з двома обертальними кінематичними парами було виключено пасивний зв'язок [18], цим самим покращено експлуатаційні властивості. Внаслідок таких конструктивних змін з'являється можливість змінювати міжосьову відстань робочої ємності  $l_{PC}$ .

Виходячи з вищесказаного, важливим аспектом силового дослідження є визначення впливу зміни міжосьової відстані робочої ємності  $l_{PC}$  на значення реакцій в кінематичних парах машини. Силові дослідження виконували за допомогою САПР SolidWorks. Таким чином, збільшували міжосьову відстань робочої ємності  $l_{PC}$  та паралельно визначали зміну реакцій в усіх обертальних кінематичних парах гальтувальної машини. Окрім того, для кожної реакції визначали її екстремальні значення. При цьому, зміна міжосьової відстані робочої ємності  $l_{PC}$  виражалася коефіцієнтом  $\delta$ , який був раніше запропонований у роботах [13–17]. Коефіцієнт  $\delta$  для даної конструкції машини розраховувався наступним чином:

$$\lambda = l_{PC+дрл} / l_B. \tag{3}$$

де  $l_{PC+дрл}$  – сумарна міжосьова довжина робочої ємності та шатуна,  $l_B$  – міжосьова довжина ведучої або веденої вилки. Дослідження виконувалися для таких значень коефіцієнту  $\delta$ : 1,2; 1,4; 1,6.

Також в межах порівняння з силовим дослідженням «базової» конструкції машини, яке представлено у роботах [11, 12], визначали «граничну» міжосьову відстань робочої ємності, подальше збільшення якої буде призводити до значного зросту максимальних значень реакцій у відповідних кінематичних парах. Розрахункова схема для визначення реакцій у кінематичних парах просторового механізму машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами представлено на рис. 2.

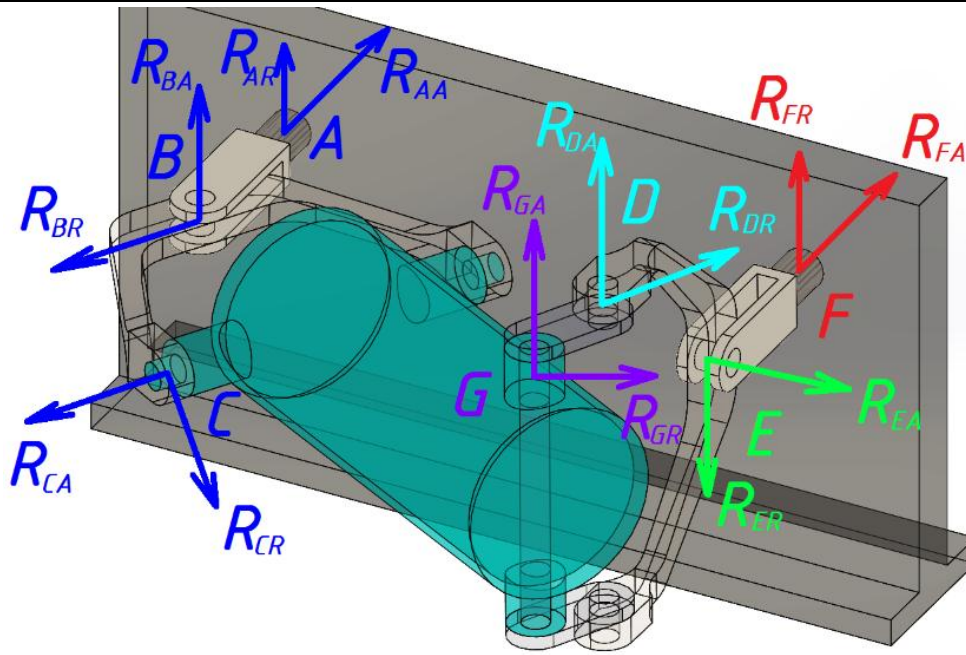


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення реакцій в кінематичних парах просторового механізму галувальної машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами

Визначали максимальні значення осьових та радіальних складових повних реакцій  $R$  в семи обертальних кінематичних парах п'ятого класу  $A, B, C, D, E, F, G$ :  $R_{AA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «станина – ведучий вал»;  $R_{AR}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «станина – ведучий вал»;  $R_{BA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «ведучий вал – ведуча вилка»;  $R_{BR}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «ведучий вал – ведуча вилка»;  $R_{CA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «ведуча вилка – робоча ємність»;  $R_{CR}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «ведуча вилка – робоча ємність»;  $R_{DA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «ведена вилка – шатун»;  $R_{DR}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «ведена вилка – шатун»;  $R_{EA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «ведена вилка – ведений вал»;  $R_{ER}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «ведена вилка – ведений вал»;  $R_{FA}$  – осьова складова реакції в кінематичній парі «ведений вал – станина»;  $R_{FR}$  – радіальна складова реакції в кінематичній парі «ведений вал – станина»;  $R_{GA}, R_{GR}$  – осьова та радіальна складові реакції у кінематичній парі «робоча ємність – шатун».

У таблиці 2 представлено (у порівнянні з екстремальними значеннями реакцій у кінематичних парах «базової» конструкції машини, що виникають при коефіцієнті  $\delta=1$ ) визначені за допомогою САПР SolidWorks екстремальні значення реакцій в усіх обертальних кінематичних парах досліджуваної конструкції машини в залежності від зміни коефіцієнту  $\delta$ .

Таблиця 2

		Коефіцієнт $\delta$ , що характеризує відношення $l_{PC+ДРЛ} / l_B$			
		1,0 «базова» конструкція	1,2	1,4	1,6
Значення реакцій в кінематичних парах машини, при її роботі на холостому ході	$R_{AA}$ , [Н]	88	315	619	640
	$R_{FA}$ , [Н]	68	231	580	611
	$R_{AR}$ , [Н]	405	1282	1688	2100
	$R_{FR}$ , [Н]	608	1275	1800	2002
	$R_{BA}$ , [Н]	198	510	490	899
	$R_{EA}$ , [Н]	124	538	508	901
	$R_{BR}$ , [Н]	294	909	1222	1245
	$R_{ER}$ , [Н]	545	776	925	766
	$R_{CA}$ , [Н]	95	431	537	615
	$R_{DA}$ , [Н]	194	430	536	619
	$R_{CR}$ , [Н]	325	948	1200	1444
	$R_{DR}$ , [Н]	342	1020	1325	1735
	$R_{GA}$ , [Н]	-----	500	500	570
	$R_{GR}$ , [Н]	-----	542	560	680

На основі представлених у таблиці 2 максимальних значень реакцій у кінематичних парах були побудовані відповідні графічні залежності, які показані на рис. 3 (радіальні складові реакції) та рис. 4

(осьові складові реакцій).

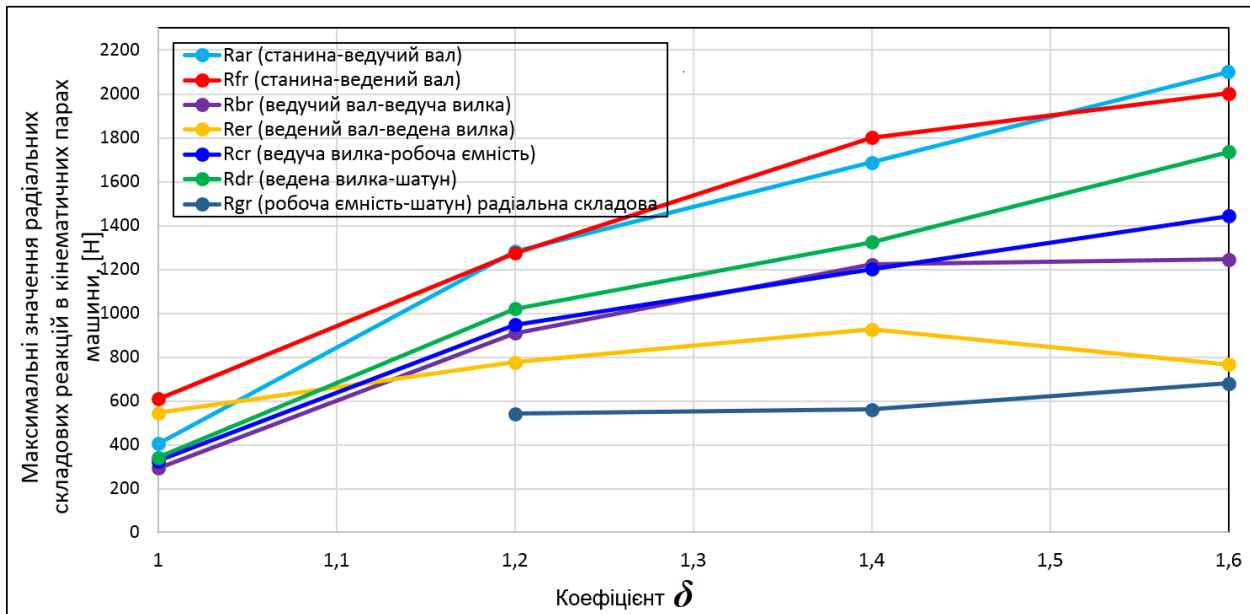


Рис. 3. Залежність екстремальних значень радіальних складових реакцій в кінематичних парах просторового механізму машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами від зміни коефіцієнту  $\delta$

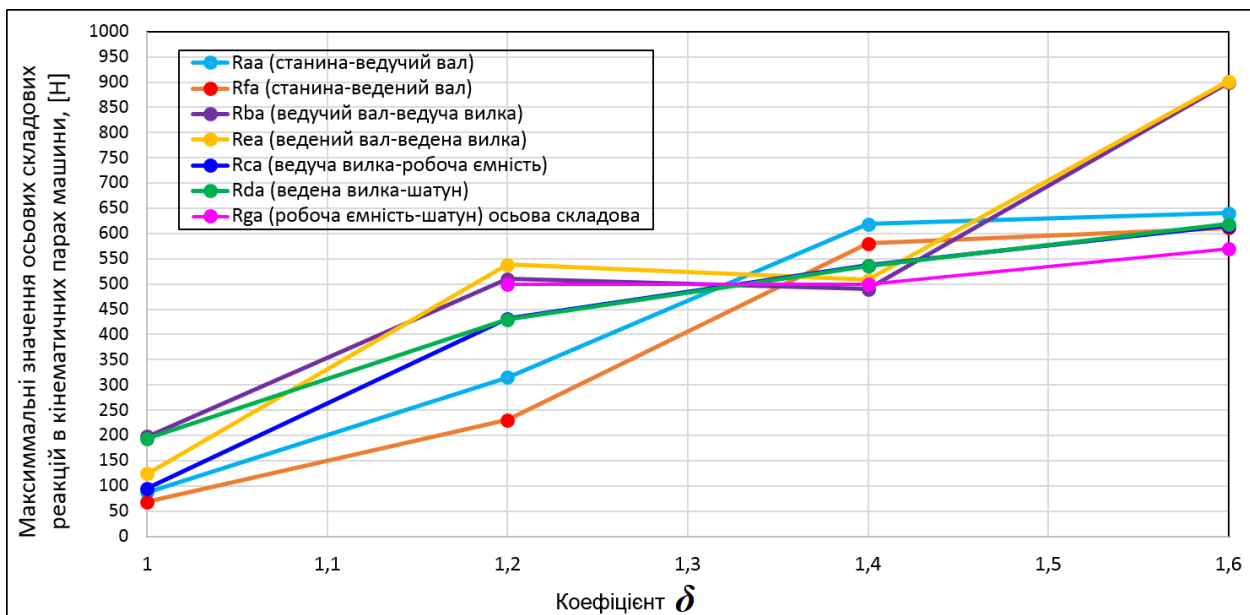


Рис. 4. Залежність екстремальних значень осьових складових реакцій в кінематичних парах просторового механізму машини з додатковою рухомою ланкою шатуном з двома обертальними кінематичними парами від зміни коефіцієнту  $\delta$

Результати силового дослідження даної конструкції машини показали наступні результати: при досягненні коефіцієнту  $\delta=1,2$  екстремальні значення реакцій в усіх, без виключення, кінематичних парах розробленої конструкції машини перевищили екстремальні значення реакцій у «базовій» конструкції машини. Середньоарифметичне значення екстремумів реакцій по відношенню до середньоарифметичного значення екстремумів реакцій у «базовій» конструкції машини збільшилося у 2,6 разів, реакція  $R_{AA}$  по відношенню до реакції у «базовій» конструкції машини збільшилася у 3,6 разів.

Досить стрімке збільшення максимальних значень реакцій у даній конструкції машини зумовлює значну увагу щодо проектування рухомих вузлів з точки зору їх надійності та довговічності.

На основі аналізу отриманих даних, з урахуванням нерівностей (1) та (2), а також лінійної інтерполяції екстремальних значень реакцій, був зроблений висновок, що конструкцію машини з додатковою рухомою ланкою шатуном, який містить дві обертальні кінематичні пари, найбільш раціонально використовувати лише в межах зміни коефіцієнту  $\delta=[1,0 - 1,2]$ .

### Висновки

1. Здійснено силові дослідження екстремальних значень реакцій в усіх обертальних кінематичних парах гальвальної машини із використанням додаткової рухомих ланки шатуна з обертальними

кінематичними парами із застосуванням САПР SolidWorks.

2. Досліджено вплив зміни міжосьової відстані робочої ємності на максимальні значення реакцій в обертальних кінематичних парах машини.

3. Встановлено, що при досягненні коефіцієнту  $\delta=1,2$  екстремальні значення реакцій в усіх обертальних кінематичних парах розробленої конструкції машини перевищили екстремальні значення реакцій у «базовій» конструкції машини. Досліджувану конструкцію машини раціонально використовувати в діапазоні зміни коефіцієнту  $\delta=[1,0 - 1,1]$ .

### Література

1. Бурмістенков О. П. Основи теорії та практична реалізація пристроїв для зачищувальної обробки формових деталей із полімерних матеріалів / О. П. Бурмістенков, І. В. Панасюк. – К. : НМК ВО, 1993. – 64 с.
2. Залюбовський М.Г. Техніко-економічне обґрунтування використання галтувальної машини типу «Turbula» при виконанні полірування поверхні дрібних полімерних виробів / М.Г. Залюбовський // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки – 2022. – № 4 (311). – С. 94–99.
3. Першин В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа : монографія / Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. – М. : Машиностроение, 2009. – 220 с.
4. Шварц А.И. Механизация и автоматизация производства формовых резино-технических изделий : Учебное пособие для рабочего образования / Шварц А.И. – М. : Химия, 1987. – 176 с.
5. Залюбовський М.Г. Експериментальне визначення енергії необхідної для відділення металевих деталей від ливників / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2019. – № 5 (138). – С. 17–26.
6. Залюбовський М.Г. Аналітичне визначення часу виконання технологічної операції відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2019. – № 6 (140). – С. 9–18.
7. [Бурмістенков О.П.](#) Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості : монографія / О. П. Бурмістенков, Б. М. Злотенко, В. П. Коновал, І. В. Панасюк, М. С. Скиба, О. М. Синюк. – Хмельницький, 2007. – 255 с.
8. Залюбовський М.Г. Експериментальне дослідження впливу геометрії металевих відливок деталей замка «блискавка» на особливості їх обробки в галтувальній машині / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2020. – № 2 (144). – С. 24–32.
9. Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working capacity. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. 2019. Vol. 2 (132). P. 24–32.
10. Залюбовський М.Г. Машини зі складним рухом робочих ємностей для обробки полімерних деталей : монографія / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев. – К. : Університет «Україна», 2018. – 228 с.
11. Залюбовський М.Г. Силове дослідження просторового шестиланкового механізму машини для обробки деталей (частина 1: дослідження при роботі машини на холостому ході) / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки – 2020. – № 5, том 31 (70). – С. 13–18.
12. Залюбовський М.Г. Силове дослідження просторового шестиланкового механізму машини для обробки деталей (частина 2: дослідження при роботі машини на робочому ході) / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки – 2020. – № 6, том 31 (70), частина 2. – С. 1–6.
13. Залюбовський М.Г. Силове дослідження просторового семиланкового механізму машини для обробки деталей / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки – 2020. – № 4 (287). – С. 127–133.
14. Залюбовський М.Г. Кінетостатичне дослідження шарнірних просторових механізмів галтувальних машин (частина 1: дослідження механізму з додатковою рухомою ланкою – коромислом) / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев, В.В. Скідан // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну – 2021. – № 1 (154). – С. 9–18.
15. Залюбовський М.Г. Дослідження реакцій у кінематичних парах статично визначеного просторового механізму машини для обробки деталей / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки – 2021. – № 1, том 32 (71). – С. 1–6.
16. Залюбовський М.Г. Машина для обробки деталей з кінематичною парою четвертого класу – кінетостатичне дослідження / М.Г. Залюбовський, І.В. Панасюк, В.В. Малишев // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки – 2021. – № 2, том 32 (71). – С. 6–11.
17. Залюбовський М.Г. Кінетостатичне дослідження шарнірних просторових механізмів галтувальних машин (частина 2: дослідження механізму машини з двома робочими ємностями, що з'єднані поступальною кінематичною парою) / М.Г. Залюбовський, В.В. Скідан // Технології та інжиніринг – 2021. –

№ 2. – С. 20–28.

18. Серикбай К. Параметрический синтез пространственных рычажных механизмов : монография / К. Серикбай, Ж. Алгазы. – Алматы : КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2008. – 233 с.

#### References

1. Burmistenkov O. P. Osnovi teorii ta praktychna realizatsiia prystroiv dlia zachyshchuvanoi obrobky formovykh detalei iz polimernykh materialiv / O. P. Burmistenkov, I. V. Panasiuk. – K. : NMK VO, 1993. – 64 s.
2. Zaliubovskiy M.H. Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannya vykorystannya haltuvalnoi mashyn typu «Turbula» pry vykonanni poliruvannya poverkhni dribnykh polimernykh vyrobiv / M.H. Zaliubovskiy // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – 2022. – № 4 (311). – S. 94–99.
3. Pershin V.F. Pererabotka sypuchih materialov v mashinah barabannogo tipa : monografiya / Pershin V.F., Odnolko V.G., Pershina S.V. – M. : Mashinostroenie, 2009. – 220 c.
4. Shvarc A.I. Mehanizatsiya i avtomatizatsiya proizvodstva formovykh rezino-tehnicheskikh izdelij : Uchebnoe posobie dlya rabocheho obrazovaniya / Shvarc A.I. – M. : Himiya, 1987. – 176 s.
5. Zaliubovskiy M.H. Eksperymentalne vyznachennia enerhii neobkhidnoi dlia viddilennia metalevykh detalei vid lyvnykiv / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – 2019. – № 5 (138). – S. 17–26.
6. Zaliubovskiy M.H. Analitichne vyznachennia chasu vykonannya tekhnolohichnoi operatsii viddilennia metalevykh detalei zamka «blyskavka» vid lyvnykiv / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – 2019. – № 6 (140). – S. 9–18.
7. Burmistenkov O.P. Vyrobnystvo lytykh detalei ta vyrobiv z polimernykh materialiv u vztutivii ta shkirhalantereinii promyslovosti : monografiya / O. P. Burmistenkov, B. M. Zlotenko, V. P. Konoval, I. V. Panasiuk, M. Ye. Skyba, O. M. Syniuk. – Khmelnytskyi, 2007. – 255 s.
8. Zaliubovskiy M.H. Eksperymentalne doslidzhennia vplyvu heometrii metalevykh vidlyvok detalei zamka «blyskavka» na osoblyvosti yikh obrobky v haltuvalnii mashyni / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – 2020. – № 2 (144). – S. 24–32.
9. Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working capacity. Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. 2019. Vol. 2 (132). P. 24–32.
10. Zaliubovskiy M.H. Mashyny zi skladnym rukhom robochykh yemkosti dlia obrobky polimernykh detalei : monografiya / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev. – K. : Universytet «Ukraina», 2018. – 228 s.
11. Zaliubovskiy M.H. Sylove doslidzhennia prostorovoho shestylankovoho mekhanizmu mashyny dlia obrobky detalei (chastyna 1: doslidzhennia pry roboti mashyny na kholostomu khodi) / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev // Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky – 2020. – № 5, tom 31 (70). – S. 13–18.
12. Zaliubovskiy M.H. Sylove doslidzhennia prostorovoho shestylankovoho mekhanizmu mashyny dlia obrobky detalei (chastyna 2: doslidzhennia pry roboti mashyny na robochomu khodi) / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk // Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky – 2020. – № 6, tom 31 (70), chastyna 2. – S. 1–6.
13. Zaliubovskiy M.H. Sylove doslidzhennia prostorovoho semylankovoho mekhanizmu mashyny dlia obrobky detalei / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky – 2020. – № 4 (287). – S. 127–133.
14. Zaliubovskiy M.H. Kinetostatychno doslidzhennia sharnirnykh prostorovykh mekhanizmiv haltuvalnykh mashyn (chastyna 1: doslidzhennia mekhanizmu z dodatkovoiu rukhomoiu lankoiu – koromyslom) / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev, V.V. Skidan // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu – 2021. – № 1 (154). – S. 9–18.
15. Zaliubovskiy M.H. Doslidzhennia reaktsii u kinematychnykh parakh statychno vyznachenoho prostorovoho mekhanizmu mashyny dlia obrobky detalei / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev // Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky – 2021. – № 1, tom 32 (71). – S. 1–6.
16. Zaliubovskiy M.H. Mashyna dlia obrobky detalei z kinematychnoiu paroiu chetvertogo klasu – kinetostatychno doslidzhennia / M.H. Zaliubovskiy, I.V. Panasiuk, V.V. Malyshev // Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: tekhnichni nauky – 2021. – № 2, tom 32 (71). – S. 6–11.
17. Zaliubovskiy M.H. Kinetostatychno doslidzhennia sharnirnykh prostorovykh mekhanizmiv haltuvalnykh mashyn (chastyna 2: doslidzhennia mekhanizmu mashyny z dvoma robochymy yemkostiamy, shcho ziednani postupalnoi kinematychnoiu paroiu) / M.H. Zaliubovskiy, V.V. Skidan // Tekhnolohii ta inzhynirynh – 2021. – № 2. – S. 20–28.
18. Serikbay K. Parametricheskij sintez prostanstvennykh rychaznykh mehanizmov : mongrafiya / K. Serikbay, Zh. Algazy. – Алматы : KazNTU im. K.I. Satpaeva, 2008. – 233 s.