

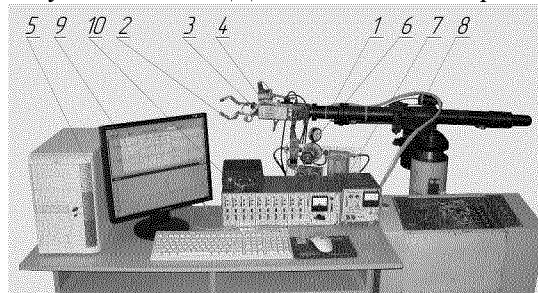
## Експериментальні динамічні дослідження сил затиску захватних пристроїв промислових роботів

У даній статті описано експериментальні динамічні дослідження сил затиску захватних пристроїв промислових роботів, які підтверджують правильність раніше виконаних теоретичних розрахунків. Також у статті показано графіки, що виводились на монітор комп'ютера при вимірюванні сил затиску для горизонтального руху руки робота та побудовано експериментальні і розрахункові криві відповідних залежностей.

**захватні пристрої, експеримент, промислові роботи**

Конструктивне розміщення захватного пристрою в кінці кінематичного ланцюга робота вимагає виконання точних силових розрахунків з метою забезпечення гарантованого утримування транспортованої деталі при мінімальних масо-габаритних параметрах захвату.

Авторами статті розроблено методику розрахунку силових навантажень за допомогою визначення мінімально необхідних сил затиску [1, 2, 3]. Для перевірки результатів теоретичних розрахунків необхідних сил затиску виконана розробка схеми та методика динамічних експериментальних досліджень. Ці експерименти проводились на діючому промисловому роботі «Бриг-10», де мало місце маніпулювання об'єктом затиску (деталлю) в просторі. Це забезпечувало дію на захватний пристрій робота сили ваги  $G$  деталі, сили інерції  $I$  та відповідно сил тертя  $F$ , що повністю співпадають з теоретичними дослідженнями. В дослідженнях контролювались такі параметри: величини необхідних сил затиску ( $P$ ), прискорення рухів руки робота ( $a$ ), тиск в приводі захватного пристрою під час переміщення руки робота ( $p$ ). Вимірювання необхідних сил затиску проводились на горизонтально розміщеному захватному пристрої, при різних значеннях кута призми  $\alpha$  і кута розміщення вершини призми  $\varphi$ , та різних напрямках руху руки робота. Експериментальна установка (рис.1) складалася з промислового робота, блоку датчиків «БДЛУ1-3» для вимірювання лінійних



1 – промисловий робот «Бриг-10»; 2 – експериментальний захватний пристрій; 3 – датчик для вимірювання лінійних прискорень «БДЛУ 1-3»; 4 – датчик тиску; 5 - комп'ютер; 6 – редукційний клапан; 7 – тензостанція «ТОПАЗ»; 8 – блок живлення «АГАТ»; 9 – монітор; 10 – блок живлення

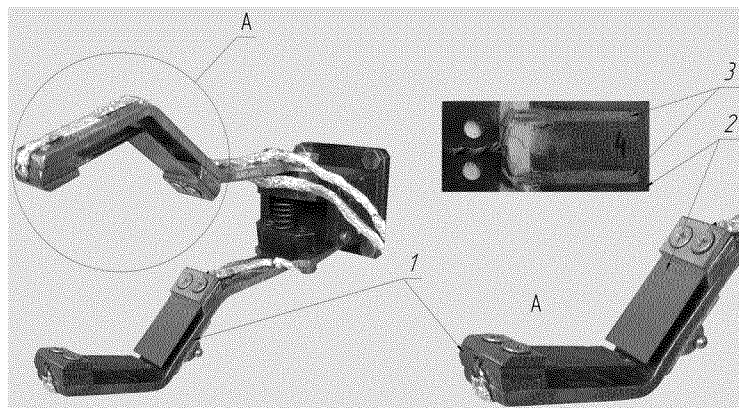
Рисунок 1 – Експериментальна установка для дослідження сил затиску в захватному пристрої промислового робота

прискорень (для визначення сил інерції), до якого було підключено спеціальний блок живлення. До руки промислового робота кріпився експериментальний захватний пристрій, розроблений для визначення сил затиску в процесі маніпулювання деталлю.

Ще одним елементом експериментальної установки для вимірювання сил затиску в динаміці слугував датчик тиску (мод. П-15Б) 4, який показував зміну робочого тиску в приводі захватного пристрою. Для виводу та обробки отриманих даних, використовувався персональний комп'ютер із встроєним алфавітно-цифровим перетворювачем L264. Сигнал з датчиків підсилювався тензостанцією «Топаз», джерелом живлення якої слугував блок живлення «Агат». Усі дані з АЦП виводились на монітор комп'ютера у вигляді осцилограм. Розрахований допустимий тиск в приводі захватного пристрою встановлювався редукційним клапаном.

В конструкцію експериментального захватного пристрою (рис.2) входили спеціально розроблені затискні призми із затискними елементами, в якості яких виступали пластини із пружинної сталі (65Г), на які були наклеєні тензорезистори.

В даних експериментальних дослідженнях одним із факторів, який впливає на зміну сил затиску захватного пристрою в динаміці, є сила інерції. Дана сила виникає при переміщенні руки робота з певним прискоренням, а також змінює свій напрямок дії відповідно до руху робота. Тому затискні елементи призм захвата в процесі роботи можуть сприймати різне навантаження, яке певним чином залежить від напрямку дії сили інерції.



1 – затискні призми; 2 – затискні елементи; 3 – тензорезистори

Рисунок 2 – Конструкція експериментального захватного пристрою

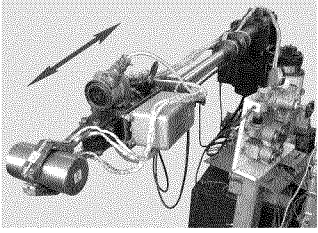
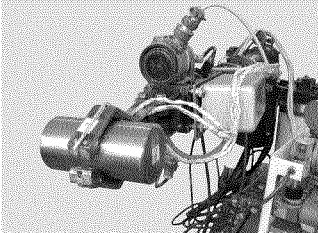
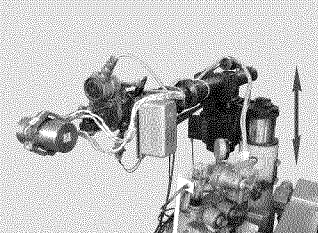
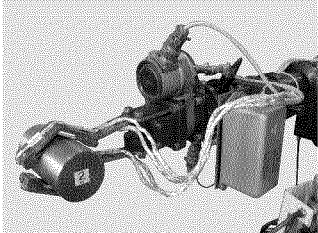
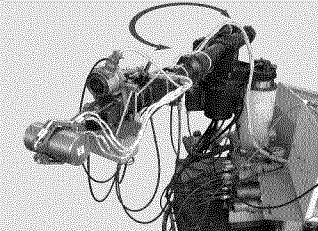
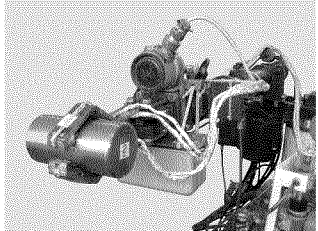
Дана сила залежить від маси утримуваної захватним пристроєм деталі та лінійного прискорення переміщення. Для того, щоб достатньо точно виміряти лінійне прискорення, було вирішено використати акселерометр компенсаційного типу «БДЛУ 1-3» (див.рис.1. При переміщенні руки робота змінювалась напруга в датчику (БДЛУ), яка подавалась на АЦП, оцифровувалась, оброблювалась і виводилась на монітор комп'ютера у вигляді осцилограм. В табл 1 показано експериментальні установки по трьох серіях дослідів.

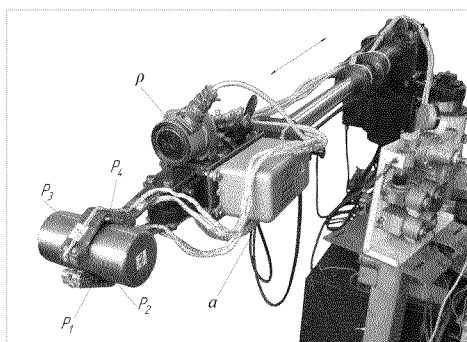
Результати експериментальних досліджень виводились на монітор комп'ютера у вигляді графіків (рис.3).

В таблиці 2 наведені результати теоретичних та експериментальних досліджень при горизонтальному розміщенні експериментального захватного пристрою та горизонтальному руху руки робота:

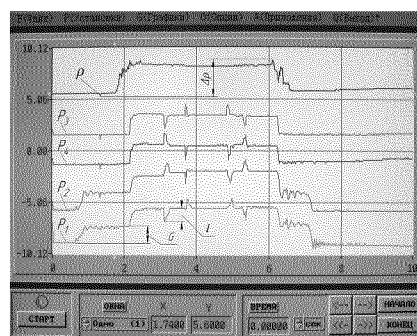
По отриманих даних для деяких експериментів побудовані графіки (рис.4), де суцільною лінією представлені розрахункові залежності, а пунктиром – експериментальні.

Таблиця 1 – Експериментальні установки

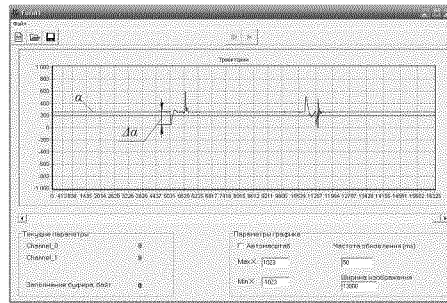
№ досл.	Напрямок руху руки робота	Загальний вид дослідної установки	Експериментальний захватний пристрій
1	Горизонтальний		
2	Вертикальний		
3	Поворот		



а)



б)



в)

а) – дослідна установка з позначенням сил затиску; б) – осцилограми зміни сил затиску та тиску в приводі захвату; в) – осцилограми прискорення

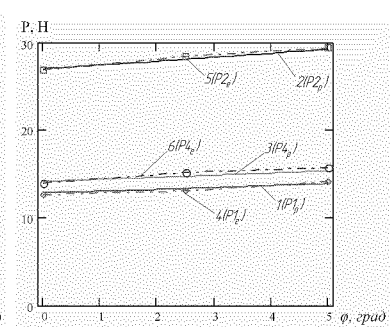
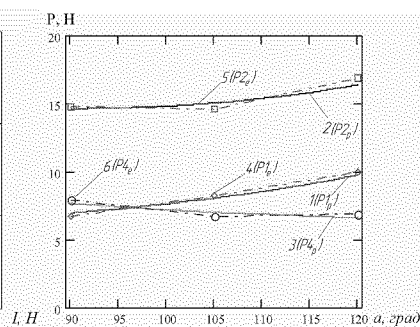
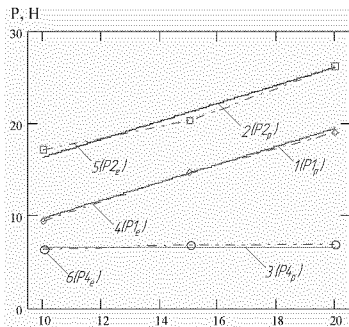
Рисунок 3 – Експериментальні дослідження при горизонтальному русі руки робота

З приведених даних також отримано повне підтвердження правильності виконаних розрахунків.

Таблиця 2 - Результати теоретичних та експериментальних досліджень по першій серії дослідів

№ експ	Вихідні дані					Експериментальні дані			Розрахункові дані		
	G,H	а, град	φ, град	β,град	f	P1 <sub>е</sub>	P2 <sub>е</sub>	P4 <sub>е</sub>	P1 <sub>р</sub>	P2 <sub>р</sub>	P4 <sub>р</sub>
1	10	90	0	90	0,1	6,50	13,50	7,10	6,428	13,499	7,071
2			2,5	90	0,1	6,73	14,15	7,46	6,673	14,046	7,373
3			5	90	0,1	7,03	14,75	7,78	6,95	14,611	7,66
4		105	0	90	0,1	7,34	13,69	6,42	7,266	13,569	6,302
5			2,5	90	0,1	7,73	14,38	6,75	7,628	14,282	6,655
6			5	90	0,1	8,14	15,17	7,19	8,043	15,037	6,994
7		120	0	90	0,1	8,62	14,32	5,82	8,524	14,297	5,774
8			2,5	90	0,1	9,18	15,39	6,34	9,083	15,288	6,204
9			5	90	0,1	9,82	16,45	6,73	9,742	16,365	6,623
10	15	90	0	90	0,1	9,72	20,39	10,77	9,642	20,249	10,607

11			2,5	90	0,1	10,19	21,18	11,15	10,009	21,068	11,059
12			5	90	0,1	10,50	22,10	11,50	10,425	21,916	11,491
13		105	0	90	0,1	11,19	20,45	9,54	10,9	20,353	9,454
14			2,5	90	0,1	11,54	21,52	10,15	11,442	21,424	9,982
15			5	90	0,1	12,17	22,65	10,58	12,065	22,556	10,491
16		120	0	90	0,1	12,88	21,59	8,76	12,785	21,446	8,66
17			2,5	90	0,1	13,72	23,32	9,46	13,625	22,9325	9,306
18			5	90	0,1	14,67	24,62	10,02	14,613	24,547	9,935
19	20	90	0	90	0,1	12,98	27,14	14,25	12,865	26,999	14,142
20			2,5	90	0,1	13,46	28,16	14,83	13,345	28,091	14,746
21			5	90	0,1	14,04	29,32	15,41	13,901	29,222	15,321
22		105	0	90	0,1	14,62	27,23	12,72	14,533	27,138	12,605
23			2,5	90	0,1	15,35	28,66	13,49	15,256	28,565	13,309
24			5	90	0,1	16,16	30,14	14,18	16,087	30,075	13,988
25		120	0	90	0,1	17,08	28,64	11,68	17,047	28,594	11,547
26			2,5	90	0,1	18,22	30,63	12,58	18,167	30,575	12,408
27			5	90	0,1	19,54	32,87	13,35	19,484	32,73	13,246



а)

б)

в)

а) – сили інерції  $P(I)$  при  $\alpha=120^\circ$ ,  $G=10\text{Н}$ ,  $\varphi=5^\circ$ ; б) – кута призми  $P(\alpha)$  при  $G=10\text{Н}$ ,  $\varphi=5^\circ$ ; в) – кута зміщення вершини призми  $P(\varphi)$  при  $G=20\text{Н}$ ,  $\alpha=90^\circ$

Рисунок 4 – Розрахункові (1, 2, 3) та експериментальні (4, 5, 6) криві залежностей сил затиску

Із даних, представлених в табл. 2 та на графіках, випливає, що величина розбіжності між розрахунковими та експериментальними дослідженнями незначна, і складає  $2\div 4\%$ . Все це підтверджує обґрунтованість виконаних теоретичних розрахунків та зроблених на їх основі висновків.

Із наведених досліджень випливає, що для деталі, затиснутої горизонтально розміщеним захватним пристроєм промислового робота, найбільш доцільним буде використання затискних призм з кутом  $\alpha=100^\circ\div 110^\circ$ , так як сумарне навантаження на важелі захватного пристрою буде найменшим. Також з графіків видно, що зміщення кута вершини затискних призм бажано звести до мінімуму ( $\varphi=0\div 2,5^\circ$ ), щоб зменшити навантаження на кожен із затискних елементів захвата. Сила інерції в свою чергу прямопропорційно впливає на сили затиску, і тому для підвищення продуктивності та точності здійснюваних роботом рухів необхідно зменшувати масо-габаритні розміри конструкції захватного пристрою за рахунок виконання обґрунтованих його розрахунків та вибору раціональних конструктивних параметрів.

## Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування/Павленко І.І. - Кіровоград: КНТУ, 2007. – 420с.
2. Павленко І.І. Силі навантаження захватних пристроїв промислових роботів при направленні сили інерції вздовж вісі утримуваної деталі/ Павленко І.І., Годунко М.О. // Міжнародний збірник наукових праць.– Вип. 36 – Донецьк: ДНТУ, 2008.-С.142-146.
3. Павленко І.І. Аналіз впливу конструктивних параметрів захватних пристроїв роботів на сумарні сили затиску деталей / Павленко І.І., Годунко М.О. // Техніка в с.-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. пр. Кіровоград. нац. техн. ун-ту. – Кіровоград: КНТУ, 2007.–Вип. 21.– С. 168 – 172.

*І.Павленко, М.Годунко*

### **Экспериментальные динамические исследования сил зажима захватных устройств промышленных роботов**

В данной статье описаны экспериментальные динамические исследования сил зажима захватных устройств промышленных роботов, которые подтверждают правильность ранее описанных теоретических расчетов. Также в статье показаны графики, которые выводились на монитор компьютера при измерении сил зажима для горизонтального движения руки робота и построены экспериментальные и расчетные кривые соответствующих зависимостей.

*I.Pavlenko, M.Godunko*

### **Experimental dynamic researches of forces of clamp of capture devices of industrial robots**

Dynamic researches of forces of clamp of gripper of industrial robots which confirm the rightness of the before described theoretical calculations are described in this article. Also the graphs which hatched on the monitor of computer at measuring of forces of clamp for the platforming of hand of robot and the experimental and calculation curves of the proper dependences are built are rotined in the article.

Одержано 01.12.09

