

Лабораторна робота №4

Розрахунок зусилля захвату маніпулятора промислового робота

1 Мета роботи

1.1 Ознайомитися з класифікацією та основними типами і принципом роботи робочих органів промислового робота;

1.2 Ознайомитися з конструкцією, кінематикою і принципом роботи основних захватних пристроїв;

1.3 Вивчити методику розрахунку основних конструктивних параметрів та силових співвідношень для різних типів захватних пристроїв;

Застосовуване обладнання: промислові роботи моделі РФ-204 та МРЛУ-200-901.

Об'єкти вивчення: захватні пристрої робочих органів промислових роботів

2 Теоретичні відомості

2.1 Робочі органи (РО) промислових роботів (ПР)

Різноманітність моделей і конструкцій промислових роботів характеризується двома основними факторами:

а) великою кількістю типорозмірів об'єктів, заготовок і виробів, якими повинен маніпулювати робот;

б) різними фізичними принципами дій РО.

Об'єкти (заготовка і виріб) можуть мати різні розміри, форму, масу, виготовляться із різних матеріалів, а також різні фізичні властивості. Як правило, сучасна ПР комплектується набором типових РО, які можна змінювати в залежності від вимог ТП.

До РО належить ЗП, призначені для захвату і утримання деталі чи виробу. До них ставляться вимоги загального характеру, пов'язані з конкретними умовами роботи. Обов'язкові умови – це надійність захвату і утримання об'єкта, стабільність його базування, недопустимість поломки чи руйнування.

При обслуговуванні одним ПР декількох одиниць обладнання використання широкодіапазонних ЗП чи автоматична заміна їх може бути єдиним рішенням, особливо якщо одночасно обробляються заготовка (деталі) різної конфігурації і маси. Через це до ЗП, які працюють в умовах серійного виробництва, ставлять додаткові умови:

а) широкий діапазон (можливість захвату і базування деталей в широкому діапазоні мас, розмірів і форми їх);

б) забезпечення захвату близько розташованих деталей;

в) легкість і швидкість заміни.

У ряду випадків необхідна автоматична зміна зусилля стримування об'єкта в залежності від його маси.

В останній час розробляються конструкції ЗП, здатні забирати і базувати неорієнтовані розміщені об'єкти.

У сучасних ПР часто приймаються технологічні РО, призначені для виконання конкретних технологічних процесів. До них відносяться, наприклад,

кліщі для контактного точкового зварювання, пальник для дугового зварювання плавленням, розпилювач для фарби і т. п.

На рисунку 1 показана класифікація, яка враховує основні типи РО.

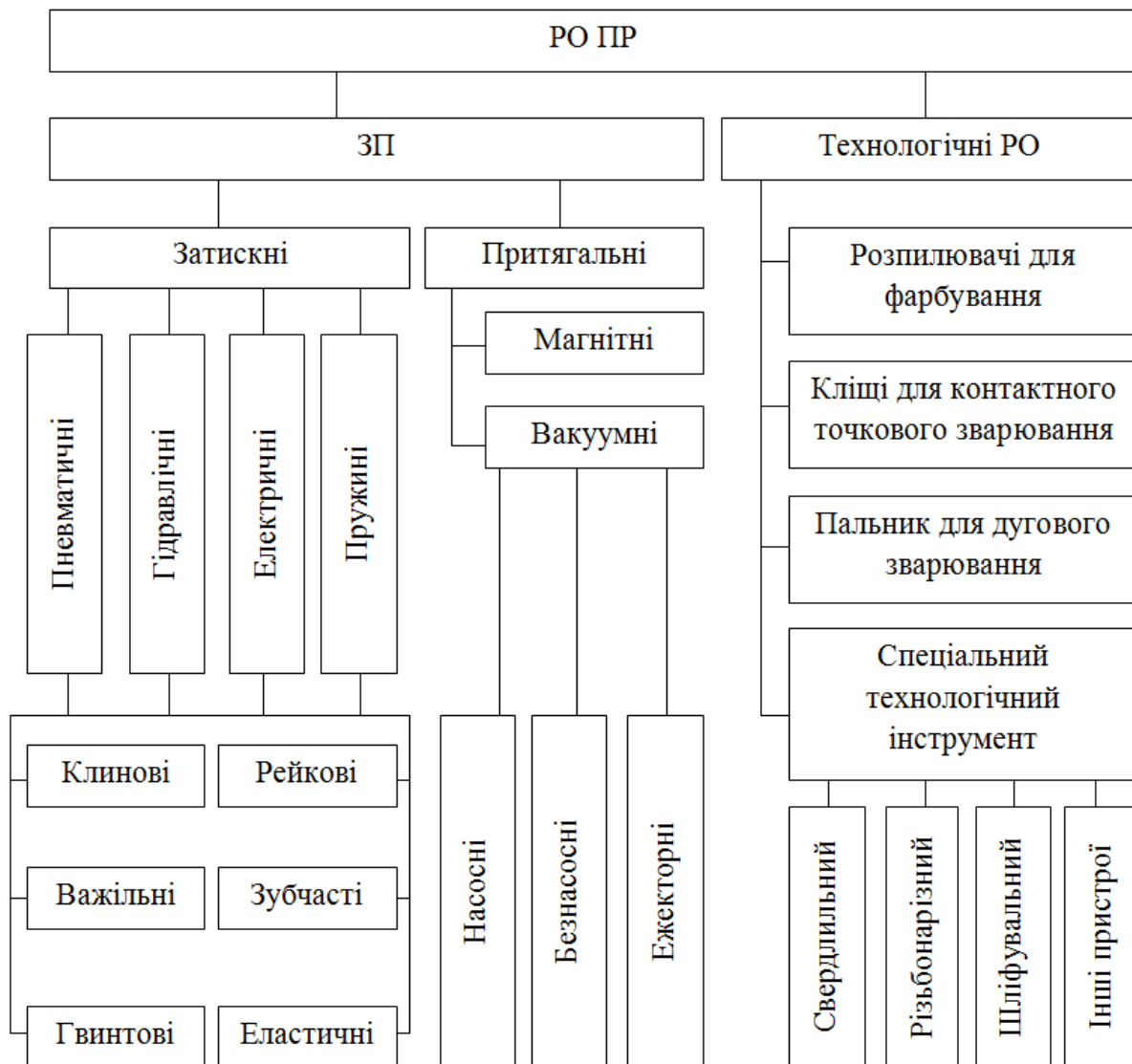


Рисунок 1 – Класифікація РО робіт

Затискні ЗП утримують деталь завдяки кінематичній дії роботи працюючих елементів (губок, пальців, кліщів і т. п.) за допомогою сили тертя.

Вакуумні ЗП забезпечують силові дії на об'єкт завдяки використанню різних фізичних принципів. Найбільш розповсюджені вакуумні і магнітні ЗП.

В залежності від напрямку РО роботи можуть оснащуватися допоміжними приладами для використання орієнтованих переміщень і деяких технологічних операцій (гайковертом, свердильним приладом і т. п.).

За кількістю робочих позицій ЗП діляться на одно- і багатопозиційні, а за характером керування – на чотири групи:

а) некеровані ЗП з постійними магнітними або вакуумними присосками без примусового розрідження (у такому ЗП для зняття об'єкта необхідно прикласти більше зусиль, ніж для його утримання);

б) командні ЗП, керуються тільки по командам на захват чи відпускання об'єкту (до них відносяться прилади з пружинним приводом, що оснащені стопорним механізмом, який спрацьовує через такт);

в) жорстко програмовані ЗП, керовані системою ЧПК роботом (переміщення губок, взаємного розташування робочих елементів і зусилля затиску змінюються в залежності від заданої програми, що може керувати також роботою допоміжних технологічних пристроїв);

г) адаптивні ЗП – програмні прилади, оснащені різними датчиками зовнішньої інформації (форми виробу і стан його поверхні, маса об'єкту, зусилля затиску і т. п.).

За характером прикріпленням до руки ПР всі ЗП можна поділити на чотири групи:

а) незмінні ЗП, які являються невід'ємною частиною конструкції робота, заміну, яких не передбачено;

б) змінні ЗП – самостійні вузли з базовими поверхнями для закріплення до руки робота (закріплення таких приладів не передбачає їх швидкої заміни);

в) швидкозмінні ЗП (а в загальному вигляді РО можуть закріплюватись за допомогою спеціальних механізмів і дозволяють їх швидку заміну);

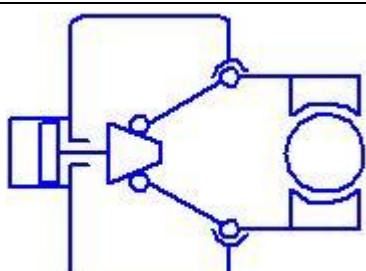
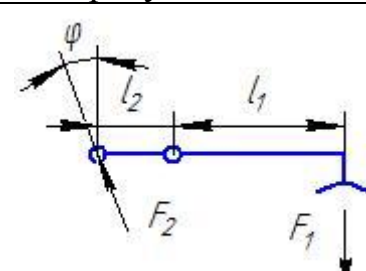
г) автоматично змінні ЗП, що забезпечуються механізмами, які дають можливість виконувати їх автоматичну заміну.

2.2 Затискні ЗП

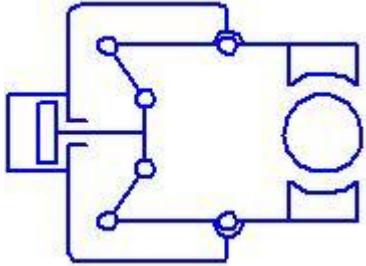
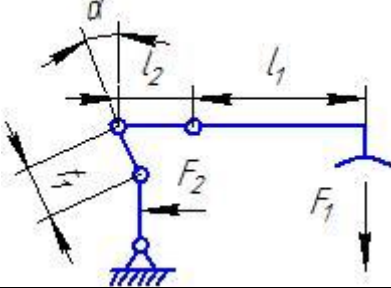
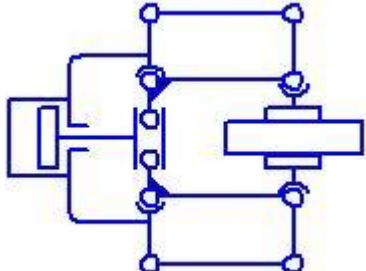
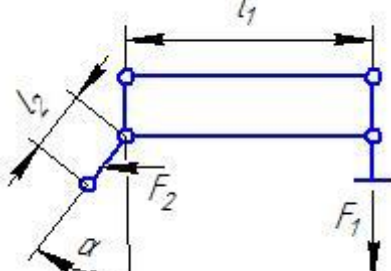
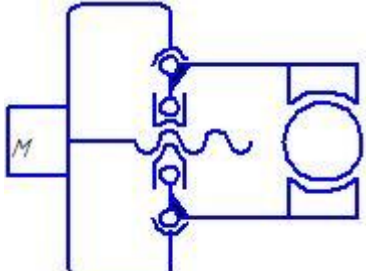
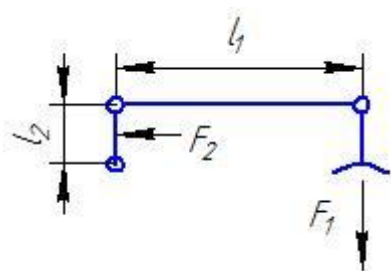
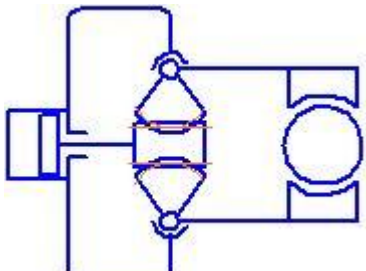
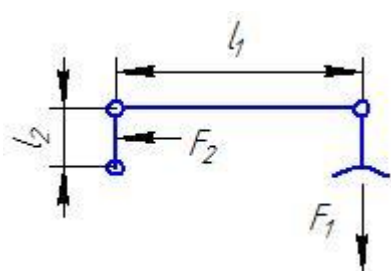
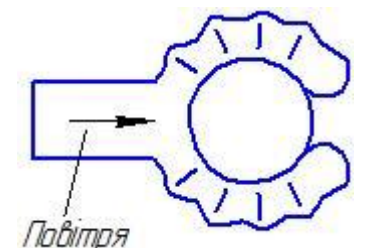
При конструюванні найбільш розповсюджених затискних ЗП роботів необхідно враховувати конкретний тип деталі чи групи деталей, їх форму, матеріал і умови ТП. Важливі критерії при цьому – необхідна точність утримання деталі і допустиме зусилля на губках. Відповідно, до цього часу виконана більша кількість різних затискних ЗП, які відрізняються кінематичною схемою та іншими конструктивними параметрами. Як правило, затискні ЗП приводяться в рух за допомогою пневматичного або пневмогідролічного приводу, розміщеного в основі приладу. Еластичний затискний ЗП призначений для захоплення і утримання легко деформованих виробів, наприклад електричні лампи, і чимось відрізняються від інших ЗП даного типу. Цей прилад приводиться в дію тиском повітря.

Вантажопід'ємність затискних ЗП повинна відповідати одному із значень ряду $Ra10$ у межах 1 – 8000 Н: 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3200; 4000; 5000; 6300; 8000.

Таблиця 1 – Основні типи затискних ЗП і їх розрахункові схеми

Тип	Схема затискного ЗП	Розрахункова схема
Клиновий		

Продовження таб. 1.

<p>Важільний</p>		
<p>Важільний із паралельним переміщенням губок</p>		
<p>Гвинтовий</p>		
<p>Рейковий</p>		
<p>Еластичний</p>		<p style="text-align: center;">-</p>

Розрахунки затискних ЗП включає знаходження сил, які діють у місцях контакту заготовки і губок; обчислення зусиль приводу; перевірка відсутності

неполадок поверхні об'єкта при захопленні; розрахунок на міцність деталі приладу.

Сили, які діють у місцях контакту ЗП з об'єктами маніпулювання, обчислюється за формулами, наведені в таблиці.

Схеми утримання об'єктів в затискному ЗП діляться на:

а) об'єкт підтримується губками, сили тертя мало впливають на механізм утримання об'єкта в таблиці 2;

Таблиця 2 – Схема і розрахункова формула

	$N_i = \frac{R_n \sin(\varphi_i - \mu \cos \varphi_i)}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2\mu \cos(\varphi_1 + \varphi_2)},$ <p>де $i, j=1; i \neq j$</p>
--	--

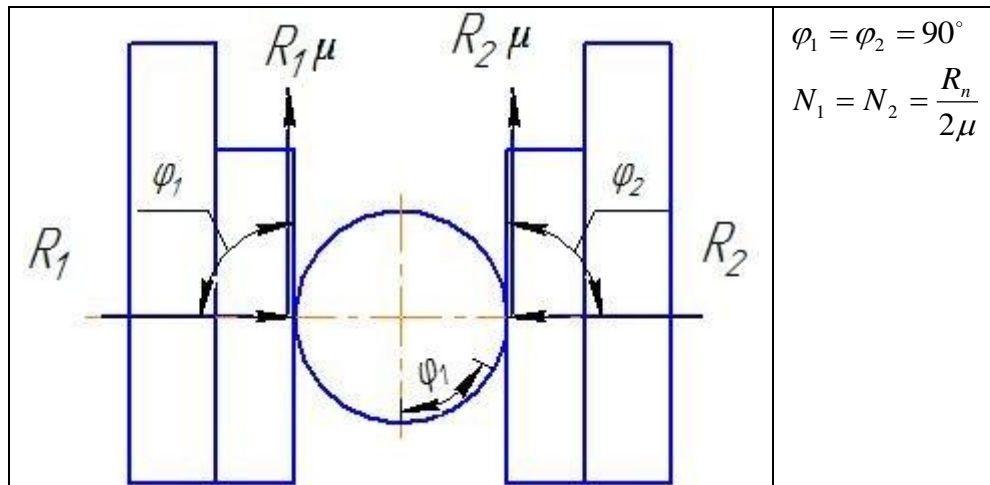
б) об'єкт підтримується за допомогою запірної дії губок при обмеженій дії сили тертя в таблиці 3;

Таблиця 3 – Схема і розрахункова формула

	$\varphi_1 = 90^\circ, \varphi_2 = \varphi$ $N_1 = R_n \frac{\sin \varphi - \mu \cos \varphi}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi},$ $N_2 = R_n \frac{1}{\cos \varphi + 2\mu \sin \varphi}$
--	--

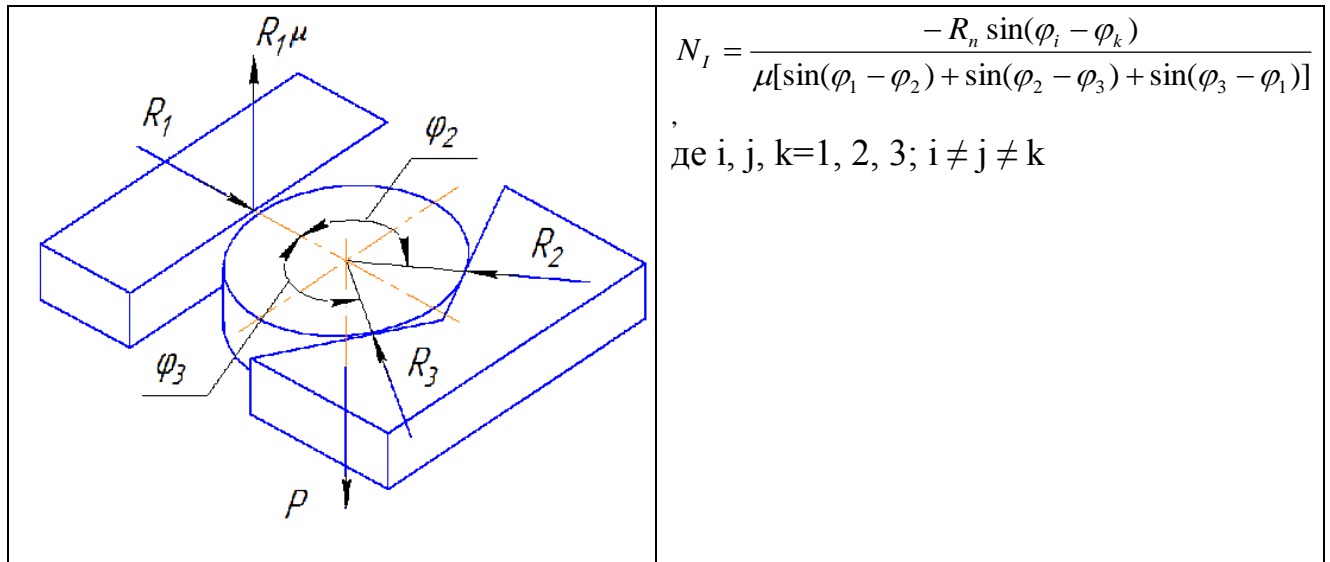
в) об'єкт підтримується силами тертя в таблицях 4 та 5.

Таблиця 4 – Схема і розрахункова формула



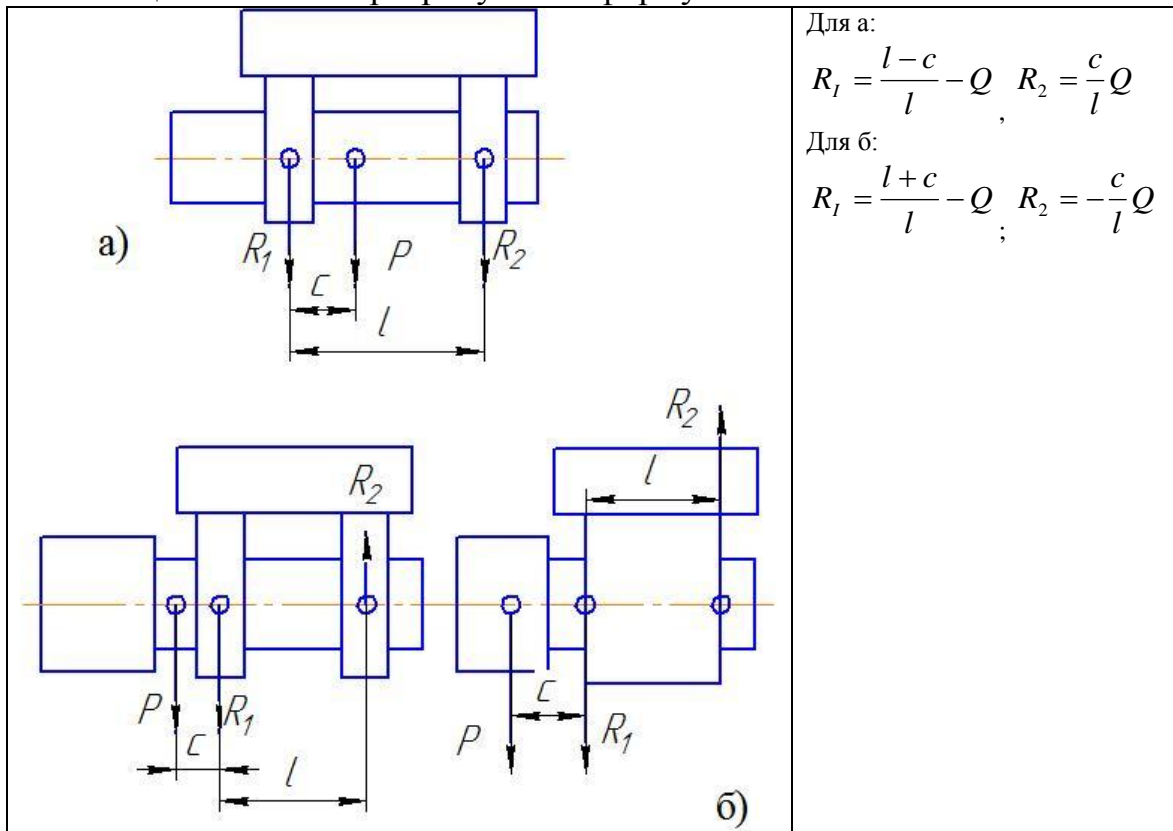
На практиці зазвичай зустрічається складне завантаження затискних ЗП у вигляді комбінації вказаних в таблиці 4. При цьому у процесі маніпулювання об'єктом характер навантаження ЗП і схеми підтримання об'єкта можуть змінюватись. Тому розрахунок повинен проводитись для критичного випадку навантаження ЗП.

Таблиця 5 – Схема і розрахункова формула



При несиметричному розташуванні навантажень по ширині губок навантаження на крайні перерізи ЗП обраховуються відповідно таблиці 6. Навантаження ЗП повинні відповідати названим вище значенням.

Таблиця 6 – Схема і розрахункова формула



В загальному випадку зусилля, що розвивається приводом затискного ЗП, виражається прикладом

$$F = \frac{K_1 K_2 \sum_{i=1}^m P_i}{\eta} \quad (1)$$

де K_1 – коефіцієнт запасу ($K_1 = 2 \dots 3$);

K_2 – передаточний коефіцієнт механізму;

P_i – зусилля затиску на i -й губці;

m – кількість губок в утриманні;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) механізму.

Для симетричних губок зусилля, що розвивається приводом, можна розрахувати за формулою

$$F = 2K_1 K_2 P / \eta. \quad (2)$$

Зусилля затиску на i -й губці виражається формулою

$$P_i = \sum_{i=1}^k N_i \cos \varphi_i, \quad (3)$$

де N_i – зусилля контактування, яке можна знайти за формулами, що приведені в таблиці 1 – 5;

φ_i – кут контакту;
 k – число точок контакту.

Коефіцієнт K_2 обраховується відповідно з обраною типовою схемою ЗП. Позначення його однієї з цих схем наведені нижче. Коефіцієнт тертя μ губок затиску із заготовкою вибирається в залежності від її матеріалу:

Таблиця 7 – Коефіцієнт тертя μ губок затиску

Контактуючі поверхні	μ
Дерево по гумі	0,8
Сталь по сталі:	
для не обгорнутих губок без насічки: з сталі	0,12...0,15; 45,50
для обгорнутих губок з гострою насічкою з сталі 65Г, 60С2, 48А, У10А при HRC 55	0,3 – 0,35
Латунь по сталі	0,12
Скло по гумі	0,6
Дюралюміній по сталі	0,1

2.3 Вакуумні ЗП

Використовуються для утримання скляних і крихких предметів, наприклад кінескопа телевізора, використовуються вакуумні притяжні ЗП. Гумовий розтруб в даному випадку, закріплено на кульковому з'єднанні, що забезпечуватиме самостійне встановлення і ретельне прилягання розтруба по всьому контуру. Основний параметр – сила F затиску – залежить від площі S контакту з предметом і від розрідження зусилля в ньотонах позначається виразом

$$F = \frac{\pi D^2}{4} p, \quad (4)$$

де D – діаметр отвору розтруба, см;
 p – розрідження в розтрубі, Па.

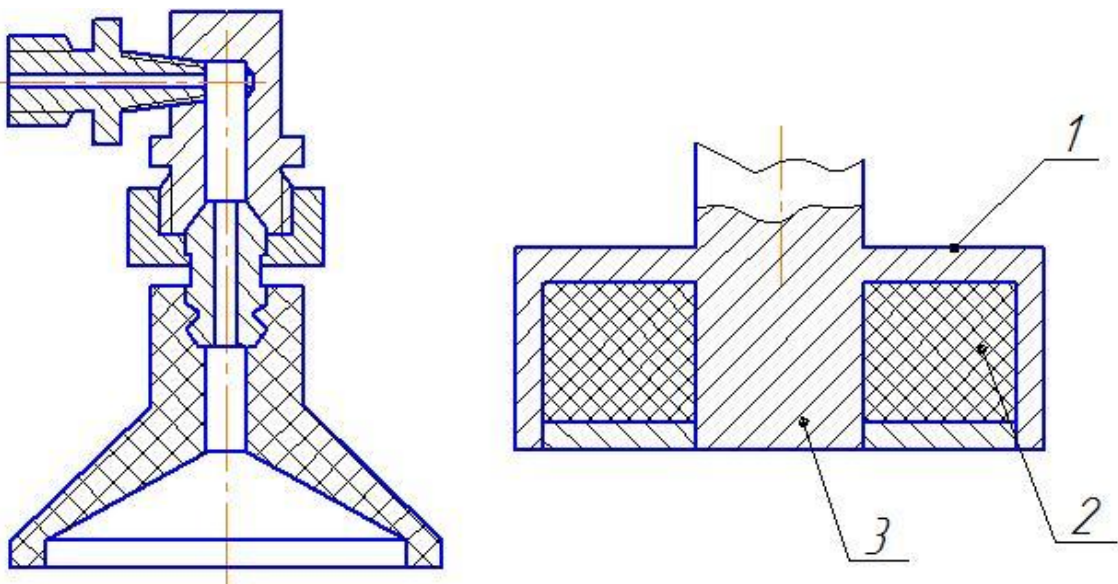


Рисунок 2 – Вакуумний (а) і круглий електромагнітний (б) притяжні ЗП

3 Розрахунки ЗП

3.1 Розрахунок типової схеми затискного ЗП

Оскільки прилад симетричний, розглядаємо схему навантаження однієї із його губок.

Робочі губки 4 з'єднані тягою із зубчастими секторами 3, які знаходяться у зчепленні з рейкою 2, з'єднані з тягою 1 приводу. При переміщенні рейки 2 під дією сили F приводу відбувається поворот губок 4 до центра на однакові кути і захоплення об'єкту маніпулювання.

Розраховуємо зусилля контакту між об'єктом і губкою для схеми утримання на рисунку 3. Нехай об'єктом маніпулювання буде деталь у вигляді сталевого циліндра масою $m = 3\text{кг}$. Реакція на одну губку захвату

$$R = mg \approx 30\text{Н}, \quad (5)$$

де g – прискорення вільного падіння.

Навантаження ЗП приймаємо $P = 32\text{Н}$.

Зусилля контактування між деталлю і губкою обчислимо за формулою:

$$N_1 = \frac{R[\sin \varphi_2 + \mu(\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)]}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - \mu \cos(\varphi_1 + \varphi_2) + \mu}, \quad (6)$$

при $\varphi_1 = \varphi_2 = 30^\circ$ отримаємо

$$N = N_1 = N_2 = R \frac{\sin 30^\circ - \mu \cos 30^\circ}{\sin 60^\circ - 2\mu \cos 60^\circ} = 12,72\text{Н}. \quad (7)$$

Зусилля захоплення на губці складає

$$P = 2R \cos \varphi = 2 \cdot 30 \cos 30^\circ = 52\text{Н}. \quad (8)$$

Зусилля, що виникають у ланках ЗП при його роботі, показано на рис. 3. Передаточний коефіцієнт механізму можна знайти з умови

$$F = K_2 P. \quad (9)$$

Для визначення цієї залежності складемо умову рівноваги системи відносно точки А (рисунок 3). В загальному випадку отримаємо вигляд

$$\sum_{i=1}^n M_{A_i} = 0; \quad \sum_{i=1}^n x_i = 0; \quad \sum_{i=1}^n y_i = 0, \quad (10)$$

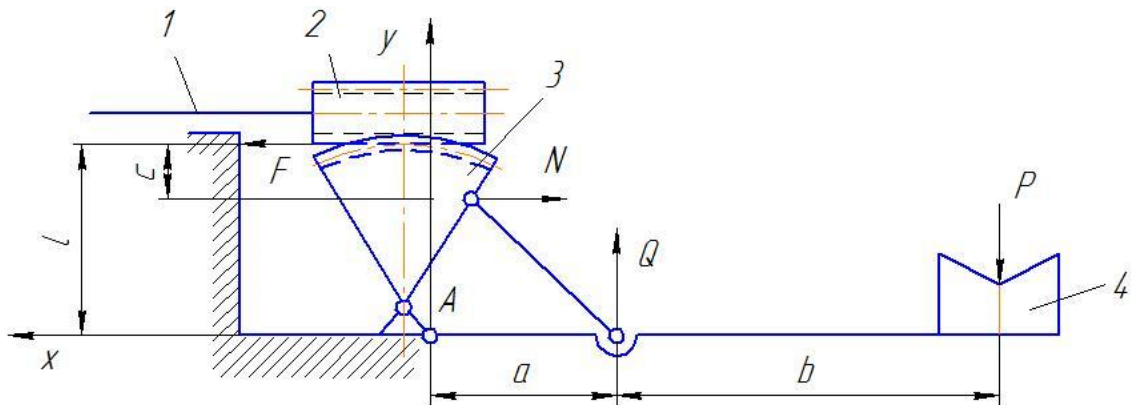


Рисунок 3 – Типова схема зусиль в ланках затискних ЗП

отже є сума проєкцій всіх сил на вільно обрані осі Декартових координат x , y і сума моментів цих сил відносно точки A рівні нулю.

Тоді умови рівноваги системи відносно точки A записується у вигляді

$$\begin{cases} M_A = Fl - N(l - c) + Qa - P(a + b) = 0; \\ x = F - N = 0; \\ y = Q - P = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Розв'язав систему відносно P і F , отримаємо рівняння

$$Fl = F(l - c) + Pa - P(a + b) = 0, \quad (12)$$

Перетворивши яке, отримаємо

$$F = \frac{b}{a}P, \text{ чи } F = K_2P. \quad (13)$$

Аналогічно обраховується коефіцієнт K_2 для решти типових схем затискних ЗП. Після вибору конструктивних параметрів b , a , c за формою розраховується зусилля, яке розвивається приводом для симетричних губок.

Відносно обраних конструктивних параметрів ЗП, розмірів об'єкта маніпулювання і результатів розрахунку виконується ескіз конструкції ЗП.

3.2 Розрахунок типової схеми вакуумного ЗП

Якщо з одного боку ЗП буде повний атмосферний тиск, а з іншого – розрідження в 13 Па, отже форвакуум, то при діаметрі отвору розтруба $D = 10$ см отримаємо

$$F = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} (98066 - 13) = 78,5 \cdot 98053 \approx 770 \text{ Н.} \quad (14)$$

Досягнення високого вакууму при цьому недоцільно, так як зусилля F після досягнення форвакуума незначно збільшується.

Електромагнітні ЗП використовують для захоплення об'єктів з магнітних матеріалів. Ці ЗП мають ряд переваг: не складні при конструюванні і експлуатації, не вимагають спеціальних приводів, можуть захоплювати листовий матеріал в купі.

Велике розповсюдження отримали круглі електромагнітні вакуумні ЗП, які складаються з корпусу 1 і серцевини 3 із електротехнічної сталі, що утворюють кільцеву порожнину, де розміщена котушка 2.

Зусилля F захоплення електромагнітів може бути обрахована за допомогою значень взятих на прикладі формули Максвелла:

- для електромагнітів постійного струму

$$F = \frac{1}{2} (IN)^2 \mu_0 \frac{S}{\delta^2}; \quad (15)$$

- для електромагнітів змінного струму

$$F = \frac{1}{4} (IN)^2 \mu_0 \frac{S}{\delta^2}, \quad (16)$$

де I – сила струму, А;

N – число витків котушки;

μ_0 – магнітна стала ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

S – площа робочого зазору, см²;

δ – ширина робочого зазору, мм.

Нижче розглянута порівняльна характеристика вакуумних і електромагнітних ЗП:

а) вакуумні ЗП – придатні для всіх матеріалів, які мають необхідну геометрію та поверхню. Сила тяжіння на одиницю площі обмежена. Понижена точність базування через еластичність конструкції. Необхідно деякий час для створення вакууму. Конструкція більш складна. Термін служби обмежений;

б) електромагнітні ЗП – придатні тільки для матеріалів, що намагнічуються. Можлива більша сила тяжіння на одиницю площі. Висока точність базування завдяки жорсткій конструкції. Висока швидкодія. Простота конструкції, котушка і серцевина можуть бути легко виготовлені споживачем.

Котушка електромагніта може нагріватися, але конструкція його довговічна.

Останній час з'явилися і почали розповсюджуватися електричні ЗП, що використовуються в електронній і приладобудівній промисловості для переміщення легких виробів [7].

4. Порядок виконання роботи

4.1 Перед виконанням роботи студенти повинні ознайомитися з правилами по техніці безпеки і з інструкцією по загальними правилами роботи в лабораторії;

4.2 Вивчити методичні вказівки та довідкову літературу;

4.3 Вивчити конструкцію і принцип роботи основних захватних пристроїв, зробити ескізи їх основних елементів;

4.4 Вивчити конструкцію, кінематику, принцип роботи та методику розрахунку захватних пристроїв;

4.4 Виконати необхідні розрахунки (згідно виданим завданням викладачем або навчальним майстром) по розрахунку основних параметрів захватних пристроїв;

4.5 Скласти звіт по виконаній роботі.

Таблиця 8 – Індивідуальні завдання розрахунку сили затиску електромагнітних ЗП

Варіант	Площа робочого зазору S , см^2	Сила струму, А	Тип струму	Число витків котушки N	Ширина робочого зазору δ , мм.
1	5,0	1,5	пост.	110	0,5
2	6,0	2,0	змін.	120	0,6
3	7,0	2,5	пост.	130	0,7
4	8,0	3,0	змін.	140	0,8
5	9,0	3,5	пост.	150	0,9
6	10,0	4,0	змін.	160	1,0
7	12,0	4,5	пост.	170	0,5
8	14,0	5,0	змін.	180	0,6
9	5,0	5,5	пост.	190	0,7
10	6,0	6,0	змін.	200	0,8
11	7,0	4,0	пост.	210	0,9
12	8,0	4,5	змін.	220	1,0
13	9,0	5,0	пост.	110	1,2
14	12,0	5,5	змін.	120	1,25
15	14,0	6,0	пост.	130	1,1

Таблиця 9 – Індивідуальні завдання розрахунку сили затиску вакуумних ЗП

Варіант	діаметрі отвору розтруба D , см	Величина розрідження, Па
16	6,0	6,0
17	6,5	7,0
18	7,0	8,0
19	7,5	9,0

Продовження таб. 9.

20	8,0	10,0
21	8,5	11,0
22	9,0	12,0
23	9,5	12,5
24	10,0	14,0
25	10,5	15,0
26	11,0	16,0
27	11,5	17,0

Контрольні запитання

1. Назвіть основні вимоги, що пред'являються до захватних пристроїв промислових роботів, які працюють в умовах серійного виробництва.

2. Як класифікуються захватні пристрої промислових роботів за характером керування?

3. Як класифікуються захватні пристрої промислових роботів за характером прикріплення до руки робота?

4. Який принцип роботи вакуумних захватних пристроїв?

5. Який принцип роботи електромагнітних захватних пристроїв?

6. Коротко порівняйте характеристики вакуумних і електромагнітних захватних пристроїв.