

*В.Пестунов, М.Ткаченко, В.Шапошник*

### **Повышение точности обработки на металлорежущих станках**

В статье предлагается повысить точность обработки на металлообрабатывающем оборудовании за счет применения приводов с возможностью перераспределения или управления нагрузкой рабочих органов.

*V.Pestunov, M.Tkachenko, V.Shaposhnik*

### **Increase of exactness of treatment on metal-cutting machine-tools**

In the article it is suggested to promote exactness of treatment on a metal-working equipment due to application of drives with possibility of redistribution or management loading of workings organs.

Одержано 27.03.12

**УДК 621.9.077:621.865.85**

**І.І. Павленко, проф., д – р. техн. наук, М.О. Годунко, викл.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Обґрунтування узгодження характеристик промислових роботів та їх захватних пристроїв**

Запропоновано для узгодження характеристик промислових роботів та їх захватних пристроїв методику, що розроблена на основі градації роботів по вантажності. Проаналізовано відповідність вантажності захватних пристроїв до промислових роботів і побудовано залежності для визначення діапазону функціонування захватів відповідно до ваги та розмірів утримуваних деталей. Отримано результати у вигляді градації розмірів утримуваних роботом деталей з врахуванням вантажності та зон обслуговування захватних пристроїв.

**промисловий робот, захватний пристрій, градація по вантажності, зона обслуговування, діапазон розмірів**

**Постановка проблеми.** Враховуючи всезростаюче використання роботів у промисловому виробництві, де здійснюється виготовлення різних за формою, розмірами та іншими параметрами деталей, актуальним є обґрунтування градації як в цілому роботів, так і їх захватних пристроїв (ЗП). Це важливо ще й тому, що промислові роботи відносять до універсальних засобів автоматизації, які в умовах ринкового швидко змінного виробництва повинні з мінімальними витратами переналагоджуватись на випуск нової продукції. Це особливо відноситься до переналагодження ЗП, які безпосередньо взаємодіють з оброблюваними деталями.

**Аналіз останніх досліджень.** Проблема обґрунтування градації промислових роботів за їх основними технічними характеристиками розглядалася у багатьох літературних джерелах. Зокрема в роботах [1] та [2] висвітлювалося питання визначення потреби в роботах різної вантажності для виконання завантажувально-розвантажувальних, складальних, транспортних та ін. операцій, де об'єктами переміщення виступають різноманітні штучні деталі. У даній роботі проведено аналіз вантажності промислових роботів з врахуванням вантажності їх захватних пристроїв та приведено діапазон розмірів деталей, який відповідає приведеній градації.

**Узгодження характеристик промислових роботів та їх захватних пристроїв.**

Найбільш розповсюдженими деталями у машинобудівному виробництві є деталі обертання. Вони також найбільш придатні для автоматизованої обробки, а тому більшість металообробних верстатів, як і промислових роботів, використовуються для виготовлення таких деталей. Градація ЗП роботів, в першу чергу, повинна бути узгоджена з градацією їх вантажності. Тому вага утримуваних деталей циліндричної форми буде:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} l \cdot \gamma, \quad (1)$$

де  $d$ ,  $l$  – діаметр та довжина утримуваної деталі;  
 $\gamma$  – питома вага матеріалу деталі.

Якщо взяти за основу рекомендовану градацію за геометричними рядами [ГОСТ 8032-84], то в подальшому пропонується використання основного ряду R5 (знаменник 1,6) та допоміжного ряду R10 (знаменник 1,25). За цих умов для основного ряду область утримуваних деталей, наприклад, роботом вантажності  $P=4,0\text{кг}$  можна представити графічно (рис.1), де вона виділена нахиленим штрихуванням. При побудові даних графіків також прийнято, що основна кількість таких деталей (до 97%) знаходиться в межах розмірів деталей обертання від  $l/d=0,2$  до  $l/d=5$ . Ця умова на рисунку виділена відповідними обмежувальними лініями.

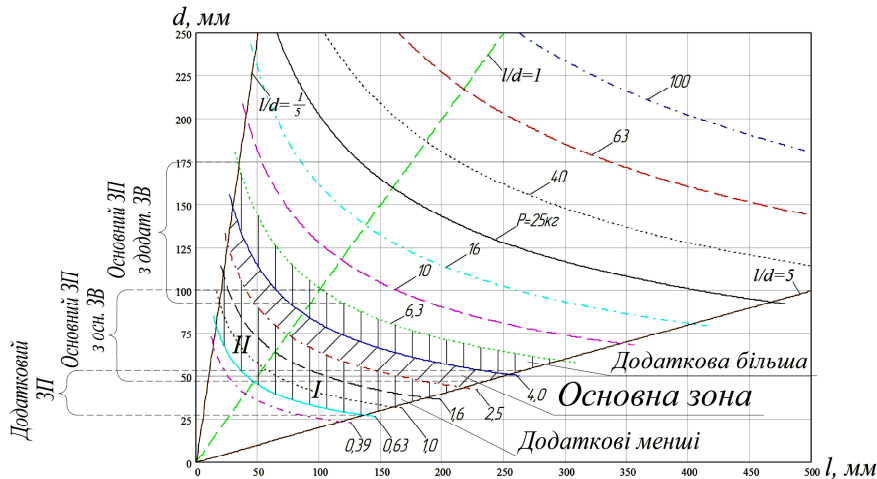


Рисунок 1 - Градація промислових роботів за вантажністю

Відповідно до прийнятих умов захватний пристрій промислового робота повинен утримувати короткі деталі, коли  $l/d=0,2$ , діаметр яких визначаємо з рівняння:

$$\frac{\pi d^2}{4} 0.2d\gamma = P = 4\text{кг}. \quad (2)$$

Якщо деталі прийняти сталевими, то:  $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^2$ . Тоді максимальний діаметр короткої деталі основної зони обслуговування робота:

$$d_{\text{к.о. max}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot P}{0.2 \cdot \pi \cdot \gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4}{0.2 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 148\text{мм}. \quad (3)$$

Довжина такої деталі:

$$l_{\text{к.о. max}} = d/5 = 148/5 = 30\text{мм}. \quad (4)$$

Мінімальний діаметр короткої деталі для цієї зони буде визначатися утриманням гранично мінімальної деталі, яка, в даному випадку, буде мати вагу 2,5 кг. Тоді:

$$d_{к.о.мин} = \sqrt[3]{\frac{4P}{0.2\pi\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2.5}{5 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 126, \quad (5)$$

а довжина  $l_{\dot{a}.i.мин} = 126 / 5 = 25$ .

Для довгої деталі  $l/d = 5$  максимальний діаметр буде:

$$d_{\dot{o}.o.маx} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot P}{5 \cdot \pi \cdot \gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4}{5 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 50 \text{ мм}. \quad (6)$$

Довжина такої деталі:  $l_{\dot{a}.i.маx} = 50 \cdot 5 = 250 \text{ мм}$ .

Мінімальний діаметр довгої деталі, за такими ж умовами, як і для короткої деталі, буде:

$$d_{\dot{o}.o.мин} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot P}{5 \cdot \pi \cdot \gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2.5}{5 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 43 \text{ мм}, \quad (7)$$

довжина такої деталі:  $l_{\dot{a}.i.мин} = 43 \cdot 5 = 215 \text{ мм}$ .

Для ЗП як з точки зору силових навантажень, так і їх функціональних особливостей, дуже важливим є діапазон утримуваних деталей. Згідно з отриманими даними, для зазначеного прикладу, максимальний діапазон діаметрів знаходиться в межах від 148мм до 43мм. Тобто, відношення діаметрів утримуваних деталей складає:

$$\frac{d_{к.о.маx}}{d_{\dot{o}.o.мин} = \frac{148}{43} = 3.44 \text{ рази.}}$$

Порівнюючи дані значення із раніше отриманими [3] бачимо, що для силових навантажень доцільно змінювати значення діаметрів утримуваних деталей в межах 1,25 (в більшу сторону) – 2 рази (в меншу сторону), а функціональних по точності в межах 1,3 (в більшу сторону) – 2 рази (в меншу сторону) по відношенню до номінального діаметру [4].

При цих порівняннях необхідно прийняти умову, якщо максимальне значення на граничній лінії (див.рис.1) вантажності відповідає номінальному діаметру утримуваної захватом деталі, то при додатковому руху в більшу сторону є можливість утримувати деталь більшого діаметра за номінальний, але тої ж ваги. Із попередніх досліджень видно [3], що така зміна діаметра може привести до збільшення сил затиску в 1,2 – 1,5 раз, на прикладі вантажності 4,0 кг. Відповідна зміна діаметра в меншу сторону приведе до зменшення сил затиску в 1,25 – 1,4 рази. По точності, для приведеної вантажності, така зміна діаметрів на одну ступінь в більшу сторону і на три ступені в меншу приведе до зміщення центру деталі до 7 мм.

Така можливість доцільна, оскільки утримувана деталь може бути пустотілою, або непостійного зовнішнього діаметру (ступінчаста), тому робот в межах встановленої вантажності може утримувати і деталі більшого діаметру. Якщо прийняти за умову, що таке граничне верхнє відхилення буде співпадати із наступним більшим значенням робота по вантажності, то для досліджуваного прикладу це буде відповідати вантажності  $P=6,3$  кг. При цій умові максимальний діаметр утримуваної деталі буде:

$$d_{к.б.маx} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot P}{0.2 \cdot \pi \cdot \gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 6.3}{0.2 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 173 \text{ мм}. \quad (8)$$

Таким чином, при цьому маємо збільшення діаметру в  $\frac{173}{148} = 1.17$  раз. Тому таку зону слід розглядати як додаткову – більшу, що на рис.1 виділено вертикальним штрихуванням.

Дещо більшою мірою роботи можуть працювати з меншими за вагою деталями як більш вірогідними за умовами їх експлуатації. Це пов'язано, з одного боку, з тим, що

в процесі експлуатації робота у виробництві можуть виготовлятися деталі різних розмірів, в тому числі і близькі за вантажністю, що відноситься до інших зон (наприклад  $P = 2,5\text{кг.}$ ,  $P = 1,6\text{кг}$  та  $P = 1\text{кг}$ ). Тому попередньо доцільним слід вважати охоплення деталей роботом конкретної вантажності на три ступені меншої величини (на рис.1 ці області також виділені вертикальним штрихуванням).

Врахування цих обставин передбачає функціонування робота із значно меншим діаметром. Так, при охопленості роботом трьох нижніх зон мінімальний діаметр утримуваних коротких деталей буде:

$$d_{к.м. \min} = \sqrt[3]{\frac{4P}{0.2\pi\gamma}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0.63}{0.2 \cdot 3.14 \cdot 7.8 \cdot 10^{-6}}} = 79\text{мм}. \quad (9)$$

Подібним чином визначаються діаметри утримання довгих деталей.

Таким чином, якщо захват охоплює деталі на одну ступінь вантажності більше і на три менше, то загальний діапазон утримуваних деталей:

$$\frac{173}{28} = 6,2 \text{ раз.}$$

Отримані значення показують, що діапазон утримуваних деталей повинен бути великим, приблизно з відношенням діаметрів від 6 до 7, що складно забезпечити захватними важелями одного виконання, в тому числі і без підрізання їх кінцевих частин та інших конструктивних особливостей.

Для досліджуваного варіанту ЗП ( $P = 4\text{кг}$ ), доцільним є використання двох ЗП:

- перший – основний ЗП для роботи з деталями ваги 4кг з двома парами змінних затискних важелів (ЗВ): - 1-й комплект для діаметрів 40...100мм; - 2-й комплект для діаметрів 80...200мм;

- другий – додатковий ЗП для деталей меншої ваги (в даному випадку  $P=2,5\text{кг}$ ).

Встановлені діапазони прийняті із відношенням максимального діаметра до мінімального рівним 2.5, що узгоджується з функціональними можливостями ЗП. Величина діаметрів прийнята з деяким перекриттям зон їх обслуговування, що розширює їх можливості. Прийняті діаметри також узгоджені із ГОСТ 8032-84 (СТ СЕВ 3961-83).

Подібні розрахунки для ЗП роботів іншої вантажності зведені до табл.1.

Таблиця 1 - Діапазон розмірів утримуваних деталей ЗП роботів різної вантажності

Вантажність, кг	Діаметри зон обслуговування ЗП (мм)						Параметри захватів (мм)								
	Основна зона		Більша зона		Три менші		Основного ЗП						Додаткового ЗП		
	$d_{к.о. \max}$	$d_{д.о. \min}$	$d_{к.б. \max}$	$d_{д.б. \max}$	$d_{к.м. \min}$	$d_{д.м. \min}$	1-й комплект ЗВ			2-й комплект ЗВ					
							$D_{\min}$	$D_{н}$	$D_{\max}$	$D_{\min}$	$D_{н}$	$D_{\max}$			
1,0	93	27	109	37	50	17	20	40	50	40	80	100	10	20	25
1,6	109	32	127	43	58	20	25	50	63	50	100	125	12	25	32
2,5	127	37	148	51	68	23	32	68	80	68	125	160	16	32	40
4,0	148	43	173	59	80	27	40	80	100	80	160	200	20	40	50
6,3	173	51	201	69	93	32	50	100	125	100	200	250	25	50	63
10	201	59	236	81	109	37	63	125	160	125	250	320	32	63	80

**Висновки.** Таким чином, отримано необхідне обґрунтування по розподілу загальної зони обслуговування захватами робота оброблюваних деталей на окремі частини за рахунок використання змінних ЗП та їх змінних важелів.

### Список літератури

1. Павленко І.І. Промислові роботи: основи розрахунку та проектування. Кіровоград, КНТУ, 2007. – 420 с.
2. Павленко І.І. Промислові роботи: Характеристики та градація. – Кіровоград.: КІСМ, 1997. – 78с.
3. Павленко І.І. Дослідження силових навантажень ЗП промислових роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Збірник наукових праць НТУ «ХП» / високі технології в машинобудуванні./ Харків: НТУ «ХП», 2008 (1'2008). – С. 216 – 220.
4. Павленко І.І. Оцінка точності положення утримуваної деталі в захватному пристрої робота / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Десята Всеукраїнська молодіжна науково-технічна конференція «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво». Тези доповідей. – Суми: СумДУ, 2010. С. 111 – 113.

*І.Павленко, М. Годунко*

#### **Обоснование согласования характеристик промышленных роботов и их захватных устройств**

Предложена для согласования характеристик промышленных роботов и их захватных устройств методика, которая разработана на основе градации роботов по их грузоподъемности. Проанализировано соответствие грузоподъемности захватных устройств с промышленными роботами и построены зависимости для определения диапазона функционирования схватов соответственно весу и размеров удерживаемых деталей. Получены результаты в виде градации размеров удерживаемых роботом деталей с учетом грузоподъемности и зон обслуживания захватных устройств.

*I.Pavlenko, M. Godunko*

#### **Ground of concordance of descriptions of industrial robots and their grippers**

A method which is developed on the basis of gradation of robots on their the masses is offered for the concordance of descriptions of industrial robots and their grippers. Accordance of masses of grippers is analysed with industrial robots and dependences are built for determination of range of functioning of grippers according to weight and sizes of the retained details. Results are got as gradation of sizes of the details retained a robot taking into account masses and areas of maintenance of grippers.

Одержано 02.03.12