

5. Ассортимент швейної фурнітури для військового одягу льотчиків / Г. Токар, А. Рубанка, Д. Остапенко, Л. Третьякова // Актуальні проблеми сучасного дизайну : збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції (23 квітня 2020 р., м. Київ) : В 2-х т. – Т. 1. – Київ : КНУТД, 2020. – С. 346-349.

УДК 681.5

**Березін Л.М., канд. техн. наук, доцент,  
Рубанка М.М., канд. техн. наук, доцент,**  
Київський національний університет технологій та дизайну, lnb07@ukr.net

## **ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НАДІЙНІСТЬ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

Під надійністю промислових роботів (ПР) розуміємо властивість об'єкту зберігати з перебігом часу в встановлених межах всі параметри, що забезпечують виконання необхідних функцій за умовами експлуатації. Враховуючи конструктивні ускладнення ПР, об'єднання їх в автоматизовані комплекси, прогнозоване збільшення силових навантажень при одночасному зменшенні їхньої металоємності, питання надійності ПР є актуальними.

Виробники сучасних ПР заявляють про середнє значення наробітку на відмову  $MTBF = (5-6) \times 10^4$  годин або від 20 до 100 мільйонів циклів роботи [1]. Найкращої надійності досягають роботи із системами SCARA та DELTA конфігурації, що зумовлено меншою кількістю ланок та з'єднань в порівнянні з іншими роботами за шарнірним принципом. Ряд цікавих висновків за результатами опитування щодо надійності ПР наведено в [2-4].

Фактори надійності ПР в порівнянні з об'єктами загального машинобудування передусім пов'язані з вимогами безпеки обслуговування та специфічними пошкодженнями і відмовами систем роботів.

За ознакою несправності відмови ПР поділяють на параметричні та функціональні. До параметричних відносяться відмови, для яких один або декілька параметрів ПР змінюються у неприпустимих межах, до функціональних - відмови, при яких виконання заданих функцій роботом неможливе.

Для аналізу параметричної надійності діючих ПР використовують тестування за точністю та повторюваністю позиціонування в реальному часі та просторі. Під точністю ПР розуміють його здатність досягати заданої точки у робочій зоні. Повторюваність ПР характеризується можливістю відтворення повторних переміщень в задану точку.

Основними факторами, що впливають на точність ПР, є лінійні та кутові зміни в його ланках. Під тестуванням ПР розуміють порівняння координат функціональної залежності з поточними координатами положення робочого органу в просторі та внесення відповідних змін в параметри програмного забезпечення для уточнення позиціонування ПР. Загальні положення тестування ПР регламентовані та представлені в [5, 6].

Параметричні похибки передусім визначаються виробничими та складальними допусками. Мінімізація допусків переважно обмежується співвідношенням витрат на зміну надійності. Вплив мають також похибки приводів (через зазори та пружність у зубчастих та інших передачах, систематичні похибки двигунів приводних пристроїв) та алгоритми управління через округлення значень параметрів. Похибки у підшипниках мають ймовірнісну складову і для жорстких ланок ПР незначними.

На ресурс ПР впливають переважно відмови за критеріями зносу ключових механічних компонентів, наприклад, захватів, приводів, механічних передач, підшипників тощо. Важливим фактором впливу на функціональні відмови є періодичне технічне обслуговування ПР у відповідності до рекомендацій виробника. Також очевидно, що профілактичні заходи виключають більш затратні за часом та вартістю вимушені простої, а також ремонтні роботи, що особливо відчутно при використанні ПР в комплексах виробничих ліній.

Для оптимального режиму експлуатації ПР в умовах 24/7 розрізняють три основних типи обслуговування:

- корекційне обслуговування (corrective maintenance), яке пов'язано з усуненням поточних пошкоджень та відмов;
- профілактичне обслуговування (preventive maintenance) з жорстким періодичним регламентом (наприклад, щодня, щорічно...) та з урахуванням поточного стану ПР;
- прогнозоване обслуговування (predictive maintenance) передусім в роботах сучасного покоління, яке базується на оснащенні ПР складними електронними компонентами та датчиками, результати яких слугують для діагностики та виявлення сингулярності ПР.

Огляд та узагальнення щодо технічного обслуговування сучасних ПР наведено в таблиці роботи [4].

До профілактичного обслуговування належить самодіагностика системи керування, візуальний огляд кабелів та роз'ємів, перевірка витoku мастила, оцінка комплектності, оцінка безпеки та параметрів роботи осей (плавність ходу, наявність ненормованих шуму та вібрації), перевірка точності та повторюваності потрапляння робочого органу в реперну точку, контроль запобіжних пристроїв тощо.

По закінченню профілактичних робіт проводять за регламентом пробний запуск ПР за тестовою програмою та реєстрацію відповідності вимогам виробничого процесу.

За даними досвіду експлуатації ПР від світових лідерів найбільшу увагу за вимогами надійності приділяють наступним компонентам:

- серводвигуни, сервоприводи, мотори (Servo motor);
- редуктори (Reduction gear);
- плати контролера (Printed Circuit Board);
- пульт навчання та управління роботом (Teach pendant);
- сальники (Seal);
- підшипники (Bearing balls);
- ущільнювачі (Ring-O);
- балансири (Balancer),
- компенсатори та газові пружини
- буферні батареї тощо.

За даними спостережень ПР в експлуатації життєвий цикл типового ПР становить близько 10-15 років і може бути значно подовженим при дотримання рекомендацій виробника щодо їх технічного обслуговування.

#### Список посилань

1. Hägele M. Industrial Robotics, in Springer Handbook of Robotics / M. Hägele, K. Nilsson, JN. Pires. - Springer, Berlin. – 2008. – 126 p. DOI:[10.1007/978-3-540-30301-5\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-540-30301-5_43)
2. Dhillon B.S. A report on robot reliability and safety in Canada: a survey of robot users / B. Dhillon, M. Aleem // Journal of Quality in Maintenance Engineering. - 2000. – Vol.6. - N1. - pp. 61-74. <https://doi.org/10.1108/13552510010311336>
3. Dhillon B.S. Robot System Reliability and Safety: A Modern Approach. NY: CRC Press. – 2015. - 259 p.
4. Lee S, Yamada Y, Ichikawa K, Matsumoto O, Homma K, et al. Safety-Function Design for the Control System of a Human-Cooperative Robot Based on Functional Safety of Hardware and Software. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. 2014. – Vol. 19, Issue: 2, pp. 719-729. DOI: [10.1109/TMECH.2013.2252912](https://doi.org/10.1109/TMECH.2013.2252912)
5. ГОСТ Р 60.3.3.1-2016/ИСО 9283:1998. Роботы промышленные манипуляционные. Рабочие характеристики и соответствующие методы тестирования.
6. Płaczek M, Piszczek Ł. Testing of an industrial robot's accuracy and repeatability in off and online environment. Eksploatacja i Niezawodność. – Maintenance and Reliability. – 2018. – vol.20 (3): pp. 455–464, <https://dx.doi.org/10.17531/ein.2018.3.15>.