

METODA OCENY PRZYDATNOŚCI PRODUKCYJNEJ SPECJALNYCH URZĄDZEŃ MONTAŻOWYCH

Method assessment of production suitability special assembly devices

Jerzy ŁUNARSKI

Streszczenie: W pracy przedstawiono ogólne podejście do oceny jakościowej wykonywanych specjalnych urządzeń montażowych, stosowanych w przemyśle elektromaszynowym. Omówiono podstawowe wymagania względem ich jakości projektowania i wykonania oraz zaproponowano ogólną metodykę postępowania w celu określenia i porównania jakości poszczególnych opracowań. W tym celu podano propozycje ważniejszych kryteriów takich ocen, parametrów charakteryzujących te kryteria oraz omówiono sposób postępowania w celu ilościowej oceny jakościowej wytwarzanych urządzeń.

Słowa kluczowe: montaż, urządzenia specjalne, kryteria ocen

Abstract: This paper presents a general approach to the qualitative assessment carried out special assembly devices used in the electric machinery industry. They discussed the basic requirements for their quality of design and execution, and proposed a general methodology conduct in order to determine and compare the quality of individual studies. To this end, the proposals are given the most important criteria for such assessments, the parameters characterizing these criteria and discusses the procedure in order to quantitatively assess the quality of the manufactured equipment

Key words: assembly, special equipment, the evaluation criteria

Wprowadzenie

Praktycznie we wszelkich wyrobach materialnych następuje etap końcowego montażu finalnego w trakcie którego konstytuowane są jego podstawowe właściwości użytkowe i eksploatacyjne. Z tych względów udziela się znaczącej uwagi procesom kształtującym te właściwości w końcowym cyklu wytwarzania wyrobu. Zakres tych czynności może być znaczący (wyroby elektromaszynowe, precyzyjne, pomiarowe) lub niewielki (pakowanie, zakręcanie, składanie). Trudności techniczne tych operacji zależą od takich czynników jak: skala produkcji, dokładność wykonania, przeznaczenie wyrobu, wymagania niezawodności i bezpieczeństwa oraz złożoność technologiczna operacji, wymagająca albo kwalifikowanej pracy ręcznej lub specjalnego rozwiązania urządzenie montażowego o wymaganej znacznej wydajności. Z tych względów urządzenia takie są projektowane i wykonywane na specjalne zamówienia, a powtarzalność ich realizacji jest znikoma lub też są one częściowo przerabiane dla sprostanienia odmiennym wymaganiom.

Zarys procesu wytwarzania

Potrzeba specjalnego urządzenia montażowego pojawia się albo w trakcie planowania uruchomienia produkcji nowego wyrobu lub po uruchomieniu, gdy okazuje się, że pracochłonność prac ręcznych jest nadmierna albo nie

zapewnia wymaganej dokładności wykonania. Dotyczy to przeważnie odrębnych operacji montażowych, które wydawały się proste, a okazały się skomplikowane. Wytwarzaniem takich obiektów zajmują się wyspecjalizowane firmy, które (dzięki zdobytym doświadczeniom i wiedzy) mogą je szybko zaprojektować i wykonać. W tym celu zamawiający musi przygotować dokładne zestawienie cech, właściwości i zasadniczych parametrów technicznych urządzenia, na podstawie których możliwe będzie skalkulowanie pracochłonności prac projektowych i wytwórczych oraz kosztów i terminu dostawy zamawiającemu. Do szczególnie ważnych informacji początkowych należą następujące:

- technologia wykonania operacji montażowej oraz dopuszczalność wprowadzenie w niej zmian,
- wymagana wydajność godzinowa teoretyczna i praktyczna, uwzględniająca przerwy związane z obsługą bieżącą,
- wymagana dokładność wykonania połączeń montażowych i sposoby kontroli tej dokładności,
- wymagany poziom bezpieczeństwa obsługi i mienia oraz wymagane systemy zabezpieczeń,
- wymagany poziom obsługi osobowej lub czasu pracy autonomicznej urządzenia,
- w zamówieniach niekiedy wskazywane są również: pożądane systemy sterowania, pożądane układy handlowe określonych producentów, poziom zabezpieczeń bezpieczeństwa i konieczne do tego środki.

W zamówieniach mogą być również wskazane inne wymagania dotyczące: cech ekologicznych urządzenia, poziomu jego niezawodności, konieczności wkomponowania w określoną linię produkcyjną, ograniczeń cenowych lub terminu dostawy oraz sprecyzowania warunków serwisowania urządzenia przez producenta w początkowym okresie eksploatacji i inne.

Na podstawie zamówienia wykonawca przygotowuje ofertę ze wskazaniem ideowych rozwiązań, wskazaniem sposobów spełnienia poszczególnych wymagań, gdy zachodzi potrzeba konsultuje się z zamawiającym celem uszczegółowienia warunków zamówienia oraz podaje możliwy do zrealizowania termin dostawy oraz warunki płatności. Zamówienie wraz z ofertą zwrotną jest podstawą negocjacji ostatecznych rozwiązań, terminu realizacji oraz ceny – jeśli kwestie te zostaną uzgodnione i podpisana zostanie wiążąca umowa to wykonawca może przystąpić do rozpoczynania prac. Pojawiające się kwestie sporne powinny być rozwiązywane wspólnie z zamawiającym, a wyniki uzgodnień zawarte w odpowiednich aneksach do umowy.

Ogólne zagadnienia ocen jakościowych urządzeń montażowych

Proces wytwarzania specjalnych urządzeń montażowych realizowany jest najczęściej jako jednostkowa produkcja prototypowa, mimo iż szereg elementów składowych może być wytwarzany seryjnie przez zamawiającego lub innych wytwórców i dostępny w sieciach handlowych. Podstawą odbioru są uzgodnione warunki techniczne wykonania i niekiedy inne, wynikające z przepisów prawa (bezpieczeństwo, ergonomiczność, ekologiczność). Do kwestii spornych można zaliczyć poziom niezawodności (jeśli nie został sprecyzowany w zamówieniu), problemy obsługi bieżącej, problemy obsługi pogwarancyjnej i inne. Zamawiający, chcąc zadowolić odbiorcę i pozyskiwać nowych klientów, powinien prowadzić ukierunkowaną działalność w celu doskonalenia swoich wyrobów i zwiększania konkurencyjności przez stosowanie rozwiązań zadowolających klientów. Dotyczy to zwłaszcza polepszania jakości opracowań, redukcji kosztów ich wytwarzania oraz redukcji cykli czasowych, koniecznych dla realizacji poszczególnych etapów opracowania tzn.: projektowania, koniecznych badań eksperymentalnych i modelowych, wytwarzania i dopracowania jakościowego.

Przy ustabilizowanej produkcji seryjnej można stosunkowo łatwo identyfikować mankamenty i wprowadzać przedsięwzięcia ulepszające. Natomiast zróżnicowana produkcja jednostkowa specjalnych urządzeń montażowych wymaga nieco odrębnego podejścia dla usprawniania całokształtu działalności. Identyfikacja mankamentów będzie możliwa w przypadku porównania każdego wykonywanego egzemplarza z pewnym wzorcem, którym może być: urządzenie podobne wykonane wcześniej, podobne urządzenie oferowane na rynku przez konkurencję lub wyobraźalne urządzenie

idealne o cechach pożądanym w urządzeniu wytwarzanym. W celu przeprowadzenia oceny jakościowej należy wybrać kilka (przeważnie 5–7) kryteriów najbardziej charakterystycznych dla wytwarzanego urządzenia, stanowiących podstawę oceny. Dla każdego wybranego kryterium należy wybrać mierzalny parametr, umożliwiający scharakteryzowanie ilościowe wartości kryterium (niekiedy takich parametrów może być kilka i należy wybrać najodpowiedniejszy). Kolejnym krokiem oceny jest zaprojektowanie dla każdego kryterium skali pięciostopniowej, wiążącej rzeczywiste wartości wybranego mierzalnego parametru z poszczególnymi stopniami skali kryterialnej. Przybliżone zalecenia w sprawie projektowania takich skal są następujące:

- stopień 1 na skali powinien odpowiadać wartościom parametru niepożądanym, które nie odpowiadają ogólnie przyjętym wymaganiom możliwym stosunkowo łatwo do uzyskania z pomocą współczesnych środków technicznych,
- stopień 3 na skali powinien odpowiadać sytuacjom powszechnie spotykanym i łatwo realizowanym za pomocą dostępnych środków technicznych,
- stopień 5 powinien odpowiadać sytuacjom wysoce pożądanym ze względów eksploatacyjnych, lecz trudno realizowanym z pomocą dostępnych środków technicznych,
- stopnie 2 i 4 odpowiadają sytuacjom pośrednim między 1 i 3 lub 3 i 5.

Zalecane kryteria ocen specjalnych urządzeń montażowych

Istnieje bardzo duża różnorodność rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń montażowych, powodowana różnorodnością wyrobów, stosowanych technologii montażu oraz wydajności koniecznej dla spełnienia potrzeb zamawiającego. W celu systematycznej poprawy jakościowej wytwarzanych urządzeń, wskazana jest ich ocena wg odpowiednio dobranych kryteriów. Poniżej przytoczono ważniejsze kryteria, z których można wybrać 5–7 najbardziej odpowiadających wytwarzanemu urządzeniu i względnie dodać nowe kryterium, uwzględniające specyficzne cechy urządzenia, których nie wyrażają wyszczególnione kryteria. Do zalecanych kryteriów oceny można zaliczyć następujące:

1. Stopień zautomatyzowania (SA) czynności głównych i pomocniczych w trakcie realizowania cyklu montażowego. Parametrem umożliwiającym taką ocenę może być okres czas bezpośredniej obsługi urządzenia w trakcie realizowania cykli montażowych, przy czym 1 na skali oznacza konieczność stałej obsługi w trakcie zmiany roboczej, a 5 oznacza autonomiczną pracę urządzenia w trakcie zmiany roboczej. Punkty w skali 2–4 to wartości pośrednie.
2. Niezawodność pracy (NP) urządzenia, którą można charakteryzować średnim czasem przestojów powodowanych przyczynami technicznymi w trakcie zmiany roboczej (zacięcia, blokady, usterki), przy

- czym 1 oznacza 30% przestojów w trakcie pracy dwuzmianowej, zaś 5 oznacza brak takich przestojów.
3. Jakość operacji montażowej (JM), którą można oceniać liczbą braków montażowych w jednostce czasu lub czasem koniecznym dla poprawienia wad montażu. W takim przypadku 5 oznacza brak wad montażowych w przyjętym okresie czasu, zaś 1 oznacza np. 1 wadę w ciągu 4 godz. pracy.
 4. Czas obsługi urządzenia (OU), w trakcie planowanych przestojów przeznaczony na wykonywanie czynności obsługowych. Można przyjąć np., że 1 odpowiada 3 godz. w okresie pracy dwuzmianowej, zaś 5 odpowiada 0,5 godz.
 5. Współczynnik sprawności (WS) energetycznej urządzenia uzależniony od rozwiązań konstrukcyjnych. Można przyjąć, że 1 odpowiada sprawności na poziomie 0,2–0,3, zaś 5 odpowiada sprawności na poziomie 0,7–0,8.
 6. Materiałochłonność urządzenia (MU), którą można oceniać na podstawie ilorazu ciężaru urządzenia do sumy mocy silników zainstalowanych w urządzeniu. Jest to wskaźnik względny, zależny od gabarytów i ciężaru montowanych na urządzeniu elementów i wskazanym jest go ustalać w zależności od przyjętych rozwiązań.
 7. Bezpieczeństwo pracy (BP) urządzenia, które można charakteryzować na podstawie oceny stopnia ryzyka. Ocenę taką można dokonać wg normy PN – N 18002, korzystając ze skali 5-stopniowej, przy czym ryzyko na poziomie 1 odpowiadać będzie wartości 5, a ryzyko na poziomie 5 – wartości 1.
 8. Stopień znormalizowania (SN) rozwiązań zastosowanych w urządzeniu, które można oceniać stosunkiem ilości części znormalizowanych (w tym również elementów z poprzedniej produkcji) do ogólnej liczby elementów urządzenia. Można przy tym przyjąć następujące wartości: 0,1–0,15 – odpowiada to 1 punktowi skali, zaś jeśli wynosi to 0,8–0,85 – odpowiada to 5 punktowi na skali.
 9. Właściwości ekologiczne (WE) urządzenia, które można charakteryzować stopniem szkodliwego oddziaływania urządzenia na środowisko. Urządzenia montażowe przeważnie są ekologiczne i wówczas przyporządkowuje się im wartość 5 punktów na skali, natomiast jeśli występują szkodliwe oddziaływania (zapylenie, promieniowanie, oleje, związki toksyczne lub inne) to należy opracować odpowiednią skalę ich szkodliwości tak, aby przy dużej szkodliwości odpowiadało to punktowi 1 na skali.
 10. Możliwość adaptacyjnej optymalizacji (AO) parametrów montowanego zespołu. Kryterium to dotyczy tylko urządzeń, które mają takie układy. W takim przypadku konieczne jest indywidualne podejście do opracowania skali ocen i wyznaczenie wybranej wartości użytkowej przyporządkowanej do skali 1–5.
 11. Zamiast kryterium SA można przyjąć kryterium czasu autonomicznej pracy (AP), charakteryzujące czas

możliwego funkcjonowania bez interwencji obsługi. W zależności od potrzeb produkcyjnych można przyjąć np., że 16 godz. pracy (praca dwuzmianowa) bez obsługi odpowiada 5 punktowi, a 2 godz. odpowiadają 1 punktowi.

12. Ważnym kryterium urządzeń montażowych, lecz trudnym do ocen porównawczych jest wydajność urządzenia (WU), dostosowywana do potrzeb produkcyjnych (warunek zamawiającego). Montowane połączenie lub zespół przeważnie mogą zawierać od 2 do 12 elementów, a ich ciężary mogą wahać się od kilkunastu gramów do kilku kilogramów. Dla celów porównawczych ocen można rozpatrywać umowy zespół o określonym ciężarze i ilości części i opracować współczynniki poprawkowe charakteryzujące trudności montażu odmiennych rozwiązań i traktować, że podobne zależności odnoszą się również do wydajności.

Ocena porównawcza jakości wykonania urządzenia

W przypadku wytwarzania szeregu specjalnych urządzeń montażowych o podobnym przeznaczeniu i z wykorzystaniem standardowych modułów można oceniać każde konkretne wykonanie, celem upewnienia się o ewentualnym procesie doskonalenia kolejnych opracowań. W tym celu należy wybrać 5-7 kryteriów, w każdym wybrać charakterystyczny parametr dla jego oceny i opracować skalę o rozpiętości 1-5 punktów wraz z odpowiadającymi im wartościami wybranego parametru. Następnie w trakcie prób urządzenia zarejestrować rzeczywiste wartości przyjętych parametrów i wyznaczyć odpowiadające im punkty na skali 5-stopniowej.

Średnia arytmetyczna ocen ze skali 5-punktowej wskaże na jakość opracowania. Jeśli będzie ona w przedziale 4-5 to świadczy to o wysokim poziomie jakościowym wykonania. Gdy będzie w przedziale 3-4 – jest to porównywalna jakość z poprzednimi opracowaniami, natomiast ocena poniżej 3 świadczy o pogorszeniu jakości wykonania urządzenia w stosunku do poprzednich wykonania. Jeśli wybrane kryteria różnią się pod względem znaczenia dla użytkownika to można przyjąć odpowiednie współczynniki wagowe dla poszczególnych kryteriów i obliczyć wartość średnią ważoną oceny ostatecznej. Otrzymany wynik oceny wskazuje na ile konkretne opracowanie odbiega od rozwiązania idealnego (tzn. takiego w którym ocena wniosłaby 5) lub jaka jest różnica między poszczególnymi wykonywanymi urządzeniami. Jeśli końcowa ocena ma tendencje wzrastające – świadczy to o polepszaniu jakościowym opracowań. W przeciwnym przypadku świadczyć będzie o regresie w wykonywanych opracowaniach. Wyniki takich analiz, mimo ich pracochłonności, mogą być dobrym wskaźnikiem doskonalenia jakościowego zespołu projektowego i wykonywanych urządzeń lub wskazywać na nieoczekiwane trudności i konieczność wzmoczenia wysiłków w celu poprawy wyników.

Wnioski

Specjalne urządzenia montażowe są bardzo zróżnicowane pod względem rozwiązań konstrukcyjnych, w związku z czym dla ich porównawczych ocen jakościowych należy przygotować zindywidualizowany system ocen składający się z: kryteriów dobrze charakteryzujących potrzeby produkcyjne, parametrów umożliwiających przybliżoną ocenę w poszczególnych kryteriach, skale wiążące te parametry z 5-stopniową skalą oceny i jeśli jest to konieczne – wskazanie odpowiednich współczynników wagowych dla każdego kryterium. Końcowa ocena konkretnego urządzenia wg przyjętej metody polega na porównaniu wyniku oceny z oceną maksymalnie możliwą, tzn. 5 lub z oceną innych analogicznych urządzeń, co wskaże na ewentualne doskonalenie opracowania lub jego regres w stosunku do rozwiązania przyjętego jako bazowe. Systematycznie prowadzone podobne analizy

dla kolejno wykonywanych urządzeń umożliwią wyjawianie nieoczekiwanych trudności i stymulują dążenie do ciągłego doskonalenia opracowań.

LITERATURA

- [1] Chołodkowa A.G. (red.). 2010. „Technologia awtomatycznej sborki”. *Maszynostrojenije*, Moskwa.
- [2] Łunarski J. 2008. „Techniczno-organizacyjne aspekty konkurencyjności”. Rzeszów: OW PRz.
- [3] Łunarski J. 2009. „Zarządzanie technologiami”. Rzeszów: OW PRz.
- [4] Wołczkiewicz L.I. 2005. „Awtomatizacja proizwodstwiennych processow”. *Maszynostrojenije*, Moskwa.

Prof. Jerzy Łunarski – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa, e-mail: jlkmiop@prz.edu.pl