

Dr inż. Mikołaj Moczarski

OCENIANIE JAKOŚCI PROJEKTÓW ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH, TECHNOLOGICZNYCH I ORGANIZACYJNYCH W DZIEDZINIE OBSŁUGIWANIA POJAZDÓW SZYNOWYCH

SPIS TREŚCI

1. Wstęp
2. Jakość – definicje i rodzaje
3. Podstawy oceniania jakości
4. Metody dokonywania oceny rozwiązań
5. Podsumowanie

STRESZCZENIE

Opracowania z dziedziny technologii i organizacji obsługiwanego oraz konstrukcji uzbrojenia obsługowego wymagają, tak jak wszelkie inne prace, oceniania ich jakości. W artykule podano definicje jakości, opisano rodzaje jakości oraz przyjęte założenia dla jej oceniania, specyficzne dla prac z dziedziny obsługiwanego. Zaproponowano miary oceny jakości rozwiązań oraz opisano cechy i parametry rozwiązań poddawanych ocenie. Przedstawiono metody dokonywania oceny oraz sposób obliczania wartości ocen częściowych i oceny ostatecznej. Podano zalecenia dotyczące przeprowadzania procesu oceniania.

1. WSTĘP

Obsługiwanie pojazdów szynowych wiąże się z opracowywaniem i wdrażaniem rozwiązań z dziedziny technologii i organizacji oraz konstrukcji uzbrojenia stosowanego w procesach obsługiwanego. Prace takie wynikają z potrzeby doskonalenia działalności obsługowej, a także są konsekwencją wprowadzania do eksploatacji nowych typów pojazdów szynowych, wymagających odmiennych metod obsługiwanego i nowego uzbrojenia obsługowego. We wszystkich takich przypadkach istotne jest ocenianie jakości wykonanych opracowań przed ich wdrożeniem po to, aby uniknąć kosztownych błędów. Sprawę

komplikuje fakt, że zwykle rozwiązania z dziedziny obsługiwanie są dość nietypowe, jednostkowe i nader złożone. Brakuje przy tym często kontynuowanej tradycji i doświadczeń, które ułatwiałyby projektowanie nowych rozwiązań.

Artykuł ma na celu zaproponowanie sposobu postępowania przy ocenianiu jakości takich rozwiązań. Przedstawione metody postępowania mogą być stosowane zarówno przez instytucje, które wykonują tego typu prace, jak i instytucje, które ich wykonanie zlecają. Można też oceniać w ten sposób jakość samego taboru kolejowego, nabywanego przez przewoźników kolejowych.

2. JAKOŚĆ – DEFINICJE I RODZAJE

Aby oceniać jakość rozwiązań, należy najpierw określić sens i interpretację terminu jakość. Według F. Nixona [2] jakość jest to stopień, w jakim produkt spełnia wymagania odbiorcy. Według J. Gościńskiego [2] przez jakość rozumie się zbiór właściwości obiektu, istotnych dla określenia zdolności do zastosowania tego obiektu w danych warunkach użytkowania, zgodnie z jego przeznaczeniem. Według A. Kilińskiego [3], jakość jest właściwością (cechą lub zespołem cech) istotną ze względu na pewne stosunki, oddziaływania, związki, prawidłowości wewnętrzne. Według Polskiej Normy [6], jakość wyrobu jest to zespół cech wyrobu, które wpływają na jego zdolność zaspokajania określonych potrzeb. Jakość można określać deskryptywnie (opisowo) i normatywnie (wartościująco). Według A. Kilińskiego [4], można wyodrębnić cztery typy jakości, zależnie od etapu powstawania i fizycznego istnienia obiektu bądź procesu (konstruowania, technologicznego czy organizacyjnego).

1. Jakość prognozowana rozwiązania

Jest to jakość fizyczna, ekonomiczna i socjologiczna kształtowana na etapie identyfikacji potrzeb, określająca czyje potrzeby i w jakim stopniu powinny zostać zaspokojone. Identyfikacja potrzeb dotyczy przyszłości. Jest przewidywaniem potrzeb w oparciu o prognozy rozwoju nauki i techniki, prognozy ekonomiczne i socjologiczne. W wyniku identyfikacji potrzeb powstaje zbiór wymagań określających jakość, to jest zbiór cech istotnych z punktu widzenia przyszłego użytkownika obiektu czy procesu. Na etapie identyfikacji potrzeb należy liczyć się z nietrafnością przewidywania, przez co zbiór wymagań może się okazać niekompletny lub częściowo nietrafny. Zwykle wymagania określające jakość dotyczą: podstawowych funkcji, które ma pełnić rozwiązanie, niezawodności, oszczędności pracy żywej, bezpieczeństwa stosowania rozwiązania, kosztów, właściwości użytkowych rozwiązania. Wymagania zawierają ograniczenia, których dotrzymanie może mieć wpływ na jakość. Obejmują one zwykle koszty, ograniczenia materiałowe, zatrudnienie, specyficzne wymogi wynikające z miejsca i warunków użytkowania, ekologiczne, produkcyjne.

2. Jakość projektowana rozwiązania

Jest kształtowana na etapie tworzenia zbioru wymagań (założeń) technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych oraz na etapie opracowywania dokumentacji technicznej, budowy i badania prototypów urządzeń, prototypowego wdrażania technologii i organizacji. Dlatego mówimy, że jest to zaprojektowana jakość rozwiązania.

3. Rzeczywista początkowa jakość rozwiązania

Jest to jakość uzyskiwana w procesie normalnego wytwarzania obiektów, a także w procesie wdrażania zaakceptowanej wcześniej technologii i organizacji. Jest zależna od stopnia zgodności wykonania z projektem, który wcześniej został uznany za jakościowo dobry. Zgodność wykonania z projektem określa się przy tym terminem „jakość zgodności”.

4. Rzeczywista eksploatacyjna jakość rozwiązania

Jest to jakość uzyskiwana podczas całego okresu życia obiektu, oraz okresu stosowania technologii i organizacji. W przypadku obiektu fizycznego, konserwacja i naprawa mają, obok sposobu użytkowania, istotny wpływ na jakość obiektu przez cały okres jego życia. Dlatego duży wpływ na jakość eksploatacyjną obiektu, oprócz dobrego dostosowania go przez projektanta do rodzaju i warunków pracy, ma także podatność na konserwację i naprawę (podatność obsługowa) ułatwiająca wykonywanie tych zabiegów.

3. PODSTAWY OCENIANIA JAKOŚCI

Ocena jakości rozwiązania powinna opierać się na następujących założeniach ogólnych, podanych przez R.E. Seilera [8]:

1. Jakości rozwiązania nie da się ocenić, jeżeli nie ustali się celu, jakiemu ma służyć rozwiązanie. Najprostszym miernikiem jakości jest zysk finansowy. Rzeczywistą jednak miarą jest stopień, w jakim rozwiązanie pozwala osiągnąć postawiony cel.
2. Przyjęty miernik jakości powinien być zrozumiale zdefiniowany dla podejmującego decyzję.
3. Przy dokonywaniu oceny trzeba mieć na uwadze wieloletnią perspektywę.
4. Końcowym celem oceny rozwiązania powinno być uzyskanie danych, które będą służyć jako wytyczne do dalszego postępowania.

Ocena jakości może być dokonana, jeżeli dysponujemy miarami oceny, które są charakterystykami służącymi do oceny słuszności rozwiązania i uzyskanych efektów. Miary oceny mogą mieć charakter wielkości fizycznych i ekonomicznych. Można wyróżnić trzy rodzaje podstawowych miar oceny rozwiązań:

- techniczne, służące do oceny rozwiązań technologicznych, konstrukcyjnych, a także organizacyjnych, na drodze ilościowego scharakteryzowania właściwości (cech) rozwiązania i porównania tak określonych właściwości z charakterystyką zakładaną,

postulowaną bądź istniejącą w rozwiązaniach uznanych za jakościowo dobre lub złe;

- ekonomiczne, oceniające przewidywane konsekwencje rozwiązania, wyrażone np. wielkością kosztów, zysku, strat, wydajnością, określoną wartością produkcji w jednostce czasu itp.;
- utylitarne, oceniające rozwiązanie z punktu widzenia „odbioru” rozwiązania przez ludzi (nabywców, użytkowników) oraz ze społecznego punktu widzenia.

Podane rodzaje miar oceny rozwiązań oznaczają, że w każdym rozwiązaniu należy przed ocenianiem wyodrębnić jego cechy i określić parametry. Cechy są to właściwości rozwiązania i właściwości zjawisk występujących w procesie praktycznego stosowania rozwiązania. Parametry natomiast są to wielkości fizyczne i ekonomiczne charakterystyczne dla przedmiotu, zjawiska czy procesu. Zbiór parametrów określających rozwiązanie wraz z opisem jego właściwości nazwiemy charakterystyką rozwiązania, która jest przedmiotem oceny. Przyporządkowując charakterystykę rozwiązania podanym wyżej rodzajom miar oceny, ułatwimy sobie dokonywanie oceny. Jeżeli przy ocenianiu rozwiązania ograniczymy się do wymienionych trzech rodzajów miar oceny, oznaczać to będzie, że oceniane rozwiązanie otrzyma trzy oceny cząstkowe.

Może się okazać, zwłaszcza w przypadkach oceniania złożonych, o dużym zakresie oddziaływania rozwiązań, że takie trzy oceny cząstkowe nie umożliwią dokonania wyczerpującej i wszechstronnej oceny. Wówczas należy zwiększyć ilość rodzajów miar oceny, a przez to i liczbę ocen cząstkowych. W dalszej części artykułu będą podane propozycje dotyczące wybranych cech i parametrów dla rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i organizacyjnych. Propozycje te mogą być rozszerzane lub zawężane według potrzeb i poglądów osób dokonujących oceny.

3.1. Cechy i parametry rozwiązań konstrukcyjnych obiektów technicznych poddawanych ocenie

3.1.1. Cechy i parametry techniczne

- wymiary i zajmowana powierzchnia,
- masa,
- czas trwania operacji przy użyciu ocenianego obiektu,
- pracochłonność operacji realizowanych przy pomocy obiektu,
- możliwa do osiągnięcia dokładność wykonania operacji,
- liczba zatrudnionych przy wykonywaniu operacji lub zmniejszenie zatrudnienia w stosunku do stanu poprzedniego,
- zapotrzebowanie energii,
- czas potrzebny na przygotowanie obiektu do wykonywania operacji,
- wymagane kwalifikacje pracowników obsługujących obiekt,
- wydajność obiektu lub stopień zwiększenia wydajności w stosunku do stanu poprzedniego,

- niezawodność obiektu,
- trwałość obiektu,
- podatność obsługowa obiektu.

3.1.2. Cechy i parametry ekonomiczne

- koszt wytworzenia (zakupu) jednego egzemplarza obiektu,
- zmniejszenie kosztu, pracochłonności, czasu trwania operacji przy użyciu ocenianego obiektu, w stosunku do rozwiązania poprzedniego,
- okres zwrotu nakładów,
- roczny koszt eksploatacji obiektu,
- wielkość rocznych korzyści ekonomicznych możliwych do uzyskania dzięki zastosowaniu ocenianego rozwiązania,
- wskaźniki: NPV (zaktualizowana wartość netto przedsięwzięcia), IRR (wewnętrzna stopa zwrotu kapitału), B/C Ratio (współczynnik korzyści / koszty) [5].

3.1.3. Cechy i parametry użyteczne

- bezpieczeństwo pracy pracowników posługujących się obiektem i naprawiających obiekt oraz bezpieczeństwo otoczenia,
- łatwość posługiwania się obiektem w procesie użytkowania i łatwość obsługiwanego (ergonomia),
- wpływ na środowisko naturalne człowieka,
- walory estetyczne rozwiązania.

3.2. Cechy i parametry rozwiązań technologicznych poddawanych ocenie

Rozwiązania technologiczne dotyczą zwykle określania metod i sposobów wykonywania określonych prac, nadawania rozwiązaniom konstrukcyjnym wysokiej trwałości oraz kształtowania właściwości umożliwiających osiągnięcie niskich kosztów wytwarzania. Za optymalne rozwiązanie z technologicznego punktu widzenia zwykle uważa się takie, które spełnia wymagania techniczno-użytkowe najbardziej ekonomicznymi metodami produkcji dla danego przedsiębiorstwa [7].

Jak w przypadku rozwiązań konstrukcyjnych, tak i tu występują trzy podstawowe rodzaje miar oceny: techniczne, ekonomiczne i użyteczne. Odpowiadają im odpowiednie, specyficzne dla technologii, parametry rozwiązania, które poddajemy ocenie. Należy zwrócić uwagę, że podczas opracowywania technologii obsługiwanego (przebiegów, napraw, regeneracji, pomiarów, badań diagnostycznych itp.) mamy do czynienia z obiektami (pojazdami) o już ukształtowanych fizycznie właściwościach. Dlatego opracowania technologiczne powinny być dostosowane możliwie najlepiej do właściwości tych obiektów, których dotyczą. Ma to wpływ na rodzaje parametrów i właściwości opracowania, które będziemy uwzględniać przy dokonywaniu oceny.

Gdybyśmy oceniali pod względem rozwiązania technologicznego sam pojazd (technologiczność konstrukcji, trwałość, niezawodność, podatność obsługową), musielibyśmy uwzględnić też dodatkowe cechy i parametry, takie jak np. rodzaje zastosowanych materiałów (z punktu widzenia trwałości), zastosowanie obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej zwiększającej odporność na zużycie, występowanie baz pomiarowych i obróbczych możliwych do wykorzystania w procesach przeglądów i napraw, trwałość zabezpieczeń antykorozyjnych, pracochłonność wytwarzania i inne. Oczywiście cechy i parametry charakteryzujące technologiczność konstrukcji, trwałość, niezawodność i podatność obsługową należałoby wówczas dokładnie i kompleksowo wyspecyfikować. Dla opracowań dotyczących technologii obsługiwanego istniejących pojazdów, cechy i parametry rozwiązań technologicznych poddawanych ocenie byłyby następujące.

3.2.1. Cechy i parametry techniczne

- struktura procesu technologicznego określana liczbą operacji i związkami między nimi,
- przebieg procesu technologicznego określany sposobem wykonania operacji (szeregowo, równoległe, w sposób mieszany),
- pracochłonność procesu technologicznego i normatywy czasu,
- wymagane kwalifikacje wykonawców prac,
- zastosowany stopień mechanizacji i automatyzacji procesu,
- stopień oprzyrządowania procesu technologicznego,
- dostosowanie technologii do „wrodzonych” właściwości obsługiwanego obiektu technicznego,
- stopień wykorzystania istniejącej i stosowanej już technologii i uzbrojenia,
- wymagane specjalne warunki realizacji procesu technologicznego.

Można dobierać inne cechy i parametry techniczne dla oceny rozwiązań technologicznych. Ich dobór zależy od tego, jakie czynniki w określonych warunkach są dla nas najważniejsze i jakie cele chcemy bezpośrednio i pośrednio osiągnąć opracowując rozwiązanie technologiczne.

3.2.2. Cechy i parametry ekonomiczne

- koszt realizacji projektu rozwiązania,
- okres zwrotu nakładów poniesionych na realizację projektu,
- wielkość rocznych efektów ekonomicznych możliwych do uzyskania dzięki wprowadzonemu rozwiązaniu,
- wskaźniki stosowane przy obliczaniu efektywności ekonomicznej rozwiązania jak NPV, IRR, B/C Ratio.

3.2.3. Cechy i parametry utylitarne

- bezpieczeństwo pracy ludzi,
- warunki ergonomiczne pracy ludzi,

- warunki przeciwpożarowe,
- narażenie ludzi na choroby zawodowe,
- zagrożenie środowiska naturalnego.

3.3. Cechy i parametry rozwiązań organizacyjnych poddawanych ocenie

Opracowanie rozwiązania organizacyjnego należy traktować jako zaprojektowanie systemu działania, będącego według Nadlera [1] operacyjną kombinacją zasobów ludzkich, fizycznych i finansowych, przetwarzającą zasilenia wejściowe (materiały, informacje lub osoby), dla uzyskania zadanego stanu, produktu lub usługi. Do systemu działania można więc w tym rozumieniu zaliczyć: stanowisko robocze, gniazdo produkcyjne, warsztat, halę przeglądowo-naprawczą czy całą wagonownię albo lokomotywownię. System działania charakteryzują podane dalej czynniki; parametrami i cechami systemu działania będą ilościowe charakterystyki tego systemu.

1. Zadania systemu rozumiane jako funkcja, misja, powód dla którego system działania został, czy jest tworzony.
2. Wyjścia systemu rozumiane jako wytwory, które opuszczają system działania.
3. Proces realizowany w systemie działania, według metody działania określonej w oparciu o uprzednio ustaloną technologię.
4. Wejścia systemu, to znaczy zasilenia systemu w materiały, półfabrykaty, części i zespoły zamienne, energię, informacje i inne, ustalone w oparciu o technologię.
5. Wyposażenie systemu obejmujące pomieszczenia, obrabiarki, maszyny, urządzenia, przyrządy, środki dźwigowe i transportowe, środki łączności i materiały pomocnicze.
6. Ludzie w systemie, należący do systemu, posługujący się jego wyposażeniem i realizujący proces.
7. Kształt organizacyjny i fizyczny systemu i jego lokalizacja w otoczeniu mającym wpływ na funkcjonowanie systemu działania i zależnym od systemu działania.

Na tej podstawie można ustalić następujące cechy i parametry rozwiązania organizacyjnego, które powinny być poddawane ocenie.

3.3.1. Cechy i parametry techniczne

- zaprojektowana zdolność produkcyjna,
- czas trwania procesu realizowanego w systemie działania,
- wynikający z projektu postój obiektu na stanowisku (przeglądowym, naprawczym),
- wielkość zatrudnienia i gęstość zatrudnienia na stanowiskach roboczych,
- zajmowana powierzchnia,
- rodzaj, ilość i stopień wykorzystania wyposażenia,
- rozplanowanie pomieszczenia,
- struktura organizacyjna systemu,
- transport i łączność,

- dostosowanie rozwiązania do występujących warunków (otoczenia),
- współdziałanie z innymi obiektami (z otoczeniem),
- techniczne uwarunkowania realizacji projektu.

3.3.2 Cechy i parametry ekonomiczne

- koszt realizacji projektu,
- czas trwania realizacji projektu,
- okres zwrotu nakładów poniesionych na realizację projektu,
- wielkość rocznych efektów ekonomicznych, które są możliwe do uzyskania dzięki rozwiązaniu,
- wskaźniki NPV, IRR, B/C Ratio.

3.3.3. Cechy i parametry utylitarne

- bezpieczeństwo pracy pracowników,
- warunki ergonomiczne,
- warunki przeciwpożarowe,
- narażenie na choroby zawodowe,
- oddziaływanie na środowisko naturalne.

4. METODY DOKONYWANIA OCENY ROZWIĄZAŃ

Z tego co powiedziano w rozdziale trzecim wynika, że każde rozwiązanie będzie w procesie oceniania otrzymywać trzy oceny częściowe, tj. za cechy i parametry techniczne, ekonomiczne i utylitarne.

Metoda dokonywania oceny musi dać odpowiedź na trzy pytania:

- 1) jak praktycznie określać (wystawiać) oceny częściowe w sytuacji, gdy każda z ocen częściowych musi być poprzedzona wystawieniem ocen dla tych wszystkich czynników, które charakteryzują określoną grupę cech i parametrów oraz jak określać ocenę ostateczną rozwiązania,
- 2) jak praktycznie przeprowadzać proces oceniania,
- 3) kto powinien dokonywać oceniania, aby jego wyniki były wiarygodne dla podejmującego decyzję o przyjęciu bądź odrzuceniu projektu rozwiązania.

W dalszym ciągu artykułu będzie przedstawiona metodyka dokonywania oceny, będąca odpowiedzią na te pytania.

4.1. Sposób określania ocen częściowych i oceny ostatecznej

Na potrzeby określania ocen częściowych i oceny ostatecznej przyjęto następujące symbole:

Ω_T – ocena cech i parametrów technicznych rozwiązania,

Ω_E – ocena cech i parametrów ekonomicznych rozwiązania,

Ω_U – ocena cech i parametrów użytkowniczych rozwiązania.

Oceny cząstkowe rozwiązań konstrukcyjnych oznaczono jako $\Omega_T^K, \Omega_E^K, \Omega_U^K$, a pełną ocenę rozwiązania konstrukcyjnego jako całości – Ω^K . Odpowiednio oznaczać będziemy oceny cząstkowe rozwiązań technologicznych i organizacyjnych, a pełne oceny rozwiązań technologicznych i organizacyjnych jako Ω^T i Ω^O . W każdej grupie cech i parametrów rozwiązania wystąpią ich oceny, które oznaczono ogólnie jako O_i (O_{iT}, O_{iE}, O_{iU}). Będziemy mieli zatem do czynienia, na przykład przy ocenie cech i parametrów technicznych rozwiązania konstrukcyjnego, omówionych w punkcie 3.1.1, z ocenami O_1, O_2, \dots, O_{13} , bo tyle łącznie cech i parametrów podlegających ocenie zaproponowano w tej grupie. Aby móc wyznaczać oceny typu O_i powinna być przyjęta skala ocen. Proponuje się następującą skalę ocen:

- bardzo dobra – 5,
- dobra – 4,
- średnia – 3,
- słaba – 2,
- bardzo słaba – 1,
- niedostateczna – 0.

Tak więc każdemu parametrowi i każdej cesze rozwiązania przyporządkowujemy ocenę O_i , która może wynosić od 0 do 5. Jednak nie każda z ocenianych cech czy parametrów ma takie samo znaczenie w rozwiązaniu i dlatego rangi takich samych ocen są zwykle różne. To zróżnicowanie osiąga się, stosując wagi, tj. wskaźniki liczbowe charakteryzujące znaczenie ocenianej cechy czy parametru, nazywane współczynnikami wagi. Współczynniki te, które oznaczymy jako X_i , podaje się zwykle jako wielkości mogące przybierać wartości od 0,0 do 1,0. Ich suma dla wszystkich rozpatrywanych cech i parametrów (suma współczynników wagi) musi być równa 1,0. Na przykład, cytowanym wcześniej trzynastu cechom i parametrom przyporządkujemy wielkości od 0,0 do 1,0 tak, aby ich suma była równa 1,0, to znaczy

$$\sum_{i=1}^{13} X_i = 1,0.$$

Przez współczynniki X_i mnożymy przyznane poszczególne oceny, po czym sumujemy wyniki. Otrzymana suma będzie oceną rozpatrywanej grupy rodzajowej cech i parametrów. Wyrazimy ją przykładowo wzorem (dla 13 cech i parametrów z rozdziału 3.1.1.)

$$\Omega_T^K = \sum_{i=1}^{13} O_i X_i.$$

Ogólnie można napisać, że

$$\Omega = \sum_{i=1}^n O_i X_i. \quad (1)$$

Należy pamiętać, że wartość Ω może być co najwyżej równa 5, niezależnie od liczby ocenianych parametrów. Przy takim dokonywaniu oceny, wielkości Ω wyliczone ze wzoru (1) mogą przybierać dowolne wartości, w tym i ułamkowe. Dlatego w celu umożliwienia wyznaczenia oceny według podanej uprzednio skali ocen, należy ustalić przedziały wielkości wartości, którym odpowiadać będą poszczególne oceny. Proponuje się następujące przedziały:

- ocena 5 – przedział 4,5 do 5,0,
- ocena 4 – przedział 3,8 do 4,4,
- ocena 3 – przedział 3,0 do 3,7,
- ocena 2 – przedział 1,9 do 2,9,
- ocena 1 – przedział 0,8 do 1,8,
- ocena 0 – przedział 0,0 do 0,7.

Jakość rozwiązania z punktu widzenia rozpatrywanej grupy rodzajowej cech i parametrów uważać należy za niedostateczną, gdy chociaż jeden z ocenianych parametrów lub jedna z cech uzyska ocenę niedostateczną ($O_i = 0$), lub gdy uzyskany wynik sumaryczny wyliczony z wzoru (1) będzie mniejszy od 3.

Przykład oceniania

Rozpatrujemy 5 cech i parametrów, dla których ustalono oceny i wagi, jak w tablicy 1. Uzyskano wartość $\sum_{i=1}^5 O_i X_i = 3,8$. Tej liczbie punktów odpowiada ocena dobra, tj. 4 (dla której liczba punktów mieści się w przedziale 3,8÷4,4).

Tablica 1

Cechy, parametry	Ocena O_i	Waga X_i	Iloczyn $O_i X_i$
1	5	0,4	2,0
2	4	0,1	0,4
3	4	0,1	0,4
4	2	0,2	0,4
5	3	0,2	0,6
		$\sum X_i = 1$	$\sum_{i=1}^5 O_i X_i = 3,8$

W przykładzie jest widoczny silny wpływ na wielkość oceny parametru „1”, którego waga X_i była największa.

Aby ocena była przejrzysta, komunikatywna i stanowiła jednocześnie dokument, warto przedstawić ją w formie tabelarycznej. Przykład takiego postępowania dla rozwiązania konstrukcyjnego zawiera tablica 2. Cechą charakterystyczną tablicy jest to, że poza wykazem ocenianych cech i parametrów, zestawieniem ocen O_i , wag X_i oraz iloczynów $O_i X_i$, pozwala ona na graficzne zaznaczenie ocen i pokazanie relacji między nimi.

Wypełnienie tablicy przez oceniającego polega na zakreszeniu kółkami wydrukowanych już wcześniej ocen, połączeniu ich liniami prostymi, wpisaniu wartości wag X_i , obliczeniu wartości $O_i X_i$ oraz $\sum_{i=1}^n O_i X_i$, stanowiącej łączną ocenę Ω . Tablicę sporządzono przykładowo dla oceny cech i parametrów użytkownika rozwiązania konstrukcyjnego (patrz 3.1.3.). Walory użytkownika rozwiązania zostały ocenione jako dobre.

Tablica 2

Lp.	Cechy, parametry	Skala ocen O_i						Wagi X_i	Iloczyn $O_i X_i$
		bardzo dobra	dobra	średnia	słaba	bardzo słaba	niedostateczna		
1	Bezpieczeństwo pracy pracowników	5	4	3	2	1	0	0,4	2,0
2	Łatwość posługiwania się obiektem w procesie użytkowania i łatwość obsługi (ergonomia)	5	4	3	2	1	0	0,3	0,9
3	Wpływ na środowisko naturalne człowieka	5	4	3	2	1	0	0,2	0,8
4	Walory estetyczne rozwiązania	5	4	3	2	1	0	0,1	0,2
$\Omega_U^K = 4$								$\sum X_i = 10$	$\sum_{i=1}^4 O_i X_i = 3,9$

Po ustaleniu poszczególnych ocen typu Ω_T , Ω_E , Ω_U należy określić ogólną ocenę typu Ω^K , Ω^T czy Ω^0 . Jak to zrobić? Oceny dokonują eksperci. Sposób przeprowadzania oceny przez ekspertów będzie opisany w punkcie 4.2. Tu podano sposób obliczania ogólnej oceny typu Ω^K , Ω^T czy Ω^0 . Operować będziemy przy tym ogólnie symbolem Ω , rozumiejąc pod nim którąś z wymienionych ocen.

Ocenę Ω tworzy się z ocen indywidualnych ekspertów wykorzystując metodę grupowej oceny bezpośredniej [10]. Przyjmijmy, że w ocenie uczestniczy m ekspertów i że oceniane jest jedno opracowanie według l kryteriów. Według dotychczasowych ustaleń $l = 3$, a odpowiadają temu kryteria: techniczne (Ω_T), ekonomiczne (Ω_E) i użytkowe (Ω_U). Ogólną ocenę Ω określimy z zależności:

$$\Omega = \sum_{h=1}^l \sum_{j=1}^m X_h O_{jh} k_j \quad (2)$$

gdzie: X_h – waga (stopień ważności) h -tego kryterium,

O_{jh} – ocena rozwiązania dokonana przez j -tego eksperta według h -tego kryterium, odpowiadająca ocenie wyliczonej według wzoru (1),

k_j – współczynnik kompetencji j -tego eksperta, określony na zasadzie jak X

j – numer (nazwisko) eksperta,

h – numer kolejnego kryterium oceny.

Jeżeli założymy, że kompetencje wszystkich ekspertów są jednakowe, to współczynnik k_j pomijamy. Wagi X_h kryteriów mogą być jednakowe bądź różne. Ustala się je w grupie ekspertów przed rozpoczęciem oceniania rozwiązania. Sposób obliczenia oceny Ω zilustrujemy przykładem. Rozwiązanie ocenia 6 ekspertów ($m = 6$) wg trzech kryteriów ($l = 3$), dla których przyjęto następujące wagi:

$X_1 = 0,3$ dla kryterium technicznego,

$X_2 = 0,5$ dla kryterium ekonomicznego,

$X_3 = 0,2$ dla kryterium utylitarne.

Suma wag $\sum_{h=1}^3 X_h = 0,3 + 0,5 + 0,2 = 1,0$.

Od ekspertów uzyskano oceny rozwiązania takie jak w tablicy 3. W celu obliczenia oceny Ω zestawimy w tablicy 4 wyniki obliczeń wykonanych przy założeniu, że kompetencje wszystkich ekspertów są jednakowe, to jest wg wzoru:

$$\Omega = \sum_{h=1}^3 \sum_{j=1}^6 X_h O_{jh}.$$

Tablica 3

Kryterium	Oceny O_{jh} rozwiązania według ekspertów					
	1	2	3	4	5	6
Techniczne	3,0	3,2	3,4	2,8	3,1	3,0
Ekonomiczne	4,0	3,9	4,1	3,7	3,5	3,8
Utylitarne	3,8	3,9	4,0	3,7	3,8	4,0

Tablica 4

Kryterium	Iloczyny $X_j O_{jh}$ według ekspertów						$\sum_{j=1}^6 X_h O_{jh}$
	1	2	3	4	5	6	
Techniczne	$0,3 \cdot 3,0 = 0,9$	0,96	1,02	0,84	0,93	0,90	5,55
Ekonomiczne	$0,5 \cdot 4,0 = 2,0$	1,95	2,05	1,85	1,75	1,90	11,50
Utylitarne	$0,2 \cdot 3,8 = 0,76$	0,78	0,80	0,74	0,76	0,80	4,64
$\sum_{h=1}^3 X_h O_{jh}$	$0,9 + 2,0 + 0,76 + 3,66$	3,69	3,87	3,43	3,44	3,60	$\sum_{h=1}^3 \sum_{j=1}^6 X_h O_{jh} \cong 21,7$

Jaką ocenę według skali ocen, należy przyporządkować uzyskanej liczbie punktów, tj. 21,7? Przeprowadzimy następujące rozumowanie. Maksymalna ocena Ω wystąpiłaby wówczas gdyby wszystkie oceny (według każdego z trzech kryteriów) były równe 5. Przy 6 ekspertach otrzymamy w rozpatrywanym przykładzie następującą liczbę punktów, odpowiadającą ocenie 5:

$$(0,3 \cdot 5 + 0,5 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5) \cdot 6 = 30 = \Omega$$

Oznacza to, że ocenie 5 odpowiada 30 punktów uzyskanych w wyniku oceny ekspertów. Przeprowadzając analogiczne obliczenia dla pozostałych ocen otrzymamy dla rozpatrywanego przykładu:

- ocena bardzo dobra (5) – 30 punktów,
- ocena dobra (4) – 24 punkty,
- ocena średnia (3) – 18 punktów,
- ocena słaba (2) – 12 punktów,
- ocena bardzo słaba (1) – 6 punktów,
- ocena niedostateczna (0) – 0 punktów.

Ponieważ z obliczeń uzyskuje się zróżnicowane ilości punktów (patrz przykład), w tym liczby ułamkowe, należy wyznaczyć przedziały i odpowiadające im oceny. Według podanej metody obliczeń, dla rozpatrywanego przykładu i dla przedziałów podanych w punkcie 4.1. otrzymamy:

- ocena 5 – przedział $4,5 \div 5,0$ – 27,0 do 30,0 punktów,
- ocena 4 – przedział $3,8 \div 4,4$ – 22,8 do 26,9 punktów,
- ocena 3 – przedział $3,0 \div 3,7$ – 18,0 do 22,7 punktów.

Proponuje się wystawiać ocenę niedostateczną, gdy uzyskana liczba punktów jest < 18 , lub gdy w ocenie ekspertów ocena rozwiązania choćby wg jednego z kryteriów była mniejsza niż 3. Można oczywiście przyjąć i inne kryteria oceny niedostatecznej.

W rozpatrywanym przykładzie liczba punktów $\Omega = 21,7$, co odpowiada ocenie dostatecznej, zresztą zbliżonej do oceny dobrej, dla której minimalna liczba punktów wynosi 22,8. Można, celem zwiększenia precyzji oceniania, wprowadzić większe zróżnicowanie ocen, np. 4,5, 3,5 itd., określając dla nich liczbę punktów w sposób uprzednio omówiony, lub też zastosować skalę ocen od $0,0 \div 10,0$.

4.2. Kto powinien oceniać rozwiązania – praktyczne przeprowadzanie oceny

Przy ocenianiu rozwiązań należy pamiętać o tych ogólnych założeniach, które podano w rozdziale 3. Ocena cech i parametrów rozwiązania jest stosunkowo łatwa, gdy porównuje się je z rozwiązaniami istniejącymi, już stosowanymi w praktyce. Natomiast ocenianie przysparza wielu trudności, gdy rozwiązanie jest zupełnie nowe, nieporównywalne z istniejącymi. W takim przypadku szczególnie ważną rolę odgrywa fachowe przygotowanie i doświadczenie ekspertów przeprowadzających ocenę oraz dokładne określenie celu, jakiemu ma służyć rozwiązanie. Nasuwa się zatem ogólny wniosek, że do oceniania należy powoływać fachowców – ekspertów znających dobrze rozpatrywaną problematykę oraz – co jest bardzo ważne – zorientowanych w tendencjach rozwojowych w tym zakresie, występujących w kraju i za granicą. Ważne jest, aby eksperci mieli też znajomość zagadnień ekonomicznych, związanych z ocenianym rozwiązaniem.

Liczba ekspertów biorących udział w ocenianiu rozwiązania może być różna. Przy rozwiązaniach prostych – wystarczy trzech, przy rozwiązaniach złożonych i kosztownych

liczba ekspertów powinna być większa. Sam proces oceniania powinien obejmować następujące elementy:

- 1) krótkie, ogólne scharakteryzowanie ocenianego opracowania (przez prowadzącego spotkanie) pod względem merytorycznym (technicznym, ekonomicznym i utylitarnym);
- 2) przedstawienie zebranych ekspertom celu opracowania poddawanego ocenie, przewidywanego zasięgu jego oddziaływania po wdrożeniu i korzyści jakich oczekuje zamawiający;
- 3) udostępnienie opracowania oceniającym na taki czas, aby mogli się z nim zapoznać w szczególności; oceniający powinni mieć możliwość zadawania pytań projektantom, po to aby wyjaśnić swoje wątpliwości;
- 4) na wcześniej wydanych oceniającym ekspertom drukach tablic, podanie przez ekspertów ocen i przekazanie podpisanych druków prowadzącemu naradę oceniającą;
- 5) obliczenie wyników oceny i przeprowadzenie analizy indywidualnych ocen ekspertów, ze szczególnym uwzględnieniem występowania zróżnicowanych kompetencji ekspertów;
- 6) wypełnienie tablicy i obliczenie końcowej oceny Ω opracowania;
- 7) określenie poziomu jakości rozwiązania i podjęcie decyzji o jego przyjęciu, całkowitym odrzuceniu lub skierowaniu do poprawy.

Przy ocenianiu istotne jest przeprowadzenie analizy indywidualnych ocen ekspertów. Według [9] może przy tym wystąpić jedna z trzech sytuacji:

- oceny wszystkich ekspertów są sobie bliskie,
- eksperci są podzieleni na niewielką liczbę podgrup, wewnątrz których oceny są sobie bliskie,
- oceny ekspertów są rozbieżne; występuje duża liczba niewielkich lub pojedynczych podgrup.

W pierwszym przypadku występuje największa, a w trzecim najmniejsza zgodność ocen ekspertów. W sytuacji drugiej należy rozważyć główne motywy, którymi kierowały się poszczególne podgrupy przy wystawianiu ocen, wyjaśnić przyczyny rozbieżności i spróbować dokonać ponownej oceny opracowania. W sytuacji trzeciej natomiast należy sprawdzić, czy zadanie, które otrzymali eksperci było właściwie sformułowane oraz czy członkowie zespołu ekspertów charakteryzują się zbliżonym poziomem kompetencji. Można powołać zupełnie nowy zespół ekspertów i ponownie dokonać oceny.

5. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono sposób dokonywania oceny jakości opracowań wykonywanych na potrzeby obsługiwanego pojazdu szynowych. Potrzeba skrupulatnego oceniania opracowań przed ich wdrożeniem jest szczególnie ważna w sytuacji istnie-

jących trudności finansowych kolei oraz dużych kosztów napraw złożonego taboru kolejowego. Ponadto, coraz bardziej złożony nowy tabor powoduje, że opracowania wykonywane do jego obsługi są skomplikowane i kosztowne. Dotyczy to zwłaszcza urządzeń diagnostycznych, manipulatorów, stanowisk demontażu, montażu, pomiarów i regeneracji oraz organizacji gniazd i całych warsztatów naprawczych. W tych warunkach stosowanie uporządkowanej, jednolitej i wiarygodnej procedury oceniania jakości rozwiązań nabiera szczególnego znaczenia.

Przedstawioną metodę oceniania jakości można adaptować i do innych przypadków, np. oceniania nowych konstrukcji taboru, projektów budynków i budowli itp. Przy adaptacji metody do innych niż podano w artykule celów, najważniejszą sprawą jest ustalenie cech i parametrów, które powinny być poddawane ocenie. Systematycznie prowadzone i rejestrowane ocenianie pozwoli po pewnym czasie zgromadzić dane ułatwiające dokonywanie oceniania w przyszłości oraz doskonalić samą procedurę oceniania. Bardzo ważnym elementem jest przy tym późniejsze systematyczne konfrontowanie ocen z wynikami praktycznego wdrożenia rozwiązania.

BIBLIOGRAFIA

1. Gackowski Z.: *Metodologiczne aspekty systemowego projektowania rozwiązań organizacyjnych*. Warszawa, Ministerstwo Komunikacji, RONP, 1972.
2. Gościński J.: *Zarys teorii sterowania ekonomicznego*. Warszawa, PWN, 1977.
3. Kiliński A.: *Jakość*. Warszawa, WNT, 1979.
4. Kiliński A.: *Przemysłowe procesy realizacji. Podstawy teorii*. Warszawa, WNT, 1976.
5. Kozuchowski K., Sikora R.: *Metodyka oceny projektów inwestycyjnych*. „Przegląd Kolejowy”, 1993, nr 12.
6. Polska Norma PN – 80/N – 30000. Jakość wyrobów. Terminologia ogólna.
7. *Poradnik inżyniera mechanika. Praca zbiorowa*. Warszawa, WNT, 1970.
8. Seiler R.E.: *Badania naukowe i prace rozwojowe. Metody zarządzania i ocena efektywności*. Warszawa, WNT, 1969.
9. Starowicz W.: *Główne problemy analizy informacji uzyskanych od ekspertów w prognozowaniu rozwoju transportu z wykorzystaniem grupowych metod ekspertów*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej”, 1986.
10. Starowicz W., Byszewska E.: *Metodyka opracowania rezultatów ocen ekspertów w prognozowaniu rozwoju transportu z wykorzystaniem grupowych metod bezpośredniej oceny, porównywania parami i wielokrotnego porównywania*. „Zeszyty Naukowe Politechniki Krakowskiej”, 1986.