

Wiesław LESZEK*

ROZWAŻANIA O PODSTAWACH TRIBOLOGII – cz. 15. METODOLOGICZNE PODSTAWY BADAŃ PORÓWNAWCZYCH W TRIBOLOGII

A DISCUSSION ABOUT THE FUNDAMENTAL PROBLEMS OF TRIBOLOGY – Part 15 METHODOLOGICAL BASIS OF COMPARATIVE STUDY IN TRIBOLOGY

Słowa kluczowe:

metoda porównawcza, zasady tribologii porównawczej, porównywanie obiektów, zjawisk, procesów, metod, zdań ogólnych

Key words:

comparative study, the rules of the comparative tribology, the comparison of objects, phenomenon, processes, methods and general sentences

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono ogólne zasady i tok postępowania w badaniach porównawczych oraz warunki porównywalności obiektów, zjawisk, procesów, metod badawczych i zdań ogólnych. Zagadnienia te odniesiono do elementów

* Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań.

składowych wiedzy o tarciu, zużyciu i smarowaniu. W zakończeniu omówiono warunki porównywalności wyników badań tribologicznych.

WPROWADZENIE

Badania porównawcze stanowią podstawę operacyjną wielu procedur badawczych w różnych dziedzinach i dyscyplinach naukowych. Tak jest również w tribologii. W ogólnym ujęciu procedury te można pogrupować według zagadnień, jakie za ich pomocą są rozwiązywane. Oto przegląd tych grup:

- porównanie z wzorem pomiarowym, przyjętym dla ilościowego określenia cech badanych obiektów, procesów, zjawisk; w ten sposób można ilościowo ocenić podobieństwo i różnice między przedmiotami badań, są to **badania pomiarowe**;
- porównanie badanego podmiotu z przedmiotem uznanym za standardowy dla określonej grupy elementów wiedzy dla dokonania oceny przynależności do określonej grupy kwalifikacyjnej; badania te można nazwać **badaniami kwalifikacyjnymi**;
- badania porównawcze określonego przedmiotu ze standardami przydatności tego przedmiotu do zakładanych celów; badania takie można nazwać **badaniami aplikacyjnymi**;
- badania, w których jakiś element wiedzy porównuje się ze znanymi elementami dla ujawnienia podobieństwa i różnic między nimi, a w konsekwencji dokonuje się oceny stanu wiedzy o przedmiocie zainteresowania i wytyczenia kierunków dalszego postępowania poznawczego, odnoszonego do tego przedmiotu; badania te są **badaniami poznawczymi**.

Z przedstawionego wykazu wynika struktura operacyjna badań porównawczych. Obejmuje ona trzy elementy: przedmiot porównywany (obiekty, proces, zjawisko, metoda, zadanie ogólne), przedmiot wzorcowy, z którym badany przedmiot jest porównywany oraz metodę porównania (założenia i procedurę manipulacyjną).

Wszystkie powyższe stwierdzenia odnoszą się także do tribologii. Przedstawienie ich aplikacji jest zasadniczym celem tego oprogramowania, którego pochodną jest ujawnienie pewnych szczegółów tribologii porównawczej pomijanych często w planowaniu i realizacji badań tribologicznych, a stanowiących warunki porównywalności elementów wiedzy tribologicznej. Celowi temu podporządkowano strukturę opracowania, która obejmuje następujące kwestie:

- analizę systemu pojęciowego,
- ogólne zasady badań porównawczych (podstawy komparatystyki),
- procedury porównawcze w tribologii,
- warunki porównywalności wyników badań tribologicznych.

W zakończeniu podjęto próbę wytyczenia kierunków dalszego rozwoju komparatystyki tribologicznej.

ANALIZA SYSTEMU POJĘCIOWEGO

Porównanie jest to zestawienie dwóch lub większej liczby rzeczy (osób, zjawisk itp.) w celu ich scharakteryzowania przez ukazanie rozmaitych relacji między nimi – różnic, podobieństw, wzajemnych odniesień i powiązań, wartości istotnych parametrów itp. Zestawienie takie służy ukazaniu ich podobieństwa pod pewnym istotnym względem. Może służyć ocenie (np. lepsze – gorsze), wydobywać i ujawniać istotne informacje o zestawianych rzeczach, często uwypuklenie różnic prowadzi do ostrzejszego zarysowania ocen bądź podważenia ocen wcześniejszych wynikających z rzekomego podobieństwa zjawisk [L. 1].

Porównanie danych obiektów (dwóch lub więcej) według J. Frasa [L. 2] *polega na odnajdywaniu podobieństw i różnic między nimi*. By porównanie było w ogóle możliwe, porównywane obiekty musi coś łączyć, muszą mieć jakąś wspólną cechę, jeden lub więcej wspólnych elementów.

Szczególnie ważny jest dobór cech, które posłużą do porównania, a także ustalenia kolejności ich rozpatrywania i prezentacji. Najogólniej mówiąc, porównanie można przeprowadzić:

- w sposób **całościowy**, czyli poprzez wszechstronne zaprezentowanie porównywanych obiektów osobno, najczęściej każdy obiekt w jednym lub kilku akapitach,
- w sposób **przemienne**, czyli poprzez omawianie kolejno poszczególnych cech lub elementów występujących w obu porównywanych obiektach – wówczas akapity poświęcane są kolejnym cechom (elementom).

Przykładowo, jeśli porównuje się dwa obiekty X i Y, uwzględniając trzy ich cechy A, B, C, wówczas modelowo – teksty porównań będą wyglądały następująco:

Porównanie całościowe

- 1) obiekt X
cecha A
cecha B
cecha C

- 2) obiekt Y
cecha A
cecha B
cecha C

- 3) Wnioski

Porównanie przemienne

- 1) cecha A
obiekt X
obiekt Y

- 2) cecha B
obiekt X
obiekt Y

- 3) cecha C
obiekt X
obiekt Y

- 4) Wnioski

W praktyce nie tylko porównywanych obiektów, ale cech może być więcej. Jednakże ustalenie sposobu działania już na początku pracy nad porównaniem ułatwi utrzymanie klarowności tekstu.

Gdy lista analizowanych cech jest długa, wówczas lepiej zastosować porównywanie przemienne. Specjalnym typem porównania, w którym uwypukla się podobieństwo między porównywanymi obiektami jest **analogia**. Na porównywaniu opiera się także **przeciwieństwo**, obiekty zestawia się wówczas nie ze względu na podobieństwo, lecz różnice.

Analogia (gr. *analogia* – odpowiedzialność, stosowność, podobieństwo). W metodologii: stosunek podobieństwa, jakie zachodzi pomiędzy przynajmniej dwoma przedmiotami ze względu na ich pozycję bytową, wewnętrzną strukturę i (lub) posiadane cechy [L. 3].

Analogon jest to to, co łączy (upodobnia) przedmioty pozostające wobec siebie w stosunku analogii, treść wspólna, przysługująca przedmiotom analogicznym względem siebie.

Przeciwieństwo – stosunek między zdaniami kategorycznymi o tym samym podmiocie i orzeczeniu, z których jedno jest ogólnotwierdzące (S a P – każde S jest P), a drugie ogólnoprzeczące (S e P – żadne S nie jest P); mogą one być zarazem fałszywe, ale nie mogą być zarazem prawdziwe [L. 4].

Metoda porównawcza, zwana też **komparatywną** (bądź *analogią*) polega na wykrywaniu podobieństwa między procesami i zjawiskami, które prowadzą do ustalenia różnic między nimi. Znamienne jest w praktyce wykorzystywanie wiedzy komparatystycznej w *wymiarze wzorca* bądź w *wymiarze luki* [L. 5].

Wymiar wzorca polega w praktyce na naśladowaniu modelu rozwoju, zjawisk i procesów. Model wzorca przyjmuje się zarówno w strategii dalszego rozwoju, jak i w podejmowaniu decyzji doraźnych.

Wymiar luki polega na odkrywaniu przez badaczy w modelu rozwoju płaszczyzn i możliwości wejścia z własnymi koncepcjami w nierozwiązane zagadnienia. Opiera się przede wszystkim na analizie literatury [L. 5].

Badania porównawcze dostarczają decydującym materiału przydatnego do podejmowania decyzji optymalnych, dostarczają też analiz pozwalających uniknąć błędów popełnionych wcześniej przez innych decydentów.

Ważnym elementem systemu pojęciowego dotyczącego badań porównawczych jest pojęcie **kryterium**. Według *Słownika języka polskiego* [L. 6] to „miernik służący za podstawę oceny sądu, probierz” albo „cecha zdania lub myśli, po której poznaje się prawdziwość tego zdania lub myśli”.

Z punktu widzenia potrzeb zasad badań porównawczych można wyróżnić dwa aspekty pojęcia „kryterium”:

- 1) kryterium jako cecha – wskaźnik oznaczający przynależność rozpatrywanego obiektu do określonej klasy obiektów (przedmiotów, zjawisk, procesów itp.) oraz

- 2) kryterium jako wartość ilościowa cechy wyznaczająca poziom podobieństwa obiektu do innego obiektu przyjętego jako wzorzec w określonych granicach.

ZASADY METODYCZNE BADAŃ PORÓWNAWCZYCH

W piśmiennictwie metodycznym, zwłaszcza dotyczącym badań eksperymentalnych, dość często można znaleźć omówienia pewnych szczegółów metodycznych badań porównawczych. Dla przykładu przedstawimy niektóre z nich.

Według J.G. Kemeny`ego [L. 7]: „Najważniejszym zadaniem uczonego jest porównanie obiektów zaliczonych do różnych klas”. Porównania takie mogą wykazać, że jeden zbiór obiektów jest przykładowo liczniejszy od drugiego albo że obiekty w jednym zbiorze (grupie klasyfikacyjnej) są lżejsze od zaliczonych do innego zbioru itp. Okazało się, że najbardziej precyzyjne porównania można wykazać wtedy, kiedy porównywane cechy jednocześnie zostaną scharakteryzowane wartościami liczbowymi wielkości fizycznych pozostających w określonym stosunku z tymi cechami. Wyznaczanie wartości liczbowych wielkości fizycznych służących porównywaniu między sobą obiektów w systemach klasyfikacyjnych to po prostu pomiar.

Z. Cackowski [L. 8] stwierdza: „Operacja mierzenia polega na porównaniu dwu wielkości, z których jedna jest traktowana jako miara (wzorzec), druga jako wielkość mierzona. Liczba wskazująca na to, ile razy miara mieści się w wielkości mierzonej stanowi ilościową charakterystykę tej ostatniej i jest to jednak charakterystyka względna, zależna od wybranej miary. Droga do takiej charakterystyki wiedzie przez wybór miary, sam pomiar (porównanie miary z wielkością mierzoną), a wreszcie czynność liczenia”.

S. Palka [L. 9] przyjął, że w badaniach porównawczych osiągnięcie celów jest możliwe, gdy spełnione są dwa „żelazne” wymagania: ekwiwalencji i kontekstualności.

Wymóg ekwiwalencji dotyczy równoważności porównywalnych obiektów. Wymóg **kontekstualności** związany jest z potrzebą osadzania porównywania rozpatrywanych obiektów, zjawisk i procesów w wybranych kontekstach. Wymogi te powodują, że szczególnie istotnym składnikiem badań porównawczych jest dobór, definiowanie zmiennych oraz dobór wskaźników do zmiennych.

Według tego autora klasyczny schemat zadań porównawczych obejmuje;

- Etap I – Opis (deskrypcja) faktów, obiektów, zjawisk, procesów i ich związków z innymi elementami otaczającej je rzeczywistości (w tym także opis kontekstu porównywanych elementów).
- Etap II – Interpretacja, wyjaśnianie (eksplikacja) badanych faktów, obiektów, zjawisk, procesów, związana z poszukiwaniem ich wartości oraz uwarunkowań i związków przyczynowo-skutkowych.

Etap III – Jukstapozycja (łac. iuxta = równie) wyrażająca się w zestawieniu badanych wyników i wskazaniu podobieństw oraz różnic badanych przedmiotów porównania.

W toku realizacji badań mogą być formułowane hipotezy, szczególnie dotyczące poszukiwania prawidłowości występujących w związkach przyczynowo-skutkowych lub współwystępowania zmiennych.

Ważnym założeniem metodologicznym porównywania jest, że poddawać procedurze porównywania można tylko przedmioty należące do tego samego zbioru, tzn. obiekty z obiektami, zjawiska ze zjawiskami itp. Założenie to wynika z tego, że porównywanie jest w istocie weryfikacją hipotezy o wspólnocie lub różnicy zbioru cech między poddawanymi porównaniu przedmiotami poznania.

W strukturze klasyfikacyjnej porównań wyróżnia się następujące ich odmiany:

- **porównanie jakościowe**, w którym porównywane przedmioty scharakteryzowane są opisowo,
- **porównanie ilościowe**, w którym porównywane są cechy wyrażone wielkościami fizycznymi, te zaś mają wymiar liczbowy.

Porównanie jakościowe bywa mało wiarygodne, ponieważ przy opisie werbalnym cech występuje niejednoznaczność pojęciowa i subiektywne przypisywanie takiego znaczenia cechom, jakie w rzeczywistości im nie przysługuje.

W układach klasyfikacyjnych podanych przez S. Stachalą i Z. Woźniaka [L. 11] wyróżnia się:

- *porównanie statyczne*, w którym porównywaniu podlegają stany przedmiotu (przy czym stan jest to zbiór wartości wielkości fizycznych odpowiadających cechom charakteryzującym przedmiot),
- *porównanie dynamiczne*, polegające na porównywaniu intensywności zmiany stanu w czasie lub tendencji (inaczej trendów) i innych charakterystyk obrazujących kierunki i tempo zmian stanu,
- *porównanie pionowe* (inaczej czasowe lub wewnętrzne), w którym porównuje się stan tego samego przedmiotu po upływie określonych przedziałów czasowych mierzonych od przyjętego punktu zerowego (tzn. umownego początku zmian stanu),
- *porównanie poziome* (lub przestrzenne), polegające na porównaniu tych samych cech w różnych obiektach, ale w tym samym czasie (porównanie to nosi nazwę porównania synchronicznego).

Podstawą porównywania mogą być cechy, które jako kryteria porównywania mogą być pogrupowane w następujących układach:

- *kryteria substancjonalne*, uwzględniające skład chemiczny opisywany jakościowo i ilościowo (inaczej mówiąc rodzaj substancji, tworzywa, materiału), z którego składają się przedmioty; w przypadku stwierdzenia spełnienia kryterium substancjonalnego można zastosować kryteria pochodne: parametry kinetyczne zmian składu chemicznego,

- *kryteria atrybutowe*, opisujące nieodłączne właściwości porównywanych przedmiotów,
- *kryteria strukturalne*, uwzględniające strukturę porównywanych przedmiotów (przez pojęcie struktura należy rozumieć układ elementów i reakcji między nimi nadających przedmiotowi jego atrybuty); w tym przypadku również można stosować dodatkowe kryteria uwzględniające kinetykę zmian (przebudowy) struktury,
- *kryteria funkcjonalne* określające funkcję, tzn. zadania, jakie mogą realizować przedmioty w świadomym zastosowaniu; dodatkowe kryteria, jakie można tu zastosować mogą uwzględniać: poziom realizacji zadania, zakres osiągnięcia celu, koszty realizacji (np. energetyczne), trwałość (czas poprawnego spełnienia celu) itp.,
- *kryteria genetyczne*, uwzględniające pochodzenie porównywanych przedmiotów, a więc związki tych przedmiotów z poprzedzającymi je w czasie innymi przedmiotami.

Efektom porównania, jak to wynika z wcześniejszych stwierdzeń, są wnioski o podobieństwie lub różnicy między porównywanymi przedmiotami.

Według A. Zinowjewa [L. 12]: „Dwa przedmioty a i b mogą być takimi, że oba mają jakieś cechy P_1, \dots, P_n lub takimi, że jeden z nich ma jakieś cechy Q_1, \dots, Q_n , zaś drugi ich nie posiada. W takim przypadku mówimy o podobieństwie lub różnicy między przedmiotami. W zależności od liczby cech i ich rangi można mówić o mniejszym lub większym podobieństwie albo mniejszej lub większej różnicy. Formułuje się zdania: „a jest podobne do b”, „a jest niepodobne do b”, „a mocno różni się od b”, „a jest identyczne z b”.

Przedstawione wcześniej kryteria porównywania pozwalają sądzić, że mogą istnieć następujące odmiany podobieństwa:

- *podobieństwo substancjonalne*, świadczące o wspólnych składnikach chemicznych,
- *podobieństwo strukturalne*, uwzględniające strukturę porównywalnych przedmiotów,
- *podobieństwo atrybutywne*, wskazujące na identyczność cech, właściwości oraz zachowań porównywanych obiektów,
- *podobieństwo funkcjonalne*, opisujące podobieństwo zadań (i funkcji), dla jakich przedmioty zostały przeznaczone.

S. Pabis [L. 13] przedstawia następujące odmiany podobieństwa:

- *podobieństwo geometryczne* zakładające, że dwa elementy fizyczne są do siebie podobne, gdy łączy je relacja przekształcania przez jednokładność, a współczynnik skali podobieństwa między tymi obiektami ma wartość stałą we wszystkich kierunkach przestrzeni,
- *podobieństwo mechaniczne*, ma miejsce wtedy, gdy są one podobne geometrycznie i jeżeli zachodzi między nimi podobieństwo statyczne, podobieństwo kinetyczne, podobieństwo dynamiczne.

Autor [L. 13] określił podobieństwa te następująco: „Podobne geometrycznie systemy techniczne są podobne statycznie wtedy, gdy ich względne odkształcenia wywołane stałym obciążeniem są takie, że systemy te są nadal geometrycznie podobne.

Systemy techniczne są podobne kinematycznie wtedy, gdy są one podobne geometrycznie i znajdują się w takim ruchu, że stosunki wszystkich odpowiadających sobie sił, ów ruch wywołujących, są sobie równe.

Systemy techniczne są podobne dynamicznie wtedy, gdy są one podobne geometrycznie i kinematycznie, a odpowiadające sobie różnice potencjałów wymiany np. ciepła, masy itp. wykazują stały stosunek w odpowiadających sobie odstępach czasu”.

Przedstawione wywody tworzą podstawę do omówienia kolejnego elementu zagadnienia porównania – analogii.

ANALOGIA

Analogia ma wiele określeń, z których wybrano dla przykładu następujące. I tak analogie interpretuje się jako:

- pojęcie wyrażające podobieństwo między obiektami, procesami, zjawiskami, problemami itp.,
- metodę poznania naukowego,
- sposób przenoszenia zaaprobowanych idei i metod z jednej dziedziny wiedzy do drugiej.

Najszerze określenie analogii zaproponował L.B. Batorow [L. 14]. Określenie tego pojęcia zamknął w następujących stwierdzeniach:

1. Analogia jest to pojęcie wyrażające pełne lub częściowe podobieństwo między różnymi obiektami pod względem struktury elementów, właściwości lub funkcji. W tym sensie analogia jest obiektywną postawą modelowania. Analogia bowiem nie tworzy podobieństwa pomiędzy przedmiotami, a tylko je wykrywa.
2. Analogia jest asocjacją myśli o przedmiotach. Zdolność ludzi do łączenia ze sobą obserwowanych w przyrodzie zjawisk, porównywania ich ze swoimi doświadczeniami, tworzenia asocjatywnych – skojarzonych obrazów tych zjawisk stanowiło podstawę działalności poznawczej od zarania dziejów. Stwierdzenia te akceptują również możliwość nienaukowego pojmowania analogii, mimo że analogia oparta na skojarzeniach bardzo często przyjmuje przypadkowe lub pozorne podobieństwo przedmiotów za podstawę wnioskowania i wypowiadania sądów.
3. Analogia jest to metoda badawcza służąca do wyjaśniania mało znanych przedmiotów przez zestawienie ich (porównanie) ze znanymi obiektami lub zjawiskami.
4. Analogia jest to nieempiryczny sposób wyjaśnienia nieobserwowalnych wizualnie obiektów.

5. Naukowa analogia jest to wnioskowanie, w którym na podstawie stwierdzenia wspólnoty lub zbieżności kilku cech u dwóch przedmiotów lub chociaż częściowej tożsamości relacji między ich elementami (uwzględniając różnice między nimi) wyprowadza się wniosek, że jednemu z przedmiotów przysługują cechy wykryte u przedmiotu drugiego.
6. Analogia jest ogniwem pośrednim między oryginałem a modelem. Funkcja takiego ogniwa polega na relacji następujących działań:
 - a) na zestawianiu (kojarzeniu) różnych przedmiotów, wykrywaniu i analizie obiektywnego podobieństwa określonych cech, właściwości i relacji występujących u obu podmiotów,
 - b) na wnioskowaniu przez analogię.

K. Ajdukiewicz [L. 15] stwierdza, że wnioskowanie przez analogię zbliżone jest do wnioskowania przez niepełną indukcję enumeracyjną. We wnioskowaniu indukcyjnym zakłada się, że skoro jakaś zależność potwierdziła się w N przypadkach, to jest ona ogólnie prawdziwa. Dla ścisłości wypowiedzi należałoby oszacować prawdopodobieństwo tej prawdziwości.

Wnioskowanie przez analogię ma dwa przypadki:

- wnioskujemy, że skoro jakaś prawidłowość potwierdziła się w N przypadkach obiektów lub zjawisk, to potwierdzi się również w przypadku $N + 1$,
- z tego, że spośród dwóch podmiotów zgadzających się ze sobą co do N własności jeden ma również własność $N + 1$ wnosimy, że drugi też ma własność $N + 1$ (skoro jest podobny pod N względami, to jest podobny również pod $N + 1$ względem).

Z tych stwierdzeń K. Ajdukiewicza wynikają następujące prawidłowości wnioskowania przez analogię:

1. Im więcej wspólnych cech własności mają porównywane przedmioty, tym większe jest prawdopodobieństwo, że analogiczne są również pod innymi względami jeszcze niezbadanymi.
2. Im istotniejsze są znalezione wspólnie właściwości, tym pewniejsze są wnioski wyprowadzane przez analogię.
3. Im lepiej (głębiej) poznawane są wzajemne relacje między porównywanymi przedmiotami, tym pewniejsze stają się wnioski wprowadzone przez analogię.

PROCEDURY METODYCZNE W BADANIACH PORÓWNAWCZYCH

Obszerny przegląd procedur występujących w badaniach porównawczych przedstawił R. Pachociński [L. 10]. Z tego przeglądu wybrano dla przykładu kilka. Oto one:

Na procedurę porównawczą G.Z.F. Bredey'a składa się zestaw następujących zabiegów:

- wybór problemu lub zjawiska,
- zbieranie i porządkowanie danych dotyczących badanego problemu,

- interpretacja danych przy spożytkowaniu wiedzy i umiejętności z dyscyplin, które mają związek ze zrozumieniem badanego problemu lub zjawiska w jego współczesnym kontekście,
- jukstapozycja interpretowanych danych w celu odkrycia możliwych płaszczyzn porównania,
- sformułowanie hipotez,
- weryfikacja hipotez w wyniku analizy porównawczej interpretowanych danych,
- wyciąganie wniosków.

Metodę problemową Holmesa można rozłożyć na następujące elementy:

- problem lub kłopotliwa sytuacja,
- możliwe rozwiązania,
- refleksja na temat problemu (analiza prowadząca do jaśniejszego sformułowania problemu),
- analiza kontekstu, w którym występuje problem,
- nowe udoskonalone rozwiązania – wyrażone jako hipotezy,
- testowanie hipotez – przez logiczne wnioskowanie w kontekście relewantnych (odnoszących się do) wyników i później przez porównania przewidywanych oraz uzyskanych wyników,
- wnioski,
- ponowne sprawdzenie (jeśli jest konieczne) całego procesu.

Odniesiona do badań porównawczych metoda problemowa Holmesa składa się z następujących etapów:

1. Wybór problemu i jego analiza.

Wybór problemu zwykle zależy od doświadczenia, wiedzy i zainteresowań badacza. Zakłada się, że dla badanych przedmiotów problem jest wspólny lub uniwersalny i że analiza porównawcza obiektów będących przedmiotem badań wyjawia go oraz że zasugerowane zostaną możliwe rozwiązania. Następnie problem ów poddany zostanie analizie i takiemu sformułowaniu, by został możliwie jasno określony.

2. Formułowanie propozycji dotyczących rozwiązań.

Oznacza to ustalenie pewnego zakresu realistycznych wyborów, które mogą przyczynić się do rozwiązania problemu.

3. Ustalanie relewantnych czynników.

Zanim zostaną sporządzone predykcje dotyczące prawdopodobnych wyników alternatywnych rozwiązań, konieczne jest ustalenie wszystkich relewantnych czynników, które będą miały wpływ na poszczególne rozwiązania w przypadku różnych kontekstów. Zdaniem Holmesa jest to „niezwykle skomplikowana operacja”, w której występuje: rozpoznanie sytuacji, krytyczna analiza oraz ustrukturyzowany wpis. Specyfikacja okoliczności, w których powstają predykcje wiąże się z następującymi działaniami:

- analizą wstępnych warunków lub „konstektualnych determinantów”,
- selekcją relewantnych czynników wobec poszczególnych problemów,
- pomiarami wybranych czynników o zróżnicowanej ważności lub wpływie.

4. Predykcja rozumiana jako składnik nauki.

Jest to faza, w której następuje sprawdzenie możliwych rozwiązań w różnych kontekstach analizowanych w celu znalezienia najlepszego rozwiązania.

Według E. Kinga [L. 10] można przedstawić następujące propozycje metodologiczne dotyczące procedur porównawczych:

- A. Metody i strategie badawcze zależą od celów badań.
- B. Badania porównawcze powinny być ukierunkowane na świadczenie pomocy decydentom przy podejmowaniu decyzji lub wyborów.
- C. Badania powinny wszechstronnie uwzględniać kontekst, w którym występują interesujące zjawiska.
- D. Predykcja oraz „prawa” w rozwiązaniach porównawczych tworzą wszelki sens ze względu na zmienną istotę wiedzy przejawiającej się w wielu różnych formach.
- E. Obiektywność w badaniach porównawczych jest trudna do osiągnięcia.

Metodologię badań porównawczych według Harolda Noaka i Maxa Eeksteina można przedstawić w postaci następujących sekwencji [L. 10]:

1. Ustalenie problemu.

Sprawą istotną jest określenie i wyjaśnienie badanego problemu, który może być rozwiązany za pomocą studium porównawczego. Intelktualizacja problemu sugerować będzie możliwe wyjaśnienia, podsuwać zestaw pytań lub przypuszczalnych związków.

2. Sformułowanie hipotezy.

Po wstępnym zapoznaniu się z literaturą przedmiotu i wyjaśnieniu problemu niezbędne jest sformułowanie hipotez.

Rodzaj sformułowanych hipotez zależy od wiedzy i teorii dotyczących kwestii objętych badaniem – im mocniejsza baza wstępnych badań rozpoznawczych, tym lepsze jest zrozumienie problemu, tym precyzyjniejsze hipotezy.

3. Zdefiniowanie pojęć i wskaźników.

4. Wybór przypadków.

5. Zbieranie danych.

Trzy wymienione sekwencje nie różnią się metodycznie od analogicznych faz opisywanych w metodykach badań eksperymentalnych. W ostatnim z wymienionych studiów badacz może spotkać zarówno problemy praktyczne, jak i metodologiczne. Wśród problemów praktycznych mogą wystąpić: trudności z dostępem do źródeł, szczególnych typów danych oraz form zbierania; kwestia reprezentatywności oraz ich naukowej wartości. (Szczególnie, jeżeli dane są pozyskiwane nie przez badacza wiodącego w danych badaniach, lecz przez inne osoby).

1. Manipulowanie danymi.

Polega na zastosowaniu zabiegów zmieniających formę danych przy zachowaniu ich istoty, które ułatwią (lub wręcz uniemożliwią) zrealizowanie ostatniej sekwencji.

2. Interpretacja wyników.

Na tym etapie są oceniane zarówno wyniki, jak i proces ich osiągania. Po takim przeglądzie można będzie uznać przykładowo, że hipoteza została sformułowana niedokładnie lub że zastosowane wskaźniki są w praktyce mało miarodajne lub procedury pomiarowe i obliczeniowe były w pewnych zakresach niedoskonałe. To z kolei może prowadzić do dalszych badań, których celem będzie wyeliminowanie zauważonych braków i niedociągnięć.

Podstawowy problem właściwych badań porównawczych polega na tym, żeby z jednej strony nie zatracić specyfiki badanych zjawisk, a z drugiej strony – aby znaleźć takie ogólne kategorie, do których odwołanie się uczyni zjawiska porównywalnymi. Rozwiązanie tego problemu najczęściej przybiera postać **ekwiwalencji badanych zjawisk**. Ekwiwalencja to termin oznaczający równoważność. Równoważność jest prawdziwa, gdy wszystkie jej zdania składowe mają tę samą wartość logiczną.

R. Pachociński [L. 10] cytuje klasyfikację postaci ekwiwalencji badanych zjawisk S. Nowaka:

1. Ekwiwalencja kultury – opiera się na założeniu, że przedmioty i zjawiska mogą być postrzegane lub oceniane w podobny sposób w różnych kontekstach kulturowych. Definicję tę można odnieść do dyscypliny naukowej i przyjąć, że przedmioty i zjawiska mogą być postrzegane lub oceniane w podobny sposób w różnych dyscyplinach naukowych.
2. Ekwiwalencja kontekstu – występuje wtedy, gdy obiekty należące do zbiorów wyższego rzędu są klasyfikowane jako podobne ze względu na ich specyficzne właściwości.
3. Ekwiwalencja struktury – może wystąpić wtedy, gdy obiekty zajmujące tę samą pozycję wewnątrz pewnych systemów zostały poprzednio zdefiniowane jako podobne ze względu na pewne ich wartości.
4. Ekwiwalencja funkcji – może być stosowana wtedy, gdy porównywane obiekty odgrywają tę samą rolę w funkcjonowaniu porównywalnych systemów.
5. Ekwiwalencja korelacji – występuje wtedy, gdy badane zjawiska są skorelowane w podobny sposób wobec zmiennej kryterialnej albo fenomenologicznie identycznej we wszystkich porównywalnych systemach, albo ustalonej w wyniku poprzednich badań jako ekwiwalentnych w pełnym zakresie tego słowa. Ekwiwalencja korelacji stosowana jest do wyrażenia relacji statycznych w danych z obserwacji, jak również do pewnych badań złożonych analiz statystycznych (analiza czynnikowa).
6. Ekwiwalencja pochodzenia – stosowana wtedy, gdy uznaje się, że zjawiska porównywalne pochodzą z podobnego źródła.

Ekwiwalencja (różnorodność) często jest mylona z **identycznością**. Tymczasem są to dwa zupełnie odrębne pojęcia, dwa wymiary badanych zjawisk. Przez wiele lat właśnie identyczność (a raczej podobieństwo) traktowano jako główne pojęcia, jako klucz do badań porównywalnych.

ZASADY PORÓWNANIA W TRIBOLOGII

Podstawową zasadą badań porównywalnych jest założenie, że porównywać **ze sobą można tylko obiekty jednorodne**. Ze względu na wielopoziomowość struktury obiektów tribologicznych porównywać je można wyłącznie na takim samym poziomie hierarchii strukturalnej. Przykładowo systemy tribologiczne porównywać można na poziomie całości, na poziomie elementów (czop, panewki), na poziomie warstw makroskopowych. W niektórych przypadkach badań podstawowych w tribologii można odejść od podziału na elementy strukturalne o określonych kształtach i porównywać ze sobą materiały, z których elementy te zostały wykonane. Porównuje się wtedy ich skład chemiczny i mikrostrukturę.

Dla każdego poziomu hierarchicznego przyjmuje się inne kryteria podobieństwa jako wskaźniki ich podobieństw lub różnicy między nimi. Im wyższy jest poziom hierarchiczny, na którym porównuje się obiekty, tym bardziej ogólne są cechy stanowiące podstawę porównania. Jeśli obiektom przypisuje się cechy użytkowe, kryterium porównania mogą stanowić charakterystyki funkcjonalne tych obiektów oraz określenia wyrażające trwałość i niezawodność realizacji celów, dla których obiekty porównywane zostały wytworzone.

Z kolei im wyższy jest poziom struktury, na którym dokonuje się porównywania obiektów, tym większe znaczenie mają wartości liczbowe wielkości fizycznych charakteryzujących ich właściwości mechaniczne, cieplne, elektryczne itp., a także ich skład chemiczny i strukturę.

Zasada jednoimienności obiektów porównywanych implikuje zasadę pochodną – zasadę tożsamości metod wyznaczania wartości wskaźników stanowiących podstawę porównania. Dla wszystkich porównywanych ze sobą obiektów metoda wyznaczania wartości tych wskaźników musi być technicznie i proceduralnie identyczna. Dotyczy to przede wszystkim metod pomiarowych, które są dla metod porównywalnych w tribologii (jak i dla wielu innych dyscyplin technicznych) podstawą uzyskiwania danych do oceny podobieństwa lub różnic między obiektami.

Mniej wyraziste niż wyniki porównań, w których wykorzystuje się metody pomiaru fizycznego lub analizy chemicznej są porównania, w których wykorzystuje się dane uzyskane z obserwacji lub obliczeń. Z charakteru danych pozytywnych tymi metodami wynikają zastrzeżenia, których należy przestrzegać przy dokonywaniu porównań. Oto one:

1. Porównywać można ze sobą tylko te obiekty, których opisy powstały za pomocą dokładnie takich samych procedur poznawczych. W ramach tych procedur mieszczą się następujące działania: wybór obiektów poddanych badaniom; zastosowanie aparatury pomiarowej, której działanie oparte było na takiej samej zasadzie fizycznej; inicjowanie zjawisk i procesów tribologicznych odbyło się w taki sam sposób dla każdego badanego obiektu; czas trwania prób i sposób zbierania informacji były identyczne dla każdego ba-

danego obiektu; dane porównawcze uzyskane były z zastosowaniem takich samych dla każdej próby zasad obliczeniowych.

2. Sformułowanie wniosków jakościowych, na podstawie których dokonywano oceny podobieństwa między obiektami odbywało się na bazie takich samych założeń logicznych. Uzyskane wyniki mogą zostać wykorzystane do sformułowania modeli, które mogą przyjąć postać modeli matematycznych, fizycznych lub interpretacyjnych. Porównywać można tylko jednoimienne modele. Podobnie ma się sprawa przy porównywaniu między sobą zdań ogólnych sformułowanych na potrzeby tribologii, tj. zasad, reguł, hipotez, wyjaśnień (eksplikacja) praw i teorii.

Porównania między tymi postaciami zdań ogólnych można dokonać tylko wtedy kiedy opisane są tymi samymi pojęciami, których definicje są jednobrzmiące, porównywane zdania ogólne są w poszczególnych kwestiach identyczne pod względem treści i zakresów.

ZAKOŃCZENIE

Badania porównawcze są często stosowane w różnych dyscyplinach nauk technicznych, w tym także w tribologii. Niestety nie zawsze są one metodologicznie poprawne. Opracowanie niniejsze stanowi sygnał dotyczący podstawowych wymagań, jakie powinny być spełnione w takich badaniach. Dalszy rozwój komparatystyki tribologicznej powinien obejmować dwa zagadnienia:

- wyeliminowanie z piśmiennictwa tribologicznego (zwłaszcza ze zbiorów informacji) wyników badań porównawczych, w których nie są przestrzegane podstawowe zasady takich badań przedstawione m.in. w tym opracowaniu;
- podjęcie prac nad zbudowaniem właściwej, szczegółowej metodyki badań porównawczych w tribologii, uwzględniającej specyfikę badań w trzech kategoriach tribologicznych: tarcie, zużycie i smarowanie.

LITERATURA

1. Szymanek K.: Sztuka argumentacji. Słownik terminologiczny. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001.
2. Fras J.: Dziennikarski warsztat językowy. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1999.
3. Jedynak S. (red.): Mała encyklopedia filozofii. Oficyna Wydawnicza Branta, Bydgoszcz – Lublin 2002.
4. Podsiad A.: Słownik pojęć i terminów filozoficznych. Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 2000.
5. Chudobski A.J.: Wstęp do badań politologicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2004.
6. Szymczak M. (red.): Słownik języka polskiego, t. I. PWN, Warszawa 1982.
7. Kemeny J.G.: Nauka w oczach filozofii. PWN, Warszawa 1967.

8. Czachowski Z.: Obserwacja, [w:] Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny. Ossolineum, Wrocław 1987.
9. Palka S.: Metodologia badania. Praktyka pedagogiczna. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2006.
10. Pachociński R.: Pedagogika porównawcza. Wydawnictwo Akademickie „ŻAK”, Warszawa 2007.
11. Stachak S., Woźniak Z.: Elementy metodologii nauk agroekonomicznych. PWN, Warszawa 1984.
12. Zinowjew A.: Logika nauki. PWN, Warszawa 1976.
13. Pabis S.: Metodologia i metody empirycznych. PWN, Warszawa 1985.
14. Batorov K.B.: Analogii i modeli w poznaniu. Wydawnictwo Naukowe, Nowosybirsk (Rosja) 1981.
15. Ajdukiewicz K.: Logika pragmatyczna. PWN, Warszawa 1975.

Summary

The paper presents the general rules and the process of a comparative study and the assumptions of the comparison of the objects, phenomenon, processes, methods and general sentences. These issues are related to the components of the knowledge of friction, wear and lubrication. The conclusion presents the possibility of comparing the tribological research results.

