

Wiesław LESZEK*

**ROZWAŻANIA NAD PODSTAWAMI TRIBOLOGII.
3. WSPÓLDZIAŁANIE TRIBOLOGII Z NAUKAMI
PRZYRODNICZYMI**

**DISCUSION ABOUT FUNDAMENTAL PROBLEMS
OF TRIBOLOGY.
Part 3. COOPERATION AMONG TRIBOLOGY AND
BIOLOGICAL SCIENCE**

Słowa kluczowe:

tribologia, nauki przyrodnicze, współdziałanie, relacje

Key-words:

tribology, biological science, cooperation, relations

Streszczenie:

Referat zawiera omówienie relacji między tribologią jako dyscypliną w obszarze nauk technicznych a niektórymi dyscyplinami nauk przyrodniczych. Przedstawiono zagadnienia medyczne i biologiczne, w których uży-

* Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych,
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań.

teczna może być interpretacja tribologiczna oraz problemy, w których wiedza przyrodnicza może być zastosowana w tribologii.

WSTĘP

Referat ten stanowi kontynuację cyklu „Rozważania o podstawach tribologii” i jest bezpośrednim przedłużeniem poprzedniego opracowania pt. „Procesy dyferencjacji i integracji wiedzy tribologicznej” [L. 1].

W opracowaniu tamtym przedstawiono wewnętrzne procesy dyferencjacji i integracji wiedzy w obszarze samej tribologii potraktowanej jako osobna dyscyplina w dziedzinie nauk technicznych. Referat ten dotyczy zagadnień integracji tribologii jako dyscypliny naukowej i wiedzy o tarciu, zużyciu i smarowaniu z naukami przyrodniczymi, do których zaliczono także dyscypliny nauk medycznych. Z rozważań wyłączono natomiast fizykę i chemię, ponieważ procesom integracyjnym zachodzącym między tymi naukami a tribologią poświęcono już wcześniej (szczególnie w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku) wiele uwagi i wartościowych publikacji.

Na przykładzie procesów integracyjnych zachodzących między naukami przyrodniczymi a tribologią postanowiono pokazać mechanizm wzajemnego oddziaływania na siebie integrujących się dyscyplin naukowych. Z tego względu w tytule tego referatu zastosowano pojęcie „współoddziaływanie” mające zaznaczyć dwukierunkowe wpływy łączących się dyscyplin. Podjęto więc próbę znalezienia odpowiedzi na pytania: co tribologia może zaoferować naukom przyrodniczym oraz co nauki przyrodnicze mogą przekazać tribologii. Odpowiedzi na te pytania stanowią podstawę struktury tego referatu.

Przy rozpatrywaniu założeń programowych tego referatu warto zwrócić uwagę na to, że współczesne nauki przyrodnicze zawierają nie tylko główne, ogólnie zaakceptowane dyscypliny, takie jak botanika, zoologia (zbudowane na zasadzie przedmiotowej), dyscypliny procesowe np. fizjologia, genetyka, ale także wiele węższych pochodnych dyscyplin i kierunków. Wewnątrz nauk przyrodniczych zaistniała tak daleko posunięta dyferencjacja, że nawet specjaliści bliskich sobie obszarów badań nie zawsze mają wyobrażenia o pracach kolegów. Nawet w podstawowych podręcznikach z dziedziny nauk przyrodniczych, w których idea holistyki powinna być wyważona szczególnie jasno, związki między oddzielnymi rozdziałami są na tyle słabe, że poszczególne zagadnienia można traktować jako

oddzielne i studiować je w wybranej kolejności. Takie samo zjawisko zaczyna działać również w tribologii, która przeżywa fazę różnicowania (dyferencjacji) wewnętrznego. Zdyferencjonowane nauki przyrodnicze i takąż tribologia mogą integrować się tylko w osobnych nie zawsze historycznie po sobie formułowanych i rozwiązywanych problemach. Uzasadnia to dokonanie wyboru tych aspektów integracji nauk przyrodniczych i tribologii są już wyraźnie zauważalne.

Warto także pamiętać, że jak pokazuje historia przyrodoznawstwa, żadna dziedzina nauki nie mogła przejść drogi od konceptualnej różnorodności do rzeczywistej jedności bez integracji metodologicznej. Idee i pojęcia metodologii stanowią nieodzowne źródła wstępnych asocjacji, bez których nie można zbudować tego intelektualnego tła, w ramach którego tworzy się idea integracji dyscyplin naukowych. Stwierdzenia te dały asumpt do zwrócenia szczególnej uwagi na metodologiczne aspekty zjawiska współdziałania tribologii z naukami przyrodniczymi.

OFERTA TRIBOLOGII DLA NAUK PRZYRODNICZYCH

Tribologia, którą jak wiadomo można ogólnie określić jako naukę o oporach ruchu, ich skutkach i sposobach sterowania nimi, może naukom przyrodniczym zaoferować wiedzę dotyczącą wyzwalania ruchu w biologicznych węzłach ruchowych, eliminowania lub ograniczania powstających w tych węzłach oporów, ograniczania nadmiaru chaotycznego ruchu w układach stanowiących substytuty układów naturalnych (np. w protezach), rozpoznawania (diagnostyki) skutków ruchu w naturalnych i sztucznych układach biologicznych, rozwiązywanie problemów materiałowych w zakresie doboru i użytkowania tworzyw w substytutach układów biologicznych. Najogólniej wiedza ta może służyć do diagnozowania i interpretacji zdarzeń zachodzących podczas ruchu elementów biologicznych węzłów kinematycznych i do rozwiązywania problemów materiałowych w układach w których następuje skojarzenie materiałów sztucznych z naturalnymi obiektami biologicznymi. Można więc powiedzieć, że tribologia może rozwiązywać kwestie interpretacyjne i operacyjne, a w szczególnych przypadkach także badanie *in vitro* naturalnych obiektów biologicznych.

Rozpatrzmy teraz niektóre przykłady zastosowań wiedzy tribologicznej w naukach przyrodniczych.

1. W przyrodzie nie występuje w zwartych układach ruch obrotowy. Więzy jakie istnieją między elementami struktur biologicznych powodują,

że jedyną formą ruchu jako może między nimi występować jest ruch posuwisto-zwrotny, najczęściej po łukach. Z charakteru ruchu posuwisto-zwrotnego wynika, że w krańcowych punktach jakie mają przyjmować przemieszczające się elementy takiego węzła ruchowego prędkość ich przemieszczania równa jest zeru. W punktach tych tarcie jest tarcie statycznym. Z istoty tarcia statycznego można wyprowadzić wniosek, że w punktach tych jest najsilniejsze oddziaływanie adhezyjne między kontaktującymi się powierzchniami elementów węzła biologicznego, jednocześnie w punktach tych występują najmniej korzystne (z punktu widzenia hydrodynamicznej teorii smarowania) warunki tarcia. Można przyjąć więc hipotezę, że uszkodzenia elementów węzłów biologicznych są najbardziej prawdopodobne w tych właśnie punktach.

Jednocześnie można wyprowadzić wniosek, że smarowanie węzłów biologicznych nie może być opisane konsekwencjami wyłącznie jednej z przyjętej w tribologii teorii smarowania. W zależności od sytuacji roboczej w połączeniu, warunki włączają jednocześnie elementy hydrostatyki, hydrodynamiki, elastohydrodynamiki i smarowania granicznego. Wielkie znaczenie ma chemiczne podobieństwo chrząstki stawowej i cieczy synowialnej co pozwala sądzić, że pełniąc funkcje smaru owa ciecz nie może być w żadnych warunkach całkowicie usunięta ze strefy styku. Zawsze znajduje się tam cienka warstwa smaru minimalizująca tarcie powierzchni kości stawowych [L. 2].

Na gruncie kinematyki ruchu połączeń ślizgowych można wytłumaczyć geometrię węzła biologicznego oraz kształt stykających się w nim elementów. Elementami przekazującymi obciążenia są kości, których zakończenia są zaokrąglone, aby zapewniały wystarczającą powierzchnię styku. W niektórych przypadkach główki tych kości mają kształt walcowy (staw kolanowy) [L. 3]. Kształty te i odpowiadające im panewki ograniczają swobodę ruchu połączenia do płaszczyzn, w których odbywa się istotny dla całego organizmu ruch tego połączenia.

2. W naturalnych połączeniach biologicznych problem ograniczenia swobody ruchu rozwiązany jest przez funkcje elementów zabezpieczających stałość struktury takiego połączenia (np. torebki stawowe). W układach sztucznych – protetycznych utrzymanie ruchu w zadanych płaszczyznach jest trudne i zwykle krótkotrwałe. Wynika to z intensywnego, w porównaniu z połączeniami naturalnymi ubytku tworzywa, z którego wykonane jest połączenie, a w konsekwencji z szybko powiększającego się luzu między jego elementami. Zwiększający się luz, zwiększa ilość płaszczyzn,

w jakich może odbywać się ruch elementów połączenia. W efekcie ruch takiego połączenia staje się coraz bardziej chaotyczny. Najbardziej podatne na takie zjawisko są węzły, w których elementy stykające się mają kształt kulisty (lub wycinka powierzchni kuli np. stawy biodrowe), ponieważ w odróżnieniu od innych struktur geometrycznych mają większą swobodę wyboru płaszczyzny ruchu.

Zagadnienie swobody ruchu w układach biologicznych lub ich protezach można rozpatrywać jeszcze w innych aspektach. Dla ich omówienia posłużymy się przykładami.

Przykład 1. Pełne protezy stomatologiczne, które mają zastąpić utracone zęby mają możliwość przemieszczania się po powierzchni dziąsła w zależności od kierunków i wartości sił działających na nie podczas eksploatacji. Przemieszczanie to jest ułatwione także przez to, że ślina stale obecna w jamie ustnej może działać smarująco na układ: proteza – dziąsło. Ruch protezy po powierzchni dziąsła, szczególnie wtedy kiedy rozdziela ją ją cząstki pokarmu jest dla użytkownika protezy dokuczliwy i stresujący. Stąd pojawiły się różne sposoby ograniczania swobody ruchu protezy, z których najprostszym jest przyklejanie protezy do dziąsła.

Przykład 2. Łatwo jest wykazać, że ślimak ma bardzo niekorzystne z punktu widzenia stabilności ruchu położenie środka ciężkości. Jest on położony wysoko i przy nieznacznym wychyleniu poprzecznym jego rzut może wychodzić poza kontur (rzut) poziomy jego nogi. Zgodnie z zasadami statyki ślimak przewracałby się na którąś z bocznych powierzchni. Aby temu zapobiec ślimak wydziela ciecz, która „przykleja” nogę ślimaka do podłoża. Ciecz ta umożliwia ślimakowi przemieszczanie się także w płaszczyźnie pionowej.

Przedstawione przykłady wskazują, że ruch w układach biologicznych jest zorganizowany zarówno pod względem kinematycznym jak i pod względem dynamiki poruszających się obiektów. Zmiana tej organizacji prowadzi do występowania zjawisk patologicznych, leczenie zaś i protetyka polega przede wszystkim na przywróceniu organizacji ruchu do stanu prawidłowego.

3. Kolejnym zagadnieniem, w którym poznawcze i aplikacyjne doświadczenie tribologii może być przydatne naukom przyrodniczym jest kwestia ubytku materiału spowodowana tarciem między stykającymi się warstwami zewnętrznymi elementów węzłów kinematycznych. Zjawisko to w tribologii nazywane jest zużywaniem, a jego skutek – zużyciem.

Tribologia ma w tych kwestiach:

- wiedzę o mechanizmach powstawania zjawiska zużywania, w tym fizyczne i matematyczne modele interpretacyjne,
- metody badania parametrów opisujących intensywność zużywania, definicje i kryteria stanów granicznych węzłów kinematycznych,
- modele prognostyczne zmiany stanów elementów węzłów kinematycznych,
- wiedzę o metodach przeciwdziałania zużyciu oraz o kryteriach doboru materiałów na elementy węzłów kinematycznych.

Wiedza i doświadczenie tribologii mogą mieć zastosowanie w naukach przyrodniczych w następujących sytuacjach związanych z kwestiami materiałowymi:

- w diagnostyce ruchowych węzłów organizmów ludzkich, szczególnie rozpoznawania oporów ruchu, ich przyczyn i prognozowania skutków dla funkcjonowania połączeń kinematycznych,
- w doskonaleniu materiałów na protezy elementów węzłów kinematycznych organizmów ludzkich,
- w badaniach i doskonaleniu materiałów protetyki stomatologicznej, a także materiałów wypełniających ubytki w zębach („plomby”); z tym zagadnieniem związane są badania trwałości plomb oraz stabilności ruchowej układów protetycznych,
- w badaniach kinematycznych i dynamicznych skutków starzenia się połączeń ruchowych w układzie szkieletowym oraz w stawach kończyn górnych i dolnych.

Szczególnym przypadkiem ubytku warstwy zewnętrznej obiektu pod wpływem tarcia jest ścieranie naskórka pod wpływem czynników ścierających obcych wobec organizmu pochodzenia. Zwykle działanie takie jest szkodliwe, ponieważ uszkadza naskórek spełniający wiele ważnych funkcji osłonowych i izolacyjnych. Można wszakże wymienić również terapeutyczne działanie zjawiska ścierania warstw naskórka na przykład w kosmetyce. Przykładem takiego działania jest pasta do zębów, przy czym nie zostało wystarczająco rozstrzygnięte, czy stałe składniki pasty pełnią funkcję ścierania, czy pasta jest środkiem smarującym chroniącym zęby przed zbyt agresywnym działaniem twardych i sztywnych włókien tworzących szczotkę do zębów.

Inną nierozstrzygniętą kwestią jest łączenie substancji naturalnych (rodzimy) z substytutami tworzącymi protezy. Przykładem tego jest łączenie kości udowej z endoprotezą stanu biodrowego. Pozornie nie jest to zagadnie-

nie tribologiczne, warto jednak pamiętać, że od właściwości fizykochemicznych substytutu oraz od obróbki jego warstwy wierzchniej zależy zdolność do łączenia go z obiektem naturalnym i wytrzymałość mechaniczna połączenia.

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA WIEDZY I DOŚWIADCZENIA PRZYRODNICZEGO W TRIBOLOGII

Przystępując do rozważenia kwestii wykorzystania osiągnięć nauk przyrodniczych w tribologii należy zwrócić uwagę na pewne fakty historyczne. Otóż nauki przyrodnicze są znacznie starsze od tribologii jako wyodrębnionej dyscypliny nauk technicznych. Z tego względu, nauki przyrodnicze stanowiły źródło informacji o metodach badań dla kształtującej się w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku tribologii. Wiele z tych metod znalazło się już w arsenale badawczym tribologii, znaczna ich część nie została w pełni wykorzystana mimo szybkiego postępu metodycznego jaki został dokonany w tribologii. Nie ma już potrzeby do naśladowania metod planowania doświadczeń i opracowywania wyników eksperymentów, ponieważ w tym względzie tribologia osiągnęła poziom równorzędny i jest całkowicie samodzielna. Nie został dotychczas wykorzystany dorobek nauk przyrodniczych (przede wszystkim biologii) w zakresie systematyzacji, klasyfikacji i typologii.

1. Systematyzacja jest to działanie zmierzające do uporządkowania materiału badawczego (obiektów badań, rezultatów procesu badawczego itp.) według jakiegoś kryterium umożliwiającego poszukiwanie w tym materiale zależności logicznych, a w najprostszym przypadku wiedzy o konkretnych znajdujących się w nim obiektach [L. 4].

Klasyfikacja jest zwykle rozumiana jako wielopoziomowy podział zbioru przedmiotów lub zjawisk na mniejsze działy nazywane klasami [L. 4]. T. Kotarbiński [L. 5] wyróżniał klasyfikację rzeczową i klasyfikację logiczną. Klasyfikacją rzeczową albo segregacją nazwał fizyczne, czyli przestrzenne rozdzielenie przedmiotów pewnej klasy (grupy) na zbiorowości pochodne (podklasy). Klasyfikacją logiczną jest natomiast podział zakresów pojęć (nazw).

Przedmiotem typologii są uporządkowanie jedno – lub wielowymiarowe na podstawowe stopniowości cech. W kolejnych uporządkowanych klasach układa się elementy według miary natężenia jakiejś cechy.

Pojęcia typologiczne w odróżnieniu od klasyfikacji pozwalają formułować zdania o przedmiotach różniących się stopniem nasilenia własności

będących podstawą wyróżnienia typów. Podejście typologiczne pozwala na zbudowanie opisowego wzorca typu, co umożliwia klasyfikację w przypadku braku kryteriów wymiarowych empirycznie (np. przez pomiar wartości jakiejś wielkości fizycznej) [L. 4].

Wymienione metody mogą być przydatne w tribologii przy tworzeniu automatycznych systemów informatycznych nazywanych bankami lub bazami danych. Zasadnicze znaczenie metodologiczne przy organizacji danych ma analogia podstawowych zasad i celów systematyzacji, klasyfikacji i typologii jakie można przyjąć przy tworzeniu baz danych w naukach przyrodniczych i tribologii. Można przewidywać powstanie baz danych o systemach i obiektach, którymi interesuje się tribologia zawierających informacje przydatne w ich projektowaniu, wytwarzaniu i eksploatacji. W chwili obecnej istniejące bazy danych nie obejmują wiedzy o tych systemach takiej, jaką można spotkać w piśmiennictwie.

2. Nauki przyrodnicze wytworzyły ogólne koncepcje interpretacyjne, których zastosowanie nie ogranicza się tylko do przyrody ożywionej. Jedną z nich jest behawioryzm.

Behawioryzm, jak pisze K. Zamiara [L. 6] jest kierunkiem w psychologii określanym mianem „psychologii S-R” tj. psychologii układu bodziec – reakcja. Litera „S” oznacza zespół bodźców kształtowanych przez sytuację zewnętrzną (od angielskiego słowa: stimulus – bodziec), zaś litera „R” oznacza reakcję organizmu na owe bodźce (od angielskiego słowa: reaction – reakcja (lub zachowanie)). Formuła „S-R” streszcza cały program naukowy behawioryzmu. Zaleca ona, aby każde zachowanie się człowieka traktować jako reakcję na określony bodziec, aby dla każdego zachowania się człowieka szukać bodźca, który ją wywołał.

O bodźcach i reakcjach twierdzi się, że mają status fizycznych i dających się obserwować stanów rzeczy. Za determinanty zachowania uznaje się wyłącznie bodźce fizyczne działające w aktualnej sytuacji oraz te, które działały na dany organizm uprzednio. Jeśli pod behawiorystyczne pojęcie „bodziec” podłoży się pojęcie „wymuszenie” lub „oddziaływanie” a przez pojęcie „reakcja” rozumieć się będzie wynik tego oddziaływania można zauważyć wystarczającą analogię pozwalającą na zastosowanie proponowanego ujęcia w tribologii.

Analogię pogłębia założenie, że dla metody badawczej możliwej do zaakceptowania w badaniach behawiorystycznych warunkiem zasadniczym jest jej intersubiektywna dostępność. Koncepcja behawiorystyczna do metod naukowych zalicza tylko metody pozwalające na obiektywne sposoby

uzyskiwania danych empirycznych i także kontrolowanie wiedzy będącej ich wynikiem. Obiektywność metody rozumie się jako jej intersubiektywność, przejawiającą się tym, że może się nią posłużyć dowolny badacz, oraz że w każdym przypadku jej zastosowania uzyskuje się takie same (w granicach dopuszczalnego błędu) rezultaty. Wymagania dotyczące intersubiektywności metody badawczej są w tribologii identyczne.

Założenia behawioryzmu mają dla tribologii wiele ważnych konsekwencji. Jedną z nich jest dopuszczenie dwóch wariantów praw naukowych. W pierwszym wariantcie rangę praw naukowych nadaje się jedynie uogólnieniom indukcyjnym tj. ściśle określonym twierdzeniom (w tym także statystycznym), uzyskiwanym przez wnioskowanie indukcyjne z danych empirycznych i w ten sam sposób sprawdzane w doświadczeniu. Stanowią je konstatacje zależności określonego typu reakcji (zmienna zależna) od określonego typu bodźca (zmienna niezależna).

Wariant drugi przyjmuje, że prawem naukowym mogą być zarówno uogólnienia indukcyjne, jak i twierdzenia teoretyczne (zdania sformułowane w kategoriach teoretycznych) nie będące wynikiem wnioskowania indukcyjnego. Zdania te są sprawdzane empirycznie, pośrednio przez testowanie wynikających z nich konsekwencji. Prawa drugiego rodzaju to twierdzenia typu „S-O-R”, w których „O” to termin teoretyczny oznaczający tzw. zmienną pośredniczącą. Konstrukcje takie wyprzedzają praktykę eksperymentalną, stanowiąc dla niej założenia podstawowe.

Wprowadzenie zmiennej pośredniczącej pozwala na rozdzielenie cyklu badawczego „S-R” na etap „S-O” oraz „O-R”. Możliwość taka jest bardzo ważna wtedy, kiedy z przyczyn technicznych nie można podjąć badań bezpośrednio zależności „bodziec – reakcja”.

Behawiorystyczne podejście do badań tribologicznych kryje w sobie wiele innych ciekawych możliwości. Przedstawione zostało jako przykład możliwości adaptacji w tribologii koncepcji metodologicznych i filozoficznych, generowanych w naukach przyrodniczych. Można rozważać takie tribologiczne adaptacje takich teoretycznych ujęć generowanych w naukach przyrodniczych jak ewolucjonizm, determinizm i indeterminizm itp. Być może ich wykorzystanie przyczyni się do sformułowania w tribologii zdań ogólnych, których w dyscyplinie tej jeszcze nadal brakuje.

ZAKOŃCZENIE

Tempo rozwoju nauk przyrodniczych, szczególnie medycznych, a także postęp w nauce o materiałach i procesach technologicznych powodują, że trudno jest przewidywać jakie będą kierunki współdziałania tribologii z tymi naukami. Oto niektóre przykłady najbardziej prawdopodobnych zadań jakie dla aplikacji wiedzy przyrodniczej będzie rozwiązywała tribologia.

1. Badania prowadzone nad bioprądami doprowadzą do powstania sterowanych nimi protez zastępujących utracone lub uszkodzone kończyny. W protezach takich będą stosowane mikroukłady mechaniczne, różnego rodzaju węzły kinematyczne.

W takich układach ważną rolę odgrywać będą: ich funkcjonalność, trwałość i niezawodność. Rozwiązanie związanych z tym problemów będzie wymagało znalezienia odpowiednich materiałów i technologii ich obróbki oraz zapewnienia ich samosmarności, przy zapewnieniu ich wieloletniej trwałości.

Zagadnienia te są w pewnym sensie zbliżone do budowania urządzeń mechanicznych w systemach informatycznych.

2. Można spodziewać się także wykorzystania atrybutów tarcia (przede wszystkim oporu ruchu) w urządzeniach rehabilitacyjnych. Tarcie może być czynnikiem obciążającym w takich urządzeniach, przy czym możliwość sterowania siłą tarcia daje możliwość płynnej regulacji takiego obciążenia i różnicowania go w zależności od potrzeb rehabilitacyjnych w odniesieniu do różnych faz terapii, poszczególnych kończyn, a nawet ich elementów.

3. Rozwijająca się reologia środków smarowych i cieczy chłodząco-smarujących pozwala na coraz lepszy opis zjawisk zachodzących podczas eksploatacji tych substancji. Analogia między właściwościami reologicznymi materiałów eksploatacyjnych a takimiż właściwościami cieczy występujących w organizmach żywych daje możliwość interpretacji tych drugich na podstawie wiedzy o wspólnych modelach reologicznych (np. krew i smary maziste opisywane są tym samym modelem Cassona).

Wymienione tu przykłady ewentualnego rozwoju współdziałania między tribologią a naukami przyrodniczymi nie wyczerpują (jak należy sądzić) wszystkich potencjalnych możliwości poznawczych i aplikacyjnych kontaktów między tymi naukami. Rozwój ten zależy jednak od wzajemnego poznania problemów badawczych i aplikacyjnych przez obie strony ewentualnego partnerstwa.

LITERATURA

1. Leszek W.: Procesy dyferencjacji i integracji wiedzy tribologicznej. Tribologia Nr 3/2003.
2. Manzijj S.F., Mel'nik K.J., Klykov V.I.: Matematicheskoe modelirovanie nazrevshijj etap v izuchenii organov dvizhenija pozvonochnykh. Matematicheskie metody v biologii. „Naukova Dumka”, Kijiw 1977.
3. Mur D.: Osnovy i primenenija triboniki. Wyd. „Mir”, Moskva 1978.
4. Leszek W.: Nieempiryczne procedury badawcze w naukach przyrodniczych i technicznych. Wyd. ITE, Radom 1999.
5. Kotarbiński T.: Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk. Ossolineum, Wrocław 1961.
6. Zamiara K.: Behawioryzm. [w:] Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny. Ossolineum, Wrocław 1987.

Summary

Some problems of cooperation among tribology and biological science are presented in the paper. First part of paper concern interpretation possibility of tribology in selected problems of nature arid medicine. In the second part of article are described the use of biological science research methods in tribological problems.