

**Jan Zbigniew CZAJGUCKI**  
E-mail: [jczaj@wp.pl](mailto:jczaj@wp.pl)

## **Filozoficzno-naukowo-dysertacyjne problemy modelowania i symulacji relacji niezawodnościowych w wieloaspektowych systemach**

### **1 Wstęp**

Celem artykułu jest przedstawienie wyróżnionych problemów modelowania relacji niezawodnościowych w systemach pojmowanych z określonych punktów widzenia, i problemów komputerowej symulacji tych relacji z użyciem ich modeli pozyskanych w rozważanym modelowaniu.

System jest rozumiany jako twór ludzkiej wyobraźni, odnosi się go do określonej rzeczywistości wyodrębnionej według reguł pojmowania systemu, stanowi określoną całość złożoną z elementów i relacji między nimi.

Niezawodność jest jedną z najbardziej istotnych cech obiektów technicznych, w szczególności złożonych, traktowanych jako systemy techniczne, wynikającą z potrzeby realizacji przez nie określonych funkcji, potrzeby szeroko pojętego bezpieczeństwa i z uwarunkowań ekonomicznych. Niezawodność ta jest współzależna z zachowaniem człowieka – jako użytkownika obiektów technicznych, a także wpływa na otoczenie tych obiektów, w szczególności na przyrodę. W artykule przedstawiono syntezę problemów zawodności systemów antropotechnicznych („człowiek – obiekt techniczny”) w kontekście relacji tych systemów z szerszej pojętymi systemami, mianowicie socjoekotechnicznymi („ludzie – obiekty techniczne – przyroda”).

Nauka począwszy od Arystotelesa [1] do Penrose'a [2] zajmuje się zagadnieniami modelowania różnego rodzaju relacji. W odniesieniu do relacji niezawodnościowych modelowanie ma szczególny charakter, mianowicie interdyscyplinarny i systemowy, ze względu na wielopostaciowość rozważanych systemów, a także etyczny ze względu na sens działań w życiu doczesnym.

Opisano system działań modelujących rozważane relacje niezawodnościowe. Scharakteryzowano problemy modelowania i symulacji relacji niezawodnościowych, w szerokim ich rozumieniu, w sensie filozoficznym, naukowym i dysertacyjnym.

### **2 Synteza problemów zawodności systemów antropotechnicznych**

Skutki zawodności systemów antropotechnicznych, to:

- 1) niemożność zrealizowania funkcji – zadań przez obiekty techniczne,
- 2) zagrożenie bezpieczeństwa:
  - systemów antropotechnicznych,

- otoczenia tych systemów: ludzi, obiektów technicznych, innych niż te, których niezawodność jest rozważana, i środowiska przyrodniczego,
- 3) straty ekonomiczne:
- bezpośrednie koszty utrzymania zdatności obiektów technicznych,
  - pośrednie, tzw. straty przestoju uszkodzonych obiektów technicznych i funkcjonalnie z nimi związanych obiektów,
  - rynkowe,
- 4) deprecjacja wartości etycznych.

W problematyce szeroko pojętej niezawodności zorientowanej na rozważane systemy, wyróżnia się problemy: społeczne, techniki i naukowe [3, 4].

Problemy społeczne:

- jak zaspokoić potrzeby społeczne, przy zawodnych systemach antropotechnicznych?
- jak zapewnić szeroko rozumiane bezpieczeństwo przy zawodnych systemach antropotechnicznych?
- jak efektywnie, według ekonomicznych kryteriów, rozporządzać techniką, przy ograniczonej jej niezawodności i zawodności człowieka?
- jak kształcić i wychowywać dzieci, młodzież, w tym studentów, aby naukowcy, inżynierowie, ekonomiści oraz ludzie zajmujący się innymi dziedzinami życia posiadli stosowną wiedzę i umiejętność do rozwiązywania problemów współczesnej cywilizacji, w tym problemów niezawodności systemów antropotechnicznych?

Problemy techniki:

- jaka ma być wymagana, z racji wielu potrzeb, niezawodność obiektów – systemów technicznych?
- jak zaprojektować, a następnie wytworzyć obiekty techniczne o wymaganej niezawodności?
- jak utrzymać wymaganą niezawodność obiektów technicznych w eksploatacji?

Problemy naukowe:

- jak wartościować technikę w świetle potrzeb społecznych, a szerzej w kontekście rozwoju cywilizacji w określonym kierunku, najlepiej wyznaczonym dążnością do najwyższych wartości etycznych?
- jak postulować wymaganą niezawodność obiektów technicznych?
- jak utworzyć system projektowania obiektów technicznych o wymaganej niezawodności?
- jakie stosować technologie wytwarzania obiektów technicznych o wymaganej niezawodności?
- jak powinien przebiegać proces eksploatacji obiektów technicznych, aby utrzymać ich wymaganą niezawodność?

- jak i co badać w zakresie niezawodności systemów antropotechnicznych i socjotechnicznych?
- jak doktoryzować w dziedzinie niezawodności systemów?

Rozwiązywaniu ww. problemów służy tu rozważane modelowanie, stanowi ono istotne ogniwo w systemie metod i środków (wraz z symulacją komputerową) tego rozwiązywania.

### 3. Modelowanie relacji niezawodnościowych

Niezawodnością  $R(t)$  określonego obiektu nazywa się jego zdolność do poprawnego funkcjonowania w określonych warunkach  $\{w\}$  i w ciągu określonego czasu  $t$ . Miarą niezawodności  $R(t)$  obiektu jest zwykle prawdopodobieństwo  $P$  jego nieuszkodzenia  $\bar{U}$  w czasie  $t$  i warunkach  $\{w\}$ , zatem

$$R(t) = P\{\bar{U}(0, t)\}_{\{w\}}. \quad (1)$$

Warunki  $\{w\}$  dzieli się na wewnętrzne  $\{w_w\}$  i zewnętrzne  $\{w_z\}$ . Przykładowo, w odniesieniu do obiektu technicznego, pierwsze  $\{w_w\}$  wyraża się poprzez cechy materiałowe jego elementów, własności postaci konstrukcyjnej, cechy obciążeń, naprężeń i wytrzymałościowe, własności technologii i jakości wytwarzania, cechy procesów fizyczno-chemiczno-biologicznych w nim występujących, właściwości płynów współpracujących z elementami konstrukcyjnymi. Jako warunki zewnętrzne  $\{w_z\}$  występują cechy personelu eksploatującego (użytkującego i obsługującego) obiekt techniczny, właściwości środowiska naturalnego – otoczenia przyrodniczego obiektu technicznego, cechy obciążeń zewnętrznych tego obiektu.

Trwałością  $T$  obiektu jest nazywana jego zdolność do zachowania własności użytkowych w określonych warunkach  $\{w\}$  i w określonym czasie  $t$ .

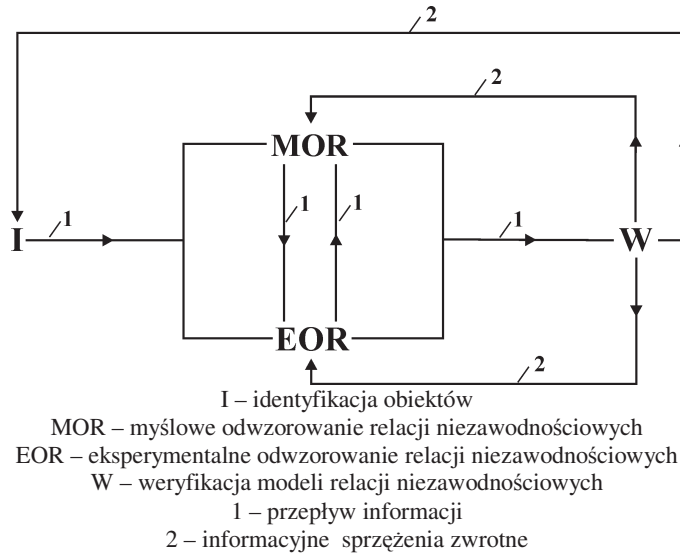
Relacją niezawodnościową nazywamy symbolicznie zapisaną zależność między wielkościami, spośród których co najmniej jedna jest niezawodnością określonego obiektu bądź jest wielkością z tą niezawodnością skojarzoną inną zależnością [5]. Formy wyrażania relacji niezawodnościowych umożliwiające ich wartościowanie mogą być różne, nazywamy je formalnymi modelami relacji niezawodnościowych. Jako formy wyrażania relacji niezawodnościowych wyróżnia się, [5]: z użyciem funktorów logicznych, matematyczne, i te są wielopostaciowe, jednakże mają wspólną własność, mianowicie probabilistyczność, oraz graficzne.

Rodzaje relacji niezawodnościowych:

- przyrodnicze (fizyczne, chemiczne, biologiczne, i ich kombinacje, np. fizyczno-chemiczne),
- szczegółowe spośród przyrodniczych, np. psychologiczne, ekologiczne,
- ekonomiczne.

Cechy relacji niezawodnościowych i ich modeli, to: interdyscyplinarność, systemowość, probabilistyczność oraz ciągłość lub dyskretność.

Ogólny schemat modelowania relacji niezawodnościowych jako systemu wyróżnionych działań przedstawiony jest na rysunku 1, na podstawie [5].



Rys. 1. Schemat systemu modelowania relacji niezawodnościowych

Fig.1. Diagram of the system of reliability relations modelling

Identyfikacja (**I**) obiektów, to identyfikacja cech obiektów w rozważanych systemach, oraz cech procesów występujących w tych systemach. Myślowe odwzorowanie relacji niezawodnościowych (**MOR**) stanowi hipotetyczno-dedukcyjne rozumowanie kojarzące związki między wyróżnionymi cechami spośród cech identyfikacji obiektów. Eksperymentalne odwzorowanie relacji niezawodnościowych (**EOR**), to modelowe (w laboratorium) i rzeczywiste (w warunkach rzeczywistych) badania określonych relacji w rozważanych systemach. Myślowe i eksperymentalne odwzorowanie relacji niezawodnościowych stanowi tworzenie modeli tych relacji. Weryfikacja (**W**) utworzonych modeli relacji niezawodnościowych polega na sprawdzaniu relatywności tych modeli do realiów, drogą myślową lub eksperymentu, ale inną niż ta, którą dokonano utworzenia tych modeli.

Modelowanie rozważanych relacji niezawodnościowych, w wyróżnianych systemach, powinno odbywać się zgodnie z niżej wymienionymi zasadami [5], mianowicie:

- 1) zasada zgodności modelowania relacji niezawodnościowych z prawami natury, zwanymi prawami nauk przyrodniczych, w szczególności z prawami fizyki, chemii i biologii, i z prawami innych nauk, niż przyrodnicze, np. ekonomii,
- 2) zasada inferencyjnego wynikania, tzn. zgodnego z regułami logiki, w rozważanym modelowaniu,
- 3) zasada relatywności matematycznych form wyrażania relacji niezawodnościowych do powyższych zasad,
- 4) zasada systemowego modelowania rozważanych relacji,

- 5) zasada relatywności modeli relacji niezawodnościowych do potrzeb realizacji celów poznawczych i użytkowych.

Szczegółowe omówienie powyższych zasad jest podane w [5].

Wyróżnia się następujące relacje niezawodnościowe: relacje między realizacjami trwałości elementów a ich niezawodnościami; relacje między niezawodnościami elementów a niezawodnością określonego obiektu technicznego; relacje między wymaganą niezawodnością obiektu technicznego a projektowanymi niezawodnościami jego elementów składowych; relacje między projektowanymi niezawodnościami elementów a ich projektowanymi przeciętnymi trwałościami; relacje między cechami procesów powodujących uszkodzenia elementów a ich przeciętnymi trwałościami; relacje między niezawodnościami określonych elementów a czasami (okresami) ich użytkowania do profilaktycznych wymian. Te wyróżnione, i dalsze relacje niezawodnościowe oraz ich modele są podane, m.in. w [5-9]. Przykład systemu działań modelujących relacje niezawodnościowe w projektowaniu złożonych systemów technicznych oraz przykładowe wyniki, w postaci wykresów relacji, komputerowej symulacji określonych relacji podane są w [10]. Osobną kwestią są relacje w systemach antropotechnicznych i socjotechnicznych, takie jak relacje między cechami człowieka a jego niezawodnością, relacje między niezawodnością systemów antropotechnicznych a właściwościami ich otoczenia, relacje między zawodnością systemów antropotechnicznych a ekonomicznymi skutkami tej zawodności. Tym zagadnieniom poświęcone są, m.in. prace [11-14] i tam cytowane. Szczególną uwagę zwraca się na przyczynowo-skutkowość relacji niezawodnościowych wyrażoną w [14], jako istotną cechę rozważań niezawodnościowych w odniesieniu do wszelkich obiektów.

Istotną kwestią jest takie modelowanie, aby pozyskiwać wiarygodne modele rozważanych relacji, sensu stricto procesów związanych z niezawodnością systemów. Symulacja jest sposobem odwzorowywania tych relacji, a jej wiarygodność jest ściśle związana z modelami relacji. W szczególności w projektowaniu obiektów technicznych komputerowa symulacja niezawodnościowa ma duże znaczenie praktyczne w tworzeniu niezawodnych obiektów, a dokładnie obiektów o wymaganej, ze względu na określone potrzeby, niezawodności.

Systemowo-interdyscyplinarne ujęcie modelowania procesów w obiektach technicznych i ich otoczeniu, a w tym stosownych relacji jest podane w [15], z cytowaniem 73 pozycji literatury.

#### 4 Ogólna charakterystyka problemów modelowania rozważanych relacji

Problemy modelowania rozważanych relacji są następujące.

- 1) Problem identyfikacji cech procesów występujących w rozważanych systemach, antropotechnicznych i socjotechnicznych. Sprowadza się on do znajomości tych procesów i wyróżnienia istotnych ich cech w aspekcie niezawodności systemów antropotechnicznych i zagrożeń względem systemów socjotechnicznych.
- 2) Problem myślowego kreowania określonych relacji niezawodnościowych, w szczególności w aspekcie przyczynowo-skutkowym.

- 3) Problem eksperymentowania modelowego i rzeczywistego w celu pozyskania modeli wyróżnionych relacji niezawodnościowych.
- 4) Problem weryfikacji modeli relacji niezawodnościowych, najtrafniej na innej drodze, niż te modele powstały.

Te, ww., problemy są spójne i tworzą system problemów tu rozważanych. Z kolei z tymi problemami wiążą się następujące zagadnienia – problemy.

Problem nauki o niezawodności systemów antropotechnicznych i o ich relacjach z systemami socjotechnicznymi. W tym umieszcza się również problem kształcenia studentów, przyszłych inżynierów, doktryzowania i doksztalcania inżynierów w zakresie niezawodności określonych obiektów w szeroko pojętych obszarach, tzn. w wartościowaniu techniki, w projektowaniu, wytwarzaniu i eksploatacji obiektów technicznych oraz w stosownych ku temu badaniach.

Problem badań niezawodnościowych odwzorowujących uszkodzenia elementów rozważanych systemów, ale wraz z identyfikacją warunków, w których te uszkodzenia zachodzą. Zwraca się tu uwagę na badania, które wiążą się z cechami fizyczno-chemiczno-biologicznych procesów. Zarówno klasyczne badania niezawodności elementów, powinny zachodzić przy znajomości warunków – cech określonych procesów, jak i sensu stricto badania procesów, w tym destrukcyjnych, obejmują ich cechy.

Prowadzenie wspomnianych badań wiąże się z nauką o niezawodności systemów technicznych, w szerszym sensie, nie tylko opartej na probabilistycznej teorii niezawodności, ale także na probabilistyczno-fizycznej teorii niezawodności, w rozumieniu [3]. Jest to szerokie zagadnienie, odnoszę je do cytowanej bibliografii w [3], 92 pozycje. Zachodzi potrzeba utworzenia jednej spójnej teorii niezawodności [12]. W pracy [12] występuje także rozdział o integracji nauki o niezawodności, o stanie tej integracji, potrzebie i postępach. Zwraca się tu również uwagę na rozwój diagnostyki, nauki o bezpieczeństwie, tribologii, nauki o zmęczeniu materiałów, eksploatyki, co stanowi dobrą przesłankę do przyszłej integracji tych poszczególnych dyscyplin w obszarze nauki o niezawodności. Do tego obszaru zalicza się również biologię, w szczególności dotyczącą niezawodności człowieka, neurofizjologię, psychologię, także nauki społeczne, ekonomię, prawo, socjologię, i nie tylko, ekologię i inne. Ta potrzeba jedności i integracji nauki w ogóle, leży u podstaw filozofii nauki, współczesnej fizyki, wyrażona chociażby w [16]. Istotną rolę we wspomnianej integracji nauki o niezawodności spełnia teoria systemów i cybernetyka, także teoria sterowania i teoria optymalizacji. Oto kilka pozycji bibliografii nawiązujących do wyżej poruszanych kwestii w obszarze nauki o niezawodności, wskazujących na możliwości ich rozwiązywania, a jednocześnie wykorzystywania wyników w praktycznym działaniu na rzecz niezawodności systemów antropotechnicznych. Są to następujące prace, wraz z cytowanymi w przywołanych pracach, [17–21].

Problem diagnozowania pośredniego (symptomowego) i bezpośredniego, permanentnego i okresowego, stanów fizyczno-chemiczno-biologicznych w rozważanych systemach, w tym problem miar uszkodzeń elementów tych systemów.

Problem uwzględniania ekonomii relatywnej do tworzenia (wartościowania, projektowania i wytwarzania) obiektów technicznych i do ich eksploatacji, a w tym

w szczególności do ekonomicznych skutków zawodności systemów antropotechnicznych, wraz ze stratami przestojowymi obiektów technicznych i z nimi związanych obiektów.

Problem skutków ekologicznych – zagrożeń przyrody, przy zawodnych systemach antropotechnicznych.

Problem znajomości związków przyczynowo-skutkowych między określonymi zdarzeniami, zjawiskami i procesami, i modeli tych związków, w obszarze niezawodności rozważanych systemów. Znajomość tych związków, stanowi klucz do rozwiązywania wszystkich problemów niezawodności systemów antropotechnicznych i socjoekotechnicznych. To zagadnienie zostało przez autora przedstawione w pracy [14], z przywołaniem 40 pozycji bibliografii. Zwraca się uwagę na [16] tu i tam cytowaną, a dotyczącą m.in., tzw. emergencji, tzn. „*niemożliwości wyznaczenia pewnej wielkości, związanej z łącznym skutkiem działających razem przyczyn ...*” – w sensie Milla. W podsumowaniu pracy [14], m.in. podaje się, że „*drogą do wyjaśniania – poznania relacji przyczynowo-skutkowych jest ich przyrodnicza (fizyczno-chemiczno-biologiczna) wykładnia ...*”. Podaje się też postępowanie odnośnie do tego poznania, i w tym zakresie istotną rolę odgrywa logika, także wielowartościowa. Podstawą do rozwoju tej istotnej gałęzi, modeli związków przyczynowo-skutkowych, nauki, w szczególności nauki o niezawodności, są dzieła A. Tarskiego, T. Kotarbińskiego, J. M. Bocheńskiego, K. R. Poppera, I. Lakatosa, m.in. [22–26], i nie tylko te; w światowej literaturze jest dzieł tym podobnych wiele.

Generalnie powyższe problemy stanowią system problemów zwany superproblemem modelowania rozważanych relacji niezawodnościowych.

Rozwiązywaniu wyróżnionych problemów służy tu rozważane modelowanie, stanowi ono istotne ogniwo w systemie metod i środków tego rozwiązywania.

Problemy komputerowej symulacji niezawodnościowej w zasadzie nie występują, pod warunkiem, że dysponujemy stosownymi do potrzeb i wiarygodnymi modelami określonych relacji niezawodnościowych. Są dostępne programy wspomagające komputerową symulację niezawodnościową. Natomiast zachodzi potrzeba tworzenia własnych programów, z wykorzystaniem dostępnych programów jako modułów programów własnych, na podstawie utworzonych algorytmów w określonym celu, z użyciem stosownych modeli relacji niezawodnościowych. Można powiedzieć, że problem symulacji relacji niezawodnościowych to problem modelowania tych relacji. Ponadto istnieje problem pozyskania i wyboru modeli relacji niezawodnościowych, z dostępnych źródeł, do określonego celu komputerowej symulacji niezawodnościowej.

Kolejnym wyróżnianym problemem jest problem etyki podmiotów działających na rzecz niezawodności wziętych pod rozwagę systemów.

Problemy modelowania rozważanych relacji, w aspekcie rozpraw doktorskich, to:

- problem znajomości podstawowych dyscyplin naukowych odnoszących się do procesów występujących w antropotechnicznych i socjoekotechnicznych systemach, w szczególności do procesów destrukcyjnych w tych systemach,
- problem umiejętności probabilistycznego wyrażania się o niezawodności rozważanych systemów,

- problem znajomości podstaw logiki,
- problem umiejętności systemowego traktowania rzeczy.

Korzyści z pozyskania stopnia doktora nauk technicznych:

- wiedza i umiejętność rozwiązywania problemów niezawodności określonych obiektów technicznych w ich projektowaniu, wytwarzaniu i eksploatacji (użytkowaniu, utrzymaniu zdatności i likwidacji), oraz problemów niezawodności systemów antropotechnicznych,
- możliwość zatrudnienia w instytucjach o wysokich standardach kształcenia, projektowania, technologii wytwarzania, bezpiecznej i efektywnej, ekonomicznie uzasadnionej, eksploatacji obiektów technicznych.

## 5 Podsumowanie

Z przedstawionego obrazu rozważanego modelowania i problemów z nim związanych można sformułować następujące wnioski, jednocześnie postulaty, względem potrzeb poznawczych i użytkowych rozwiązywania określonych problemów szeroko pojętej niezawodności różnych systemów.

1. Droga ku rozwiązaniu wskazanych problemów niezawodności określonych systemów jest interdyscyplinarna, systemowa i etyczna.

2. Rozprawy doktorskie, w powyższym zakresie, wyrażają poznanie wybranych fragmentów rzeczywistości i wskazują na umiejętność rozwiązywania problemów naukowo-technicznych, tu określonych. Jeśli temu towarzyszy właściwa motywacja, to dalsze postępowanie odnoszące się do procesu doktoryzowania, w określonym zakresie, jest możliwe do realizacji, uwzględniając przy tym dobre obyczaje w nauce polskiej [27].

Niech cytat, z tej ostatniej pracy [27], stanowi zakończenie tego referatu, mianowicie: „*Wolność nauki sprowadza się do wolności wyboru problematyki, wolności wyboru metody rozwiązania, a przede wszystkim wolności myśli i wolności głoszonego słowa.*”

## Literatura

1. Tatarkiewicz W.: *Układ pojęć w filozofii Arystotelesa*. PWN Warszawa 1978
2. Penrose R.: *Cienie umysłu. Poszukiwanie naukowej teorii świadomości*. Wyd. Zysk i S-ka, Poznań 2000
3. Czajgucki J.Z.: *Synteza teorii niezawodności a rozwiązywanie problemów zawodności obiektów technicznych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 1(125), s. 45-58, 2001
4. Czajgucki J.Z.: *Synteza problemów projektowania technicznych systemów energetycznych o wymaganej niezawodności*. Materiały XXXV Zimowej Szkoły Niezawodności „Problemy Niezawodności Systemów”, PAN, Szczyrk 2007, Wyd. ITE-PIB, Radom 2007, s. 157-165
5. Czajgucki J.Z.: *Zasady modelowania relacji niezawodnościowych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 1(137), s. 19-35, 2004
6. Czajgucki J.Z.: *Niezawodność spalinowych siłowni okrętowych*. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1984
7. Czajgucki J.Z., Ziemia S.: *Systemowe ujęcie trwałości kadłubów statków morskich*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 3( 95), s. 247-259, 1993



8. Czajgucki J.Z.: *Synteza teorii niezawodności a rozwiązywanie problemów zawodności obiektów technicznych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 1(125), s. 45-58, 2001
9. Czajgucki J.Z.: *The Models of Designed Reliabilities of Technical Elements*. Proceedings of The 5<sup>th</sup> International Seminar and Workshop EDIPROD'2006 on Design Methods for Practice, Zielona Góra 2006, University of Zielona Góra 2006, pp 189-192.
10. Czajgucki J.Z.: *Modelowanie relacji niezawodnościowych w złożonych systemach technicznych w procesie ich projektowania*. Materiały III Szkoły Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 1999, WAT Warszawa 1999, s. 675-684
11. Czajgucki J.Z.: *Filozoficzne aspekty działalności na rzecz niezawodności obiektów technicznych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 4(124) 2000, s. 35-51
12. Czajgucki J.Z.: *Jedność i integracja nauki o niezawodności obiektów technicznych, antropotechnicznych i socjoekotechnicznych*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 2 (126) 2001, s. 61-68
13. Czajgucki J.Z., Ziemia S.: *Utrzymanie ruchu a niezawodność i bezpieczeństwo statku morskiego*. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 4(88) 1991, s. 459-467
14. Czajgucki J.Z.: *Relacje przyczynowo-skutkowe w nauce o niezawodności systemów socjoekotechnicznych w ujęciu filozoficzno-naukowo-przyrodniczym*. Materiały XXXIII Zimowej Szkoły Niezawodności „Metody Badań Przyczyn i Skutków Uszkodzeń”, PAN, Szczyrk 2005, Wyd. ITE Radom 2005, s. 94-105
15. Czajgucki J.Z.: *Systemowo-interdyscyplinarne ujęcie modelowania procesów w obiektach technicznych i ich otoczeniu w aspekcie trwałości i niezawodności tych obiektów*. Problemy Eksploatacji, 4/2005, s. 17-26
16. Strawiński W.: *Jedność nauki, redukcja, emergencja*. Fundacja Aletheia Warszawa 1997
17. Cempel C.: *Nowoczesne zagadnienia metodologii i filozofii badań*. Wydawnictwo ITE Radom 2003
18. Leszek W., Wojciechowicz B., Zwierzycki W.: *Metodologia generowania i realizacji programów badawczych w nauce o eksploatacji obiektów technicznych*. Wydawnictwo ITE Radom 2004
19. *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*. Praca zbiorowa pod redakcją W. Findeisena. PWN Warszawa 1985
20. *Inżynieria diagnostyki maszyn*. Praca zbiorowa pod redakcją B. Żółtowskiego i C. Cempla., Polskie Towarzystwo Diagnostyki Technicznej. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji PIB Radom 2004
21. *Ekonomiczna wycena środowiska przyrodniczego*. Praca zbiorowa pod redakcją G. Andersona i J. Śleszyńskiego. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko Białystok 1996
22. Tarski A.: *Pisma logiczno-filozoficzne. Tom 1. Prawda*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1995
23. Kotarbiński T.: *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*. Ossolineum Wrocław 1990
24. Bocheński J. M.: *Logika i filozofia*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1993
25. Popper K. R.: *Logika odkrycia naukowego*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2002

26. Lakatos I.: *Pisma z filozofii nauk empirycznych*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1995
27. Polska Akademia Nauk, Komitet Etyki w Nauce, *Dobre obyczaje w nauce. Zbiór zasad i wytycznych*. Warszawa 2001

### Streszczenie

W artykule sformułowano rozważane problemy modelowania i symulacji relacji niezawodnościowych. Modelowaniem relacji niezawodnościowych nazywamy identyfikację systemów, tworzenie modeli relacji niezawodnościowych i weryfikację tych modeli. Tworzenie modeli relacji niezawodnościowych stanowi myślowe odwzorowanie relacji niezawodnościowych i eksperymentalne odwzorowanie (symulacja i badania) relacji niezawodnościowych.

Wskazano drogę postępowania w modelowaniu relacji niezawodnościowych według sformułowanych zasad. Wskazano także na użyteczność rozważanego modelowania relatywnie do tych zasad.

## **Philosophical, Scientific and Dissertation Problems of Modelling and Simulation of Reliability Relations in Multi-faceted Systems**

### Summary

In this paper, considered problems of modelling and simulation of reliability relations are formulated.

We call modelling of reliability relations the identification of systems, the creation of models of reliability relations and the verification of these models. The creation of models of reliability relations is a mental expression of reliability relations and an experimental expression (simulation and investigation) of reliability relations.

The proceeding course in modelling of reliability relations according to formulated basic principles is shown. The utility of considered modelling in relation to these principles is also pointed out.