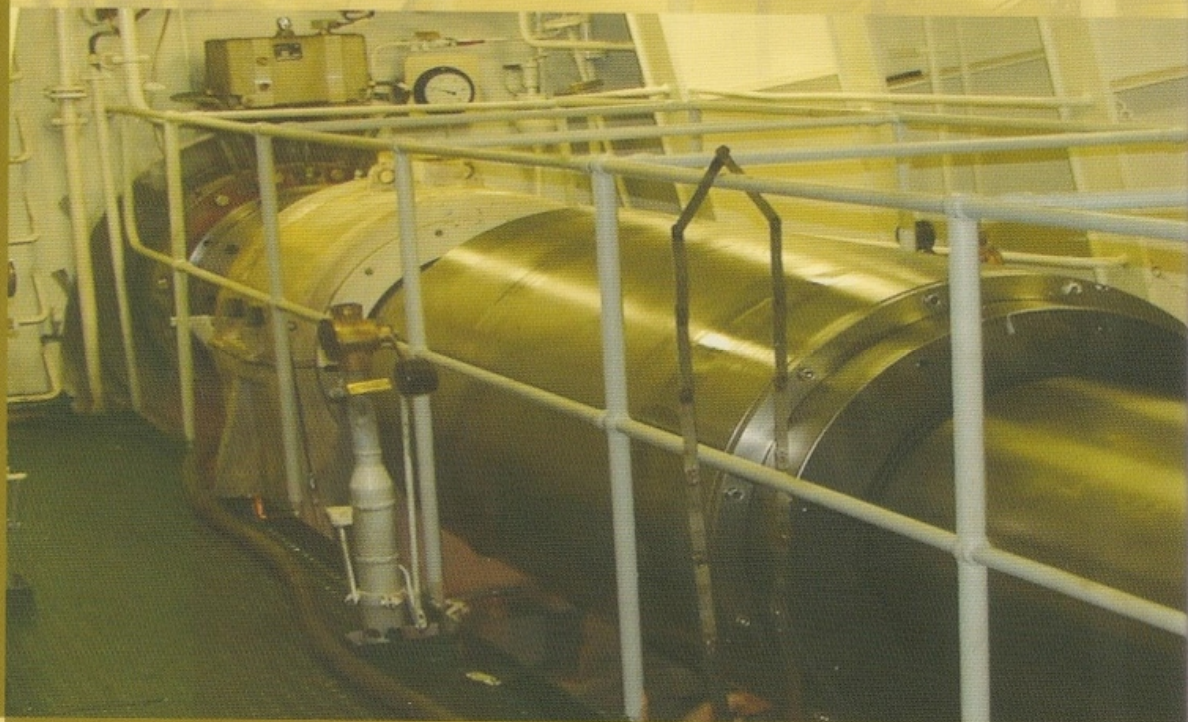


Leszek CHYBOWSKI

**STUDIA
I
ROZPRAWY**

**Ważność elementów
w strukturze złożonych
systemów technicznych**



Leszek CHYBOWSKI

Ważność elementów w strukturze złożonych systemów technicznych

Szczecin 2014

Leszek Chybowski

Ważność elementów w strukturze złożonych systemów technicznych

Autor jest pracownikiem
Akademii Morskiej w Szczecinie



Wydanie dofinansowane przez Narodowe Centrum Nauki. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań finansowanych w ramach Grantu NCN 2011/01/D/ST8/07827 pt. „Analiza ważności elementów w strukturze niezawodnościowej złożonych systemów technicznych na przykładzie siłowni okrętowej”.

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Maciej WOROPAY**, em. prof. zw. ITWL w Warszawie
Piotr D. Moncarz, Ph.D., P.E., S.C.P.M., Consulting Professor,
Stanford University

Monograficzna seria wydawnicza Biblioteka Problemów Eksploatacji
Redaktor naukowy: **prof. dr hab. inż. Adam MAZURKIEWICZ**

© Copyright by Leszek Chybowski, Szczecin 2014

ISBN 978-83-7789-309-8

Wydanie I. Nakład 100 egz. Format B5. Ark. wyd. 14,5

Projekt okładki: Iwona Nitek

Opracowanie wydawnicze: Iwona Nitek, Joanna Fundowicz



2502

Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB
26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, tel. centr. (48) 364-42-41, fax (48) 364-47-65
e-mail: instytut@itee.radom.pl <http://www.itee.radom.pl>

SPIS TREŚCI

Od Autora	7
Wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń	9
Ważniejsze terminy użyte w pracy	15
Wstęp	17
Obiekt analizy	21
Cel i zakres pracy	23
1. System i jego struktura.....	31
1.1. Analiza systemowa	35
1.2. Matematyczne modelowanie struktury niezawodnościowej	37
1.3. Podstawowe miary niezawodności i gotowości	40
1.4. Graficzne modele struktury niezawodnościowej	44
1.5. Podstawowe struktury niezawodnościowe systemów technicznych.....	53
2. Metastruktury niezawodnościowe.....	65
2.1. Modelowanie zmiany struktury w metodzie FTA.....	65
2.2. Wektor zdarzeń zewnętrznych	67
2.3. Modelowanie rezerwowania na płaszczyźnie zespolonej	78
3. Niezawodnościowa ocena ważności elementów	91
3.1. Jakościowe miary ważności elementów.....	93
3.2. Analityczne ilościowe miary ważności elementów	104
3.3. Symulacyjne ilościowe miary ważności elementów	119
4. Ekonomiczne aspekty w ocenie ważności elementów	125
4.1. Ekonomiczne miary ważności.....	125
4.2. Wskaźniki kosztów eksploatacji systemu	126
5. Jakościowo-ilościowa ocena ważności elementów CTS	133
5.1. Globalna funkcja ważności	133
5.2. Jedno- i wielokryterialne modelowanie bezpieczeństwa.....	137

5.3. Analiza ważności elementów z wykorzystaniem metody analitycznego procesu hierarchicznego.....	140
5.4. Wielokryterialna analiza ważności instalacji okrętowej	144
5.5. Ważność elementów w aspekcie niezawodności	146
5.6. Ważność elementów w aspekcie bezpieczeństwa.....	147
5.7. Ważność elementów w aspekcie kosztów eksploatacji.....	148
5.8. Zagregowana ważność elementów systemu.....	150
Zakończenie	155
Bibliografia	159
Załączniki.....	167
Wykaz rysunków i fotografii	189
Wykaz tabel	194
Streszczenie	196
Abstract.....	197

WAŻNOŚĆ ELEMENTÓW W STRUKTURZE ZŁOŻONYCH SYSTEMÓW TECHNICZNYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono syntezę zagadnień oceny ważności elementów złożonych systemów technicznych na przykładzie siłowni okrętowej statku morskiego. Dokonano krytycznej oceny aktualnych osiągnięć naukowych w tej dziedzinie. Przybliżono problemy związane z modelowaniem struktury niezawodnościowej złożonych systemów technicznych oraz praktycznym zastosowaniem znanych w teorii niezawodności miar opisujących tolerancję systemu na proces powstawania uszkodzeń jego elementów.

Omówiono zagadnienia związane z modelowaniem struktury niezawodnościowej systemów. Zaproponowano wykorzystanie autorskich metod modelowania zmiany struktury niezawodnościowej systemów w czasie ich eksploatacji poprzez wykorzystanie wektora zdarzeń zewnętrznych oraz zastosowanie płaszczyzny liczb zespolonych dla analizy rezerwowania strukturalnego elementów systemu. Przedstawiono metody i miary wielokryterialnej oceny ważności elementów złożonych systemów technicznych.

Szczegółowo opisano wraz z przykładami obliczeniowymi jakościowe i ilościowe metody oceny ważności elementów systemów technicznych. Omówiono analityczne i symulacyjne niezawodnościowe i ekonomiczne miary ważności. Przedstawiono autorską metodykę oceny ważności opartą na opiniach eksperckich i metodach teorii podejmowania decyzji. Przeprowadzono wielokryterialną analizę ważności bazującą na hierarchicznym procesie decyzyjnym.

Egzemplifikacji metod dokonano z wykorzystaniem wybranych podsystemów siłowni okrętowej statku. Porównano rankingi ważności uzyskane w oparciu o różne miary i kryteria. Pracę zamyka podsumowanie wraz z nakreśleniem kierunków dalszych badań w przedmiotowej tematyce.

COMPONENTS IMPORTANCE ANALYSIS IN COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Abstract

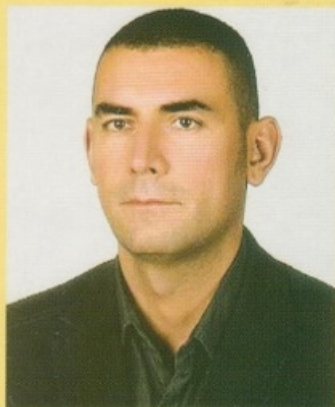
The book presents a synthesis of different aspects connected with the importance analysis of Complex Technical Systems (CTS) components applied to a marine system (ship engine room). A critical evaluation of present scientific achievements in this area has been made. Problems connected with modelling the CTS reliability structure have been shown together with a practical application of measures recognised in reliability theory, which describe the system tolerance with relation to the process of components failures initiation.

Aspects relating to modelling the system reliability structure have been demonstrated. An application of original methods has been proposed to model a change of the systems reliability structure during their operation by means of an external event vector and complex number plane in order to analyse the structural redundancy of system components. Methods and measures for multi-criteria importance analysis of CTS components have been shown.

Quantitative and qualitative methods of CTS importance analysis have been described in detail with examples. Analytical and simulation reliability and cost effectiveness importance measures have been discussed. An original methodology of importance analysis has been presented based on expert opinions and decision-making methods. A multi-criteria analysis of components importance has been made based on a hierarchical structure of a decision making process.

An exemplification of methods has been provided by means of selected ship engine room subsystems. Importance rankings have been compared in terms of different measures and criteria. The book has been summarised indicating directions for further research in the subject matter.

Dr inż. II of. mech. okr. **Leszek Chybowski** jest absolwentem Wydziału Mechanicznego Wyższej Szkoły Morskiej w Szczecinie. Od 2005 roku pracuje w Instytucie Eksploatacji Siłowni Okrętowych w Akademii Morskiej w Szczecinie.



Zajmuje się badaniami z zakresu niezawodności, bezpieczeństwa i oceny stanu systemów technicznych, w tym głównie efektywnej eksploatacji układów energetycznych w aspekcie profilaktyki uszkodzeń, ochrony środowiska i optymalizacji zużycia energii.

Posiada wieloletnie doświadczenie w pracy na morzu jako oficer mechanik okrętowy w siłowniach wielozadaniowych statków oceanotechnicznych, statków do badań sejsmicznych oraz masowców i kontenerowców.

Opracował nową metodykę oceny ważności elementów w strukturze niezawodnościowej złożonych systemów technicznych. Jest autorem lub współautorem licznych polskich i zagranicznych publikacji naukowych. Wyniki jego badań zostały zaprezentowane na kilkudziesięciu międzynarodowych konferencjach naukowych.

Jako ekspert oceniający Komisji Europejskiej oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju opiniował kilkadziesiąt międzynarodowych i krajowych projektów B+R. Jest recenzentem czasopisma „International Journal of Materials and Product Technology”.

Prowadzi zajęcia dla studentów Akademii Morskiej w Szczecinie oraz dla uczniów Politechnicznej Szkoły Morskiej w Szczecinie. Jest promotorem kilkudziesięciu prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich

Symbolem niezawodności i bezpieczeństwa systemu złożonego z wielu elementów/podzespołów stat się tańcuch, który jest tak trwały, jak jego najstabsze ogniwo. Ten jednak model coraz rzadziej odpowiada rzeczywistości dzisiejszych urządzeń, gdzie elementy tworzące całość połączone są nie szeregowo, lecz tworzą złożoną wielofunkcyjną strukturę. Dodatkowo, często zachodzi sytuacja taka, że po uwzględnieniu różnych kryteriów oceny nie zawsze słabe ogniwa są elementami najistotniejszymi dla utrzymania odpowiedniej jakości procesu eksploatacji. Książka dra inż. Leszka Chybowskiego znakomicie przybliży ten temat, używając praktycznej kanwy systemu napędowego statku morskiego.

Piotr D. Moncarz, Ph.D., P.E., S.C.P.M., F.ASCE
Consulting Professor, Stanford University
Principal Engineer, Exponent

Przedstawione w pracy metody wyznaczania ważności elementów systemu stanowią bardzo wygodne narzędzie do sterowania poziomem niezawodności statków morskich na etapie projektowania, wytwarzania i eksploatacji.

Ujęcie systemowe problemu umożliwia zastosowanie opisanych metod do innych złożonych systemów technicznych, dla których kryterium bezpieczeństwa jest kryterium nadrzędnym.

prof. dr hab. inż. Maciej Woropay
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych

ISBN 978-83-7789-309-8