



МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ХИДРОПНЕВМАТИЧНАТА СИТЕМА НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

Владимир Бояджиев
vboyadjiev@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
София, ул. "Гео Милев" 158,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: моделиране, надеждност, хидропневматична част, граф, сложен технически обект

Резюме: Настоящият доклад е посветен на изследване на възможностите за моделиране на експлоатационната надеждност на сложни технически обекти и комплектуващите ги системи. Като типичен сложен технически обект е разглеждана стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление. Конкретното изследване е посветено на хидропневматичната комплектуваща система. За изграждането на модела на експлоатационната надеждност е използван инструментариумът на теорията на графите. Той дава възможност за включването в един модел едновременно на експлоатационни откази с различен характер на проявление. Систематизирани са факторите и процесите, които влияят на експлоатационната надеждност и работната ефективност на разглеждания обект. Построяването на надеждностен модел на разглежданата комплектуваща система чрез изграждането на граф дава възможност за последващо изграждане на цялостен модел на експлоатационната надеждност и работната ефективност на целия сложен технически обект – една принципно нелека задача. Освен това моделирането чрез граф дава възможност за последващо прилагане на целия инструментариум на теорията на графите. Предложеният подход дава възможност за изграждане на модели на експлоатационната надеждност и работната ефективност за различни нива от йерархичната структура на сложните технически обекти

1. Увод

Изграждането на обобщен модел на експлоатационната надеждност на сложен технически обект е процес, който се сблъсква с трудности от принципно естество. Основната трудност представлява голямото разнообразие на механизмите на възникване и протичане на отказите. Поради това обикновено изследователите избягват цялостното решаване на проблема и правят компромиси от различно естество при това надеждностно моделиране. Немалко изследвания за изграждане на надеждностни модели са посветени само на обособена част от сложния технически обект, например – софтуера [1, 2], или са посветени на конкретен обект [3, 4, 5, 6], или прилагат формален

математически подход [7], или са посветени на конкретни проблеми [8]. Общото между всички тези разнородни компромиси е това, че се изграждат частични модели в зависимост от спецификата на конкретната поставена задача за разрешаване. Разбира се, така се губят потенциалните ползи от цялостното моделиране на надеждността на поведението на сложните технически обекти. Те са основно по направление на отчитане на взаимовръзките между факторите и процесите, влияещи на надеждността на обектите в тяхната цялост. Т.е. частичното моделиране е по необходимост основният инструмент по отношение на експлоатационната надеждност и работната ефективност на сложните технически обекти.

На този фон в настоящия доклад като инструмент за създаването на цялостен надеждностен модел се използва теорията на графите. Чрез построяването на граф се търси възможност за включване в един модел на цялата палитра от експлоатационни откази, която в рамките на един сложен технически обект се отличава със сравнително голямо разнообразие.

Разработването на цялостен модел на експлоатационната надеждност на сложен технически обект е извън възможностите за реализация в рамките на един доклад. За това се налага да бъде направен временен компромис - моделът се разлага на части (комплектуващите части на сложния технически обект) с цел в последствие тези части да бъдат обединени. Обект на изследването в настоящия доклад е хидропневматичната система на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление, която е типичен сложен технически обект.

2. Методика – основни моменти

Изследвана е стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление малък типоразмер, родно производство, по-специално хидропневматичната ѝ система. Периодът на наблюдение обхваща около 1400 часа работа по управляваща програма.

В качеството на надеждностен модел на тази комплектуваща система ще синтезираме граф $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$. Нето ще дефинираме по следния начин:

- множеството върхове на графа $V_{ХПС}$ са комплектуващите системи на разглеждания модел машина. За конкретния разглеждан модел машина структурата ѝ е съставена от 14 комплектуващи системи;

- множеството ребра на графа $E_{ХПС}$ са факторите и процесите, оказващи влияние на експлоатационната надеждност на изследвания обект. Целесъобразно е тези фактори и процеси да бъдат систематизирани в три групи:

= обусловени от външни за машината фактори, включително човека;

= обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи;

= обусловени от вътрешни за комплектуващата система фактори.

Целесъобразно е в началото на изследването да бъде направена класификация на тези фактори и процеси. Тук конкретно са фиксирани 14 такива, отнесени в една или повече от горепосочените групи.

3. Построяване на графа $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$

Да определим върховете $V_{ХПС}$ на графа $G_{ХПС}$.

Структурната надеждностна схема на разглежданата металорежеща машина с цифрово-програмно управление съдържа следните комплектуващи системи:

- 1) цифрово-програмно управление (ЦПУ);
- 2) припасваща част (ПЧ);
- 3) главно задвижване (ГЗ);
- 4) подавателно задвижване по ос X (ПЗ X);
- 5) подавателно задвижване по ос Z (ПЗ Z);

- 6) главен превод (ГП);
- 7) подавателен превод по ос X (ПП X);
- 8) подавателен превод по ос Z (ПП Z);
- 9) хидропневматична система (ХПС);
- 10) система за импулсно дозаторно мазане;
- 11) система за автоматична смяна на инструмента (АСИ);
- 12) електрически вериги (ЕВ);
- 13) система за смазочно-охладителна течност (СОТ);
- 14) система за затягане на детайла (ЗД).

Това са върховете $V_{ХПС}$ на графа $G_{ХПС}$.

Да определим ребрата $E_{ХПС}$ на графа $G_{ХПС}$.

Всяка от горепосочените три групи фактори и процеси съдържа следните елементи:

- външни за машината фактори и процеси, включително човека:
 - = D – въздействие на прах;
 - = V – въздействие на вибрации;
 - = M – въздействие на влага;

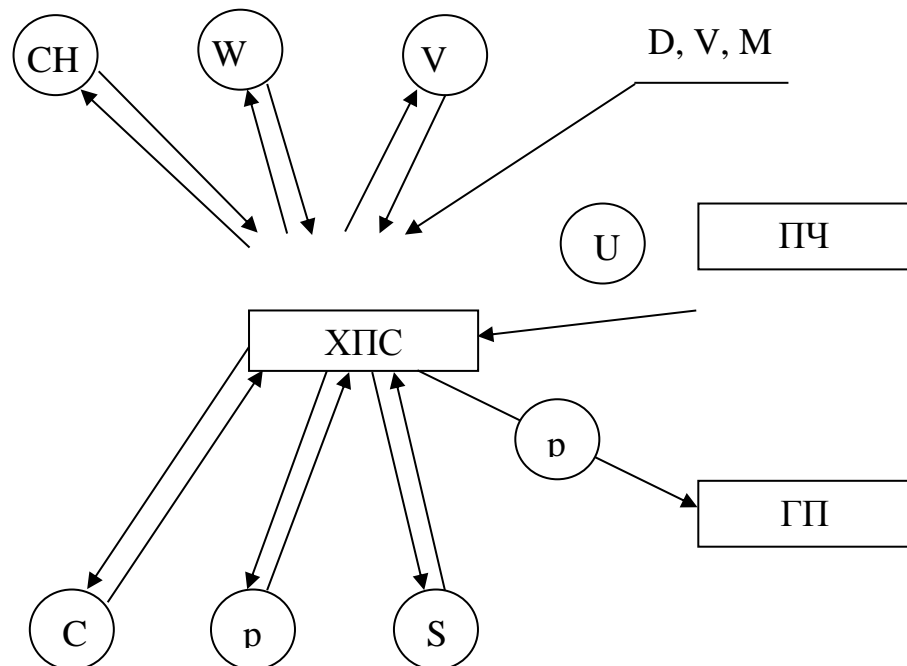
- обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи:

от КС → към КС	ПЧ → ХПС	ХПС → ГП
фактор/процес	U – изменение на параметрите на ел.ток	p – повишаване или пад на налягането

- фактори и процеси, вътрешни за комплектуващата система ХПС:
 - = V – въздействие на вибрации;
 - = S – въздействие на механични натоварвания;
 - = CH – химични въздействия;
 - = C – корозионни процеси;
 - = p – повишаване или пад на налягането;
 - = W – процеси на износване.

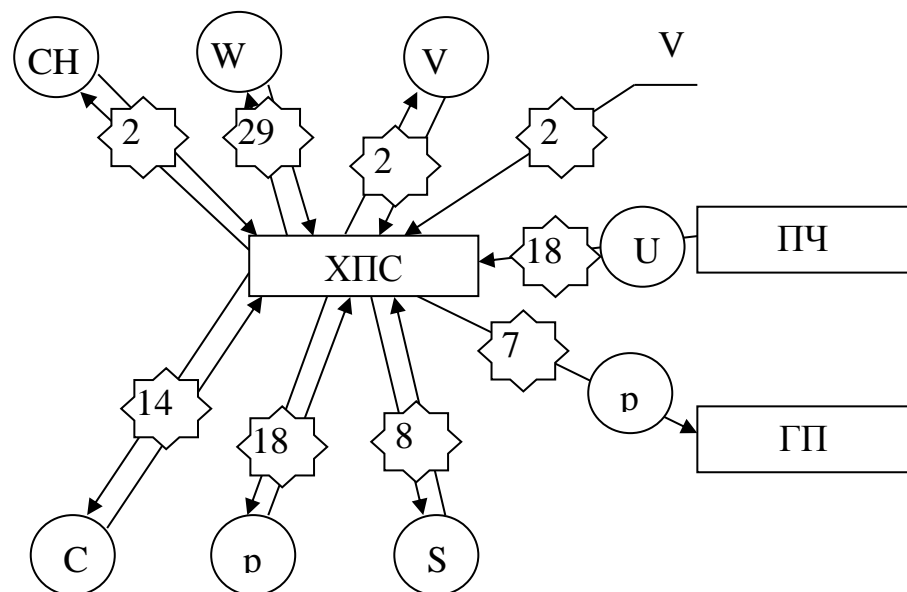
При така дефинираните елементи на графа и въз основа на натрупаната информация за експлоатационните откази да построим и самия граф $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$ – фигура 1.

Посочените на фигура 1 фактори и процеси обуславят появата на различен брой откази. Въз основа на натрупаните статистически данни за отказите в условията на реална експлоатация са определени тегловните коефициенти на всеки фактор и процес. Тегловните коефициенти могат да бъдат определени в различни дименсии. Тук те са определени в проценти като относителния дял на броя откази за всеки фактор и процес спрямо общия брой откази. Тегловните коефициенти са отразени върху графа на фигура 2.



Фигура 1. Ориентираният граф $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$, съдържащ трите групи фактори и процеси, които оказват влияние върху експлоатационната надеждност и работната ефективност на хидропневматичната комплектуваща система

Посочените на фигура 1 фактори и процеси обуславят появата на различен брой откази. Въз основа на натрупаните статистически данни за отказите в условията на реална експлоатация са определени тегловните коефициенти на всеки фактор и процес. Тегловните коефициенти могат да бъдат определени в различни дименсии. Тук те са определени в проценти като относителния дял на броя откази за всеки фактор и процес спрямо общия брой откази. Тегловните коефициенти са отразени върху графа на фигура 2.



Фигура 2. Ориентираният граф $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$ с конкретизирани върхове (фактори и процеси) и с отразени тегловни коефициенти за всеки от тях

4. Изводи

- 1) Така изградения граф $G_{ХПС}(V_{ХПС}, E_{ХПС})$ може да послужи като модел за изследване на експлоатационната надеждност и работната ефективност на разглеждания сложен технически обект хидропневматичната комплектуваща система на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление.
- 2) Създаването на модел, съдържащ в себе си разнородните фактори и процеси, влияещи върху експлоатационната надеждност на обекта открива възможност за изследване на възможните връзки между тези фактори и процеси.
- 3) Предложеният подход за моделиране може да бъде приложен за различни нива от йерархичната структура на сложен технически обект.
- 4) Този подход за моделиране може да бъде приложен за конкретен фактор и процес, влияещ върху експлоатационната надеждност на обекта, както и за група фактори и процеси.
- 5) В зависимост от конкретните цели, поставени при синтезирането на такъв модел, тегловните коефициенти могат да бъдат дефинирани в различни дименсии.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Qing Zhang, Quan Ma, Mingxing Liu, Ke Zhong, Biao Xu, LiyinWu, Research on the software reliability quantitative evaluation of nuclear power plant digital control system based on non-homogeneous poisson process model, Annals of Nuclear Energy, Volume 144, 1 September 2020, 107589, Annals of Nuclear Energy, ISSN 0306-4549, Elsevier Ltd.
- [2] Chun Yong, Chong Sai Peck Lee, Analyzing maintainability and reliability of object-oriented software using weighted complex network, Journal of Systems and Software, Volume 110, December 2015, Pages 28-53, ISSN: 0164-1212, Elsevier Inc.
- [3] Darpan KrishnakumarShukla, A. JohnArul, A smart component methodology for reliability analysis of dynamic systems, Annals of Nuclear Energy, Volume 133, November 2019, Pages 863-880, Annals of Nuclear Energy, ISSN 0306-4549, Elsevier Ltd.
- [4] D. Gibelli, C. Dolci, A. Cappella, C.Sforza, Reliability of optical devices for three-dimensional facial anatomy description: a systematic review and meta-analysis, International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, ISSN 0901-5027, Elsevier Ltd.
- [5] Danilo Colombo, Gilson Brito Alves Lima, Danillo Roberto Pereira, João P. Papa, Regression-based finite element machines for reliability modeling of downhole safety valves, Reliability Engineering & System Safety, Volume 198, June 2020, 106894, ISSN: 0951-8320, Elsevier Ltd.
- [6] Mohan Rao Mamdikar, Vinay Kumar, Pooja Singh, Lalit Singh, Reliability and performance analysis of safety-critical system using transformation of UML into state space models, Annals of Nuclear Energy, Volume 146, October 2020, 107628, ISSN: 0306-4549, Elsevier Ltd.
- [7] Philippe Weber, Lionel Jouffe, Complex system reliability modelling with Dynamic Object Oriented Bayesian Networks (DOOBN), Reliability Engineering & System Safety, Volume 91, Issue 2, February 2006, Pages 149-162, ISSN: 0951-8320, Elsevier Ltd.
- [8] Zhenan Pang, Xiao Sheng Si, Changhua Hu, Jianxun Zhang, Hong Pei, A review on modeling and analysis of accelerated degradation data for reliability assessment, Microelectronics Reliability, Volume 107, April 2020, 113602, ISSN: 0026-2714, Elsevier Ltd.

MODELING THROUGH GRAPH OF THE RELIABILITY OF THE HYDROPNEUMATIC SYSTEM OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

Vladimir Boyadzhiev

*"Todor Kableshkov" University of Transport
158 Geo Milev Str., Sofia, BULGARIA*

***Keywords:** modeling, reliability, hydropneumatic part, graph, complex technical object*

***Summary:** This report is devoted to the study of the possibilities for modeling the operational reliability of complex technical objects and their component systems. As a typical complex technical object is considered a lathe cutting machine with digital program control. The specific study is dedicated to the hydropneumatic component system. The tools of graph theory were used to build the model of operational reliability. It makes it possible to include in one model at the same time operational failures with different manifestations. The factors and processes that affect the operational reliability and operational efficiency of the site are systematized. The construction of a reliable model of the considered component system through the construction of a graph allows for the subsequent construction of a complete model of the operational reliability and operational efficiency of the whole complex technical object - a fundamentally difficult task. In addition, graph modeling allows for the subsequent application of all the tools of graph theory. The proposed approach allows to build models of operational reliability and work efficiency for different levels of the hierarchical structure of complex technical objects.*