

МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ГЛАВНОТО ЗАДВИЖВАНЕ НА МЕТАЛОРЕЖЕЩА МАШИНА С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

Владимир Бояджиев

v.boyadjiev@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
1574, ул. "Гео Милев" 158, София
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: моделиране, надеждност, сложен технически обект, металорежеща машина с CNC

Резюме: В съвременните условия у нас макар и не с желаните темпове, се увеличава производството на компоненти за вграждане в продуктите на световното автомобилно производство. Освен ново технологично оборудване у нас в това производство се експлоатира и оборудване, при което снижаването на нивото на надеждност е все по-голям проблем. За това е важно да се разработва инструментариум за изследване на експлоатационната надеждност на такива сложни технически обекти. В настоящето изследване е разгледано моделирането на надеждностното поведение на сложен технически обект. В доклада се изследва възможността за изграждане на надеждностен модел на сложен технически обект – комплектуващата система „Главно задвижване” (ГЗ) на стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление, чрез построяването на граф. Построяването на графа е извършено на няколко етапа. В началото са определени обектите, влияещи на експлоатационната надеждност на разглеждания обект. След това са определени факторите и процесите, влияещи на тази надеждност. Тези фактори и процеси са структурирани по групи. Въз основа на предварително натрупана информация за експлоатационните откази е синтезиран първоначален модел под формата на граф. След това въз основа на конкретните статистически данни за възникващите откази, този граф е апробиран. Определени са и тегловните коефициенти на всеки от факторите и процесите, лимитиращи експлоатационната надеждност на изследвания обект.

1. Въведение

Моделирането на надеждностното поведение на техническите обекти е важно условие за успешното изследване на експлоатационната им надеждност. Изграждането на цялостен модел на експлоатационната надеждност на сложен технически обект е обективно трудна задача. Основната трудност е различната физика на възникващите откази. За това обикновено се синтезират надеждностни модели с ограничен обхват, в които се включват само части от цялостното надеждностно поведение на изследвания

обект. Обикновено надеждността моделиране се извършва при определени ограничения. Някои от моделите се създават за сравнително прости технически обекти, например надеждно моделиране на един компонент (в случая – механичен), подложен на един вреден процес (в случая – разпространение на пукнатини) – [2] или на еднородни (софтуерни) системи – [3] или техническа система, съставена само от невъзстановими елементи – [7]. При други модели се изследват само ограничен кръг от фактори и процеси, формиращи експлоатационната надеждност на изследвания технически обект - [2]. При сложните технически обекти тези ограничения са обективно обусловени поради значителното разнообразие във физиката на възникващите откази. Дори когато се изграждат цялостни надеждности модели на сложни технически обекти, това се извършва на формално математическо ниво [1, 4, 5, 6], без да бъде взето пред вид това значителното разнообразие във физиката на отказите. В настоящия доклад си поставяме тази нелека задача – да изследваме възможностите за изграждане на цялостен надеждностен модел на сложен технически обект. Такъв типичен сложен технически обект е металорежещата машина с цифрово-програмно управление (ЦПУ). Евентуалното създаване на цялостен модел на надеждността на такъв обект обаче далече надхвърля мащаба на настоящия доклад. За това ще ограничим изследването само в рамките на една комплектуваща система – главното задвижване. По-конкретно, разгледано е главното задвижване на стругова металорежеща машина с ЦПУ. За да решим тази нелека задача – изграждането на цялостен надеждностен модел на сложен технически обект с отчитане на разнообразието на физиката на отказите, ще използваме теорията на графите и ще построим граф.

2. Методически особености

Обект на изследването са три стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление, родно производство, малък типоразмер. По-конкретно, изследвани са техните комплектуващи системи „Главно задвижване”. Информацията за възникващите в експлоатация откази е събрана за около 1500 работни часа работа по управляваща програма общо за трите машини.

Да дефинираме, а след това – и да построим графа $G_{ГЗ}(V_{ГЗ}, E_{ГЗ})$, където:

$V_{ГЗ}$ – множеството върхове на графа,

$E_{ГЗ}$ – множеството ребра на графа.

Множеството $V_{ГЗ}$ дефинираме, като образувано от комплектуващите системи на разглежданата металорежеща машина с ЦПУ:

- 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).

Множеството $E_{ГЗ}$ дефинираме като образувано от факторите и процесите, имащи отношение към нивото на експлоатационна надеждност на разглежданата комплектуваща система „Главно задвижване“:

- U – изменение на параметрите на ел. ток;
- $t^{\circ}C$ – въздействие на температурата;
- D – въздействие на прах;
- S – въздействие на механични натоварвания;
- CH – химични въздействия;
- W – процеси на износване;
- A – процеси на стареене;
- M – въздействие на влага;
- Ma – въздействие на човека;
- BE – влияние на нискокачествена елементна база.

Целесъобразно е това множество $E_{ГЗ}$ да бъде разделено на три подмножества:

а) фактори и процеси, обусловени от външни за металорежещата машина източници, включително човека:

- M – въздействие на влага;
- CH – химични въздействия;
- D – въздействие на прах;
- $t^{\circ}C$ – въздействие на температурата;
- Ma – въздействие на човека;

б) фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи (КС) вътре в машината – таблица 1.

Таблица 1. Фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на КС в машината

от КС → към КС	1 → 3	3 → 6	3 → 6	2 → 3	12 → 3
вреден процес	U	$t^{\circ}C$	S	U	U

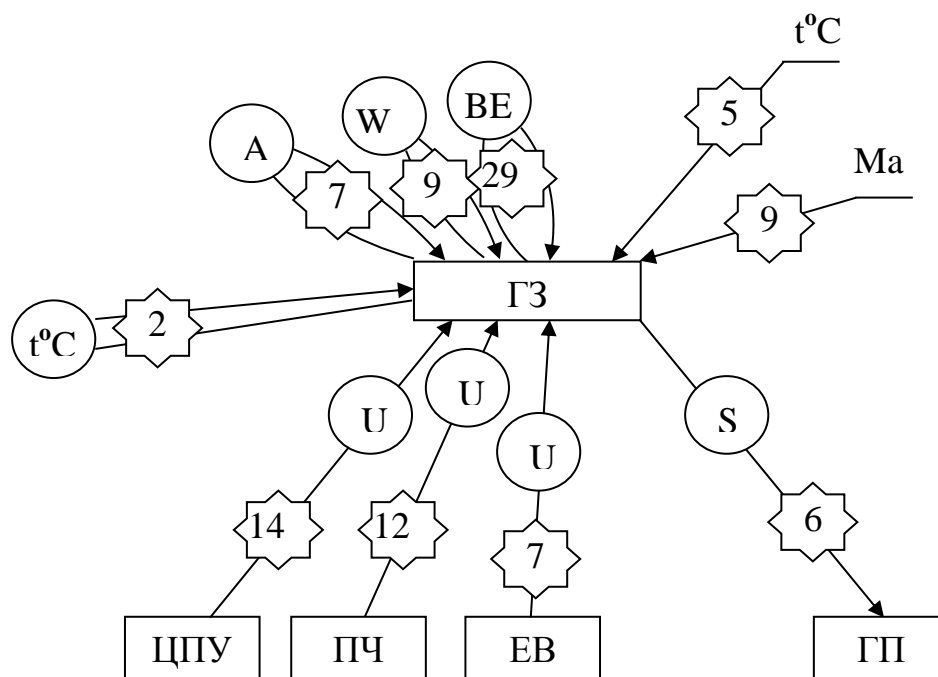
в) фактори и процеси, обусловени от вътрешни за комплектуващата система ГЗ източници:

- U – изменение на параметрите на ел. ток;
- $t^{\circ}C$ – въздействие на температурата;
- A – процеси на стареене;
- BE – влияние на нискокачествена елементна база;
- S – въздействие на механични натоварвания;
- W – процеси на износване;
- CH – химични въздействия.

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

След анализ на натрупаната статистическа информация за експлоатационните откази всеки от тях е отнесен към конкретен фактор или процес измежду гореописаните. Това дава възможност за определяне на тегловните коефициенти на тези фактори и процеси. Дименсията на тегловните коефициенти може да бъде различна в зависимост от целите на конкретното изследване. За настоящето изследване е избрана дименсия „процент“.

При така формулираните предпоставки построяваме графа $G_{ГЗ}(V_{ГЗ}, E_{ГЗ})$ с отразени гореспоменатите тегловни коефициенти – фиг. 1.



Фигура 1.

Фигура 1. Ориентираният граф $G_{Г3}(V_{Г3}, E_{Г3})$, съдържащ факторите и процесите, влияещи на експлоатационната надеждност и отнасящи се до комплектуващата система „Главно задвижване” с отразени тегловни коефициенти за всяко ребро

4. Изводи

- 1) Инструментариумът на теорията на графите дава възможност за изграждане на надеждностен модел на сложен технически обект чрез изграждане на граф;
- 2) Предложено е структуриране на факторите и процесите, отнасящи се до експлоатационната надеждност на изследвания обект, на три групи:
 - фактори и процеси, обусловени от външни за обекта източници, включително човека;
 - фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи вътре в сложния технически обект;
 - фактори и процеси, обусловени от вътрешни за изследвания обект източници;
- 3) Синтезираният граф отразява разнообразието на факторите и процесите, формиращи надеждността на обекта;
- 4) Включването в един модел на разнообразните фактори и процеси дава възможност за разкриване на връзките между тях;
- 5) Чрез определяне на тегловните коефициенти, изразени в съответна дименсия, може да бъде изследвана степента на зависимост на надеждността на обекта от всеки фактор и процес;
- 6) Надеждностният модел, изразен чрез граф, може да бъде построен на различно ниво от йерархичната структура на сложен технически обект;
- 7) Предложеният подход за моделиране може да бъде приложен както за цялото множество на формиращите надеждността на обекта фактори и процеси, така и за определено подмножество от него.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] José A. Montoya, Eloísa Díaz-Francés, Gudelia Figueroa P.; Estimation of the reliability parameter for three-parameter Weibull models; Applied Mathematical Modelling, Volume 67, March 2019, Pages 621-633, Elsevier Inc.;

- [2] Michele Compare, Luca Bellani, Enrico Zio; Reliability model of a component equipped with PHM capabilities; Reliability Engineering & System Safety, Volume 168, December 2017, Pages 4-11; Elsevier Inc.;
- [3] Preeti Malik, Lata Nautiyal, Mangey Ram; Chapter 12 - Tools and Techniques in Software Reliability Modeling; Advances in System Reliability Engineering, 2019, Pages 281-295, Elsevier Inc.;
- [4] Rong Pan, Dongjin Lee, Petek Yontay, Luis Mejia Sanchez; Chapter 9 - System Reliability Assessment Through Bayesian Network Modeling; Advances in System Reliability Engineering, 2019, Pages 227-241, Elsevier Inc.;
- [5] Soufiane Gasmi; Chapter 7 - Statistical Inference of an Imperfect Repair Model with Uniform Distributed Repair Degrees; Advances in System Reliability Engineering, 2019, Pages 193-207, Elsevier Inc.;
- [6] Yixin Ye, Ignacio E. Grossmann, Jose M. Pinto, Sivaraman Ramaswamy; Modeling for Reliability Optimization of System Design and Maintenance Based on Markov Chain Theory; Computers & Chemical Engineering, Available online 25 February 2019, In Press, Accepted Manuscript; Elsevier Inc.;
- [7] Zhai Qingqing, Xing Liudong, Peng Rui, Yang Jun; Aggregated combinatorial reliability model for non-repairable parallel phased-mission systems; Reliability Engineering & System Safety, Volume 176, August 2018, Pages 242-250; Elsevier Inc.;

MODELING BY A GRAPH OF THE RELIABLE BEHAVIOR OF THE MAIN RUNNING OF A METALLIC MACHINE WITH DIGITAL PROGRAMMING MANAGEMENT

Boyadzhiev Vladimir
v.boyadjiev@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, st. Geo Milev – 158
BULGARIA*

Key words: modeling, reliability, complex technical object, CNC machine tool

Abstract: *In the current conditions in our country, although not at the desired pace, the production of components for incorporation in the products of world automobile production is increasing. In addition to new technological equipment in Bulgaria in this production is also used equipment, whereupon reducing the level of reliability is an increasing problem. That is why it is important to develop a toolbox for exploring the operational reliability of such complex technical sites. The present study examines the modeling of the reliable behavior of a complex technical object. The report explores the possibility of building a reliable model of a complex technical site - the main drive system of a CNC lathe with numerical control, by building a graph. Synthesis of the graph is carried out in several stages. At first, the objects that affect the operational reliability of the object under consideration are identified. The factors and processes influencing this reliability are then identified. These factors and processes are structured in groups. Based on pre-accumulated information on operating failures is a synthesized initial model in the form of a graph. Then based on the specific statistical data for the emergence of failures, this graph is approbated. Weighting coefficients are also determined of each of the factors and processes, which limit the operational reliability of the research object.*