

МОДЕЛИРАНЕ ЧРЕЗ ГРАФ НА НАДЕЖДНОСТНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ПОДАВАТЕЛНОТО ЗАДВИЖВАНЕ ПО ОС Z НА МЕТАЛОРЕЖЕЩА МАШИНА С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

Владимир Бояджиев

vboyadjiev@vtu.bg

Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“

София, ул. „Гео Милев № 158

РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *надеждност, моделиране, граф, подавателно задвижване, металоурежеша машина*

Резюме: *Създаването на цялостен надеждностен модел на сложен технически обект (СТО) е принципно трудна задача по обективни причини. Основната трудност се състои в необходимостта от обхващане на многообразието на цялата палитра от механизмите на възникване на експлоатационните откази: в механичната, електрическата и други части на СТО. А задачата за изграждане на цялостен модел на надеждностното поведение на СТО е важна, защото само чрез него могат да бъдат разкрити взаимовръзките между отделните надеждностни процеси в разглеждания обект. Важността на тази задача се увеличава и заради конкретните условия, при които работи технологичното оборудване за нуждите на транспортния отрасъл в България. Немалка част от него е в значителна степен морално и физически остаряла с всичките произтичащи от това обстоятелство проблеми относно експлоатационната му надеждност. Конкретен обект на настоящото изследване е комплектуващата система на „подавателно задвижване по ос z“ на металоурежеша машина (ММ) с цифрово-програмно управление (ЦПУ). Изграждането на модела става въз основа на теорията на графа – той дава възможност за включването в един модел на експлоатационни откази със значително разнообразие в механизмите на проявление. Изграждането на модела става на няколко етапа, като всеки следващ етап се реализира въз основа на предишния.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

При моделирането на надеждностното поведение на сложни технически системи от съществено значение са целите, които трябва да бъдат постигнати. В преобладаващия брой случаи се преследва определен сравнително тесен спектър от цели. Това дава възможност за построяването на частичен тясно специализиран модел. Такъв модел се синтезира сравнително лесно, разбира се в зависимост от неговата специфика. Обхватът на тези частични модели може да бъде мащабиран различно. При някои от тях се изследват само определен набор от показатели и свойства. Немалка част от разработките са посветени на свойството безопасност при ядрените електроцентрали

или части от тях (напр. реактор, софтуер) [1, 2, 4]. Параметричната надеждност също е типичен пример за частично надеждностно моделиране [3]. При други се разглежда само определен клас сложни технически системи. Например моделирането на надеждността на системи за доставка на определен ресурс (конкретно на електричество и газ) [5, 6]. При трети се изследва само обособена част от обекта [1, 4]. При друг вид частичното надеждностно моделиране се прави само математически формално.

Колкото поставените цели са с по-широка палитра, толкова по-всеобхватен е модела. Най-всеобхватни са цялостните надеждностни модели, при които се обхваща комплексното състояние на експлоатационната надеждност и работната ефективност на сложния технически обект. Те дават най-пълна картина на надеждностното поведение на системата с отчитане на максимален обем на взаимовръзките между различните фактори, които лимитират това надеждностно поведение. Поради това тези цялостни модели са и най-ценни. За съжаление изследователите рядко (в най-добрия случай) прибегват до изграждането на такива цялостни модели. Причината за това е обективна – голямото разнообразие на процесите, които влияят на надеждността на обекта. Това голямо разнообразие се обхваща математически сравнително лесно, но се губи влиянието на физиката на отказите. Ако се тръгне по пътя на цялостен обхват на това голямо разнообразие с математически средства, се получава обемен и тромав модел, който изисква несъразмерно големи усилия.

Така в общ план пред изследователя стоят два генерални варианта:

- 1) Частично моделиране – достъпно, но с ограничен обхват.
- 2) Цялостно моделиране – всеобхватно, но с неоправдана сложност от гледна точка на практическото му използване.

В настоящия доклад се преследва друга цел – изграждане на цялостен модел на експлоатационната надеждност и работната ефективност на сложен технически обект, който да е сравнително лесен за използване и който да обхваща цялото разнообразие на физиката на възникващите откази.

За постигането на тази цел се изследват възможностите на теорията на графите.

2. ОСНОВНИ МЕТОДИЧНИ МОМЕНТИ

Тъй като обемът на настоящия доклад е недостатъчен за синтезирането на цялостния модел, ще приложим принципът на мащабирането – тук ще разработим надеждностния модел само на определена част от сложния технически обект. Конкретният сложен технически обект е типичен - стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление. А настоящият доклад е посветен на комплектуващата система „Подавателно задвижване по ос z”. Т.е. в настоящия доклад се изработва само фрагмент от надеждностния модел на сложната техническа система.

Конкретен обект на изследването са три машини малък типоразмер, родно производство. Регистрирани са експлоатационните откази в рамките на около 1500 работни часа за трите машини общо.

Предлага се надеждностния модел на металорежещата машина да бъде представен като граф $G(V, E)$,

където:

V –множеството върхове на графа,

E –множеството ребра на графа.

Множеството на върховете на графа V ще дефинираме като множество от комплектуващите системи, изграждащи сложната техническа система.

Множеството на ребрата на графа E ще дефинираме като множеството от факторите и процесите, лимитиращи експлоатационната надеждност на системата.

Тъй като в настоящия доклад ще разгледаме само комплектуващата система „Подавателно задвижване по ос z”, тук ще построим конкретно графа $G_{пз}(V_{пз}, E_{пз})$,

който е фрагмент от $G(V, E)$. За целта трябва да конкретизираме елементите на двете множества – $V_{ПЗ}$ и $E_{ПЗ}$.

Първо ще определим елементите на множеството $V_{ПЗ}$. Това са тези комплектуващи системи на машината, които в надеждно отношение си взаимодействат с разглежданата комплектуваща система. Конкретизацията на множеството $V_{ПЗ}$, а в последствие – и на множеството $E_{ПЗ}$, се извършва на базата на експертна оценка. По тази причина се препоръчва тя да бъде извършвана последователно като етапи от итерационен процес, а не еднократно и окончателно. По този начин прецизирането дава възможност за изграждането на модел с по-висока степен на адекватност.

Сега да определим елементите на множеството $E_{ПЗ}$. Това са факторите и процесите, чрез които разглежданата комплектуваща система си взаимодейства в надеждно отношение с други комплектуващи системи на машината. Целесъобразно е тези фактори и процеси да бъдат систематизирани в три групи:

- обусловени от външни фактори, включително човека;
- обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи и разглежданата комплектуваща система. Това влияние може да бъде както в посока от разглежданата подсистема към останалите, така и от тях към нея. Т.е. от методична гледна точка тази група фактори и процеси се състои от тези две подгрупи;
- вътрешни за разглежданата комплектуваща система.

3. ОБРАЗУВАНЕ НА МНОЖЕСТВАТА $V_{ПЗ}$ И $E_{ПЗ}$

И така, въз основа на предварително натрупаната информация елементите на множеството $V_{ПЗ}$ са:

- система за цифрово-програмно управление;
- електрически вериги;
- подавателен превод по ос z ;
- припасваща част.

Да образуваме множеството $E_{ПЗ}$. Конкретно предложената по-горе класификация на факторите и процесите за разглежданата комплектуваща система изглежда така:

- 1) фактори и процеси, обусловени от външни фактори, включително човека:
 - М – въздействие на влага;
 - СН – химични въздействия;
 - D – въздействие на прах;
 - $t^{\circ}C$ – въздействие на температурата;
 - Ма-въздействие на човека.

2) фактори и процеси, обусловени от взаимното влияние на комплектуващите системи и разглежданата комплектуваща система:

от КС → към КС	ПЗЗ → ППЗ	ППЗ → ПЗЗ	ЦПУ → ПЗЗ	ЕВ → ПЗЗ	ПЗЗ → ПЧ	ПЧ → ПЗЗ
фактор/процес	V	S	U	U	U	U

,където:

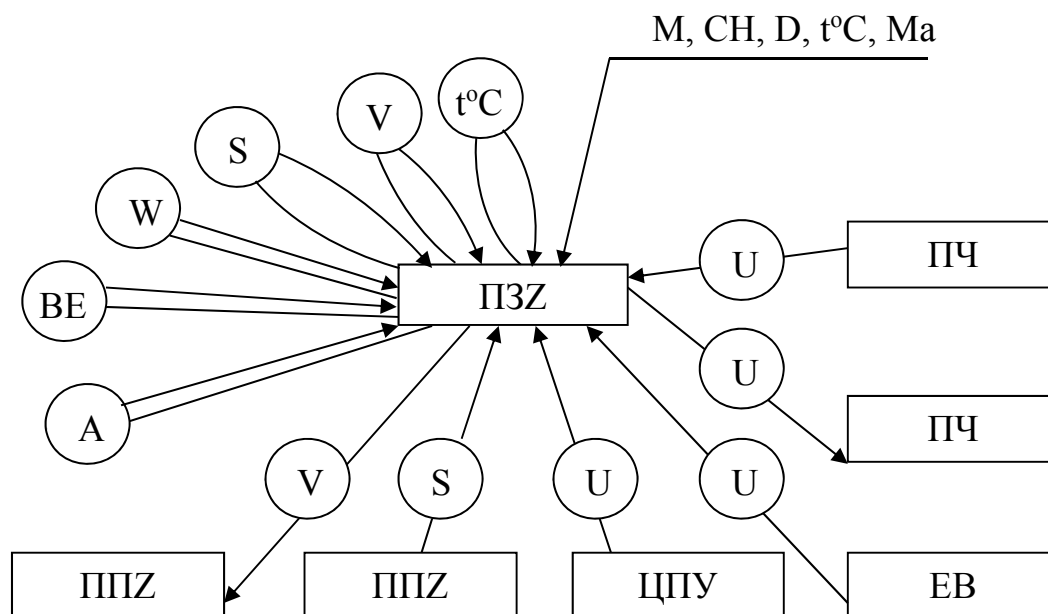
- ПЗЗ – подавателно задвижване по ос z ;
- ППЗ – подавателен превод по ос z ;
- ЦПУ - цифрово-програмно управление;
- ЕВ – електрически вериги;
- ПЧ - припасваща част;
- V-въздействие на вибрации;
- S – въздействие на механични натоварвания;
- U – изменение на параметрите на ел. ток;

- 3) фактори и процеси, вътрешни за разглежданата комплектуваща система:
- $t^{\circ}\text{C}$ – въздействие на температурата;
 - V – въздействие на вибрации;
 - S – въздействие на механични натоварвания;
 - W – процеси на износване;
 - BE-влияние на нискокачествена елементна база;
 - A – процеси на стареене.

4. СИНТЕЗИРАНЕ НА МОДЕЛА ЧРЕЗ ПОСТРОЯВАНЕ НА ГРАФА

$G_{\text{ПЗЗ}}(V_{\text{ПЗЗ}}, E_{\text{ПЗЗ}})$

Така формулираните множества $V_{\text{ПЗЗ}}$ и $E_{\text{ПЗЗ}}$ ни дават възможност да построим графа $G_{\text{ПЗЗ}}(V_{\text{ПЗЗ}}, E_{\text{ПЗЗ}})$ – фиг.1.



Фигура 1. Ориентираният граф $G_{\text{ПЗЗ}}(V_{\text{ПЗЗ}}, E_{\text{ПЗЗ}})$ с отразени фактори и процеси, формиращи експлоатационната надеждност и работната ефективност на комплектуващата система „Подавателно задвижване по ос z“

Натрупаната статистическа информация за възникващите експлоатационни откази дава възможност и за развитие на така построения модел. Разгледаните фактори и процеси нямат еднакво влияние върху надеждността на комплектуващата система „Подавателно задвижване по ос z“. Т.е. всяко ребро от графа $G_{\text{ПЗЗ}}$ има различен „принос“ в получената надеждностна картина. Това различно влияние може да се отчете чрез тегловните коефициенти на всяко ребро $E_{\text{ПЗЗ}}$. Определянето на тегловните коефициенти може да бъде извършено в различни дименсии. Изборът на конкретна дименсия се прави въз основа конкретните цели на всяко изследване. За нуждите на конкретното изследване е избрано представянето на тегловните коефициенти да бъде направено в проценти. Конкретните стойности на тегловните коефициенти са посочени във фигура 2.

Така синтезираният надеждностен модел на комплектуващата система „Подавателно задвижване по ос z“ е стъпка в посока изграждането на обобщен модел на експлоатационната надеждност и работната ефективност на цялата сложна техническа система – стругова металорежеща машина с цифрово-програмно управление.

- [5] Hui Xiao, Minhao Cao, Balancing the demand and supply of a power grid system via reliability modeling and maintenance optimization, *Energy*, Volume 210, 118470, ISSN: 0360-5442, 2021, Elsevier Ltd.
- [6] YeMa, Yuanying Chi, Di Wu, Rui Peng, Shaomin Wu, Reliability of integrated electricity and gas supply system with performance substitution and sharing mechanisms, *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 212, 107587, ISSN: 0951-8320, August 2021, Elsevier Ltd.

MODELING THROUGH A GRAPH OF RELIABLE BEHAVIOR OF THE SUPPLY DRIVE ON Z AXIS OF A METAL CUTTING MACHINE WITH DIGITAL-PROGRAM CONTROL

Vladimir Boyadzhiev

vboyadjiev@vtu.bg

***Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA***

Key words: reliability, modeling, graph, feed drive, metal cutting machine

Abstract: Creating a comprehensive reliability model of a complex technical object (CTO) is in principle a difficult task for objective reasons. The main difficulty lies in the need to cover the diversity of the whole range of mechanisms of occurrence of operational failures: in the mechanical, electrical and other parts of the WTO. And the task of building a comprehensive model of the reliable behavior of the CTO is important, because only through it can be revealed the relationships between the individual reliability processes in the site. The importance of this task is increasing due to the specific conditions under which the technological equipment works for the needs of the transport industry in Bulgaria. A considerable part of it is to a considerable extent morally and physically obsolete with all the problems arising from this circumstance regarding its operational reliability. A specific object of the present study is the component system of “feed drive along the z axis” of a metal-cutting machine (MM) with digital-program control (CNC). The construction of the model is based on the graph theory - it allows for the inclusion in one model of operational failures with a significant variety in the mechanisms of manifestation. The construction of the model takes place in several stages, and each subsequent stage is realized on the basis of the previous one.