Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 23, брой 3, 2025 г.
Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2705**

СРАВНИТЕЛЕН НАДЕЖДНОСТЕН АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ МОДЕРНИЗАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРОННА И МЕХАНИЧНА ЧАСТИ НА СЛОЖЕН ТЕХНИЧЕСКИ ОБЕКТ

Владимир Илиев Бояджиев
v.boyadjiev@abv.bg
ORCID: 0009-0001-5714-9418

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

Резюме: *Значителна част от производствените мощности е в напреднал стадий на морално и физическо остаряване. Обновяването им може да стане по различни направления. Едно от тях е модернизацията. Прилагането ѝ дава възможност за гъвкавост, мащабируемост и многовариантност. При вземането на окончателно решение за конкретна модернизация е важно то да бъде основано на обективна информация, която да е предпоставка за високата ефективност на модернизацията. В настоящото изследване се разглежда модернизацията на електронната и механичната части на сложен технически обект, като двата варианта се сравняват. Оценката на ефективността от проведената частична модернизация може да бъде извършена чрез различни критерии. В конкретния случай като критерий за сравнение се предлага състоянието на експлоатационната надеждност на модернизирания обект. А нивото на експлоатационната надеждност дава възможност за оценка на работната ефективност на обектите. В настоящия доклад се изследват възможностите за реализиране на методика, чрез която да бъде извършена именно такава оценка на ефективността на различни варианти на проведена частична модернизация на сложен технически обект. По-конкретно, сравнени са два варианта на модернизация – на електронната и на механичната части на сложен технически обект. Решаването на тази ограничена като мащаб задача ще даде възможност за придвижване към по-всеобхватна крайна цел – обхващане в един модел на различни частични модернизации на един обект и сравняването им на базата на критерии, отчитащи експлоатационната надеждност и работната ефективност на технологичното оборудване.*

Ключови думи: *надеждност, сравнителен анализ, електронна част, механична част, сложен технически обект*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изследванията на експлоатационната надеждност, а от там – и на работната ефективност, са мероприятия, които изискват влагането на значителен ресурс с различни димензии. Поради тази причина планирането им се извършва с възможно най-голяма конкретизация. Но пак по тази причина при планирането им винаги като задача стои възможността за допълнително използване на резултатите от тези изследвания. Т.е. резултатите от едно изследване да бъдат използвани за решаването на възможно най-широка палитра от проблеми. Едно от направленията на задачите, решавани чрез надеждностни изследвания, е проучване на възможностите за модернизация.

Често се изследва само една производствена система, подложена на модернизация. Модернизация на производствена система за ремонт и обновяване на автомобили Пежо на базата на експертни оценки и статистически данни от експлоатацията. Като критерий за модернизация се прилага оценката за наличие на риск и възможните последици при реализирането му [1].

Не рядко срещан обект за модернизация е подсистема на атомна електроцентрала. Методиката на изследване на такава модернизация обикновено не включва сравнителен анализ на варианти за модернизация [2].

Друг често срещан обект на модернизация е софтуера. В конкретния случай факторът, налагащ модернизацията, е навлизането на квантовите изчисления [3].

Полагат се усилия за стандартизиране на стратегиите за модернизация. Стандартите се създават от организации, които представят стандарт в отговор на искане на конкретна работна група. Т.е. съществува обективната пречка на липса на цялостен подход в тази област [4].

Това изследване е посветено на проучването на възможностите за модернизация на отделни части на сложен технически обект. По-конкретно, обекти на изследването са електронната и механичната части на такъв обект. Предложено е сравнение между модернизациите на тези две части със съответните изводи и препоръки. Целта е да бъде подпомогнато управленското решение за окончателния вариант на модернизацията.

Основен критерий за това сравнение е състоянието на експлоатационната надеждност и работната ефективност на сложният технически обект. Т.е. какъв е най-добрият резултат по отношение на експлоатационната надеждност на обекта, който може да бъде постигнат въз основа на вложения ресурс (който практически винаги е с ограничен размер).

2. МЕТОДИЧНИ ОСОБЕНОСТИ

Типичен сложен технически обект е металорежещата машина с цифрово-програмно управление. Обикновено тя се състои от електронна, електрическа, хидропневматична и механична части. Като обект на изследването са избрани два броя типични представители на тези машини – еднакви стругови металорежещи машини с цифрово-програмно управление, родно производство, малък типоразмер. При едната машина е извършена модернизация на електронната част, а при другата – на механичната част.

От съществено значение за получаване на адекватни резултати е изборът на метод за събиране на информация за надеждностното поведение на обектите. В конкретния случай е предпочетен методът на наблюдаваната експлоатация. При него тази информация се набавя в условията на реална експлоатация от упълномощен и обучен персонал. Най-същественото предимство на този метод е, че се отчитат реално възникналите експлоатационни откази с възможно най-пълно регистриране на причинно-следствените зависимости в процеса на проявлението им. Освен това машината не се отклонява от работа по управляваща програма. И експлоатацията й се извършва в реални производствени условия. Основният недостатък на метода е сравнително голямата продължителност, респективно – необходимост от значителен ресурс, както времеви, а от там – и в стойностно изражение.

По- конкретно, предварително се подготвят форми, които се попълват в процеса на набиране на информация. В тези форми е уточнен набор от параметри на експлоатационните откази. В зависимост от поставените цели пред всяко изследване този набор може да бъде различен. В него влизат характеристики като: време на възникване на отказа, време на отстраняване на отказа, характер на отказа, място на възникване, най-вероятна причина и др. Тук има две противоположни тенденции, чиито компромис следва да бъде уточнен. От една страна е добре множеството на тези характеристики да бъде с най-малко елементи. Това улеснява процеса на набиране на информация. От друга страна е добре броят на тези елементи да е максимален – това дава възможност резултатите от едно набиране на информация да бъдат използвани за нуждите на повече изследвания. Това би намалило себестойността им. Компромисът се прави въз основа на това, какъв ресурс може да бъде отделен за съответния процес на набиране на информация.

Обхванатият експлоатационен период за всяка от двете машини, както преди, така и след модернизацията, е в рамките на около 1300 – 1500 часа.

За целите на настоящото проучване е формиран набор от показатели за експлоатационна надеждност и работна ефективност. Той се състои от:

- средна отработка между отказите - $\overline{T}$, часа;
- средно време за възстановяване на работоспособността -$\overline{T}_B$, часа;
- средно време за престои поради откази - $\overline{T}_{ПР.О}$, часа;
- коефициент на използване по предназначение - $К_{И.ПР}$ = СВР/ФРВ,

където: СВР е сумарното време за работа, часа; ФРВ – плановият фонд работно време, часа;

(1) коефициент на организационно-техническа готовност - $К_{отг} = \overline{Т}/(\overline{Т} + \overline{Т}_{ПР.О})$,

където: $\overline{Т}_{ПР.О}$, часа - средно време за престои поради откази.

При извършването на сравнителен анализ от първостепенно значение не са абсолютните стойности на изследваните величини. От основно значение са промените на тези величини. В рамките на настоящото изследване интерес представлява промяната на числените стойности на надеждностните показатели след модернизацията в сравнение с тези преди нея. За отчитане на тази относителна промяна се предлага формулата $\frac{|X_{ПРЕДИ} - X_{СЛЕД}|}{X_{ПРЕДИ}}.100\%$, където:

$X_{ПРЕДИ}$ – стойността на съответния показател преди модернизацията,

$X_{СЛЕД}$ – стойността на същия показател след модернизацията.

Тук има следната особеност. Тази относителна промяна може да е в посока на нарастване на числената стойност на показателя, но може да е и в посока намаляване на тази стойност. При някои надеждностни показатели благоприятно е нарастването, а при други – намаляването на числените стойности. За отчитане на този ефект се предлага ако определен показател е с влошена стойност след модернизацията, резултатът от горната формула да бъде взет със знак „минус“.

За да разграничим резултатите за всяка от двете машини, тази с модернизирана електронна част означаваме като „машина А“, а с модернизираната механична част – „машина Б“.

3. РЕГИСТРИРАНИ РЕЗУЛТАТИ И ТЕХНИЯТ АНАЛИЗ

Въз основа на регистрираните параметри на отказите в работните форми са определени числените стойности на гореописаните показатели преди и след модернизацията.

В таблица 1 са отразени числените стойности на горепосочения набор надеждностни показатели за машина А преди и след модернизацията.

Така получените числени стойности за двете машини не са директно съпоставими. Това произтича от обстоятелството, че вложеният паричен ресурс при всяка от двете модернизации е различен. Поради това с цел осигуряване на съпоставимост на получените резултати се предлага въвеждането и използването на преводен коефициент. Предлага се този коефициент да бъде отношението между вложения паричен ресурс в модернизацията на машина А спрямо същия на машина Б. В конкретния разглеждан случай числената стойност на това съотношение е 1,61.

Има особеност при прилагането на преводния коефициент. За нуждите на сравнителния анализ следва да се вземе пред вид подобрението на съответния надеждностен показател. И това подобрение да бъде сравнено за двете машини чрез преводния коефициент. Подобренията в проценти на стойностите на набора показатели са посочени в последните редове на двете таблици.

Таблица 1. Получени стойности за набора надеждностни показатели за машина А преди и след модернизацията

	$\overline{Т}$, часа	$\overline{Т}_В$, часа	$\overline{Т}_{ПР.О}$, часа	$К_{И.ПР}$	$К_{ОТГ}$
Преди модернизацията	87,3	4,7	18,7	0,77	0,82
След модернизацията	133,5	2,2	11,5	0,89	0,92
Подобрение, %	53	53	39	16	12

Таблица 2. Получени стойности за набора надеждностни показатели за машина Б преди и след модернизацията

	$\overline{Т}$, часа	$\overline{Т}_В$, часа	$\overline{Т}_{ПР.О}$, часа	$К_{И.ПР}$	$К_{ОТГ}$
Преди модернизацията	77,3	6,1	22,8	0,83	0,77
След модернизацията	94,1	4,9	14,4	0,90	0,87
Подобрение, %	22	20	37	8	13

Прилагането на преводния коефициент е извършено за числените стойности на показателите за машина Б. И те вече са подходящи за сравнение със стойностите на показателите за машина А. Това е отразено в таблица 3.

Таблица 3. Подобрения на показателите за двете машини и прилагане на преводния коефициент върху стойностите за машина Б

	$\overline{T}$, часа	$\overline{T}_В$, часа	$\overline{T}_{ПР.О}$, часа	$К_{И.ПР}$	$К_{ОТГ}$
Подобрение на машина А, %	53	53	39	16	12
Подобрение на машина Б, %	22	20	37	8	13
Коригирано подобрение на машина Б, %	35	32	60	13	21

Анализът на така получените резултати дава възможност за формулиране на следните заключения:

1) Подобрението на показателя „средна отработка между отказите“ при машина А (53 %) значително превишава стойността на коригираното подобрение на този показател при машина Б (35 %). Това се обяснява с различната физика на отказите в електронната и механичната части на машината. Отказите в електронната част са със значително по-голяма интензивност. И с амортизацията на машината тази интензивност нараства относително по-бързо. Като следствие се получава, че обновяването на електронната част води до по-голямо подобрение спрямо механичната част.

2) При двата показателя, характеризиращи възстановителните процеси – „средно време за възстановяване“ и „средно време за престои поради откази“ при двете машини имаме различен превес. При средното време за възстановяване подобрението е по-голямо при машина А, докато при средното време за престои поради откази подобрението е по-голямо при машина Б. При това – с приблизително аналогичен порядък. Т.е. въз основа на тези два показателя не може отчетливо да се препоръча един от двата варианта за модернизация. Анализът на структурата на тези получени числени стойности може да бъде база за усъвършенстване на организацията на възстановителните мероприятия.

3) Числените стойности на подобренията при двата комплексни показателя - „коефициент на използване по предназначение” и „коефициент на организационно-техническа готовност” също са с нееднозначен превес при двете машини. Т.е. и тези два показателя не дават възможност за определена препоръка на един от двата варианта за модернизация. Но тъй като тези показатели обхващат в значителна степен организацията на производствения процес, включително и процесите на възстановяване на работоспособността, получените числени стойности могат да послужат за основа за усъвършенстване на тази организация.

4) В заключение – двата разглеждани варианта на модернизация на сложен технически обект – на електронната и механичната му части, са сравнително равностойни по отношение на критерия „състояние на експлоатационната надеждност“, а от там – и на работната ефективност на обекта. Но въз основа на различния размер на вложения паричен ресурс при всеки от двата варианта, може да се направи извода, че при наличие на относително по-голям такъв ресурс модернизацията на електронната част дава по-голямо подобрение на надеждността в абсолютно изражение. А при наличие на по-малък ресурс, по-подходящ е варианта с модернизация на механичната част той дава адекватно за размера на ресурса подобрение на надеждността на обекта.

4. ИЗВОДИ

1) Определен е набор от надеждностни показатели за анализ на подобрението на експлоатационната надеждност на сложен технически обект при различни варианти на модернизацията му, в случая – на електронната и механичната му части.

2) Получени са числените стойности на тези показатели при двата варианта преди и след модернизацията.

3) Въз основа на тези числени стойности е приложена методика за сравнителен анализ на разглежданите два варианта.

4) Получените резултати са основа за усъвършенстване на организацията на производствения процес, включително работата на службите по възстановителните дейности.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Aleksandra Jasiak, Ergonomic Modernization in a Selected Automotive Company, Procedia Manufacturing, Volume 3, 2015, Pages 4769-4775; ISSN: 2351-9789, 2024, Elsevier BV
[2] Jacques V. Hugo, Casey R. Kovesdi, Jeffrey C. Joe; The strategic value of human factors engineering in control room modernization; Progress in Nuclear Energy, Volume 108, September 2018, Pages 381-390, ISSN: 0149-1970, 2025, Elsevier Ltd.
[3] Ricardo Pérez-Castillo, Manuel A. Serrano, Mario Piattini; Software modernization to embrace quantum technology; Advances in Engineering Software, Volume 151, January 2021, 102933, ISSN: 0965-9978, 2025 Elsevier Ltd.
[4] William Ulrich; Chapter 3 - Modernization Standards Roadmap; Information Systems Transformation, Architecture-Driven Modernization Case Studies, The MK/OMG Press, 2010, Pages 45-64, ISBN 978-0-12-374913-0, 2010 Elsevier Inc.

COMPARATIVE RELIABILITY ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE MODERNIZATION OF ELECTRONIC AND MECHANICAL PARTS OF A COMPLEX TECHNICAL OBJECT

Vladimir Iliev Boyadjiev
v.boyadjiev@abv.bg,
ORCID: 0009-0001-5714-9418

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

Abstract: *A significant part of the production facilities is in an advanced stage of moral and physical obsolescence. Their renewal can be done in different directions. One of them is modernization. Its implementation allows for flexibility, scalability and multivariability. When making a final decision for a specific modernization, it is important that it be based on objective information, which is a prerequisite for the high efficiency of the modernization. This study examines the modernization of the electronic and mechanical parts of a complex technical facility, comparing the two options. The assessment of the effectiveness of the partial modernization can be carried out using different criteria. In this case, the operational reliability of the modernized facility is proposed as a comparison criterion. And the level of operational reliability allows for the assessment of the operational efficiency of the facilities. This report explores the possibilities of implementing a methodology through which such an assessment of the effectiveness of different options for the partial modernization of a complex technical facility can be carried out. Specifically, two options for modernization are compared - the electronic and the mechanical parts of a complex technical facility. Solving this limited-scale task will allow moving towards a more comprehensive ultimate goal - encompassing different partial modernizations of a facility in one model and comparing them based on criteria that take into account the operational reliability and operational efficiency of the technological equipment.*
Key words: *reliability, comparative analysis, electronic part, mechanical part, complex technical object*