

UOT 629.5.083

GƏMİ AVADANLIQLARININ TƏMİRİNDƏ EHTİYAT HİSSƏLƏRƏ TƏLƏBATIN PROQNOZLAŞDIRILMASI

¹Həsənov Y.N., ^{1,2}Çələbi İ.Q., ¹Rəhimov B.R.

¹ “Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç, 18

^{1,2} “Azərbaycan Texniki Universiteti” PHŞ

AZ1073, Bakı şəh., H. Cavid pr., 25

E-mail: yusif_nadiroglu@mail.ru i_chalabi@aztu.edu.az

Xülasə. Məqalədə gəmi avadanlıqlarının müxtəlif komponentlərinin yenilənməsi məqsədi ilə ehtiyat hissələrinin müəyyən istismar dövrü ərzində və ya təmir tsikli üzrə tələb olunan miqdarının proqnozlaşdırılması məsələsinə baxılmışdır. Bu məqsədlə həmin komponentlərin imtinalarının paylanma qanunlarını düzgün seçmək və imtinalar intensivliyinin zamandan asılılığını müəyyənləşdirmək mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Yalnız lazım olan sayda ehtiyat hissələrinin saxlanması ambar xərclərinin minimum olmasına imkan verir. Ambarlarda həmişə ehtiyat hissəsinin olması isə imtinalar zamanı boşdayanmaların azalmasına, istehsalat prosesinin intensivləşməsinə və əmək məhsuldarlığının yüksəlməsinə səbəb olur. Elektrik mühərrikləri misalı üzərində irəli sürülən metodika tətbiq olunmuş və 10 il istismar dövründə illər üzrə tələb olunan ehtiyatın miqdarı təyin olunmuşdur.

Abstract. The article considers the issue of forecasting the required number of spare parts for a certain period of operation or for a repair cycle in order to update various components of the ship's equipment. To this end, it is important to choose the right laws for the distribution of failures of these components and determine the dependence of the failure rate on time. Storing only the

required number of spare parts minimizes storage costs. And the constant availability of spare parts in warehouses leads to reduced downtime in case of failures, intensification of the production process and increased labor productivity. Using the example of electric motors, the proposed methodology was applied and the amount of requested stock was determined by year over 10 years of operation.

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос прогнозирования требуемого количества запасных частей на определенный период эксплуатации или на ремонтный цикл с целью обновления различных узлов судового оборудования. С этой целью важно правильно выбрать законы распределения отказов этих компонентов и определить зависимость интенсивности отказов от времени. Хранение только необходимого количества запасных частей позволяет минимизировать складские расходы. А постоянное наличие запасных частей на складах приводит к уменьшению простоев при отказах, интенсификации производственного процесса и повышению производительности труда. На примере электродвигателей была применена предложенная методика и определена количество запрашиваемого запаса по годам в течение 10 лет эксплуатации.

Açar sözlər: gəmi avadanlıqları, təmir, ehtiyat hissələri, imtinaların paylanma qanunu, imtinalar intensivliyi

Key words: marine equipment, repairs, spare parts, failure distribution, failure rate

Ключевые слова: судовое оборудование, ремонт, запасные части, закон распределения отказов, интенсивность отказов

Giriş. Gəmilərin və onlar üzərində quraşdırılan avadanlıqların əksər komponentlərinin iş qabiliyyəti bərpa olunan texniki sistemlərə aid olduğu üçün təmir prosesində boşdayanma vaxtının azaldılması üçün ehtiyat hissələrinin lazımı sayının ambarda saxlanması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Buraya ilk növbədə avadanlıqların yeyilməyə məruz qalan və periodik olaraq dəyişdirilən detal və düyünləri, təsadüfi imtinalar nəticəsində sıradan çıxan elektrik və elektromaqnit komponentlər və s. aiddir. Belə komponentlərə dişli çarx reduktorlarını, friksion və elektromaqnit muftaları, elektrik mühərriklərini və s. daxil etmək olar. Bir çox hallarda avadanlığın hər hansı bir blokunun, məsələn reduktorun, elektrik mühərrikinin və s. bərpa olunması mümkünsüz ola bilər. Ona görə də bu cür komponentlərin müəyyən sayda ehtiyatının ambarda saxlanması zəruridir.

Tələb olunan ehtiyat hissələrinin təyini. Ehtiyat hissələrinə olan tələbatın proqnozlaşdırılması adətən layihələndirmə mərhələsində yerinə yetirilir. Amma bu mərhələdə ehtiyat hissələrinin adətən yalnız nomenklaturu müəyyən edilir. Ehtiyat hissələrinin tələb olunan sayı isə yalnız sınaq nümunələrinin sınağından alınan və analoq avadanlığın istismarı prosesində əldə olunan statistik informasiyaların analizindən sonra dəqiqləşdirilir. Bu analizi avadanlığın əvvəlcə ən böyük blok və düyünləri üçün, sonra isə daha kiçik komponentləri və detalları üçün aparmaq daha məqsədyönlüdür. Ümumi halda ehtiyat hissələrin nomenklaturunun təyini aşağıdakı sıralama ilə aparılır [1, 2]:

- 1) İstismar müddətində komponentin yenilənmə sayının riyazi gözləməsi təyin edilir:

$$a = nN\lambda T. \quad (1)$$

burada N – ehtiyat hissələri tələb olunan avadanlıqların sayı;

n – bir avadanlıqda olan eyni tip komponentlərin sayı;

λ – baxılan komponentin yenilənmələrinin intensivliyi;

T – avadanlığın istismar müddətidir.

- 2) Ehtiyat hissələrin dəyişdirilməsi ilə bağlı xərclər aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$C_e = \frac{C_{aq} + aC_d}{N}. \quad (2)$$

burada C_{aq} – ehtiyat hissənin dəyişdirilməsində istifadə olunan alət və qurğuların dəyəri;
 C_d – dəyişdirilən ehtiyat hissənin dəyəridir.

- 3) İstismar müddəti ərzində ehtiyat hissələrin dəyişdirilməsi yolu ilə bir avadanlığın bərpa olunmasına sərf olunan zaman (saatlarla) təyin olunur:

$$T_{mb} = \frac{a \cdot t_e}{N}. \quad (3)$$

burada t_e – bir ehtiyat hissənin dəyişdirilməsinə sərf olunan zaman müddətidir.

(1) ifadəsi avadanlığın hər hansı komponentinin imtinadan sonra yenilənməsi üçün tələb olunan ehtiyat hissələrinin bütün istismar müddəti ərzində miqdarını təyin etməyə imkan verir. Lakin avadanlığın sıradan çıxan komponentlərinin bütün istismar müddəti ərzində lazımı ehtiyatının saxlanması böyük məsrəf və ambar sahəsi tələb edir. Digər tərəfdən, imtinalar intensivliyinin qiyməti çox nadir hallarda bütün istismar müddəti ərzində sabit olur. Bu o deməkdir ki, hər hansı bir komponentə görə tələb olunan ehtiyat hissələrinin miqdarı istismarın müxtəlif mərhələlərində imtinalar intensivliyinin qiymətindən asılı olaraq dəyişə bilər. Ona görə də ehtiyat hissələri saxlanılacaq komponentlərin imtinalar intensivliyinin zamandan asılılığını düzgün təyin etmək və bunun əsasında müəyyən istismar mərhələləri üzrə tələb olunan miqdarda ehtiyat hissələrinin saxlanması mühüm iqtisadi əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, aylar, rüblər, illər və ya təmir tsiklləri üzrə tələb olunan ehtiyat hissələrinin miqdarının təyin edilməsi daha optimaldır. Qeyd olunanları nəzərə alaraq müəyyən Δt_i istismar dövrü ərzində (ay, rüb, il və s.) tələb olunan ehtiyat hissələrinin miqdarını [2]-də irəli sürülən metodika əsasında aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$m_i = n \cdot N \cdot \lambda(t_i) \cdot \Delta t_i, \text{ əgər } \lambda(t_i) \cdot \Delta t_i \leq 0,2 \text{ olarsa}; \quad (4)$$

və ya

$$m_i = n \cdot N \cdot (1 - e^{-\lambda(t_i) \cdot \Delta t_i}), \text{ əgər } \lambda(t_i) \cdot \Delta t_i > 0,2 \text{ olarsa}. \quad (5)$$

Burada Δt_i – ehtiyat hissələrinin miqdarının təyin olunduğu istismar dövrü;

$\lambda(t_i)$ – baxılan istismar dövründə imtinalar intensivliyinin riyazi gözləməsidir.

(4) və (5) ifadələrindən göründüyü kimi istismarın hər hansı bir dövründə tələb olunan ehtiyat hissələrinin sayını təyin etmək üçün imtinalar intensivliyinin həmin zaman intervalında qiyməti məlum olmalıdır. Avadanlığın hər hansı bir komponentinin imtinalar intensivliyinin zamandan asılılığını müəyyən etmək üçün onun həyat tsiklinin son mərhələsində - yəni istismar prosesində yaranan imtinalar haqqında statistik məlumatların əldə olunması mühüm əhəmiyyət daşıyır. Lakin bu məlumatların əldə olunması üçün bütün istismar dövrü ərzində çox sayda avadanlıq üzərində sınaq və müşahidələrin aparılması lazım gəlir. Bu isə böyük vaxt və zəhmət tələb edən bir prosesdir, ona görə də praktikada etibarlılığın qiymətləndirilməsi üçün mövcud statistik modellərdən istifadə edirlər. Hal-hazırda avadanlıqların və onların struktur elementlərinin etibarlılığının qiymətləndirilməsində onlarla müxtəlif statistik model - klassik paylanma qanunu istifadə edilir. Hər bir avadanlığın etibarlılığının düzgün qiymətləndirilməsində statistik modelin və onun parametrlərinin düzgün seçilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Seçilən statistik model imtinaların faktiki paylanmasını kifayət qədər düzgün əks etdirməlidir.

İmtinalar intensivliyinin paylanma qanununun seçilməsi. Gəmi avadanlıqlarında geniş istifadə olunan elektrik mühərriklərinə ehtiyat hissəsi kimi olan tələbatın proqnozlaşdırılması məsələsinə baxaq. Eksperimentlər əsasında sübut olunmuşdur ki, elektrik mühərriklərində sıradan çıxma səbəblərinin təxminən 92 - 95%-i faza sarğılarının sıradan çıxması və yalnız 2 - 5%-i

yastıqlarda yaranan nasazlıqlarla bağlıdır [3]. Elektrik mühərriklərində ən tez sıradan çıxan komponentin faza sarğıları olması onların çoxsaylı olması və ardıcıl birləşdirilməsidir. Hər hansı bir sarğının izolyasiya qatında yaranan nasazlıq qısa zamanda digərlərinə də təsir göstərir və nəticədə bütün sistem sıradan çıxır. Sarğı naqillərinin izolyasiyasının yüksək etibarlılığa malik olmasını təmin etmək üçün xüsusi materialların və texnologiyanın tətbiqi tələb olunur. Bu isə çox baha başa gəlir və məhsulun maya dəyərinin artmasına gətirir. Müəyyən olunmuşdur ki, elektrik mühərriklərinin ümumi imtinalarının 35%-i hazırlanma xətalı ilə, 50%-i istismar şərtlərinin pozulması (məsələn, qızmanın qarşısının alınmaması) ilə və yalnız 15%-i konstruksiyatmada yol verilən xətalı ilə əlaqədardır.

[4] və [5]-də aparılan araşdırmalar göstərmişdir ki, elektrik mühərrikinin imtinalar intensivliyinin zamandan asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə edilə bilər:

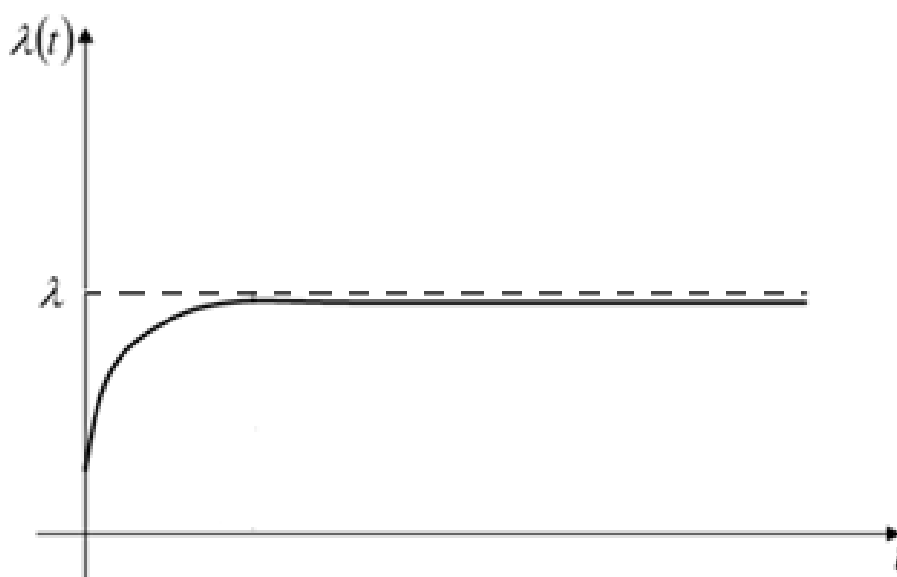
$$\lambda(t) = \lambda(1 + \alpha \cdot e^{\beta t}). \quad (6)$$

burada λ – istismarın başlanğıcında imtinalar intensivliyinin qiymətini nəzərə alır. λ -nın kiçik qiymətlərində istismarın başlanğıc dövründə imtinalar intensivliyi də kiçik olur;

α – paylanmanın forma əmsalıdır;

β – imtinalar intensivliyinin zamandan asılı olaraq dəyişmə xarakterini göstərir.

Şəkildə təklif olunan paylanmanın qrafiki əks olunmuşdur.



Şəkil. İmtinalar intensivliyinin zamandan asılılığı

Aparılan araşdırmalar göstərmişdir ki, elektrik mühərrikləri üçün təklif olunan paylanmanın parametrləri $\lambda=0,08$ il⁻¹; $\alpha=-1$; $\beta=-1$ il⁻¹ olmuşdur [5]. Təqdim olunan metodika əsasında gəmi avadanlıqlarında istifadə olunan $N=100$ sayda elektrik mühərrikinin istismarı zamanı $T=10$ il ərzində illər üzrə tələb olunan ehtiyat hissələrinin sayını təyin etmək. İmtinalar intensivliyinin qiymətlərini (4) və (5) düsturlarında nəzərə almaqla illər üzrə tələb olunan ehtiyat hissələrin sayını təyin etmək olar. Aparılan hesablamaların nəticələri cədvəldə daxil edilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, 10 il istismar müddəti ərzində $N=100$ sayda elektrik mühərriki üçün tələb olunan ehtiyat hissələrin sayı imtinalar intensivliyinə uyğun şəkildə dəyişir.

Elektrik mühərriki üçün tələb olunan ehtiyat hissələrinin sayı

Interval №- si	Zaman intervalı, il	İmtinalar intensivliyinin riyazi gözləməsi, $\lambda(t_i)$	İntervallar üzrə tələb olunan ehtiyat hissələrinin sayı, m_i
1	0 – 1	0,032	3
2	1 - 2	0,062	6
3	2 - 3	0,073	7
4	3 - 4	0,078	8
5	4 - 5	0,079	8
6	5 - 6	0,08	8
7	6 - 7	0,08	8
8	7 – 8	0,08	8
9	8 – 9	0,08	8
10	9 - 10	0,08	8
Cəmi			72

Nəticə. Beləliklə, gəmi avadanlıqlarının müxtəlif komponentlərinin yenilənməsi məqsədi ilə ehtiyat hissələrinin müəyyən istismar dövrü ərzində və ya təmir tsikli üzrə tələb olunan miqdarını proqnozlaşdırmaq üçün həmin komponentlərin imtinalarının paylanma qanunlarını düzgün seçmək və imtinalar intensivliyinin zamandan asılılığını müəyyənləşdirmək mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Yalnız lazım olan sayda ehtiyat hissələrinin saxlanması ambar xərclərinin minimum olmasına imkan verir. Ambarlarda həmişə ehtiyat hissəsinin olması isə imtinalar zamanı boşdayanmaların azalmasına, istehsalat prosesinin intensivləşməsinə, əmək məhsuldarlığının yüksəlməsinə səbəb olur və beləliklə də praktikada yüksək səmərə verə bilər.

Ədəbiyyat

1. Бабаев С.Г. Основы теории надежности нефтепромыслового оборудования. Учебник// С.Г. Бабаев, И.А. Габибов, Р.Х. Меликов. - Баку: - изд. АГНА, -2015. - 400 с.
2. Труханов В.М. Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытания опытных образцов. Монография/В.М. Труханов. Москва: «Машиностроение», -2003. - 320 с.
3. Гольдберг, О.Д. Надежность электрических машин / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская. – Москва: «Академия», -2010. – 288с.
4. Гирфанов А.А. Электромагнитная совместимость погружного электрооборудования предприятий нефтедобычи и разработка комплекса мер по повышению надежности его работы/Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. –Самара: -2005. – 229 с.
5. Гасанов Ю.Н. Регулирования триботехнических характеристик поверхностей деталей. Монографиya Элм .Баку 2001, 315 стр.
6. Гасанов Ю.Н. Износ поверхности вада с учётом контактирующего взаимодействия с втулкой. Проблемы прикладной механики. №1(16), Тбилиси 2002.
7. Chalabi I. An alternative failure distribution for reliability evaluation of diverse technological systems//Journal of Failure Analysis and Prevention. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11668-021-01244-1>

Мəqalə qəbul olunub: 29.10.25
Təvsiyə edib: prof. İsmayilov N.Ş.