

UDK.621.81; 519.23/25

## ÇOXFAKTORLU ƏMƏLİYYATLARIN VƏ MÜRƏKKƏB TEXNOLOJİ PROSESLƏRİN GÖSTƏRİCİLƏRİNİN EHTİMAL NƏZƏRİYYƏSİNİN VƏ RİYAZİ STATİSTİKANIN METODLARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ ARAŞDIRILMASI

**Qafarzadə H.V.**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti  
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 20  
E-mail: Aydin.qafarov@hotmail.com*

**Xülasə.** Məqalədə maşın və avadanlıqların detallarının emalı əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın metodlarından istifadə etməklə hesablanması və qiymətləndirilməsi üsulları araşdırılır. Müəyyən edilmişdir ki, eksperimentlərin nəticələrinin statistiki emalı zamanı səpələnmələrin bütün xarakteristikalarını müəyyənləşdirmək lazımdır. Aydınlaşdırılmışdır ki, detalların yüksək dəqiqliyə malik səthlərinin keyfiyyət göstəricilərinin və xətlərinin qiymətləndirilməsi üçün sistemləşdirilmiş mütərəqqi texnologiyalardan istifadə etmək məqsədəuyğundur.

**Abstract.** The article investigates methods for calculating and evaluating indicators of accuracy and quality obtained in the processing of machines and equipment parts and technological processes using probability theory and mathematical statistics methods. It has been established that, during statistical processing of experiments results to determine the complete characteristics of the distributions, it is necessary to identify all the conditions. It turned out that it is necessary to use systematized advanced technologies to assess the quality indicators and errors of high-precision surfaces of parts.

**Аннотация.** В статье анализируются способы расчета и оценки точностных и качественных показателей деталей машин и оборудования, полученных в операциях обработки и технологических процессах с применением методов теории вероятностей и математической статистики. Установлены, что при статистической обработке результатов экспериментов для определения полных характеристик распределений необходимо выявить всех условий. Выяснены, что для оценки качественных показателей и погрешностей высокоточных поверхностей деталей целесообразно применения систематизированных прогрессивных технологий.

**Açar sözlər:** maşın, avadanlıq, dəzgah, detal, dəqiqlik, keyfiyyət, emal, əməliyyat, xəta, təsadüfi kəmiyyət, paylanma, funksiya

**Key words:** machine, equipment, bench, detail, accuracy, quality, processing, operation, mistake, planning quality, dispensation, function

**Ключевые слова:** машины, оборудования, станок, деталь, точность, качество, обработка, операция, погрешность, случайная величина, распределение, функция

---

**Giriş.** Maşın və avadanlıqların emal olunan detallarının hər birinin həqiqi ölçüləri müəyyən növ xətalara xarakterizə olunurlar. Bu xətlərin hamısı, növündən asılı olmayaraq təsadüfi kəmiyyətlərdir. Bu xətlərə, daimi sistematik, sistematik qanuna uyğun, mütləq, nisbi, gətirilmə, statiki, dinamiki, multiplikativ, additiv, təsadüfi və digər xətləri misal göstərmək olar. Təsadüfi xətlərdən başqa, yuxarıda göstərilən xətlərin tam əksəriyyətini bu və ya digər texniki-texnoloji tədbirləri həyata keçirməklə tam, yaxud qismən aradan qaldırmaq olar.

Təsadüfi xətləri müəyyənləşdirmək və yaxud əvəz etmək isə kifayət qədər mürəkkəb və çətin məsələdir. Belə ki, onlar bir-biri ilə əlaqəsi olmayan çoxlu sayda təsadüfi faktorların təsirindən yaranırlar.

Emal edilən detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin müxtəlif faktorların təsirindən dəyişməsinə, ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın əsas müddəaları əsasında öyrənilməsi daha düzgün və məqsədə müvafiq yoldur. Hal-hazırda bu sahədə müəyyən təcrübə əldə edilmişdir [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9].

Təcrübə tədqiqatları aparılarkən, maşın və avadanlıqların məsul detallarının emalı nəticəsində alınmış dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin, eyni zamanda bu göstəricilərin xətalının qiymətləndirilməsi üçün sistemləşdirilmiş mütərəqqi metodikalardan istifadə etmək lazım gəlir. Belə metodikalardan istifadə etməklə, detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini analiz etmək və qiymətləndirmək mümkündür.

Məqsədımız maşın və avadanlıqların detallarının emalı əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın metodlarından istifadə etməklə hesablanması və qiymətləndirilməsi üsullarının analizidir.

**Məsələnin həlli.** Tədqiqatları aparılarkən təcrübələrin nəticələri (təsadüfi kəmiyyətlərin qiymətləri) müəyyən artma ardıcılığı ilə düzülür –  $x_1 < x_2 < x_3, \dots, < x_n$ .

Sonrakı mərhələdə təsadüfi kəmiyyətlə, onun ehtimalı arasında əlaqəni əks etdirən cədvəl qurulur (Cədvəl 1). Cədvəlin qurulması üçün  $x_i$  –nin eyni qiymətlərinin sayı  $m$  müəyyənləşdirilir və  $P_i = m_i/n$  ehtimalı təyin edilir. Burada  $n$  –təcrübə nəticəsində alınan qiymətlərin ümumi sayı,  $k$  fərqli ölçülərin miqdarıdır [4], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16].

**Cədvəl 1**

|                       |       |       |       |     |       |                                               |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|-------|-----------------------------------------------|
| $x_i$                 | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | ... | $x_k$ | $\sum_{i=1}^k m_i = n$ $\sum_{i=1}^k P_i = 1$ |
| $m_i$                 | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | ... | $m_k$ |                                               |
| $P_i = \frac{m_i}{n}$ | $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ | ... | $P_k$ |                                               |

Əgər təcrübə zamanı alınan nəticələrin fərqli qiymətlərinin sayı 15-20-dən artıqdırsa, onda bu məlumatları qruplaşdırmaq və müəyyən sayda dərəcələrə gətirmək lazımdır. Bütün dərəcələrin eni qiymətcə bərabər olmalıdır.

Dərəcələrin sistemləşdirilməsi üçün aşağıdakı ardıcılıqdan istifadə edilir [4]:

- təsadüfi kəmiyyətin ən böyük ( $X_{max}$ ) və ən kiçik ( $X_{min}$ ) qiymətləri təyin edilir.

$R = X_{max} - X_{min}$  asılılığından təsadüfi kəmiyyətin vüsəti (təsadüfi kəmiyyətin səpələnmə diapazonu)  $R$  müəyyənləşdirilir;

- dərəcələr, müəyyən sayda ölçmələrlə  $k$  verilir. Onlar təkrəqəmli olmalıdırlar. Ölçmələrin ümumi sayı  $n > 100$  olduqda  $k = 9 - 15$ ,  $n < 100$  olduqda isə  $k = 7$  qəbul edilir.

- dərəcənin eni  $h = R/k$  təyin edilir. Hesabatları sadələşdirmək üçün  $k$ -nın alınmış qiymətini istənilən tərəfə yuvarlaqlaşdırmaq olar;

- dərəcələrin sərhədləri təyin edilir və hər bir dərəcə üçün ölçmələrin sayı hesablanır. Dərəcələrin sərhəddində yerləşən  $X$ -in qiymətini hesablayarkən, onu həmişə eyni dərəcəyə (məsələn,  $X$ -in ilk dəfə rast gəlinəyi, yəni yuxarı sərhəddi olduğu dərəcəyə) aid etmək lazımdır.

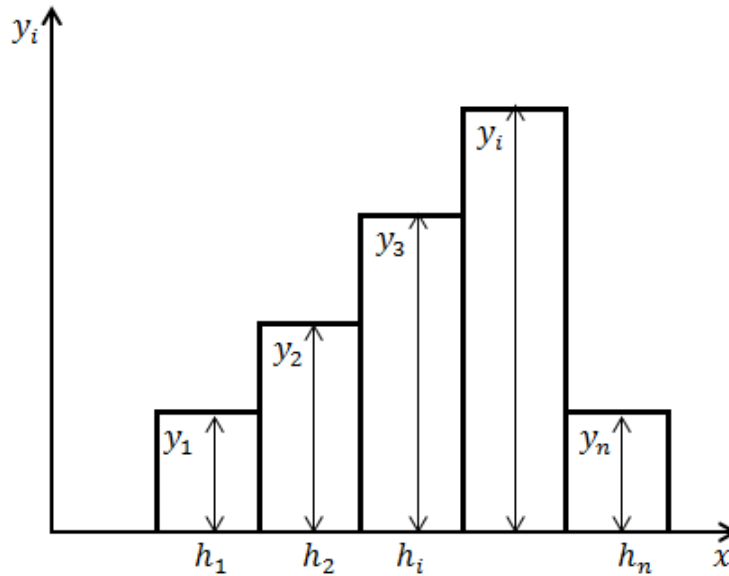
- hər bir dərəcə üçün ehtimal təyin olunur və səpələnmələrin sırası qeyd edilir (cədvəl 2). Burada  $X_1 = X_{min}$ ,  $X_{k+1} = X_{max}$ ,  $J_i$  –dərəcədir.

**Cədvəl 2**

|                |                         |                         |     |                             |                                      |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-----|-----------------------------|--------------------------------------|
| $J_i$<br>$h_i$ | $X_1 \div X_2$<br>$h_1$ | $X_2 \div X_3$<br>$h_2$ | ... | $X_k \div X_{k+1}$<br>$h_k$ | $Yoxlama$<br>$\sum_{i=1}^k m_i = n.$ |
| $m_i$          | $m_1$                   | $m_2$                   | ... | $m_k$                       |                                      |
| $P_i = m_i/n$  | $P_1 = m_1/n$           | $P_2 = m_2/n$           | ... | $P_k = m_k/n$               | $Yoxlama$<br>$\sum_{i=1}^k P_i = 1.$ |

Dərəcələrə gətirilmiş təsadüfi kəmiyyətləri qrafiki formada təqdim etmək üçün qistoqrammalar qurulur. Qistoqrammaları qurmaq üçün bir sıra əməliyyatları yerinə yetirmək lazımdır. Bunun üçün  $y_i = P_i/h$  ordinatının qiyməti müəyyənləşdirilməlidir. Burada  $P_i$  – təsadüfi kəmiyyətin  $i$  dərəcəsində meydana çıxma ehtimalı;  $h$  – hər bir dərəcənin enidir.  $y_i = f(x)$  koordinat sistemində  $h$  dərəcəsinin eninə uyğun,  $y_i$  hündürlüyünün qiyməti yerləşdirilir və elementar düzbucaqlılar qurulur (şəkil 1.). Sonra isə hər bir elementar düzbucaqlının sahəsi  $S_i$  hesablanır

$$s_i = hy_i = h \frac{P_i}{h} = P_i. \quad (1)$$



**Şəkil 1. Səpələnmanın qistoqramı**

Qistoqrammanın ümumi sahəsinin  $S$ , ayrı-ayrı elementar düzbucaqların sahələrinin cəmindən ibarət olduğunu nəzərə alsaq yazı bilərik

$$S = \sum_{i=1}^k s_i = \sum_{i=1}^k P_i = 1. \quad (2)$$

(2) ifadəsindən aydın olur ki, qistoqramma ilə məhdudlaşan sahə vahidə bərabərdir.

Təcrübələrin nəticələrinin analizində təsadüfi kəmiyyətlərin səpələnmə funksiyasının tipi, qistoqrammanın xarici görünüşünə və yaxud appoksimasiyaedici (əvəzedici) əyriyə görə təyin edilir. Əgər  $x$  təsadüfi kəmiyyətinin,  $x_i$ -nin hər hansı bir qiymətindən kiçik, yaxud ona bərabər olduğu ehtimalını  $P(X \leq x_i)$  ilə işarə etsək, onda  $P(X \leq x)$  ehtimalının  $x$  – in qiymətinin yüksəlməsi ilə artmasını göstərən asılılıq, səpələnmanın funksiyası olacaqdır. Səpələnmə funksiyası

$F(x) = P(X \leq x)$  ilə işarə edilir.

Səpələnmə funksiyasının  $F(x), P(X \leq x)$  ehtimalına bərabər olduğunu və ehtimalın sıfırdan vahidə qədər dəyişə bilmə mümkünlüyünü nəzərə alsaq, onda səpələnmə funksiyasının da sıfırdan vahidə qədər dəyişə biləcəyini qəbul edə bilərik

$$0 \leq F(x) \leq 1 \quad . \quad (3)$$

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alsaq yaza bilərik

$$P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} P(X = x_i) = \sum_{x_i \leq x} P_i \quad , \quad (4)$$

$$F(x) = \sum_{x_i \leq x} P_i \quad (5)$$

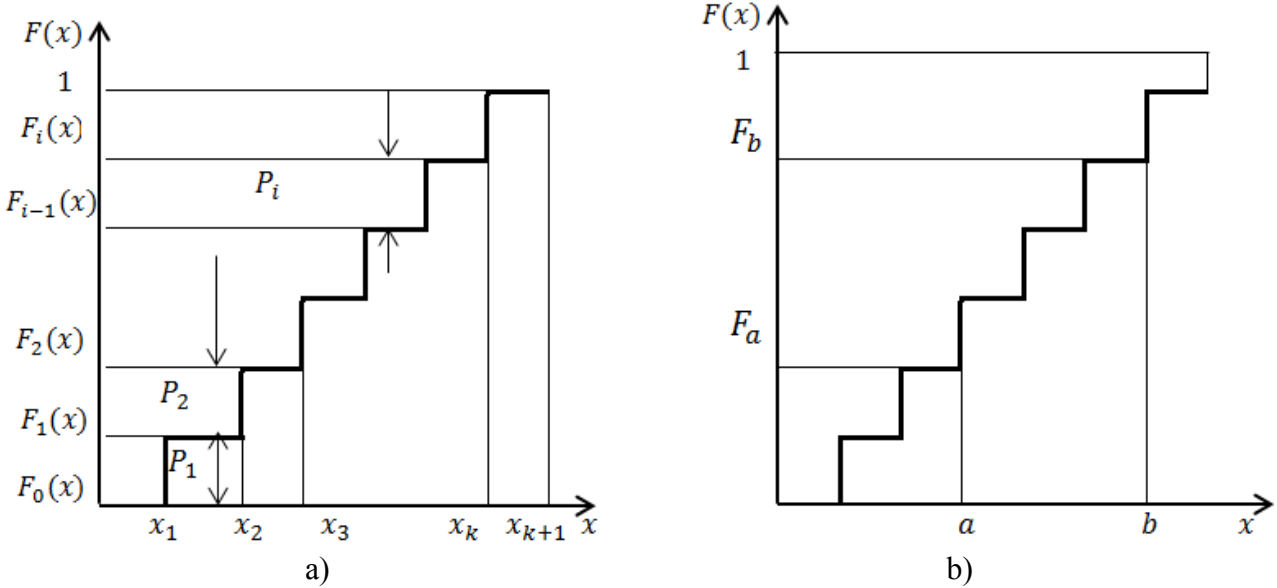
və yaxud

$$F(x) = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_m \quad . \quad (6)$$

Burada  $m$   $x$ -dən sağda yerləşməyən  $x_i$  nöqtələrinin sayıdır.

Səpələnmə funksiyası aşağıdakı qayda üzrə qurulur [3],[4]:

-  $F(x)$  və  $x$  müstəvi koordinat sistemində  $x_1$  və  $F(x_1) = P_1$  nöqtələri qeyd edilir (şəkil 2);



**Şəkil 2. Səpələnmənin funksiyasının qurulması.**

- qeyd edilmiş nöqtədən  $x$  oxunu kəsənə qədər perpendikulyar düz xətt endirilir və ondan da  $x_2$ -dən qalxmış perpendikulyarı kəsənə qədər horizontal xətt çəkilir;

-  $x_2$ -dən qalxmış perpendikulyarın üzərinə  $F(x_2) = P_1 + P_2$  yerləşdirilir;

-  $x_2$  və  $F(x_2)$  koordinatlı nöqtədən sağ tərəfə xətt çəkilir və beləliklə proses davam etdirilir.

Qurulmuş qrafik səpələnmənin funksiyası adlanır. Qrafikdən görünür ki, səpələnmənin funksiyası sıçrayışlarla dəyişir.

Sıçrayışın  $x_i$  nöqtəsindəki qiyməti, bu qiymətin meydana çıxma ehtimalına  $P_i$  bərabərdir. Alınmış səpələnmə funksiyası azalan deyil. Bu funksiya, arta bilən, yaxud öz qiymətini dəyişməyən funksiya.

Tutaq ki,  $F(x)$  funksiyası verilmişdir və  $x$ -in qiymətinin  $a < x < b$  intervalında olması ehtimalının müəyyənləşdirilməsi tələb edilir, yəni  $P(a < x < b)$ -ni təyin etmək lazımdır. Qeyd olunduğu kimi  $P(x < a) = F(a)$ .

Şəkil 2, b-dən aydın görünür ki,

$$P(a < x < b) = P(x < b) - P(x < a). \quad (7)$$

(7) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar

$$P(a < x < b) = F(b) - F(a). \quad (8)$$

Buradan aydın olur ki, təsadüfi kəmiyyətin verilmiş intervalda meydana çıxma ehtimalı, həmin interval sərhəddində səpələnmə funksiyasının qiymətlərinin fərqinə bərabərdir.

Səpələnmə funksiyası ilə qistoqramma arasında əlaqəyə baxaq. Səpələnmə funksiyasının tərifindən aydındır ki,

$$F_1(x) - F_0(x) = P_1; F_2(x) - F_1(x) = P_2; F_3(x) - F_2(x) = P_3; \dots; F_i(x) - F_{i-1}(x) = P_i.$$

Funksiyaları aşağıdakı kimi də yazı bilərik

$$F_1(x) - F_0(x) = \Delta F_1(x); F_2(x) - F_1(x) = \Delta F_2(x); F_3(x) - F_2(x) = \Delta F_3(x); \dots; F_i(x) - F_{i-1}(x) = \Delta F_i(x).$$

Burada  $\Delta F(x)$  səpələnmə funksiyasının artımıdır.

Məlum olduğu kimi qistoqrammanın ordinatları aşağıdakı kimi yazıla bilər

$$y_1 = \frac{P_1}{h_1}; y_2 = \frac{P_2}{h_2}; y_3 = \frac{P_3}{h_3}; \dots; y_i = \frac{P_i}{h_i}.$$

Buradan

$$h_1 = x_2 - x_1 = \Delta x_1; h_2 = x_3 - x_2 = \Delta x_2; h_3 = x_4 - x_3 = \Delta x_3; \dots; h_i = x_{i+1} - x_i = \Delta x_i.$$

Burada  $\Delta x_i$  – təsadüfi kəmiyyətin artımıdır.

Qistoqrammanın ordinatının ifadəsinə  $p$  və  $h$  üçün alınmış qiymətləri qoysaq, alırıq

$$y_1 = \frac{\Delta F_1(x)}{\Delta x_1}; y_2 = \frac{\Delta F_2(x)}{\Delta x_2}; y_3 = \frac{\Delta F_3(x)}{\Delta x_3}; \dots; y_i = \frac{\Delta F_i(x)}{\Delta x_i}.$$

Ümumi halda yazı bilərik:

$$y = \frac{\Delta F(x)}{\Delta x}. \quad (9)$$

(9) ifadəsindən aydın olur ki, qistoqrammanın ordinatı, səpələnmə funksiyasının artımının təsadüfi kəmiyyətin artımına nisbətində bərabərdir.

Əvvəlki hesabatlardan məlumdur ki, dərəcələrin sayı  $k$ , vüsətin  $R$  (kəmiyyətin səpələnmə diapazonu) intervalın eninə  $h$  nisbətində bərabərdir

$$k = \frac{R}{h} = \frac{R}{\Delta x}. \quad (10)$$

$\Delta x$  – in azalması, dərəcələrin sayının artması ilə eyni qiymətlidir.

(9) və (10) ifadələrindən belə nəticəyə gəlmək olar ki, dərəcələrin sayının artması, yaxud  $\Delta x$  – in qiymətinin azalması qistoqrammanın hamarlanması ilə nəticələnir və qistoqrammanın sahəsi dəyişmədikdə səpələnmə funksiyası  $F(x)$  vahidə bərabər olur.

Fasiləsiz təsadüfi kəmiyyət üçün  $\Delta x \rightarrow 0$  olduqda qistoqramma və səpələnmə funksiyası hamar ayrılır şəklini alırlar. Bu halda da hamar ayrılrlar verilmiş qistoqrammanın sahəsi əvvəlki kimi vahidə bərabər olur. Qistoqrammanın ordinatı  $y = \Delta F(x)/\Delta x$ ,  $\Delta x \rightarrow 0$  vəziyyətində aşağıdakı şəkildə yazılır

$$y = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta F(x)}{\Delta x} = \frac{dF(x)}{dx}. \quad (11)$$

və səpələnmə funksiyasının  $F(x)$   $x$  kəmiyyətinə görə törəməsinə çevrilir.

Səpələnmə funksiyasının  $x$  dəyişəninə görə törəməsi səpələnmənin sıxlığı, onun qrafiki isə səpələnmənin əyrisi adlanır və aşağıdakı kimi yazılır

$$\frac{dF(x)}{dx} = f(x). \quad (12)$$

İnteqral hesablanmasından məlumdur ki,  $f(x)$  səpələnmə əyrisi daxilində olan  $S$  sahəsi

$$S = \int_A^B f(x) dx \quad \text{inteqralı ilə ifadə olunur.}$$

Burada  $A$  və  $B$   $x$ -in ən kiçik və ən böyük qiymətləridir.

Digər tərəfdən, məlum olduğu kimi bu sahə vahidə bərabər götürülür. Deməli,

$$\int_A^B f(x)dx = 1. \quad (13)$$

(13) bərabərliyi, səpələnmə əyrisinin təmin etməli olduğu əsas şərtidir.

**Nəticə.** Müəyyən edilmişdir ki, təsadüfi kəmiyyətlərin səpələnmə funksiyalarının tipini, qıstogramın xarici görünüşünə və yaxud appaksimasiyaedici əyriyə görə təyin etmək olar.

### **Ədəbiyyat**

1. Гафаров А.М. Ротационное точение / А.М. Гафаров.- Баку: Наука, 2000. 128 с.
2. Гафаров А.М. Ротационное хонингование / А.М. Гафаров, Г.М. Бабаев. – Баку: Наука, 2000. – 132 с.
3. Гафаров А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин / А.М. Гафаров. - Баку: Наука, 1998.-318с.
4. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии / В.В. Кафаров. М. Наука, 1989. –464 с.
5. Сахаров В.В. Алгоритмизация и синтез систем управления судовыми динамическими объектами средствами математического программирования / В.В. Сахаров, А.А. Четков, С.В. Сабуров // Вестник ГУМРФ им.адмирала С.О.Макарова. -2016. –N3 (37).- с. 201-211.
6. Дивель А.Н. Численный метод сетевого оператора для синтеза системы управления с неопределенными начальными значениями / А.Н. Дивель // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2012. N2. – с. 63 -67.
7. Андрианов Е.Н. Модельный метод параметрического демпфирование динамических систем / Е.Н. Андрианов, В.В. Сахаров, А.Г.Таранов // журнал Университета водных коммуникаций. -2012.-4.-с.56-66.
8. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П.Попов. 4-е изд., перераб. И доп. –СПБ.: Профессия, 2004. -747 с.
9. Amerongen J. Adaptive steering of ship: phd thesis / J. Van Amerongen. – Delfi University of Technology, 2005. – 156p.
10. Невзоров В.Н. Надежность машин и оборудования / В.А. Невзоров, Е.В. Сугак.-Красноярск: СГТУ, 1998.-400 с.
11. Janahmadov A.Kh. Fraktal nye pogkhogy v triboloqii elastomepob / A.Kh. Janahmadov, M.Y. Javadov. –Baku: Apostroff, 2016.-496 s
12. Qafar zadə H.V. İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza- xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı / H.V.Qafar zadə, A.M.Qafarov, B.H.Salayev // AMA-nın xəbərləri.- 2020.-N2.c.90-97.
13. Курицкий Б.Я. Математические методы в физиологии / Б.Я. Курицкий. М.: Наука, 1969. - 292 с.
14. Сулейманов П.Г. Повышение надежности машин и оборудования эксплуатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов. Баку: Наука, 2018. -308 с.
15. Qafarov A.M. Maşın və avadanlıqların etibarlılığı / A.M. Qafarov. Bakı: ADDA, 2020.-375 s.
16. Яшерицын П.И. Основы технологии механической обработки и сборки в машиностроении / П.И.Яшерицын. Минск: Высшая школа, 1974.-608 с.

*Мəqalə qəbul olunub: 21.04.2022*

*Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayilov*