

UOT 614.8.06; 621.9.026

**MAŞIN VƏ AVADANLIQLARIN DETALLARININ EMALININ ÇOXFAKTORLU
ƏMƏLİYYATLARININ VƏ MÜRƏKKƏB TEXNOLOJİ PROSESLƏRİNİN RİYAZİ
MODELLƏŞDİRİLMƏSİNİN BƏZİ ASPEKTLƏRİ**

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 yüksək dəqiqliyə malik detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi məsələlərinə baxılır. Aydınlaşdırılmışdır ki, əgər əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışı sonlu və differensial tənliklərin mürəkkəb sistemi şəklində verilsə, onda riyazi modelin tətbiqi, effektiv modelləşdirmə alqoritminin qurulmasından əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur.

Abstract. The article deals with the issues of mathematical modeling of multifactor operations and complex technological processes of processing high-precision parts of machines and equipment. It has been established that if the mathematical descriptions of operations and processes are given by complex systems of finite and differential equations, then the use of mathematical models will significantly depend on the construction of effective modeling of algorithms.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы математического моделирования многофакторных операций и сложных технологических процессов обработки высокоточных деталей машин и оборудования. Установлены, что если математические описания операций и процессов задается сложными системами конечных и дифференциальных уравнений, тогда применения математических моделей будет существенно зависеть от построений эффективного моделирования алгоритмов.

Açar sözlər: *maşın, avadanlıq, detal, emal, proses, riyazi, model, sistem, tənlik, təsadüfi, kəmiyyət*

Key words: *machinery, equipment, detail, processing, process, mathematics, model, system, equations, random, quantity*

Ключевые слова: *машины, оборудования, деталь, обработка, процесс, математика, модель, система, уравнения, случайный, величина*

Giriş. Maşın və avadanlıqların detallarının əməliyyatlarının və texnoloji proseslərinin modellərinin yaradılmasında əsas məqsəd ayrı-ayrı detalların, həmçinin maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək, istehsalın yüksək effektivliyinə şərait yaratmaqdır. Alınan nəticələrin analizindən sonra yaradılmış modellərin strukturuna müxtəlif dəyişikliklər edilə bilər.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin riyazi modelləşdirilməsinin ən məsuliyyətli mərhələsi, onların qurulmasıdır. Bu mərhələ, mütəxəssislərdən riyazi hazırlıqla yanaşı, tədqiq edilən emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin mahiyyətini dərinlən dərk etməyi tələb edir. İstənilən modelin qurulması, tədqiq edilən əməliyyatların və yaxud proseslərin formalaşdırılmış izahından başlayır. Texnoloji proseslərin riyazi modelləri, ayrı-ayrı əməliyyatların modellərindən istifadə edilməklə yaradıla bilər.

İşin məqsədi. Maşın və avadanlıqların detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin modelləşdirilməsinin mümkünlüyünün bəzi aspektlərinin analizidir.

Məsələnin həlli. Müxtəlif emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin riyazi yazılışlarının tərkibinə müxtəlif növ asılılıqlar daxil edilə bilər. Bunlara misal olaraq emal əməliyyatlarını yerinə yetirərkən yaranan istilik, qüvvə və güc xarakteristikalarını ifadə edən tənlikləri, əməliyyatların və proseslərin ayrı-ayrı keçidlərində baş verən hadisələri əks etdirən asılılıqları, emal edilən detalların və istehsal olunan maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin texnoloji faktorlarla əlaqəsini ehtiva edən ifadələri, emal əməliyyatlarının və proseslərinin əsas texnoloji faktorlarına qoyulan məhdudiyyətləri xarakterizə edən yazılışları göstərmək olar.

Əgər modelləşdirilən emal əməliyyatları və texnoloji proseslər haqqında nəzəri məlumatlar yoxdursa, yaxud məhdud miqdardadırlarsa, bu zaman eksperimental tədqiqatlar nəticəsində toplanmış və statiki üsullarla emal edilmiş məlumatlardan istifadə edilməklə alınmış empirik asılılıqlar şəklində olan riyazi ifadələrdən istifadə edilə bilər.

Belə modellər statiki modellər adlanır, emal əməliyyatlarının və proseslərin texnoloji faktorları ilə, detalların, yaxud maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri arasında korrelyasiya, yaxud reqresiya əlaqələri şəklində ifadə olunurlar [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Belə əlaqələr, emal əməliyyatlarını və texnoloji prosesləri yerinə yetirmək üçün lazım olan dəzgahlar, tərtibatlar, emal alətləri, ölçü-nəzarət alət və cihazları, materiallar (pəstahlar) və digər texniki vasitələr olduqda mümkündür.

Belə modellərin çatışmayan cəhətləri tədqiq edilən əməliyyatları və prosesləri xarakterizə edən texnoloji faktorların dəyişmə diapazonlarının müəyyən sərhəd daxilində olmasıdır. Bu faktorların dəyişmə sərhədləri bir qayda olaraq istifadə edilən dəzgahların və digər texniki vasitələrin imkanları ilə məhdudlaşır. Bundan başqa bu modellər emal əməliyyatlarını və texnoloji prosesləri yerinə yetirərkən baş verən hadisələrin fiziki-kimyəvi xassələrini əks etdirmədiklərindən, onlardan digər əməliyyatlar və proseslər üçün istifadə etmək çətinləşir və bəzi hallarda isə mümkün olmur. Statiki modellərdən fərqli olaraq riyazi modellər, emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin əsas qanunauyğunluqlarını nəzərə almaqla yaradılırlar.

Onlar, texnoloji faktorların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin miqdarca kifayət qədər dəqiq olmayan qiymətlərində belə, tədqiqat obyektlərini düzgün xarakterizə edə bilirlər. Beləliklə, belə

modellərdən istifadə etməklə uyğun emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin ümumi xassələrini təyin etmək olur.

Müxtəlif təyinatlı maşın və avadanlıqların detallarının emalının ayrı-ayrı əməliyyatlarının və texnoloji proseslərinin modellərinin seçilməsi, yaxud qurulması mərhələlərində bir sıra məqamları nəzərə almaq vacibdir.

1. Modellər emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin əsas xarakterik xüsusiyyətlərini nəzərə almalı və onların riyazi yazılışları kifayət qədər sadə olmalıdır.

2. Modelləri xarakterizə edən əsas texnoloji faktorların qiymətləri, emal edilən ayrı-ayrı detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri, hazırlanan maşın və avadanlıqların işçi parametrləri eksperimental tədqiqatlarla, istismar şəraitində toplanmış materialların köməyi ilə, yaxud digər üsullarla təyin oluna bilər.

3. Çoxçeşidli emal əməliyyatlarında hər bir keçid üçün, çoxəməliyyatlı texnoloji proseslərdə isə hər bir əməliyyat üçün ayrı-ayrı riyazi modellər qurula bilər.

Riyazi modelin tipi, riyazi yazılışı üçün istifadə edilən tənliklərin növünə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Çoxfaktorlu emal əməliyyatlarının faktorları və texnoloji proseslərin rejimləri arasındakı stasionar əlaqələri göstərmək üçün cəbri tənliklərdən istifadə etmək mümkündür.

Adi differensial tənliklərdən mərkəzləşdirilmiş faktorları olan əməliyyatların və texnoloji proseslərin qeyri stasionar rejimlərinin riyazi yazılışlarında, həmçinin qiymətləri yalnız bir fəza koordinatından asılı olan paylanmış faktorlara malik əməliyyatların və proseslərin stasionar rejimlərinin ifadə edilməsində də istifadə oluna bilər.

Birinci halda differensial tənliklərdə sərbəst dəyişən kimi vaxtdan, ikinci halda isə fəza koordinatından istifadə edilir. Adi differensial tənliklərin daxil olduğu riyazi yazılışların mühüm xüsusiyyəti, onlara başlanğıc şərtlərin verilməsinin vacibliyidir.

Xüsusi törəməli differensial tənliklərdən, paylanan faktorlara və stasionar rejimlərə malik emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dinamikasının riyazi yazılışı üçün istifadə etmək olar. Burada faktorların paylanması heç olmasa bir fəza koordinatına görə baş verməsi vacib şərtidir.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dinamikasının riyazi yazılışında istifadə olunan xüsusi törəməli differensial tənliklər üçün başlanğıc şərtindən başqa, vaxtın funksiyası ilə bağlı şərtlər də verilməlidir.

Əməliyyatların və texnoloji proseslərin stasionar rejimlərini xarakterizə edən xüsusi törəməli differensial tənliklər üçün isə yalnız koordinatlardan asılı olan sərhəd şərtləri verilir.

Emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin differensial tənliklərdən istifadə etməklə riyazi modelləşdirilməsi bəzi hallarda çox çətin və mürəkkəb riyazi hesablamalar tələb edir. Buna görə də bəzi hallarda əməliyyatların və proseslərin differensial tənliklərlə riyazi yazılışı əvəzinə, sonlu tənliklər sistemindən istifadə etmək daha əlverişli olur. Bu məqsədlə paylanan faktorlara malik fasiləsiz əməliyyatlardan və proseslərdən, mərkəzləşdirilmiş faktorlarla xarakterizə olunan diskret əməliyyatlara və proseslərə keçmək olar. Əməliyyatların və proseslərin modelləşdirilməsində əsas məsələlərdən biri alqoritmlərin işlənməsidir. Alqoritmlərdən istifadə edərək əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışlarını xarakterizə edən tənlikləri həll etmək olar. Adi hallarda isə, yəni riyazi yazılışları ifadə edən tənliklər sisteminin analitik üsullarla həlləri mümkün olduqda, modelləşdirmə alqoritmlərinin işlənməsinə ehtiyac olmur. Əgər əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışı, sonlu və differensial tənliklərin mürəkkəb sistemi şəklində verilsə, onda riyazi modelin tətbiqi, effektiv modelləşdirmə alqoritminin qurulması mümkünlüyündən əhəmiyyətli dərəcədə asılı olur. Bu, xüsusən modelləşdirmə alqoritminin, ümumi modelləşdirmə alqoritminə, tərkib hissəsi kimi, (məsələn, optimallaşdırma alqoritm kimi) daxil olduğu hallar üçün daha əhəmiyyətlidir. Belə vəziyyətlərdə riyazi modellərin tətbiqi üçün kompüter texnologiyalarının imkanlarından geniş istifadə edilməlidir. Bununla bərabər kompüter texnologiyalarından istifadə edərkən əməliyyatların və proseslərin riyazi yazılışını əks etdirən tənliklər sistemini həll etmək üçün ədədi alqoritmlərin olması vacibdir.

Ədədi analiz metodları riyazi modelləşdirmənin bir çox aspektlərini əhatə edir. Bununla bərabər ədədi analiz metodlarının tətbiqində bir sıra çətinliklər də mövcuddur. Belə hallara riyazi modelləşdirmənin aşağıdakı məsələlərinin aid etmək olar [4]:

1. Çoxsaylı dəyişənləri olan sonlu xətti differensial tənliklər sisteminin həll edilməsi.
2. Sərhəd şərtləri olan adi tənliklər sisteminin inteqrallanması.
3. Xüsusi törəməli differensial tənliklər sisteminin inteqrallanması.

Ədədi analizdə göstərilən məsələlərin həlli ilə bağlı ümumi effektiv metodlar olmadığından, modellərin alqoritmlərinin qurulmasında, həll olunması tələb olunan hər bir məsələnin xüsusiyyətlərindən istifadə olunmalıdır. Belə məsələlərin həllində alınan nəticələrin fiziki mahiyyəti əhəmiyyətli rol oynaya bilər.

Buna misal olaraq, çoxsaylı texnoloji faktorları olan emal əməliyyatlarını və mürəkkəb texnoloji proseslərin parametrlərini, detalların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri ilə əlaqəsini əks etdirən qeyri xətti tənliklər sisteminin iterativ üsulla həllini göstərmək olar. Bəzi hallarda modelləşdirici alqoritm o qədər mürəkkəb olur ki, əməliyyatların, yaxud proseslərin riyazi yazılışını sadələşdirmək məqsədi ilə modelləşdirməni yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulmuş məsələnin qoyuluşunun ilkin formasını dəyişmək lazım gəlir. Məsələnin belə qoyuluşu əksər hallarda bəzi analitik asılılıqları daha sadə, nisbətən az dəqiqliyə malik ifadələrlə dəyişməyi tələb edir. Bu da öz növbəsində əməliyyatlar və proseslərin modellərinin təhlilini azaldır, əsas texnoloji faktorları, dəqiqlik və keyfiyyət parametrlərinin bir qismini ixtisar etmək zərurətini yaradır. Maşın və avadanlıqların detallarının emalının çoxfaktorlu əməliyyatlarının və mürəkkəb texnoloji proseslərinin riyazi modellərinin strukturları, emal rejimlərindən və digər texnoloji faktorlardan asılı olaraq müəyyənləşdirilir. Riyazi modellərin uyğunluğu detalların, bütövlükdə maşın və avadanlıqların dəqiqlik, keyfiyyət və istismar göstəriciləri nəzərə alınmaqla təyin olunmalıdır.

Adətən bu göstəricilər riyazi statistikanın müxtəlif qanunları ilə ifadə edilirlər və onları analiz etmək mümkün olur. Belə yanaşma, qurulmuş riyazi modellərin tədqiq edilən emal əməliyyatlarına və yaxud texnoloji proseslərə uyğun olduğunu sübut edə bilən əsas üsuldur. Emal əməliyyatlarını və prosesləri yerinə yetirərkən ayrı-ayrı detalların və bütövlükdə maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin texnoloji faktorların təsiri nəticəsində dəyişməsinin əksətlə ayrılmasının riyazi metodlarla qiymətləndirilməsi, həlli vacib olan məsələlərdən biridir.

Əksətlə ayrılma, təsadüfi kəmiyyətlərin statiki paylanması ilə xarakterizə olunurlar. Bu kəmiyyətlərə, emal əməliyyatlarını və yaxud texnoloji prosesləri yerinə yetirərkən baş verən hadisələrdən asılı olan dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri kimi baxılmalıdır. Onlar, diskret və yaxud fasiləli təsadüfi kəmiyyətlər ola bilərlər.

Təsadüfi kəmiyyətlər, onların meydana çıxma ehtimalı ilə xarakterizə olunurlar

$$P(x = x_1) = P(x_1) = P_1. \quad (1)$$

Burada P – təsadüfi kəmiyyətin meydana çıxma ehtimalı; x – təsadüfi kəmiyyət, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləridir.

(1) ifadəsi göstərir ki, x təsadüfi kəmiyyətin x_1 qiymətini alması ehtimalı P -yə bərabərdir. Aparılan təcrübədə hər hansı bir mümkün qiymətin təzahürü (məsələn x_1 -in), digər mümkün $x_2, x_3, \dots, x_n$ qiymətlərinin təzahürünü istisna edir. Buradan aydın olur ki, təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləri birlikdə olmayan hadisələrdir. Ehtimal nəzəriyyəsiindən məlumdur ki, iki birlikdə olmayan hadisələrin cəmi vahidə bərabərdir. Uyğun olaraq təsadüfi kəmiyyətin bütün mümkün qiymətlərinin cəmini də vahidə bərabər götürmək olar

$$\sum_{i=1}^n P(x_i) = 1. \quad (2)$$

Burada x_i – təsadüfi kəmiyyətin i qiyməti; n – təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətinin ümumi sayıdır.

Ehtimal nəzəriyyəsindən məlumdur ki, təsadüfi kəmiyyətin mümkün qiymətləri ilə, onlara uyğun olan ehtimallar arasında əlaqəni müəyyən edən münasibət təsadüfi kəmiyyətin paylanması qanunu adlanır. Təsadüfi kəmiyyətin qiymətləri arqumentlər, onlara uyğun gələn ehtimallar isə funksiyalardır. Təsadüfi kəmiyyətlərin qiymətləri təcrübədən təcrübəyə təsadüfi olaraq dəyişə bilər. Əgər təsadüfi kəmiyyət yalnız sonlu, yaxud hesablanı bilən çoxlu saylı qiymətləri ala bilərsə diskret, açıq yaxud qapalı intervalda istənilən qiyməti almaq imkanına malikdirsə, fasiləsiz adlanır.

Təsadüfi kəmiyyətin qeyd edilmiş qiymətdən x kiçik qiymət x_i alması ehtimalı, paylanmanın integral funksiyası adlanır

$$F(x) = P(x_i < x). \quad (3)$$

Paylanma funksiyasının əsas xassələri aşağıdakılardır [11]:

$$F(-\infty) = 0, F(+\infty) = 1, 0 \leq F(x) \leq 1, P(a < x_i < b) = F(b) - F(a). \quad (4)$$

Təsadüfi kəmiyyətin paylanma sıxlığı (paylanmanın differensial funksiyası yaxud ehtimalın sıxlığı) aşağıdakı kimi ifadə edilir

$$f(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{F(x + \Delta x) - F(x)}{\Delta x} = \frac{dF(x)}{dx} = F'(x). \quad (5)$$

Paylanma sıxlığının xassələri aşağıdakılardır

$$f(-\infty < x < +\infty) \geq 0, \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1, F(x) = \int_{-\infty}^x dF(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx, \quad (6)$$

$$p(a < x < b) = F(b) - F(a) = \int_a^b f(x) dx.$$

Təsadüfi kəmiyyətin şərti sıxlığı $\lambda(x)$ aşağıdakı ifadə ilə yazılır

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{p\{x_i > x\}} = \frac{f(x)}{1 - F(x)}. \quad (7)$$

Burada $f(x)$ – paylanma sıxlığı, $p\{x_i > x\} = 1 - F(x)$ – isə təsadüfi kəmiyyətin, qeyd edilmiş kəmiyyətdən artıq olması ehtimalıdır.

Əgər təsadüfi kəmiyyət kimi, emal əməliyyatlarının və yaxud texnoloji proseslərin yerinə yetirilməsi zamanı alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini götürsək, onda paylanmanın integral funksiyasına – bu göstəricilərin forma və keyfiyyət xətlərinin, paylanma sıxlığına – dəqiqlik və keyfiyyət xətlərinin göstəricilərinin paylanma sıxlığının, paylanmanın şərti sıxlığına – xətlərin yaranma tezliyinin intensivliyinin uyğunluğunu qəbul etmək olar.

Əgər maşın və avadanlıqların detallarının emal əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin hədd xətlərinin qiymətlərini y – lə işarə etsək, onda onların texnoloji faktorlarından $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ asılılığını təyin etmək üçün aşağıdakı ifadələrdən istifadə etmək olar [12]

$$y = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (8)$$

Texnoloji faktorların xətlərini Δx_i ilə işarə etsək yazı bilərik

$$y + \Delta y = F(x_1 + \Delta x_1, x_2 + \Delta x_2, x_3 + \Delta x_3, \dots, x_n + \Delta x_n). \quad (9)$$

F funksiyasını Teylor sırasına ayırsaq alırıq

$$\begin{aligned} y + \Delta y = & F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + \left(\frac{\partial F}{\partial x_1} \right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2 \\ & + \left(\frac{\partial F}{\partial x_3} \right)_{\bar{x}_3} \cdot \Delta x_3 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n} \right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n \\ & + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} \right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} \right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_3^2} \right)_{\bar{x}_3} \cdot \Delta x_3^2 + \dots + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial x_n^2} \right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n^2 \right]. \end{aligned} \quad (10)$$

Xətlərin kvadratlarının qiymətlərinin çox kiçik olduğunu bilərk texnoloji faktorların təsirindən yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin xətlərinin təqribi qiymətini Δy təyin edə bilərik

$$\Delta y = \left(\frac{\partial F}{\partial x_1} \right)_{\bar{x}_1} \cdot \Delta x_1 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2} \right)_{\bar{x}_2} \cdot \Delta x_2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_3} \right)_{\bar{x}_3} \cdot \Delta x_3 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_n} \right)_{\bar{x}_n} \cdot \Delta x_n.$$

Ümumi halda yazmaq olar

$$\Delta y = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)_{\bar{x}_i} \cdot \Delta x_i. \quad (11)$$

Burada $\frac{\partial F}{\partial x_i}$ – i funksiyasının x_i –yə görə xüsusi törəməsi, ötürmə müşahidəsi, yaxud təsir əmsalı adlandırmaq olar. $\Delta x_i = x_i - \bar{x}_i$ – xüsusi xətlərdir. $\bar{x}_i$ – xüsusi törəmələrin qiymətinin $x_i = \bar{x}_i$ –də götürüldüyünü göstərən indeksdir. y – göstəricisinin hədd ölçüləri $\bar{y} + \Delta y$ və $y - \Delta y$ –dir. Burada $\bar{y}$, y -in orta qiymətidir.

Detalların emalı əməliyyatlarında, yaxud texnoloji proseslərdə alınan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin xətlərinin hədd ölçüləri arasındakı fərqi $\delta = (\bar{y} + \Delta y) - (\bar{y} - \Delta y) = 2\Delta y$ və texnoloji faktorların təsiri nəticəsində alınan xətlərin fərqi $\delta x_i = 2\Delta x_i$ ilə işarə etsək, yazı bilərik

$$\delta y = \sum_{i=1}^n \frac{\partial F}{\partial x_i} \cdot \delta x_i. \quad (12)$$

(12) ifadəsindəki xətlərin səpələnmə sahəsini, müşahidələrdə olduğu kimi eyni işarələrdə, yəni δy və δx_i ilə göstərmək olar.

Δx_i xətasının təsadüfi kəmiyyət olduğunu nəzərə alsaq, δy -in hesablanmasında kvadratik cəmlənmənin tətbiq edilməsinin məqsədə uyğunluğu aydın olar. Hesablanma ona görə aparılır ki, δy -in adətən çox böyük, nəticə etibarlı ilə isə təsadüfi rast gəlinən qiyməti təyin edilsin.

Ehtimal nəzəriyyəsinə görə Δy – in xətti ölçüsü üçün dispersiyanın aşağıdakı şəkildə verilmiş ifadəsini yazı bilərik

$$D_y = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \cdot D x_i. \quad (13)$$

Dispersiyanın təsadüfi kəmiyyətin xarakteristikası kimi çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, o təsadüfi kəmiyyətin ölçüsünün kvadratı ilə verilir. Buna görə də təsadüfi kəmiyyətlərin səpələnməsi, əksər hallarda, onların ölçüsü ilə verilmiş orta kvadratik sapma ilə xarakterizə olunur

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 \cdot \sigma^2 x_i}. \quad (14)$$

Burada D_y və σ_y uyğun olaraq detalların emalı əməliyyatlarında və texnoloji proseslərdə yaranan dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinin dispersiyaları və orta kvadratik sapmaları, $D x_i$ və σx_i isə texnoloji faktorların dispersiyaları və orta kvadratik sapmalarıdır.

Maşın və avadanlıqların detallarının emalı əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin dəqiqliyi, istismarı zamanı etibarlılığı fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlərlə verildikdə daha çox normal paylanma, bərabər ehtimal, eksponensial, kəsik normal, loqarifmik normal, Veybull, qamma paylanma, Maksvel və Simpson qanunları ilə, diskret təsadüfi kəmiyyətlərlə verildikdə isə binomal paylanma (Paskal paylanması), həndəsi paylanma, hiper həndəsi paylanma qanunları ilə xarakterizə oluna bilərlər [13], [14] [15].

Məsələn, normal paylanma qanunu üçün $\delta = 6\sigma$ və buradan $\sigma_i = \frac{1}{6} \delta_i$. Onda istənilən digər paylanma qanunları üçün yazı bilərik [12]:

$$\frac{1}{6} \delta_y \approx \frac{1}{6} \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 K_i^2 \delta x_i^2} \quad \text{və} \quad \delta_y \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 K_i^2 \delta x_i^2}. \quad (15)$$

Burada K_i – nisbi paylanma əmsalıdır.

Normal paylanma qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{6\sigma_i} = 1$;

Bərabər ehtimal qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{2\sqrt{3}\sigma_i} = 1,73$;

Simpson qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{2\sqrt{6}\sigma_i} = 1,22$;

Maksvel qanunu üçün nisbi paylanma əmsalı $K = \frac{6\sigma_i}{3,44\sigma_i} = 1,74$.

Nəticə. Uyğun olaraq digər qanunlar üçün də nisbi paylanma əmsallarını hesablamaq olar. Bu məqsədlə onların orta kvadratik sapmalarından σ_i , yaxud dispersiyalarında D_i istifadə etmək olar.

Əgər nəzərdə tutsaq ki, $\delta_i = 6\sigma_i = T A_i$, onda dəqiqlik hesablarını müsaidə sahələrinə T_i , yəni emal edilən detalların ölçülərinin ən böyük və ən kiçik qiymətlərinin fərqinə görə də aparmaq olar. Oxşar hesabları müsaidələrin T_i və müsaidə sərhədlərinin ES, EI (es, ei) fərqinə görə də aparmaq olar.

Beləliklə, modelləşdirmə və riyazi hesablama metodlarından istifadə etməklə emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin imkanlarını müəyyənləşdirmək və qiymətləndirmək mümkündür.

Ədəbiyyat

1. Гафаров, А.М. Технологические способы повышения износостойкости деталей машин/ А.М. Гафаров. – Баку: -Наука, – 1998. – 318 с.
2. Гафаров, А.М. Ротационное точение/ А.М. Гафаров. – Баку: Наука, –2000. – 128 с.
3. Гафаров, А.М. Ротационное хонингование. / А.М. Гафаров, Г.М. Бабаев. – Баку: Наука, – 2000. – 132 с.
4. Кафаров, В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии/ В.В. Кафаров. – М. Химия, -1976. – 464 с.
5. Сулейманов, П.Г. Повышение надежности машин и оборудования эксплуатируемых в экстремальных условиях /П.Г. Сулейманов. – Баку: Наука, -2018. – 308 с.
6. Сахаров, В.В. Алгоритмизация и синтез систем управления судовыми динамическими объектами средствами математического программирования/ В.В. Сахаров, А.А. Чечтков, С.В. Сабуров//Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2016. - №3(37). – с.201-211.
7. Андрианов, Е.Н. Модельный метод параметрического демпфирования динамических системы / Е.Н. Андрианов, В.В. Сахаров, А.Г. Таранин// Журнал Университета водных коммуникаций. – 2012. – №4. – с.56-66.
8. Дивеев, А.Н. Численный метод сетевого оператора для синтеза системы управления с неопределенными начальными значениями /А.Н. Дивеев// Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – №2, - с.63-67.
9. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования /В.А. бесекерский, Е.П. Попов. 4-е изд., перераб. и доп.– СПб.: Профессия, -2004.– 747 с.
10. Amerongen J. Adaptive steering of ship: Phd. thesis/ J. Van Amerongen. – Delft University of Technology, 2005. – 156p.
11. Невзоров, В.Н. Надежность машин и оборудования/ В.А. Невзоров, Е.В. Сугак. – Красноярск: СГТУ, -1998, -400 с.
12. Qafarov, A.M. Qarşılıqlı əvəzlənmə, standartlaşdırma və texniki ölçmə/ A.M. Qafarov. – Bakı: Çarşıoğlu, -2006. – 248s.
13. Джанахмедов, А.Х. Фрактальные подходы в трибологии эластомеров/ А.Х. Джанахмедов, М.Й. Джавадов. – Баку: Апастрофф, -2016. – 496 с.
14. Qafar zadə, H.V. İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza-xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı /H.V.Qafar zadə, A.M. Qafarov, B.H. Salayev//Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri. – 2020. - №2. – s.90-97.
15. Гафаров, А.М. Исследование формирования формы погрешностей высокоточных нежестких тонкостенных деталей при упругом раскатывании, оценка погрешностей методами теории вероятности и математической статистики / А.М. Гафаров, Х.В. Гафарзаде, Ф.М. Калбиев//Технология машиностроения. – 2020. – №6. – с. 19-26.

Мəqalə qəbul olunub: 08.04.2021

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