

Analysis of the Features of Multifactorial Operations and Complex Technological Processes in the Processing of High-Precision Parts

H.V. Gafarzada

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Azadlig ave 16/21, Baku, AZ1010, Azerbaijan)

For correspondence:

Gafarzada Hikmat / e-mail: qafarzadah@gmail.com

Abstract

The main features of multifactor operations and complex technological processes used in the processing of high-precision parts of machines and equipment were discussed in the article. The application issues of probability theory and mathematical statistics methods in their modeling, optimization and control are considered.

Keywords: machine, equipment, detail, manufacture, operation, technology, process, the probability theory, mathematical statistics, design, optimization, control.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_04_58_66

For citation:

Gafarzada H.V.

[Analysis of the features of multifactorial operations and complex technological processes in the processing of high-precision parts]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2021, vol. 13, no. 4, pp. 58-66 (in Azerbaijani)

Yüksək dəqiqlikli detalların işlənməsində çoxfaktorlu əməliyyatların və mürəkkəb texnoloji proseslərin xüsusiyyətlərinin analizi

H.V. Qafarzadə

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 16/21, Bakı., AZ1010, Azərbaycan)

Yazışma üçün:

Qafarzadə Hikmət / e-mail: qafarzadah@gmail.com

Xülasə

Məqalədə maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının emalında istifadə edilən çoxfaktorlu əməliyyatların və mürəkkəb texnoloji proseslərin əsas xüsusiyyətləri araşdırılır. Onların modelləşdirilməsində, optimallaşdırılmasında və idarə edilməsində ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistika metodlarının tətbiqinin bəzi məsələlərinə baxılır.

Açar sözlər: maşın, avadanlıq, detal, emal, əməliyyat, texnologiya, proses, ehtimal nəzəriyyəsi, riyazi statistika, modelləşdirmə, optimallaşdırma, idarə etmə.

DOI: 10.52171/2076-0515_2021_13_04_58_66

УДК 621.7;658.12;519.23/.25

Анализ особенностей многофакторных операций и сложных технологических процессов при обработке высокоточных деталей

Х.В. Гафарзаде

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг 16/21, Баку, AZ1010, Азербайджан)

Для переписки:

Гафарзаде Хикмет / e-mail: qafarzadah@gmail.com

Аннотация

В статье обсуждаются основные особенности многофакторных операций и сложных технологических процессов, используемых при обработке высокоточных деталей машин и оборудования. Рассматриваются вопросы применения методов теории вероятностей и математической статистики при их моделировании, оптимизации и управлении.

Ключевые слова: машины, оборудования, деталь, обработка, операция, факторы, теория вероятности, математическая статистика, моделирование, оптимизация, управление.

Giriş

Çoxfaktorlu texnoloji əməliyyatların modeləşdirilməsinin, optimallaşdırılmasının və idarə olunmasının mürəkkəb struktura, fərqli kinematik xüsusiyyətlərə malik maşın və avadanlıqların, yüksək dəqiqlik, keyfiyyət, yeyilməyə davamlılıq tələb edən detallarının layihələndirilməsində, hazırlanmasında və istismarında müstəsna rolu və əhəmiyyəti vardır. Belə maşın və avadanlıqlara neft sənayesində istifadə olunan maşın və qurğuları, kimya sənayesi avadanlıqlarını, avtomobilləri, gəmiləri və onların mexanizmlərini, elektrik avadanlıqlarını, aviasiya sənayesi maşın və mexanizmlərini və çoxlu sayda digər texniki sistemləri və vasitələri misal göstərmək olar. Maşın və avadanlıqların dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri çoxsaylı faktorlardan asılıdır. Bu faktorların müəyyən sistem şəklinə salınması və onların istehsal və istismar şəraitlərində nəzərə alınması çox vacib şərtlərdən biridir.

Maşın və avadanlıqların yaradılması sisteminin əsas elementləri kimi, onların layihələndirilməsi, hazırlanması və istismarı mərhələlərini, hazırlanmaları zamanı baş verən mexaniki, fiziki, kimyəvi prosesləri, istehsal zamanı lazım olan dəzgahları, tərtibatları, emal əməliyyatları üçün lazım olan alətləri və onların əsas parametrlərini, ölçmədə və keyfiyyətə nəzarətdə istifadə edilən alət və cihazları, ayrı-ayrı detalların hazırlanmasında istifadə olunan pəstahları və onların materiallarını, emal texnoloji proseslərini, emal əməliyyatlarının keçidlərini, emal ardıcılığını, emal edilən detalların səthlərinin dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini, emal rejimlərini, maşın və avadanlıqların yığılmasının texnoloji proseslərini və ayrı-ayrı əməliyyatlarını, onların elementlərini və digər göstəriciləri qəbul etmək olar.

İşin məqsədi maşın və avadanlıqların yüksək dəqiqliyə malik detallarının emalında istifadə edilən çoxfaktorlu əməliyyatların və mürəkkəb texnoloji proseslərin əsas xüsusiyyətlərinin analizi və tədqiqidir.

Məsələnin həlli

I. Maşın və avadanlıqların layihələndirilməsi mərhələsini aşağıdakı tərkib hissələrinə ayırmaq məqsədə uyğundur:

1. Layihələndiriləcək maşın və avadanlıqların dövlət və sənaye əhəmiyyətinin müəyyənəşdirilməsi və əsaslandırılması;
2. Layihələndirilən maşın və avadanlıqlara verilən əsas tələblərin (texniki, iqtisadi, təhlükəsizlik, ekoloji və s.) təyin edilməsi;
3. Maşın və avadanlıqların ilkin variantlarının layihələndirilməsi;
4. Maşın və avadanlıqların layihələndirilmiş ilkin variantının hazırlanması və sınağı;
5. Alınan nəticələrin ümumiləşdirilməsi, analizi və sınaq zamanı müəyyən edilmiş nöqsanların aradan qaldırılması üçün texniki-təşkilati məsələlərin həll edilməsi;
6. Maşın və avadanlıqların sonuncu, hazırlanmaq üçün nəzərdə tutulmuş əsas variantının layihələndirilməsi və istehsalata təqdim edilməsi.

II. Maşın və avadanlıqların hazırlanması mərhələsini aşağıdakı tərkib hissələrinə ayırmaq olar:

1. Maşın və avadanlıqların detallarının hazırlanmasının texnoloji ardıcılığının müəyyənəşdirilməsi (detaiların hazırlanması texnoloji proseslərinin layihələndirilməsi);
2. Detaiların hazırlanması üçün lazım olan pəstahların və onların materiallarının, dəzgahların, tərtibatların, emal alətlərinin, ölçmə-nəzarət alət və cihazlarının, digər köməkçi texniki vasitələrin seçilməsi;

3. Detalların hazırlanması texnoloji proseslərini layihələndirərkən nəzərdə tutulmuş əməliyyatlar üçün emal rejimlərinin və digər texnoloji faktorların seçilməsi, yaxud hesablanması;

4. Texnoloji əməliyyatlarda istifadə olunan tərtibatların və emal alətlərinin həndəsi, kinematik və dinamiki parametrlərinin seçilməsi, yaxud hesablanması;

5. Maşın və avadanlıqların hazırlanması mərhələsində emal əməliyyatlarının və texnoloji proseslərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi və lazım gəldikdə onlara düzəlişlərin edilməsi;

6. Maşın və avadanlıqların yığılmasının əməliyyat ardıcılığının təyin edilməsi (yığma texnoloji prosesinin layihələndirilməsi);

7. Yığma prosesinin yerinə yetirilməsi üçün lazım olan əməliyyat növlərinin, dəzgahların, avadanlıqların, tərtibatların, alətlərin ölçmə-nəzarət vasitələrinin təyin edilməsi, yığma əməliyyatlarının rejimlərinin seçilməsi və yaxud hesablanması, etibarlılığa və uzunömürlülüyə görə laboratoriya və istehsalat sınaqlarının aparılması, alınan nəticələrin ümumiləşdirilməsi, analizi və onlara lazımi düzəlişlərin edilməsi.

III. Maşın və avadanlıqların istismarı mərhələsinin tərkib hissələrinə aşağıdakılar daxil edilməlidir:

1. Layihələndirmə və hazırlanma mərhələlərini keçmiş maşın və avadanlıqların istismar şəraiti müəyyənləşdirilməli, işləmə rejimləri təyin edilməli və yaxud hesablanmalı, istismar müddəti dəqiqləşdirilməli, təhlükəsizlik qaydaları və iqtisadi göstəricilər nəzərə alınmalı, standartlaşdırma, sertifikatlaşdırma səviyyəsi təyin edilməli və s.

Yuxarıda göstərilən mərhələlər, istehsal müəssisəsinin bütün struktur elementlərini nəzərə almalı, müəssisənin ayrı-ayrı bölmə və

hissələrinin (sexlərin, sahələrin, qurğuların və s.) qarşılıqlı surətdə və birlikdə kompleks şəkildə operativ fəaliyyətinə köməklik göstərməli, xammal (material) ehtiyatlarından səmərəli istifadə etmənin və hazır məhsulun realizə olunmasının avtomatik idarəetmə sisteminin qurulmasına yardımcı olmalıdırlar. Bu mərhələlərin reallaşdırılması faktiki olaraq müəssisənin tam şəkildə idarə olunmasına və müəssisədən kənar bir sıra əlavə işlərin görülməsinə əhəmiyyətli dərəcədə kömək edir. Qeyd olunan fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi, müəssisələrin optimal şəkildə idarə olunmasına tam şərait yaradır.

Bu məsələlərin həlli üçün ehtimal nəzəriyyəsi, xətti proqramlaşdırmadan, informasiya nəzəriyyəsi, əməliyyatların tədqiqindən, etibarlılıq nəzəriyyəsi, oyunlar nəzəriyyəsi, riyazi statistikadan, kütləvi qulluq nəzəriyyəsi, maşınqayırma texnologiyasının elmi əsaslarından, kəsmə nəzəriyyəsi, imtinalar fizikası, deformasiya nəzəriyyəsi, səthlərin dağılma mexanizmlərindən, yeyilmə nəzəriyyəsi və digər metod və üsullardan istifadə olunmanın müstəsna rolu və əhəmiyyəti vardır. Aparılan tədqiqatların analizi göstərir ki, maşın və avadanlıqların yaradılması ilə bağlı proseslər mürəkkəbliyi ilə fərqlənirlər. Onları nisbətən daha sadə, lakin bir-biri ilə əlaqəli tərkib texnoloji proseslərinə gətirmək olar. Bu texnoloji proseslər qapalı kontur əmələ gətirməli və qoyulmuş məsələnin həllini təmin edən ölçü zəncirini yaratmaq imkanına mane olmamalıdır.

Tərkib texnoloji proseslər adətən ayrı-ayrı əməliyyatlardan ibarət olur. Bu əməliyyatlar, özlərinin kinematiki, dinamiki, mexaniki, fiziki, kimyəvi və digər xüsusiyyətlərinə görə əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənirlər. Onların əsas növlərini şərti olaraq aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar (Maşın və avadanlıqların yaradıl-

ması mərhələlərinin kifayət qədər çoxsaylı faktorlardan asılı olduğunu və tədqiq olunan məsələlərin müxtəlifliyini nəzərə alaraq, materialların və pəstahların alınması əməliyyatlarına, üsullarına və metodlarına tədqiqat obyektini kimi baxılmır. Bu məqsədlə, təsdiq edilmiş normativ texniki sənədlərdən və standartlardan istifadə edilir):

1. Kəski ilə yonma (üst yonuş, iç yonuş, yan yonuş, nazik yonma və s.);

2. Dəşmə (burğulama, zenkerləmə, genişləmə, dartma və s.);

3. Frezləmə (diş frezləmə, yan frezləmə, şlis frezləmə, sonlu frezləmə, fasonlu frezləmə, üst frezləmə və s.)

4. Yiv açma (kəski ilə yiv açma, burğu ilə yiv açma, döyənəkləmə ilə yiv açma, abraziv alətlərlə yiv açma və s.);

5. Pardaqlama (xarici paradaqlama, daxili paradaqlama, müstəvi paradaqlama, fasonlu səthlərin paradaqlanması, titrəməni söndürməklə paradaqlama, elektroabraziv paradaqlama, mərkəzsiz paradaqlama, tozlama ilə paradaqlama, radial paradaqlama və s.);

6. Xoninqləmə (daxili xoninqləmə, xarici xoninqləmə, rotasion xoninqləmə, eksentrik xoninqləmə, elastiki xoninqləmə, fasonlu səthlərin xoninqlənməsi, dozalaşdırılmış xoninqləmə və s.);

7. Superfinişləmə (daxili superfinişləmə, xarici superfinişləmə, konik superfinişləmə, sferik superfinişləmə və s.)

8. Yetirmə (müstəvi yetirmə, silindrik yetirmə, konik yetirmə, sferik yetirmə və s.)

9. Elektriklə emal əməliyyatları (elektroimpuls emalı, elektroqılgıcılıqla emal, ultrasəsle emal və s.)

10. Səthin plastiki deformasiyası ilə emalı (döyənəkləmə ilə emal, vibrodöyənəkləmə ilə emal, elastiki döyənəkləmə ilə emal, fasonlu səthlərin döyənəkləməsi və s.)

Yuxarıda göstərilənlərdən başqa, nisbətən az istifadə olunan emal əməliyyatları da məlumdur. Bunlara iskenələmə, düz yonuş, elektrokimyəvi, elektrofiziki, termiki və digər əməliyyatları misal göstərmək olar.

Maşın və avadanlıqların detallarının emal əməliyyatlarını yonqar çıxarmaqla emala, plastik deformasiya ilə emala, abraziv emala, tozlama ilə emala və digər növlərə də ayırmaq olar.

Maşın və avadanlıqların detallarının tam əksəriyyəti mexaniki emal əməliyyatlarından istifadə edilməklə hazırlanır. Bu əməliyyatların hər biri, ayrı-ayrılıqda fərqli mexaniki, fiziki-mexaniki, fiziki-kimyəvi, kimyəvi, diffuziya, istilik, dinamiki və digər xüsusiyyətlərə malikdirlər. Eyni zamanda, bu əməliyyatların bəzilərinin oxşar xarakteristikaları da istisna deyildir. Bundan başqa, hər bir texnoloji əməliyyatın məqsədli təyinatı və irsiyyət xüsusiyyətləri də nəzərə alınmalıdır.

Maşın və avadanlıqların detallarının emal əməliyyatlarını determinasiya edilmiş və xaos proseslərə ayırmaq olar. Determinasiya edilmiş əməliyyatlarda prosesləri xarakterizə edən əsas faktorlar (kəsmə və ya digər emal rejimləri, texnoloji parametrlər, tərtibatların və alətlərin kinematik və həndəsi parametrləri və s.) və çıxış parametrləri (detalların dəqiqlik göstəriciləri – məsələn, ovallıq, konusluq, əyilmə, müstəvilikdən sapma və s., keyfiyyət göstəriciləri – məsələn, dalğalılıq, kələ-kötürlük, qalıq gərginliyi, mikrobərklik və digərləri) məlum qayda üzrə müəyyən qanunauyğunluqla dəyişirlər. Belə əməliyyatlarda emal edilən detalların dəqiqlik, keyfiyyət, yeyilməyə davamlılıq və digər göstəriciləri birmənalı olaraq, əməliyyatı xarakterizə edən əsas faktorların qiymətləri ilə təyin edilirlər. Bu əməliyyatları riyazi statistikanın metodlarını tətbiq etməklə modelləşdirmək, faktorlarını optimallaşdırmaq,

özlərini isə idarə etmək olar. Belə əməliyyatlara misal olaraq adi və elastiki döyənəkləməni, adi və rotasion xoninqləməni, adi və titrəməni söndürməklə pardaqlamanı, vibronəqşləməni, adi və rotasion yonmanı və digərlərini göstərmək olar.

Xaotik xüsusiyyətləri ilə fərqlənən əməliyyatlarda, əməliyyatı xarakterizə edən əsas faktorlar və onun çıxış parametrləri qaydasız, heç bir qanunauyğunluğa tabe olmadan dəyişirlər. Bu əməliyyatlarda təyinedici faktorların və çıxış parametrlərinin dəyişməsi adətən diskret xarakterli olur və onları izah etmək üçün ehtimal nəzəriyyəsinin metodlarından istifadə etmək daha məqsədəuyğun ola bilər. Belə əməliyyatlara, detalların daxili, xarici və fasonlu səthlərinin sərbəst abraziv dənəciklərlə emalını, detalların mürəkkəb profilli fasonlu daxili və xarici səthlərini şırnaqlı sərbəst qırmaqla təzyiqlə emalını, detalların müxtəlif profilli səthlərini bərk xəlitə tozları ilə yüksək temperaturda emalını və digərlərini misal göstərmək olar.

Qeyd etmək lazımdır ki, maşınların, mexanizmlərin, avadanlıqların və ümumiyyətlə bütün texniki sistemlərin elementləri olan detalların hazırlanması texnoloji proseslərinə ayrı-ayrı əməliyyatların toplusu kimi deyil, məntiqi qanunauyğunluğa və ardıcılığa malik, sistemli şəkildə yerinə yetirilən kompleks hərəkətlərin məcmuu və hadisələrin toplusu kimi baxılmalıdır. Burada əsas məsələ, ayrı-ayrı əməliyyatların və bütövlükdə texnoloji proseslərin müəyyən qanunauyğunluqla yerinə yetirilməsi ilə bərabər, detallara verilən dəqiqlik və keyfiyyət tələblərinin tam təmin edilməsinə də xüsusi diqqət verilməlidir. Maşın və avadanlıqların detallarının emalında istifadə olunan əməliyyatları yerinə yetirərkən baş verən hadisələri mütləq fərqləndirmək lazımdır. Bu hadisələr adətən özlərini iki formada, diskret və fasiləsiz

şəkildə göstərilir. Aydındır ki, bu hadisələrin yerinə yetirilməsi nəticəsində alınan məlumatlar da diskret və fasiləsiz xarakterləri ilə fərqlənirlər. Diskret hadisələr ayrı-ayrı təzahürlər çoxluğunun məcmuudur. Onlar sonlu və yaxud sonsuz ola bilərlər. Lakin onların hesabi qiymətləri olmalı və bu qiymətlər müəyyən ədədlərlə əks olunmalıdır. Diskret hadisələrə misal olaraq, maşın və avadanlıqların detallarının hazırlanması əməliyyatlarının keçidlərinin strukturunun, detalların materiallarının xassələrinin və quruluşlarının, ayrı-ayrı dəzgahların, tərtibatların və alətlərin istismar parametrlərinin, ölçmə-nəzarət alət və cihazlarının göstəricilərinin və digər faktorların dəyişməsinə göstərmək olar.

Fasiləsiz hadisələrdə tədqiq edilən aralıqlar (sonlu yaxud sonsuz) elə doldurulur ki, baxılan hadisəni ayrı-ayrı təzahürlərə ayırmaq və axırıncıları sıralamaq mümkün olmur [1-5].

Belə hadisələrə misal olaraq emal əməliyyatlarında emaledici alətlərin sürtünmə nəticəsində fasiləsiz olaraq ilkin həndəsi parametrlərini tədricən itirmələrini, emal prosesində detalların forma xətlərinin (ovallıq, konusluq, əyilmə, müstəvilikdən sapma və s.) və səth qatlarının keyfiyyət göstəricilərinin (dalğalılıq, kələ-kötürlük, qalıq gərginliyi, mikrobərklik və s.) mütəmadi olaraq dəyişmələrini və s. göstərmək olar.

Aparılan tədqiqatların nəticələrinin analizi göstərir ki, diskret və fasiləsiz hadisələr arasında müəyyən əlaqələr mövcuddur. Onlardan birinin digərinə keçmə imkanı vardır.

Məsələn, əgər hadisələrin tərkib hissələrinin arasındakı interval sifərinə yaxınlaşmağa çalışırsa, onda fasiləsiz hadisə, diskret hadisənin çatmağa çalışdığı hədd kimi qəbul edilə bilər. Yaxud əksinə, sonlu intervallar vasitəsi ilə təqdim olunan hadisəyə, fasiləsiz hadisə kimi baxmaq olar.

Fasiləsiz siqnalın (hadisənin), diskret siqnalı (hadisə ilə) əvəz edilməsi kvantlaşdırma adlandırılır [1].

Texnoloji əməliyyatların idarə edilməsində əks əlaqələrin mövcudluğunun böyük əhəmiyyəti vardır. Buna misal olaraq, texnoloji əməliyyatların rejimlərinin və digər texnoloji faktorların detalların emal edilən səthlərinin dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərinə təsirinin qiymətləndirilməsini və əksinə, dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərindən istifadə etməklə əməliyyatların rejimlərinin və texnoloji parametrlərinin nizamlanmasını göstərmək olar. Belə yanaşma növlərindən biri kimi adaptiv idarə etmə sistemlərini göstərmək olar.

Qapalı sistem şəklində olan emal texnoloji əməliyyatlarında əks əlaqələr, özlərini iki cür göstərilir. Əgər əks təsir, emal əməliyyatlarının sürətini və məhsuldarlığını yüksəldirsə müsbət əks əlaqə kimi, əməliyyatın sürətini aşağı salırsa və məhsuldarlığı azaldırsa, mənfi əks əlaqə kimi qiymətləndirilir. Birinci hal üçün dəqiqlik və keyfiyyət göstəricilərini saxlamaq, yaxud yüksəltmək şərti ilə emal əməliyyatlarının rejimlərini artırmaq və məhsuldarlığını yüksəltmək, ikinci hal üçün isə keyfiyyət göstəricilərini saxlamaq, yaxud aşağı salmaq şərti ilə emal rejimlərini aşağı salmaq və məhsuldarlığı azaltmaq xarakterikdir.

Əks əlaqələrdən maşın və avadanlıqların detallarının emalı texnoloji proseslərində, emal əməliyyatlarının idarə edilməsində geniş istifadə etməklə olar [6-8].

Detalların emalının çoxəməliyyatlı mü-rəkkəb texnoloji proseslərində, yaxud əməliyyatların çoxlu sayda texnoloji faktorlardan asılı olduğu hallarda, onların ayrı-ayrı, nisbətən sadə tərkib hissələrinə bölünməsi, yaxud sintezi daha düzgün yoldur. Buna ayrı-ayrı əməliyyatlardan ibarət olan texnoloji proseslərin sintezini misal göstərmək olar.

Ayrı-ayrı əməliyyatların texnoloji prosesə sintezini təmin etmək üçün Laplas çevirilməsindən istifadə etmək mümkündür. Laplas operatoru aşağıdakı kimi təyin edilir [2]:

$$\varphi_x(z) = \int_0^{\infty} f(t) \exp(-zt) dt. \quad (1)$$

Bu ifadə onu göstərir ki, əgər $f(t)$ funksiyası varsa və o hər hansı bir texnoloji əməliyyatı müəyyən bir parametrlə, məsələn vaxta görə izah edərsə, onda onu kompleks dəyişənin $z = a + bi$ (burada $i = \sqrt{-1}$; a və b həqiqi ədədlərdir) $\varphi(z)$ funksiyası ilə əvəz etmək olar. $\varphi(z)$ funksiyası təsvir, $f(t)$ funksiyası orijinal adlanır. Orijinaldan təsvirə keçid əməliyyatı aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\varphi(z) = f(t) \text{ yaxud } \varphi(z) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t) \exp(-zt) dt. \quad (2)$$

Laplasın məlum əks çevrilməsindən istifadə edərək, $f(t)$ funksiyasının özünü bərpa etmək olar

$$f(t) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \varphi(z) \exp(zt) dz. \quad (3)$$

Burada integral şaquli düz $R_{ez} = C$ xəttinə görə götürülür. Bu ifadədən $\varphi(z)$ -in qiymətinə görə $f(t)$ -ni təyin etmək olar. Keçidin ixtisar edilmiş ifadəsi:

$$f(t) = \varphi(z) \text{ yaxud } f(t) = L^{-1}[\varphi(z)] \quad (4)$$

şəklində yazıla bilər.

(2) tənliyinə görə inteqrallamanı aparmaq üçün $f(t)$ -dən $[\varphi(z)]$ -ə və əksinə keçid üçün Laplas çevirilmələri cədvəlindən istifadə edilir [2].

Laplas çevirilmələrindən istifadə etməklə maşın və avadanlıqların detallarının emalı əməliyyatlarının texnoloji faktorları ilə detalların emal edilmiş səthlərinin dəqiqlik və keyfiyyət göstəriciləri arasında əlaqələri ifadə

edən differensial, integral, yaxud qarışıq xətti tənlikləri daha münasib operator formalarına gətirmək və onların həll edilməsinin daha sadə üsullarına nail olmaq olar.

Bu məqsədlə, [1] və [2]-də verilmiş metodikalardan istifadə etmək mümkündür.

Əgər x , $F(t)$ paylanma funksiyasına və $f(t)$ paylanma sıxlığına malik

$$F(t) = p\{x < t\}; f(t) = F'(t) \quad (5)$$

müsbət təsadüfi kəmiyyədirsə, onda bu kəmiyyət üçün Laplas çevrilməsi $f(t)$ sıxlığını əks etdirir [2].

$$\begin{aligned} \varphi_x(z) &= L[f(t)] \\ &= \int_0^\infty f(t) \exp(-zt) dt \\ &= M[\exp(-zx)]. \end{aligned} \quad (6)$$

$\varphi_x(z)$ funksiyası aşağıdakı xassələrə malikdir:

$$\begin{aligned} \varphi_x(0) &= \int_0^\infty f(t) dt = 1, \\ \varphi'_x(0) &= - \int_0^\infty t f(t) dt = -M(x) \end{aligned} \quad (7)$$

və yaxud ümumi halda,

$$\varphi^n(0) = (-1)^n M(X^n). \quad (8)$$

Uyğun olaraq məlum təsvirə görə təsadüfi kəmiyyətin bütün momentlərini, o cümlədən riyazi gözləməni M , orta kvadratik sapmanı σ və dispersiyanı D təyin etmək olar.

Aşağıda müxtəlif hallar üçün Laplas çevrilmələri verilmişdir [2].

1. x və y sərbəst kəmiyyətlərinin cəmi üçün Laplas çevrilməsi aşağıdakı düsturla verilir:

$$\begin{aligned} \varphi_{x+y}(z) &= M\{\exp[-z(x+y)]\} \\ &= M[\exp(-zx)]M[\exp(-zy)] = \\ &= \varphi_x(z)\varphi_y(z). \end{aligned} \quad (9)$$

Bu o deməkdir ki, əgər təsadüfi kəmiyyətlər toplanırsa, onda onların təsvirləri bir birinə vurulur.

2. $ax = b$ xətti funksiyası üçün Laplas çevrilməsi

$$\begin{aligned} \varphi_y(z) &= M\{\exp[-(ax+b)z]\} = \\ &= \exp(-bz)M(-azx) = \\ &= \exp(-bz)\varphi_x(az) \end{aligned} \quad (10)$$

şəklində yazılır.

3. Eksponensial paylanma üçün Laplas çevrilməsi:

$$\begin{aligned} \varphi_x(z) &= \int_0^\infty \lambda \exp(-\lambda x) \exp(-zx) dx \\ &= \frac{\lambda}{\lambda + z} \end{aligned} \quad (11)$$

düsturu ilə ifadə olunur.

4. Normal paylanma üçün Laplas çevrilməsi:

$$\begin{aligned} \varphi_x(z) &= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} - zx\right] dx = \\ &= \exp\left(-\mu z + \frac{\sigma^2 z^2}{2}\right) \end{aligned} \quad (12)$$

asılılığı şəklində verilir.

5. Qamma paylanma üçün Laplas çevrilməsi aşağıdakı formula ilə yazılır:

$$\begin{aligned} \varphi_x(z) &= \frac{1}{a^{b+1}\Gamma(b+1)} \int_0^\infty x^b \exp\left(-\frac{x}{a} - zx\right) dx = \left(\frac{1}{1+az}\right)^{b+1}. \end{aligned} \quad (13)$$

Nəticə

Laplas çevrilmələrindən istifadə etməklə müxtəlif paylanma qanunları çərçivəsində detalların səthlərinin müxtəlif emal əməliyyatları nəticəsində alınmış forma xətarlarını, səth qatlarının keyfiyyət göstəricilərini və texnoloji sistemin etibarlılığını qiymətləndirmək olar. Məsələn, (9) ifadəsindən detalları emal edərkən, onların səthlərinin iki müxtəlif faktorun təsiri

nəticəsində yaranan eyni növ forma xətlərinin toplanmasında, (10) düsturundan emal edilmiş detalların xətti asılılıq şəklində verilmiş xətlərinin qiymətləndirilməsində, (11) yazılışından müxtəlif əməliyyatlarda istifadə edilən emal alətlərinin, öz istismar xüsusiyyətlərini birdəfəlik və yaxud mərhələlərlə itirmələrinin qiymətləndirilməsində, (12) ifadəsindən mexaniki emal əməliyyatlarında detalların emalı zamanı istifadə edilən kəsici və deformasiya edici alətlərin yeyilmə nəticəsində imtina etməsi səbəblərinin analizində, emal edilən detalların səth-

lərinin forma xətlərinin (konusluq, ovallıq, əyilmə, müstəvilikdən sapma və s.) paylanması qanunauyğunluqlarının qiymətləndirilməsində, detalların emal edilən səthlərinin kələ-kötürlü- lüyünün təyin edilməsində, (13) düsturundan detalların emalı texnoloji proseslərində və ya- xud ayrı-ayrı əməliyyatlarda istifadə olunan və bərpa olunmayan dəzgahların, tərtibatların, emal alətlərinin və quruluşların, nəzarət-ölçü alət və cihazların imtinaya qədər işləmə müd- dətinin təyin edilməsində geniş istifadə etmək mümkündür.

REFERENCES

1. **Kafarov V.V.** Metody kibernetiki v himii i himicheskoy tekhnologii/ V.V. Kafarov. – M. *Himiya*, 1976. – 464 s. (*in Russian*)
2. **Nevzorov V.N.** Nadezhnost mashin i oborudovaniy/ V.A. Nevzorov, E.V. Sugak. – Krasnoyarsk: *SGTU*, Ch.1. 1998. – 240 s. (*in Russian*)
3. **Gafarov A.M.** Progressivnye metody mekhanicheskoy obrabotki / A.M. Gafarov. – Baku: *Nauka*. 2001. V 2-h t, T. 1. 286 s. (*in Russian*)
4. **Qafarov A.M.** Etibarlılığın və uzunömürlülüynün əsasları/ A.M. Qafarov, Z.Z. Şərifov, İ.A. Xankişiyev. – Baku: *ADDA*. 2020. – 358 s. (*in Azerbaijani*)
5. **Sulejmanov P.G.** Povyshenie nadezhnosti mashin i oborudovaniy ekspluatiruemyh v ekstremalnyh usloviyah /P.G. Sulejmanov. – Baku: *Nauka*, 2018. – 308 s. (*in Azerbaijani*)
6. **Qafarzadə H.V.** İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza-xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı / H.V. Qafarzadə, A.M. Qafarov, B.H. Salayev // *Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri*. 2020. №2. – s.90-97 (*in Azerbaijani*)
7. **Janahmadov A.Kh.** Neftyanaya tribologiya / A.Kh. Janahmadov. – Baku: *Nauka*, 2003. – 326 s. (*in Russian*)
8. **Babaev S.G.** Osnovy teorii nadezhnosti neftepromyslovogo oborudovaniya / S.G. Babaev, I.A. Gabibov, R.H. Melikov. Baku: 2015. – 400 s. (*in Russian*)

Daxil olub: 14.04.2021
Tamamlanıb: 13.12.2021
Qəbul edilib: 20.12.2021