“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI

ISSN 2220-1025

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASININ

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

AZERBAIJAN STATE MARINE ACADEMY

№1

BAKI-2022

Baş redaktor
i.ü.f.d., dos. ***H.X.Əsədov***

Baş redaktorun müavini
t.e.d., prof. ***Z.Z.Şərifov***

Redaksiya heyəti

t.ü.f.d., dos. V.B.Sadıqov
Elmi işlər və beynəlxalq əlaqələr üzrə prorektor
(elmi redaktor)

t.e.d., prof. A.S. Vaskov
Uşakov adına Dövlət Dəniz Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. S.Q. Çulkin
adm. Makarov adına Dövlət Dəniz və Çay Donanması Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. O.A. Farxi
Varna Texniki Universiteti
(Bolqarıstan)

t.e.n., dos. S.A. Oqay
adm. Nevelski adına Dövlət Dəniz Universiteti
(Rusiya)

t.e.d., prof. V. Priednieks
Latviya Dəniz Akademiyası
(Latviya)

t.ü.f.d., dos. E.D.Məmmədov
(məsul katib)

Bölmələr üzrə redaktorlar:

1. Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası: *t.e.d., prof. A.T.Məmmədov;*
t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov.

2. Gəmiçilik və su nəqliyyatının istismarı: *t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov;*
t.ü.f.d., dos. E.O.Abbasov;
t.ü.f.d., dos. F.M.Kəlbiyev.

3. Gəmiçilik texnikası: *t.e.d., prof. A.M.Qafarov; t.ü.f.d., dos. E.F.Sultanov;*
t.ü.f.d., dos. A.Ş.İsmayılov; t.e.d., prof. F.A.Vaskeviç (Rusiya);
t.e.d., prof. A.Y.Samoylenko (Rusiya).

4. Gəmiçilikdə təbiət elmləri problemləri: *t.e.d., prof. V.P.Buşlanov (Rusiya);*
t.e.d., prof. V.H.Həsənov; r.ü.f.d., dos. B.K.Ağarzayev.

****

Redaksiya:
E-mail: hüsniyya.qafarli@asco.az
http://adda.edu.az

"ADDA-nın Elmi Əsərləri" jurnalı AAK-ın nüfuzlu elmi nəşrləri siyahısına daxildir və elmi dərəcə iddiaçılarının orijinal tədqiqatlarının nəticələrini dərc edir.

ISSN 2220-1025
Qeydiyyat nömrəsi - 311, ildə iki nömrə nəşr edilir.

©Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, 2022

MÜNDƏRİCAT

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 7
Qafarov A.M., Şərifov Z.Z., Xankişiyev İ.A. Gəmi maşın və avadanlıqlarının detallarının səthlərinin dağılma səbəblərinin analizi..... 7
Ağayev A.R. RPİ torna dəzgahlarında emal olunan detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi..... 12
Qafarzadə H.V. Çoxfaktorlu əməliyyatların və mürəkkəb texnoloji proseslərin göstəricilərinin ehtimal nəzəriyyəsinin və riyazi statistikanın metodlarından istifadə etməklə araşdırılması..... 18
Məmmədov A.T., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç., Quliyev F.T, Kəlbiyev F.M. Poladəritmə prosesinin modelləşdirilməsinin bəzi xüsusiyyətləri..... 24
Рустамов Р.Дж., Джафарова С.А., Намазова З.А., Мусурзаева Б.Б. Улучшение качества сварного шва при полуавтоматической сварке в среде смеси защитных газов.. 27
Şirzadov F.M., Dadaşov R.Y. Klapanları idarəetmə mexanizminin kinematika və dinamikasının triboloji baxımdan qiymətləndirilməsi..... 31
Yusubov N.D., Bədəlova B.B., Salmanov İ.S. RPİ dəzgahlarında yerinə yetirilən texnoloji əməliyyatların layihələndirilməsinin xüsusiyyətləri..... 38

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 47
Гулиев Н.Н. График возможностей современных судов, оснащенных системой динамического позиционирования (DP)..... 47
Nəbiyev H.N. Dəniz qəzalarının dünya iqtisadiyyatına təsiri..... 52
Покусаев М.Н., Сибряев К.О., Горбачев М.М., Ибадуллаев А.Д. Особенности технической эксплуатации и диагностики механических демпферов крутильных колебаний судовых ДВС..... 56
Paşayev Ə.Z. Nəqliyyat sektorunda səmərəliliyin yüksəldilməsinin dünya təcrübəsi..... 65
Rəhimov C.R., Adilzadə R.E. Su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin innovativ üsullarla yüksəldilməsi..... 72

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 78
Axundov İ.S. Dizel mühərrikinin işçi tsikli ərzində silindrdəki işçi qarışığın miqdarının hesablama metodikası..... 78
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On effectiveness of the rosenbrock methods for simulation transitions in electrical systems……. 83
Qasımov R.C., Fərhadov V.Q., Əliyeva S.N., Əfəndiyeva Y.N. Mərkəzləşdirilmiş avtobloklama sistemində kritik məsafənin müəyyən edilməsi..... 87
Rüstəmov R.M. Val-generator qurğusunun mühərrik rejimində asinxron işəsalınmasının tədqiqi..... 90
Рак А.Н. Кто сказал, что парусу реквием спет?..... 95
Sultanov E.F., İsmayılov S.S. Külək turbinləri və onların gəmilərdə tətbiqinin araşdırılması... 104

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ..... 112
Əliyeva Y.N., Həsənquliyeva M.M. Məsafədən zondlamada yüksək informativ təsvirlərin optimal sintezi..... 112
Əhmədova C.A., Əlişanbəyli T.V. Qaz-turbın qurğularının effektivliyi..... 116
Həsənov V.H., Ömərov A.S., İbrahimli E.N., Zeynalova A.B. İnnovativ texnologiyaların dəniz nəqliyyatının müasirliyində rolu..... 122
Гасанов В.Г., Мамедов Н.Я., Алиев Я.Ш. Управление режимом потребления тепловой энергии населенных пунктов..... 128
Nəsirov Ş.N., Babazadə İ.F. W-20V34SG markalı qaz mühərrikinin iş rejiminin tədqiqi..... 133
Məmmədova K.A., Həsənquliyeva M.M., Abbasova İ. Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sisteminin tətbiqi..... 138
Mukhtarova G.S., Alizadeh A.E. New processing technology of oil shale with heavy oil residues…….. 146

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY…….. …… 7
Gafarov A.M., Sharifov Z.Z., Khankishiyev I.A., Collapse causes analyses of the ship machinery and equipment details surfaces..... 7
Aghayev A.R. Increasing the precision of parts processing on CNC lathes…….. 12
Gafarzadeh H.V. Investigations of multifactor operations and complex technological process indicators' using Probability Theory methods and Mathematical Statistics. 18
Mammadov A.T., İsmayilov N.Sh., Huseynov M.Ch.,Guliyev F.T, Kelbiyev F.M. Some features of steelmaking process' modeling..... 24
*Rustamov R.J., Jafarova S.A., Namazova Z.A., Musurzayea B.B.*Improvement of quality of welded seam at semi-automatic welding in the environment of mixture of protective gases... 27
Shirzadov F.M., Dadashov R.Y. Tripological assessment of the kinematics and dynamics of the valve control mechanism. 31
Yusubov N.D., Badalova B.B., Salmanov İ.S. Designing features of the technological operations performed on RPI machines..... 38

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT……. 47
Guliyev N.N. Capabilities graph of modern vessels equipped with a dynamic positioning system…… 47
Nabiyev H.N. The impact of sea accidents on the world economy..... 52
Pokusaev M.N., Sibryaev K.O., Gorbachev M.M., Ibadullaev A.D. Features of technical operation and diagnostics of mechanical dampers of torsional vibrations of marine internal combustion engines..... 56
Paşayev Ə.Z. World experience in increasing efficiency in the transport sector..... 65
Rahimov J.R., Adilzadeh R.E. The improvement of water transport maintenance quality by innovative methods..... 72

SHIPPING TECHNOLOGY..... 78
Akhundov I.S. The calculation methodics of amount of the working mixture during the duty cycle of diesel engine..... 78
Lazimov T.M., Sadigov A.B. On effectiveness of the rosenbrock methods for simulation transitions in electrical systems…….. 83
Qasımov R.C., Farkhadov V.G., Əliyeva S.N., Əfəndiyeva Y.F. In the central autoblocking system determining critical distance..... 87
Rustamov R.M. Investigation of asynchronic powering of shaft generator device in engine regime..... 90
Rak A.N. Who said that the sail is requishene soot? 95
Sultanov E.F., Ismayılov S.S. The investigation of the wind turbines and their application on the ships…… 104

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION..... 112
Aliyeva Y.N., Hasanguliyeva M.M. Optimal synthesis of highly informative images in remote sensing..... 112
Ahmadova J.A., Alishanbeyli T.V. The efficiency of gas turbine installations..... 116
Hasanov V.H., Omarov A.S., İbrahimli E.N., Zeynalova A.B. The role of innovative technologies in maritime transport..... 122
Hasanov V.H.,Mammadov N.Y., Aliyev Y.Sh. Consumption mode management of the settlements' thermal energy..... 128
Nasirov Sh.N., Babazadeh İ.F. Study of W-20V34SG branded gas engine's operating mode... 133
Mamedova K.A., Hasanguliyeva M., Abbasova I. Application of fuzzy inference system..... 138
Mukhtarova G.S., Alizadeh A.E. New processing technology of oil shale with heavy oil residues…… 146

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT 621.891:622.67

GƏMİ MAŞIN VƏ AVADANLIQLARININ DETALLARININ SƏTHLƏRİNİN DAĞILMA SƏBƏBLƏRİNİN ANALİZİ

Qafarov A.M., Şərifov Z.Z., Xankişiyev İ.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: isaq_x@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi maşın və avadanlıqlarının istismarı zamanı, onların detallarının səthlərində baş verən proseslər analiz edilir, dağılmalarına səbəb olan faktorlar araşdırılır, onların zərərli təsirlərinin azaldılması üçün bir sıra texniki-texnoloji tədbirlərin tətbiq edilməsi məsələlərinə baxılır.*

Abstract. *The article analyzes the processes occurring on the surfaces of ship parts and equipment during operation, investigates the factors that caused the collapse, and considers the application of a number of technical and technological measures to reduce their harmful effects.*

Аннотация. *В статье анализируются процессы, происходяюшие на поверхностях деталей судовых машин и оборудований при их эксплуатации, обсуждаются факторы, являющиеся причинами их разрушения, рассматриваются вопросы применения некоторых технико-технологических мероприятий для снижения их вредных влияний.*

Açar sözlər: *gəmi, maşın, avadanlıq, detal, səthlər, dağılma, proseslər, faktorlar, tədbirlər, azaltmaq*

Key words: *ship, machinery, equipment, detail, surface, destruction, processes, factors, activities, reduction*

Ключевые слова: *судно, машины, оборудования, деталь, поверхность, разрушение, процессы, факторы, мероприятия, снижение*

Giriş. Gəmi maşın və mexanizmlərinin detallarının parametrlərinin dəyişmə sürəti, materiallarının xassələrinin itirilməsi və köhnəlməsi kimi bir çox proseslərlə xarakterizə olunurlar. Polad materiallardan hazırlanmış detalların səthlərində baş verən plastiki deformasiyalar, yorulma, sürtünmə, axıcılıq, bərk materialların sürtünmədən dağılması və aşınması kimi proseslər, əksər hallarda polimerlər və digər materiallar üçün də xarakterikdir.

Detalların səthlərində aktiv hissəciklərin əmələ gəlməsi, onların materiallarında termiki və mexaniki dəyişmələrlə yanaşı, ionlaşma, dissosiasiya, radikalların əmələ gəlməsi, elektromaqnit sahəsinin təsiri altında elektrik boşalması, ultrasəs şüalanması və digər amillər nəticəsində də baş verə bilər.

Məsələnin qoyuluşu. İstismar zamanı gəmi maşın və avadanlıqlarının detallarının səthlərində formalaşan deffektli qatların yaranma səbəblərinin araşdırılması və bu defektlərin onların iş qabiliyyətlərini itirmələrinə təsirinin öyrənilməsi.

Alınmış nəticələrin analizi. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, ekstremal şəraitlərdə işləyən gəmi maşın və mexanizmlərin detallarının parametrlərində ki, dəyişikliklər, əksər hallarda kimyəvi proseslərin təsiri altında baş verir. Kimyəvi proseslərin təsiri kimi atomların və molekulların, ionların, dislokasiyaların, dağılmış hissəciklərin bir vəziyyətdən digərinə keçməsi kimi başa düşülməlidir.

Materiallarda baş verən belə dəyişikliklər maşın detallarının və avadanlıqlarının səthlərində müxtəlif növ defektlərin yaranmasına səbəb olur.

Detalların materiallarında olan defektlər, onların xassələrinə və vəziyyətlərinə həlledici təsir

göstərirlər. Bu xüsusiyyətlər ayrı-ayrı detalların etibarlılığını və uzunömürlülüyünü, həmçinin maşın və avadanlıqların iş qabiliyyətini müəyyənləşdirir.

Materiallarda baş verən defektlər nöqtəvi, ikiölçülü, səthi, üçölçülü və adi qüsurlara bölünürlər.

Plastiki deformasiya, şüalandırma və tablandırma zamanı materialda çoxsaylı qərarsız proseslər baş verir. Onlar isə müxtəlif xarakterli defektlərin inkişafına, yaxud zəiflənmələrinə səbəb olur.

Məlum olduğu kimi, maşın detallarının möhkəmliyi və yeyilməyə davamlılığı əsasən materiallarındada yaranan birölçülü defektlərlə xarakterizə olunurlar.

Kristaldakı dislokasiyalar təcrid olunmuş qapalı dövrələr əmələ gətirirlər. Dislokasiyanın iki növü vardır: əhatəedici və vintşəkilli. Dislokasiya zamanı materialların sərtliyinin artması ilk növbədə onların hərəkətinə maneələrin yaranması ilə bağlıdır.

Maşın detallarının yeyilməyə davamlılığını zəiflədən bəzi struktur dəyişmələr diffuziya nəticəsində baş verir.

Detallar üçün həcmi diffuziya ilə yanaşı, səthi diffuziyanın da böyük əhəmiyyəti vardır. Bu da detalların formalarının dəyişməsinə, səthlərinin bitişməsinə, kələ-kötürlülüklərinin hamarlanmasına, qalxımlarının və çöküklüklərinin görünüşlərinin dəyişməsinə və s. səbəb olur.

Məlum olduğu kimi yorulmadan dağılmalar əsasən materialların plastiki deformasiyası nəticəsində baş verir [1, s. 20-30], [2, s. 132-154].

Yorulmadan dağılma dörd mərhələyə bölünür. Birinci mərhələ deformasiyanın yığılması, ikinci mərhələ mikroçatların əmələ gəlməsi, üçüncü mərhələ mikroçatların kritik ölçülərə qədər inkişafı, dördüncü mərhələ isə kövrək dağılma ilə xarakterizə olunur.

Yorulmadan dağılmalar detalların səthlərindən başlayır. Səthin kələkötürlülüyü, qalıq gərginliyi, səth qatının mikrobərkliyi ilə bərabər, detalların səthlərinin vəziyyətini formalaşdıran emal üsulları və vasitələri də yorulmadan dağılmalara əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərirlər.

Maşın detallarının dağılmaya qarşı müqavimətinə səthin kələkötürlülüyünün optimallaşdırılması, dartılan qalıq gərginliklərinin azaldılması, səth qatının mikrobərkliyinin artırılması və dərinliyinin yüksəldilməsi müsbət təsir göstərirlər.

Çoxsaylı müşahidələrin nəticələri göstərir ki, maşın detallarının dağılaraq sıradan çıxmasının əsas səbəblərindən biri də onların ətraf mühitlə qarşılıqlı əlaqəsidir.

Belə hallar üzünü daha çox ekstremal vəziyyətlərdə istifadə olunan maşın və mexanizmlərin istismarı zamanı göstərir.

Maşın detallarının dayanıqlığına təsir edən amillərdən biri də adsorbsiyadır.

Adsorbsiyanın iki əsas növü vardır: xarici və daxili. Xarici adsorbsiya detalların xarici səthlərinə təsir edir və axıcılıq həddinin azalmasına səbəb olur. Detalların daxilində baş verən adsorbsiya, onların materiallarının daxilində qüsurların yaranmasına səbəb olur, nəticədə materialın möhkəmliyi azalır və kövrəkliyi artır.

Tədqiqatların nəticələri göstərir ki, metallardan hazırlanmış detallar korroziya dağılmaları səbəbindən də iş qabiliyyətlərini itirirlər. Detalların səthlərinin korroziyadan dağılması, maye və qazların təsiri nəticəsində baş verir və bu onların materiallarının termodinamiki qeyri dayanıqlığına səbəb olur.

Kimyəvi korroziya, materialların müxtəlif növ aqressiv mühitlərlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Elektrokimyəvi korroziya isə bilavasitə metalın elektrolitlə qarşılıqlı təsiri ilə xarakterizə olunur. Aşındırıcı mühitin əsas elementləri su, müxtəlif növ maddələrin məhlulları və digər kimyəvi və qeyri-kimyəvi birləşmələr ola bilər.

Qaz korroziyası, kimyəvi korroziyanın bir növüdür və yüksək temperaturlarda, aktiv qaz mühitlərində özünü göstərir (məsələn, hidrogen mühitində 150 atmosfer təzyiqdə və 560°C temperaturda poladın möhkəmliyi gün ərzində 2 dəfə azalır).

Atmosfer korroziyası metalların dağılaraq sıradan çıxmasının əsas səbəblərindən biridir. Atmosfer korroziyasının üç əsas növü vardır: quru korroziya - nəm olmadıqda detalların səthində müşahidə olunur və korroziyanın sürəti aşağıdır; nəm korroziya - nazik nəm təbəqəsi altında baş verir

və korroziyanın sürəti çox yüksəkdir; yaş korroziya - detalların səthində nəm damcı kondensasiyasının təsiri altında özünü göstərir və bu tip korroziyanın sürəti aşağıdır.

Qeyri-elektrolitlərdə korroziya aqressiv üzvi və qeyri-üzvi birləşmələrin təsiri altında baş verir.

Kontakt korroziyası, fərqli materiallar elektrolit mühitlə təmas etdikdə baş verir. Aralıq korroziyası, fərqli metallar arasında elektrolitin olması zamanı formalaşır. Gərginlik korroziyası, deformasiya və korroziya mühitinin eyni vaxtda təsiri nəticəsində yaranır.

Yuxarıda qeyd olunanlardan aydın olur ki, korroziya prosesləri bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəsi olan və olmayan çoxsaylı amillərdən asılıdır. Korroziya proseslərini qiymətləndirmək üçün müxtəlif metod və metodikalar mövcuddur.

Detalların səthlərininin eroziyadan yeganə səbədən dağılmaları çox nadir hallarda baş verir. Əksər hallarda eroziyadan dağılma, bir neçə səbəbdən baş verdiyi üçün onun təbiətinin qiymətləndirilməsi çətin olur. Ən çox öyrənilən eroziya növləri mexanikokimyəvi, mikrozərbəli, termiki, hidroeroziya, qaz, abraziv, hidroabraziv eroziyalardır.

Maye, qaz və ya bərk hissəciklərin axınının enerjisi plastiki deformasiya üçün kifayət etmədikdə, mexanokimyəvi eroziya baş verir. Maye, qaz və ya bərk hissəciklərin axını nəticəsində detalların səthi zərbələr aldıqda və bu zərbələrin enerjisi plastiki deformasiyaların, struktur və ya faza çevrilmələrinin yaranmasına kifayət etdikdə, mikrozərbə eroziyası müşahidə olunur.

Hidroeroziya prosesi mexanokimyəvi və yaxud mikrozərbələr nəticəsində baş verir.

Kavitasiya mühitində hidrodinamiki təzyiqin dəyişməsi nəticəsində yerli hidravlik zərbələr meydana gəlir və onlar eroziyaya səbəb olurlar.

Qaz eroziyası, materialların səthinin yüksək temperaturlu və kimyəvi aktiv qaz axını ilə təması nəticəsində yaranır. Məlum olduğu kimi, qaz erroziyasına termiki yorulma, qazların bərk materiallar tərəfindən udulması, qaz korroziyası, təkrar tablama və tabəksildmə, sementləmə, azotlama və s. kömək edir.

Bərk qızmış qazlar mühitində detalların səthlərinin dağılması abliyasiya adlanır. Ablyasiya prosesi üçün piroliz, buxarlanma, sublimasiya və s. xarakterikdir.

Hidro və qazobraziv eroziya bərk hissəciklərin təsiri altında, mayelərin və ya qazların axınında baş verir. Hidro və qazobraziv eroziyaya təsir edən əsas amillərə bərklik, möhkəmlik, hissəciklərin ölçüləri və forması, onların həmləetmə sürəti və bucağı, hərəkətinin xarakteri və s. aiddir.

Kavitasiya zamanı hidroabraziv eroziya, materialların mayelərin dinamiki axınlarına, abraziv hissəciklərin təsirinə və yerli kavitasiya hidrozərbələrinə eyni vaxtda məruz qalması ilə müşahidə olunur.

Ekstremal vəziyyətlərdə işləyən gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığı, temperatur amillərinin təsiri altında materialların dağılmasından da asılıdır. Yüksək istilik müqavimətinə malik detalların materiallarının mexaniki və elektrik davamlılığı, bir çox hallarda etibarlılıq göstəricilərinin qiymətləndirilməsində həlledici rol oynayır.

Bəzən sürətli qızdırma zamanı detalların materialının buxarlanması (sublimasiyası) baş verir. Sublimasiya prosesləri gəmi maşın və mexanizmlərinin detalları üçün xarakterik deyildir.

Bununla belə, 120-180°C-dən yuxarı temperaturlarda vakuumda, örtüklər üçün istifadə olunan bəzi materiallar (məsələn, kadmium və sink) kifayət qədər əhəmiyyətli sürətlə (təxminən 1 mm / il) buxarlana bilir. Bu da detalların işləmə qabiliyyətinin hesablanması zamanı sublimasiya prosesini nəzərə almağı zəruri edir.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının işləmə qabiliyyətini aşağı salan əsas səbəblərdən biri detalların materiallarının köhnəlməsi prosesidir.

Çoxsaylı müşahidələrin nəticələri göstərir ki, köhnəlmə zamanı detalların materiallarının fiziki-mexaniki xassələrinin, eləcə də maşın və mexanizmlərinin göstəricilərinin yaxşılaşması, yaxud pisləşməsi baş verə bilər.

Metallardan hazırlanmış maşın detalları üçün köhnəlmə prosesində, martensit çevrilmələrinin və martensit strukturlarının dəyişmələrinin əhəmiyyətli rolu vardır.

Karbonsuz ərintilər olan allotropik çevrilmələr də martensit çevrilmələrinə aiddir. Allotropik çevrilmələr, müxtəlif sistemlərə və atom saylarına malik kristal qəfəslərin əmələ gəlməsi nəticəsində baş verir. Bəzi təmiz materiallar da allotropik çevrilmələrə məruz qalırlar.

Metallarla müqayisədə daha intensiv köhnəlmə ilə xarakterizə olunan materiallardan biri də polimerlərdir. Onlar destruksiya prosesi ilə xarakterizə olunurlar.

Destruksiya prosesləri istilik, işıq, oksigen, su və digər amillərin təsiri altında baş verir. Destruksiya əsasən makromolekulların parçalanması nəticəsində yaranır.

Ən çox rast gəlinən destruksiyalar, istiliyin təsiri altında yaranan termiki destruksiyalar, ultrabənövşəyi şüalanmanın təsiri altında formalaşan fotokimyəvi destruksiyalar və kimyəvi maddələrin təsiri altında əmələ gələn oksidləşdirici destruksiyalardır.

Yuxarıda göstərilən köhnəlmə növləri ilə yanaşı, tətbiq olunan gərginliyin təsiri altında yarana elektrik köhnəlmələr də fərqləndirilir.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığını artırmaq üsullarını, çoxsaylı qruplara bölmək olar. Ayrı-ayrı detalların etibarlılığının artırılması üsulları, əsasən imtinaların intensivliyini azaltmaq üçün istifadə olunur.

İmtinalar əsasən detalların sürtünməsi və aşınması, əlavə deformasiyalar, köhnəlmə, korroziya, materialların eroziyası, emal payının düzgün seçilməməsi, detal və avadanlığın konstruksiyasındakı qüsurlar nəticəsində baş verir [3, s. 234-255], [4, s. 90-97], [5, s. 53-61].

Ekstremal şəraitdə istismar edilən maşın və avadanlıqların imtina səbəblərinə yuxarıda qeyd olunanlarla yanaşı, onların fasiləsiz işləmələrini, istismar zamanı həddindən artıq yüklənmələrini, müxtəlif iqlim şəraitlərini, texnoloji rejimlərin vaxtla və planlaşdırılmamış vəziyyətlərdən asılı olaraq dəyişmələrini aid etmək olar.

Baş vermə səbəblərindən asılı olaraq, bu proseslər həcmi və səthi proseslərə bölünür. Onların intensivliyi həcmi və səthi xarakteristikalara uyğun olaraq müəyyən edilir.

Maşın və avadanlıqların imtinasızlıqlarını yüksəldmək və göstərilən çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün bir sıra konstruktiv və texnoloji tədbirlərin işlənilməsinə ciddi ehtiyac vardır.

Maşın və mexanizmlərin etibarlılığını müəyyən etmək üçün adətən eksperimental tədqiqatlar aparılır və yaxud statistik məlumatlardan istifadə olunur.

Lakin maşın və mexanizmlərin istismarı zamanı baş verən proseslərin təsadüfi xarakter daşıması, bəzi hallarda qeyri səlisliyi, qeyri-xəttiliyi, etibarlılıq göstəricilərinin diskretliyi qarşıya qoyulmuş məsələnin həllini çətinləşdirir.

Çoxsaylı müşahidələrin təhlili göstərir ki, maşın və avadanlıqların etibarlılığı haqqında ən dəqiq məlumatları təcrübi tədqiqatlar nəticəsində əldə etmək olar. Bu baxımdan etibarlılıq parametrlərini müəyyən etmək üçün müxtəlif modelləşdirmə üsullarından istifadə olunur.

Maşın və avadanlıqların birləşmələrinin etibarlılığını qiymətləndirmək üçün əsasən iki növ imtina modelindən istifadə olunur: möhkəmlik etibarlılığı və parametrik etibarlılıq. Birinci növ üçün ani, ikinci növ üçün isə iş qabiliyyətinin tədricən itirilməsi xarakterikdir.

Etibarlılığın qiymətləndirilməsinin əsas məsələləri, maşın və mexanizmlərin effektli istismar şəraitini təmin edən, optimal xarakteristikaları, xidmət və bərpa üsullarını təmin edən optimal parametrlərin müəyyən edilməsidir.

Məlumdur ki, gəmi maşın və avadanlıqları ayrı-ayrı aqreqatlardan, mexanizmlərdən, qovşaqlarından, nəzarət və idarəetmə cihazlarından ibarət olan mürəkkəb sistemlərdir.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının ayrı-ayrı qovşaqlara və hissələrə bölünməsi bir çox hallarda şərti xarakter daşıyır.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılıq meyarlarının qiymətləndirilməsi, adətən sistemli analiz metodlarından istifadə etməklə həyata keçirilir.

Çoxfunksiyalı sistemlərdə fərqli təsir hallarının sayının artması və mürəkkəbliyi səbəbindən bəzi hallarda sistemli analiz metodunun tətbiqi məqsədəuyğun olmur. Belə hallar üçün məntiqi-ehtimal üsullarının tətbiqi daha düzgün yoldur.

Mürəkkəb texniki sistemlər üçün sistemli analizinin müxtəlif üsulları mövcuddur.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığının artırılması, konstruktiv, texnoloji, istismar, təşkilati və digər səbəblərlə bağlı çatışmazlıqların aradan qaldırılması üçün müxtəlif ehtiyatlandırma üsullarından istifadə edilir.

Ehtiyatlandırmanın aşağıdakı növləri vardır: müvəqqəti, struktur, məlumat, funksional, yüklənmə, optimal və s.

Məhdudiyyətlərin mövcudluğu ehtiyatlandırma zamanı optimallaşdırma məsələlərini çətinləşdirir, onun həlli üçün müxtəlif vasitə və üsullardan istifadə olunur. Belə metodlara, Laqranjın qeyri-müəyyən çoxluqlar üsulunu, Qradient üsulunu, Maksimum elementlər üsulunu, Dinamiki proqramlaşdırma üsulunu, Şaxələnmə və sərhəd üsullarını misal göstərmək olar.

Bəzi hallarda ehtiyatlandırmada, bərpa olunan maşın və avadanlıqların etibarlılığının hesablanmasında vəziyyət qrafikini qurmaqla topoloji üsullardan istifadə olunur.

İmtina edən elementin bərpası – onun işləməyən vəziyyətdən işlək vəziyyətə keçirilməsi prosesidir. Buna görə də, bərpa edilmiş sistemlərin vəziyyəti qrafasında, əvvəlki vəziyyətlərdən, sonrakı vəziyyətlərə keçidlərlə yanaşı, sonrakı vəziyyətlərdən əvvəlki vəziyyətlərə keçidlər də, bərpa intensivliyi göstərilməklə qeyd olunmalıdır.

Texniki obyektlərin layihələndirilməsi məsələləri standartlarda nəzərdə tutulur. Bəzən, layihələndirmə zamanı etibarlılığın qiymətləndirilməsi, standartların ümumi texniki normalarına uyğun gəlmir və belə hallarda müxtəlif üsul və vasitələr işlənib hazırlanır.

Maşın və avadanlıqların etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmaq üçün kifayət qədər yüksək səviyyədə texniki xidməti, texniki xidmət işçilərinin hazırlığını, ixtisaslı diaqnostikanı və əldə edilmiş məlumatların işlənməsi metodlarının təkmilləşdirilməsini təmin etmək lazımdır. Diaqnostikanın əsas predmeti maşın və avadanlıqlar, onların datalları və birləşmələridir.

Bərpa və təmir işlərinin istiqamətləri bilavasitə imtina növləri, iş şəraiti və s. ilə əlaqəlidir.

Ayrı-ayrı maşın və avadanlıqlara xidmət, onların parametrləri müəyyən reqlamentləşdirilmiş həddə çatdıqda həyata keçirilir.

Hazırda texniki xidmətin və təmirin keyfiyyətini yüksəltməyin ən rasional yolu əvvəlcədən planlaşdırma sistemidir.

Texniki xidmət və təmir zamanı maşın və avadanlıqların təyinatını və imtinaların növlərini nəzərə almaq lazımdır.

Zədələnmənin növlərindən asılı olaraq cari, orta və əsaslı təmirlər fərqləndirilir.

Maşın və avadanlıqların çətin şəraitdə istismarı, çoxlu sayda müxtəlif zədələnmələr, bir mərkəzdən planlaşdırma, görülən işlərin müxtəlifliyi, bu işlərin həyata keçirilməsi şərtlərinə artan tələblər və s. ilə səciyyələndirilir.

Maşın və avadanlıqların istismarının müxtəlif modellərinin qurulması üçün kütləvi xidmət nəzəriyyəsi üsullarından istifadə olunur.

Tətbiq zamanı kütləvi xidmət sistemlərinin stasionar rejimlərindən daha çox istifadə olunur.

Ekstremal şəraitlərdə işləyən gəmi maşın və avadanlıqlarının, onların detallarının etibarlılıq parametrləri istismar prosesində, sınaqların və yaxud müşahidələrin nəticələrinə əsasən müəyyən edilir.

Ekstremal vəziyyətlərdə işləyən gəmi maşın və avadanlıqlarının işləmə qabiliyyətinin konkret istismar şəraitində yoxlanılmasının məqsədi, onların ağır şəraitdə öz funksional göstəricilərini göstərmək qabiliyyətini təyin etmək məqsədini daşıyır. Ümumiyyətlə gəmi maşın və avadanlıqlarının sınaqları, bir çox əlamətlərə görə təsnifatlandırıla bilər.

Nəticə. Gəmi maşın və avadanlıqları üçün funksional testlərin aparılması, onların ağır və daha ağır şəraitlərdə imkanlarını yoxlamaq məqsədi ilə həyata keçirilir. Funksional testlərin nəticələrindən istifadə edərək, gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığını qiymətləndirmək olar.

Aparılan eksperimental tədqiqatlar, etibarlılığın parametrlərini təyin etməyə, çatışmazlıqları xarakterizə etməyə, xidmət və təmir ilə bağlı prosesləri optimallaşdırmağa və onların daha ağır şəraitdə istismaretmə müddətini proqnozlaşdırmağa imkan verir. Sınaq müddətinin, gəmi maşın və mexanizmlərinin imtinaları arasındakı orta vaxtla eyni olması nəzərə alınmalıdır.

Etibarlılıq tədqiqatları apararkən, gəmi maşın və avadanlıqlarının müxtəlif göstəricilərini fərqləndirmək lazımdır.

Qarşıya qoyulan vəzifədən asılı olaraq, gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığını sınaqdan keçirərkən iki növ sınaqdan istifadə edilə bilər: müəyyənləşdirən və nəzarət sınaqları.

Gəmi maşın və avadanlıqlarının etibarlılığının və uzunömürlülüyünün müəyyən edilməsi üçün məlumatların toplanması, müvafiq standartların tətbiqi ilə həyata keçirilir.

Ədəbiyyat

1. Гафаров А.М. Технологические способы повышения износостой кости деталей машин / А.М. Гафаров – Баку: Наука, – 2000. – 318 с.
2. Сулейманов П.Г. Триботехнические характеристики деталей машин, эксплатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов – Баку: Наука, –2013. –186 с.
3. Сулейманов П.Г. Повышение надежности машин и оборудований, эксплатируемых в экстремальных условиях / П.Г. Сулейманов – Баку: Наука, – 2018. – 308 с.
4. Qafarzadə H.V. İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza-xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı / H.V. Qafarzadə, A.M. Qafarov, B.H. Salayev // AMA-nın xəbərləri, – Bakı: - 2020. N2. – s. 90-97.
5. Джанахмедов А.Х. Анализ изнашивания ходовой пары задвижки в условиях упругопластического деформирования // – Минск: Трения Износ, – 2005. N2, – s. 42-48

Məqalə qəbul olunub: 11.05.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.941.01

RPİ TORNA DƏZGAHLARINDA EMAL OLUNAN DETALLARIN DƏQİQLİYİNİN YÜKSƏLDİLMƏSİ

Ağayev A.R.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: agasig@aztu.edu.az

Xülasə. *Məqalədə rəqəmli proqramla idarə olunan (RPİ) torna dəzgahlarında emal olunan detalların uzununa en kəsiyində forma dəqiqliyinə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasının təsiri araşdırılır. Detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi imkanları analiz edilir.*

Abstract. *The article examines the effect of the movement trajectory of the cutting tool on the longitudinal cross-sectional accuracy of the details processed on digitally controlled (DC) lathes. Opportunities to improve the accuracy of details are analyzed.*

Аннотация. *В статье рассматривается влияние траектории движения режущего инструмента на точность продольного сечения деталей, обрабатываемых на токарных станках с цифровым программным управлением (ЧПУ). Анализируются возможности повышения точности деталей.*

Açar sözlər: *emal dəqiqliyi, forma xətası, mexaniki emal, pəstah, detal, dəzgah, kəsici alət, trayektoriya*

Key words: *processing accuracy, form error, mechanical processing, workpiece, part, machine tool, cutting tool, trajectory*

Ключевые слова: *точность обработки, погрешность формы, механическая обработка, заготовка, деталь, станок, режущий инструмент, траектория*

Giriş. Maşınqayırma və cihazqayırma sənayesinin bütün sahələrinin inkişafı detalların hazırlanmasına və məmulun yığımına olan dəqiqlik tələblərinin fasiləsiz olaraq artması ilə xarakterizə olunur. Bütün texnoloji əməliyyatlarda dəqiqliyin yüksəldilməsi məsələsi aktual məsələ sayılır. Pəstahın dəqiqliyinin, eləcə də kobud əməliyyatlardan başlamaqla mexaniki emal əməliyyatlarının dəqiqliyinin yüksəldilməsi detalların səthlərində emal əməliyyatlarının sayını minimuma endirməyə, materiala qənaət etməyə və həmçinin əmək sərfini azaltmağa imkan verir. Bundan əlavə qeyd etmək lazımdır ki, detalların mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi ilə çatdırma əməliyyatlarından qismən və ya tamamilə imtina etməklə maşın və cihazların yığılmasına olan əmək sərfi minimuma enir. Bütün bunlar məmulun yaradılmasının hər bir mərhələsində - layihələndirmə mərhələsində, hazırlanma mərhələsində, eləcə də yığma və sınaq mərhələlərində dəqiqliyin təmin olunması və yüksəldilməsi məsələlərinə xüsusi diqqətlə yanaşmağı tələb edir [1, s. 120-125].

Mexaniki emal dəqiqliyinin yüksəldilməsi imkanlarının araşdırılması. Məmulun keyfiyyəti bütünlükdə onun hər bir detalının hazırlanma dəqiqliyindən birbaşa asılıdır. Məlum olan detal qrupları arasında hazırlanma dəqiqliyinin yüksəldilməsinə ehtiyac olan detallardan biri də torna dəzgahlarında emal olunan detallardır. Bu detallardan bir çoxu müxtəlif yüklərin təsirinə məruz qaldıqlarından onların qeyri-dəqiq hazırlanması detalların yeyilmə prosesini və onların sıradan çıxma prosesini intensivləşdirir. Torna emalı bu günkü gün üçün bu tip detalların hazırlanmasında daha çox əməktutumlu əməliyyat olaraq qalır.

Detalın dəqiqliyi dedikdə onun xətti və bucaq ölçüləri, həndəsi forma, dalğavarilik və kələ-kötürlük üzrə cizgidə verilmiş tələblərə uyğunluğu başa düşülür [2, s. 33-39].

Detal pəstahlarının mexaniki emal prosesi sistematik və təsadüfi xarakterli amillərin təsirindən xətaların yaranması ilə müşaiyət olunur. Bu amillərdən biri kəsmə qüvvəsinin təsiri altında texnoloji sistemin (dəzgah-tərtibat-alət-detal) elementlərinin elastiki deformasiyası sayılır. Nəticədə alətin kəsici tilinin emal olunan pəstaha nəzərən vəziyyəti dəyişir. Kəsici alətin hərəkəti zamanı kəsmə qüvvəsinin və texnoloji sistemin sərtliyinin dəyişməsi onun elementlərinin deformasiyasına səbəb olur və nəticədə fərdi pəstahların emal olunan səthlərində forma xətaları, eləcə də pəstah partiyalarında ölçülərin səpələnməsi baş verir.

Dəqiqliyin yüksəldilməsi adətən detalların hazırlanmasının əmək tutumunun və maya dəyərinin artmasına səbəb olur. Detalların hazırlanma əməliyyatlarını layihələndirərkən mexaniki emal zamanı yarana biləcək xətaları nəzərə almaq, onların azaldılması və ya kompensasiyası imkanlarını mütləq olaraq müəyyənləşdirmək lazımdır. Mexaniki emal dəqiqliyinin ümumi əsas yüksəldilməsi üsulları aşağıdakılardır [3, s. 57-64]:

-texnoloji sistemin sərtliyinin yüksəldilməsi ilə;

-qurma xətasının qiymətinin azaldılması (bazaların üst-üstə salınması prinsipindən istifadə; sıxma qüvvəsinin qiymət və istiqamətinin düzgün seçimi və s.) ilə;

-alətin ölçüyə sazlanma dəqiqliyinin artırılması ilə;

-kəsici hissənin materialının düzgün seçimi, kəsmə rejimi elementlərinin optimallaşdırılması və soyuducu-yağlayıcı mayelərdən istifadə etməklə kəsici alətin yeyilməyə dayanıqlılığının artırılması ilə;

-dəzgahın, alətin və pəstahın temperatur deformasiyalarının mexaniki emal dəqiqliyinə təsirinin azaldılması ilə;

-aktiv nəzarət vasitələrindən və müxtəlif avtomatik sazlayıcılardan istifadə etməklə;

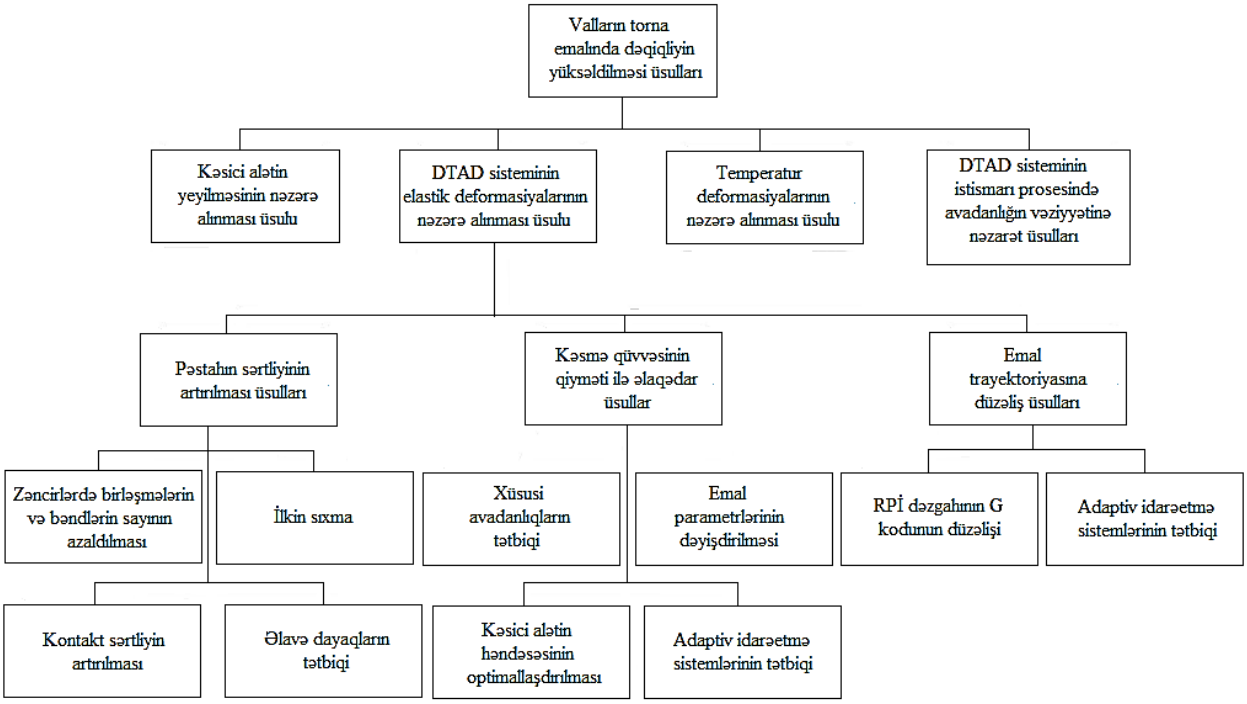
-idarəetmə sistemlərinin tətbiqi ilə.

Müasir sənaye müəssisələrində istehsal mədəniyyətinin yüksəldilməsi üçün RPİ dəzgahlarının tətbiqi ilə çevik istehsalda dəqiqliyin idarə olunması daha səciyyəvi xüsusiyyət daşıyır. Dəqiqliyin idarə olunması tədricən müasir RPİ qurğularının təkmilləşdirilməsi nəticəsində mexaniki emal dəqiqliyinin proqramla idarə olunmasına keçmək zərurəti doğurur.

Bununla əlaqədar mexaniki emal dəqiqliyinə təsir edən amilləri araşdırmaq, xətaların yaranma səbəbləri və dəyişmə qanunlarını öyrənmək önəmli məsələlərdəndir. Bu xüsusilə torna emalında konsol və mərkəzlərdə bərkidilmiş detallar üçün xarakterikdir.

Torna dəzgahlarında konsol və mərkəzlərdə bərkidilmiş detalların emalı zamanı mexaniki təsirlərdən yaranan xətaların dəyişmə qanununu öyrənmək və xətanın dəyişmə qanununa uyğun kəsən alətin hərəkət trayektoriyasının ekvidistantını müəyyənləşdirmək, eləcə də əmələ gələ bilən xətanın proqramla idarə olunmasının tədqiqi çox əhəmiyyətli və aktual problemdir.

Emal olunan detalların dəqiqliyinin artırılmasına xətaların yaranma səbəblərinin öyrənilməsi, eləcə də kəsmə qüvvəsini, texnoloji sistemin sərtliyini və pəstahın quraşdırılma üsulunu nəzərə almaqla pəstahın elastiki deformasiyalarının qismən və tamamilə qarşısının alınması əsasında nail olmaq olar. Şəkil 1-də RPİ torna dəzgahlarında emal olunan val tipli detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi üsulları göstərilmişdir.



Şəkil 1. *RPİ torna dəzgahlarında emal olunan val tipli detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi üsulları*

RPİ torna dəzgahlarında emal olunan detalların dəqiqliyinin yüksəldilməsi. RPİ torna dəzgahlarında kiçik sərtliyə malik pəstahların xarici səthlərinin emalı zamanı kəskinin əyilməsi və onun kəsmə qüvvəsinin P_y radial təşkiledicisinin təsiri altında sıxılması onların bu qüvvənin təsiri altında deformasiyasına səbəb olur. Pəstahların konsol bərkidilməsi zamanı (məsələn, torna dəzgahının patronunda) onların diametral istiqamətdə deformasiyası aşağıdakı məlum ifadə (1) ilə təyin olunur [4, s. 216-234]:

$$\Delta x = \frac{P_y \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J} \qquad (1)$$

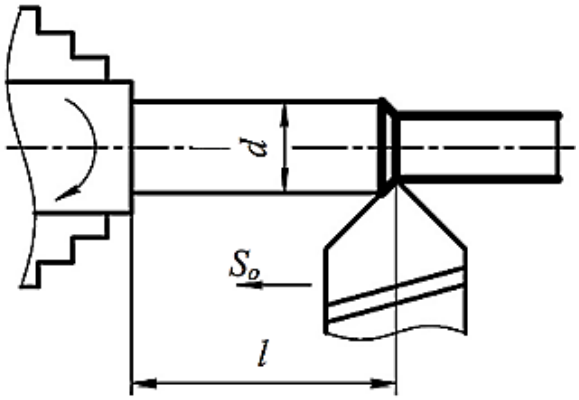
burada, E-pəstahın materialının elastiklik modulu, N/mm^2; J-pəstahın en kəsiyinin inersiya momenti, mm^4; l-kəsmə qüvvəsinin tətbiq olunduğu nöqtə ilə pəstahın bərkidilmə yeri arasında məsafədir, mm (şəkil 2).

l məsafəsinin artması ilə pəstahın deformasiyası əhəmiyyətli qiymətdə artır ki, bu da pəstahın (və ya detalın) uzununa en kəsiyində forma xətalarının artmasına səbəb olur.

Üstyonuş əməliyyatı zamanı kəsmə qüvvəsinin radial təşkiledicisi aşağıdakı (2) ifadəsi ilə təyin olunur [4, s. 225-228]:

$$P_y = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2)$$

burada, C_p, K_p- əmsallar; x, y, n- qüvvət göstəriciləridir. Konstruksiya poladlarından olan pəstahların uzununa üsyonuşu zamanı bərk xəlitədən olan kəskilər üçün C_p=243, x=0,9, y=0,6 və n=-0,3; tezkəsən poladlardan olan kəskilər üçün isə C_p=125, x=0,9, y=0,75 və n=0 [4, s. 225-228].



Şəkil 2. *Patronda bərkidilmiş pəstahın torna dəzgahında emalı sxemi*

K_p əmsalı aşağıdakı (3) ifadəsi ilə təyin olunur [4, s. 96-103]:

$$K_p = K_{M_P} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (3)$$

burada, K_{M_P}- emal olunan pəstahın materialının möhkəmlik həddindən asılı olan əmsal; $K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$-kəskinin kəsici tilinin həndəsi parametrlərindən asılı olan əmsallardır.

Plan bucağı $\varphi = 45^0$, qabaq bucağı $\gamma = 10 \ldots 20^0$, əsas kəsici haşiyəsinin maillik bucağı $\lambda = 0^0$ və təpə radiusu $r = 2$ mm olan bərk xəlitədən və tezkəsən poladdan hazırlanmış kəskilər üçün $K_{\varphi P} = K_{\gamma P} = K_{\lambda P} = K_{rP} = 1$; $K_{M_P} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^m$, burada $\sigma_B < 600MPa$ qiymətində m=0,35 (tezkəsən poladdan olan kəskilər üçün) və m=0,75 (bərk xəlitəli kəskilər üçün); t, S_0, V- uyğun olaraq kəsmə dərinliyi (mm), uzununa veriş (mm/dövr) və kəsmə sürətidir (m/dəq).

RPİ torna dəzgahlarında emal prosesi zamanı yaranan forma xətalarını, bəzi hallarda isə qarşılıqlı yerləşmə xətalarını rəqəmli idarəetmə (NC-numerical control) proqramı vasitəsilə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasını qabaqcadan dəyişməklə kompensasiya etmək imkanı mövcuddur.

Detalların forma xətalarının kompensasiyasının üç üsulu məlumdur:

-sonuncu işçi gedişin yerinə yetirilməsi zamanı kəsici alətin hərəkət trayektoriyasına düzəliş;

-kəsici alətin hərəkəti prosesində verişin və nəticədə kəsmə qüvvəsinin dəyişdirilməsi;

-verilmiş işçi səthin emalı üçün sonuncu işçi gedişdən əvvəlki işçi gedişin yerinə yetirilməsi zamanı bərabər olmayan kəsmə dərinliyinin əldə edilməsi üçün kəsici alətin hərəkət trayektoriyasına düzəliş.

Fərz edək ki, alınması tələb olunan formalaşan səthin forması 1 düz xəttinə uyğun gəlir (şəkil 3). Emal prosesi zamanı pəstahın elastiki deformasiyası nəticəsində formalaşan səthin faktiki forması 2 əyrisinə uyğun gələcəkdir. Forma xətasının kompensasiya edilməsi məqsədilə alətin hərəkət trayektoriyasına forma xətasının mövcud qiymətini nəzərə alan düzəliş daxil edilir. Bunun üçün trayektoriya mütləq detalın nominal konturuna uyğun gələn 1 düz xəttinə nəzərən 2 əyrisinin güzgü əksi sayılan 3 əyrisinə uyğun olmalıdır. Dəzgahın intiqalının iş spesifikası alətin səlis əyri üzrə hərəkətinə imkan vermədiyindən alətin faktiki hərəkət əyrisi pilləli şəkildə olacaqdır (əyri 4 şəkil 3).

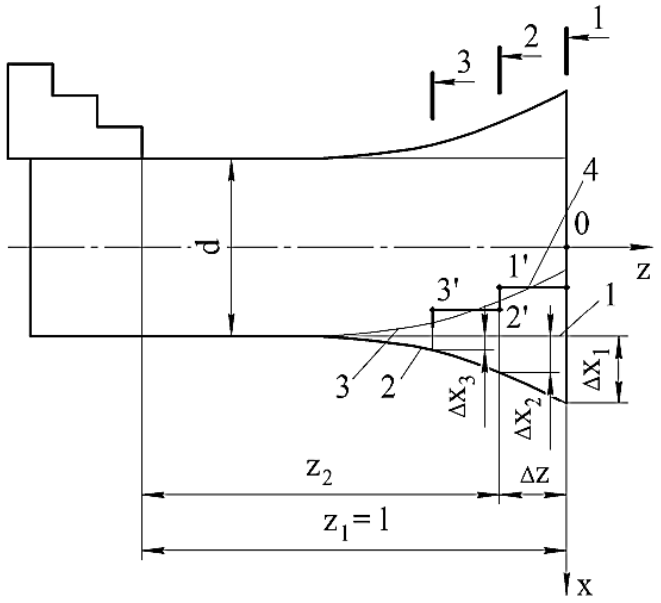
Düzəliş olunmuş trayektoriya ($1^/, 2^/, 3^/, \ldots$ dayaq nöqtələri) idarəetmə proqramının bir neçə kadrında yazıla bilər. Buna görə də dayaq nöqtələrində alətin veriş hərəkəti kiçik vaxt aralıqlarında sıfra yaxınlaşır, kəsmə qüvvəsi isə azalır. Bu emal olunan səthdə üzükvari formalı izlərin əmələ

gəlməsi ilə əlaqələndirilir. Bundan əlavə alətin hərəkətinin pilləli xüsusiyyətinin təsiri nəticəsində formalaşan kontur emaldan sonra düzxətli olmur. Buna görə də bu üsuldan yalnız səthlərin kobud və ya ilkin emalı üçün istifadə olunması daha məqsədəuyğundur.

Hər hansısa bir *k*-cı en kəsiyində pəstahın deformasiyası (şəkil 2) aşağıdakı ifadə (4) üzrə hesablana bilər:

$$\Delta x_k = \frac{P_y \cdot (l-(k-1)\cdot \Delta z^3}{3 \cdot E \cdot J} \tag{4}$$

burada, *l*- yumrucuqların və pəstahın yan səthləri arasındakı məsafə, mm; Δz- qonşu en kəsikləri arasındakı məsafədir, mm.



Şəkil 3. *Patronda konsol bərkidilmiş qeyri-sərt pəstahın forma xətalarının formalaşması və kompensasiyası sxemi*

Əgər hər hansısa bir en kəsiyində pəstahın deformasiyası RPİ dəzgahlarında diametral istiqamətdə koordinat tapşırıqların diskretliliyinin yarısından az olarsa, onda bu kəsikdə və böyük nömrəli kəsiklərdə deformasiyanın sıfra bərabər olduğu qəbul edilir.

Kəsici alətin düzəliş edilmiş trayektoriyasının dayaq nöqtələrinin koordinatları aşağıdakı ifadə (5) ilə təyin olunacaqdır:

$$\left.\begin{array}{c} 1/ nöqtəsi: x = \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2}; z = -\Delta z; \\ 2/ nöqtəsi: x = \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_2 + \Delta x_3}{2}; z = -\Delta z; \\ k/ nöqtəsi \text{ üçün, əgər } k \text{ cüt ədəd olarsa:} \\ x = \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_k + \Delta x_{k+1}}{2}; z = -(k-1)\cdot \Delta z; \\ k/ + 1 \text{ nöqtəsi üçün, əgər } k \text{ cüt ədəd olarsa:} \\ x = \frac{d}{2} - \frac{\Delta x_k + \Delta x_{k+1}}{2}; z = -k \cdot \Delta z \end{array}\right\} \tag{5}$$

burada, d- detalın nominal diametri, mm; Δz- pəstahın deformasiyasının hesablandığı en kəsikləri arasındakı məsafədir, mm.

Emal olunan detalın forma xətası onun ən böyük d_{max} və ən kiçik d_{min} diametrləri arasındakı fərq kimi (6) hesablanır:

$$\Delta_f = d_{max} - d_{min} \tag{6}$$

Nəticə. Məqalədə RPİ torna dəzgahlarında emal prosesi zamanı yaranan forma xətalarını, bəzi hallarda isə qarşılıqlı yerləşmə xətalarını rəqəmli idarəetmə proqramı (NC-numerical control) vasitəsilə kəsici alətin hərəkət trayektoriyasını qabaqcadan dəyişməklə kompensasiya edilməsi imkanı araşdırılmış və bundan istifadə edilməklə patronda konsol bərkidilmiş qeyri-sərt pəstahın forma xətalarının formalaşması və kompensasiyası sxemi qurulmuşdur.

Mexaniki emal və yığma proseslərində dəqiqliyin təmin olunması vacib məsələlərdən sayıldığından məqalədə torna emalında emal dəqiqliyinə təsir edən amillərin araşdırılması və onların qarşısının alınması imkanları tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə məqalədə konsol bərkidilmiş detalların torna emalı zamanı mexaniki emal dəqiqliyinə təsir edən amillərin analizi aparılmış və onların azaldılması yolları şərh edilmişdir. Kəsmə qüvvəsinin təsirindən texnoloji sistemdə yaranan elastiki deformasiyalar müəyyənləşdirilmiş, xüsusilə emal zamanı pəstahın mərkəz oxunun əyilməsi nəticəsində forma xətasının yaranmasına diqqət edilmişdir. Kəsmə qüvvəsinin təsirindən pəstahın oxunun deformasiyasından yaranan xətanın qiymətinin azaldılması məqsədilə kəsmə qüvvəsinin təşkiledicilərinin (idarəetmə proqramında nəzərə alına biləcək bir təşkiledicinin) proqramda nəzərə alınaraq qiymətinin tənzimlənməsi hesabına xətanın kompensasiya edilməsi üçün bu məsələnin NC proqramı vasitəsilə reallaşdırılması nəzərdə tutulur.

Ədəbiyyat

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2008. – 512 с.
2. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.; под ред. А.Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
3. Обработка металлов резанием. Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н. Г. Бойм и др.; под общ. ред. А. А. Панова. –М.: Машиностроение: Машиностроение-1, 2004. –784 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. – Т. 1, 2 / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Косилова и др.; под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001.
5. Серебреницкий, П. П. Краткий справочник технолога машиностроителя / П. П. Серебреницкий. – СПб.: Политехника, 2007. – 951 с.
6. Серебреницкий, П. П. Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебреницкий, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высшая школа, 2002. – 592 с.
7. Гурьянихин, В. Ф. Проектирование технологических операций обработки заготовок на станках с ЧПУ: учебное пособие / В. Ф. Гурьянихин, В. Н. Агафонов. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 60 с.

Məqalə qəbul olunub: 24.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

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 keyfiyyyət göstəricilərinin və xətalarının 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 оборудований, 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 xətalarla xarakterizə olunurlar. Bu xətaların hamısı, növündən asılı olmayaraq təsadüfi kəmiyyətlərdir. Bu xətalara, daimi sistematik, sistematik qanuna uyğun, mütləq, nisbi, gətirilmə, statiki, dinamiki, multiplikativ, additiv, təsadüfi və digər xətaları misal göstərmək olar. Təsadüfi xətalardan başqa, yuxarıda göstərilən xətaların tam əksəriyyətini bu və ya digər texniki-texnolji tədbirləri həyata keçirməklə tam, yaxud qismən aradan qaldırmaq olar.

Təsadüfi xətaları 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 dəyişməsini, 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].

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

Məqsədimiz 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. Tədqiqatlar aparılarkən təcrübələrin nəticələri (təsadüfi kəmiyyətlərin qiymətləri) müəyyən artma ardıcıllığı 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	$Yoxlama$ $\sum_{i=1}^{k} m_i = n$
m_i	m_1	m_2	m_3	…	m_k	$yoxlama$ $\sum_{i=1}^{k} P_i = 1$
$P_i = \frac{m_i}{n}$	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 ardıcıllıqdan istifadə edilir [4]:

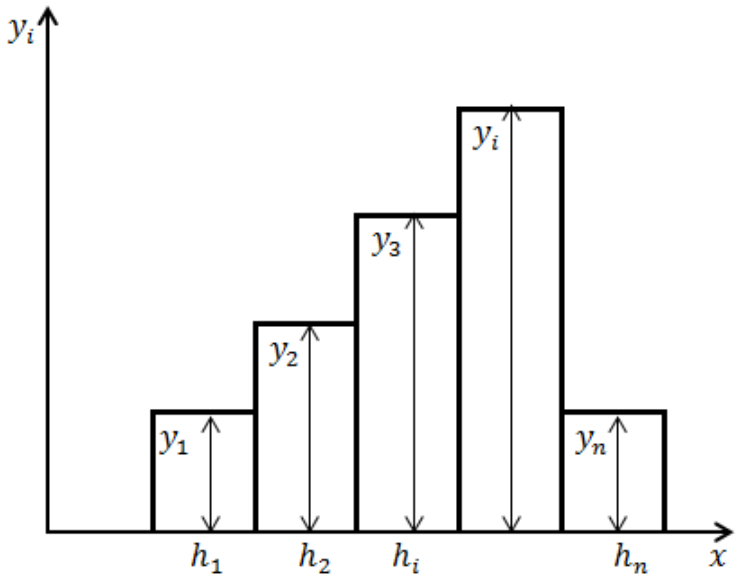
- təsadüfi kəmiyyətin ən böyük (X_{max}) və ən kiçik (X_{min}) qiymətləri təyin edilir.
  $R = X_{max} - X_{min}$ asılılığından təsadüfi kəmiyyətin vüsəti (təsadüfi kəmiyyətin səpələnmə diapazonu) R müəyyənləşdirilir;
- dərəcələr,müəyyən sayda ölçmələrlə k verilir. Onlar təkrəqəmli olmalıdırlar. Ölçmələrin 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 gəlindiyi, 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 h_i	$X_1 \div X_2$ h_1	$X_2 \div X_3$ h_2	$\cdots$ $\cdots$	$X_k \div X_{k+1}$ h_k	$Yoxlama$ $\sum_{i=1}^{k} m_i = n$.
m_i	m_1	m_2	$\cdots$	m_k	$Yoxlama$
$P_i = {}^{m_i}/_{n}$	$P_1 = {}^{m_1}/_{n}$	$P_2 = {}^{m_2}/_{n}$	$\cdots$	$P_k = {}^{m_k}/_{n}$	$\sum_{i=1}^{k} P_i = 1.$

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

$$s_i = hy_i = h\frac{P_i}{h} = P_i\,. \tag{1}$$



Şəkil 1. *Səpələnmənin qistoqramı*

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

$$S = \sum_{i=1}^{k} s_i = \sum_{i=1}^{k} P_i = 1\,. \tag{2}$$

(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, səpələnmənin 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

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

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alsaq yaza bilərik

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

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

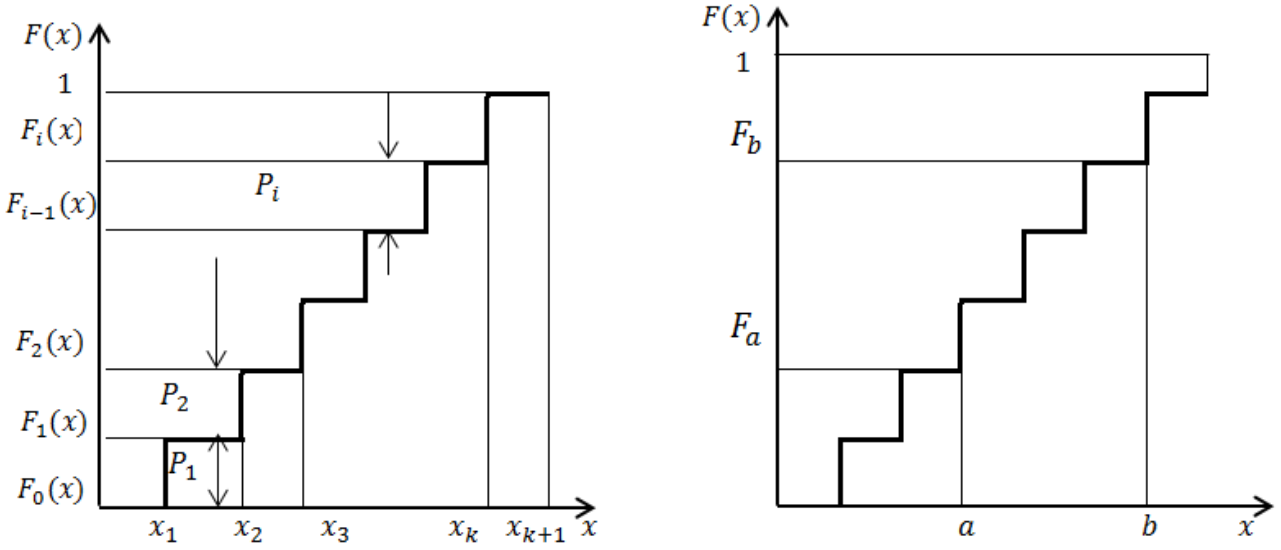
və yaxud

$$F(x) = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_m \, . \tag{6}$$

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 funksiyadır.

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,

$$P(a < x < b) = P(x < b) - P(x < a). \tag{7}$$

(7) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar

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

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,

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

Funksiyaları aşağıdakı kimi də yaza bilərik

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

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

Məlum olduğu kimi qistoqrammanın ordinatları aşağıdakı kimi yazıla bilər

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

Buradan

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

Burada Δx_i −təsadüfi kəmiyyətin artımıdır.

Qistoqrammanın ordinatının ifadəsinə p və h üçün alınmış qiymətləri qoysaq, alarıq

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

Ümumi halda yaza bilərik:

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

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

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

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

Δx −in azalması, dərəcələrin sayının artması ilə eyni qiymətlidir.

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

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

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

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

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

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,

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

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

Nəticə. Müəyyən edilmişdir ki, təsadüfi kəmiyyətlərin səpələnmə funksiyalarının tipini, qistoqramın 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 програмирования / 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 не-определенными 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 комуникаций. -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. Amepongen J. Adaptive steering of ship: phd thesis / J. Van Amepongen. – Delfi University of Texnology, 2005. – 156p.
10. Невзоров В.Н. Надежность машин и оборудований / В.А. Невзоров, Е.В. Сугак.-Красно-ярск: СГТУ, 1998.-400 с.
11. Janahmadov A.Kh. Fraktalnye pogkhogy v triboloqii elastomepob / A.Kh. Janahmadov, M.Y. Javadov. –Baku: Apostroff, 2016.-496 s
12. Qafarzadə H.V. İstismar parametrləri fasiləsiz təsadüfi kəmiyyətlər olan qəza- xilasetmə avadanlıqlarının etibarlılığı / H.V.Qafarzadə, 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 оборудований эксплатируемых 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: Вышейшая школа, 1974.-608 с.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.742.085

POLADƏRİTMƏ PROSESİNİN MODELLƏŞDİRİLMƏSİNİN BƏZİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

[1]Məmmədov A.T., [1]İsmayılov N.Ş., [1]Hüseynov M.Ç.,
[2]Quliyev F.T, [3]Kəlbiyev F.M.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti, [2] "Baku Steel Company" MMC,
[3]Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: ariff-1947@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə poladəritmə prosesinin riyazi modellərinin bəzi xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Göstərilmişdir ki, məsələnin qoyuluşundan asılı olaraq elektrik poladının əridilməsində statik, dinamik və kombinə olunmuş modellər tətbiq oluna bilər. Müəyyən edilmişdir ki, əritmənin parametrləri və təsir edən amillər arasında funksional əlaqəni ifadə edən tənliklər sistemi - determinə olunmuş riyazi modellər istifadə edilə bilər. Modelləşdirmə nümunəsi kimi metal tullantılar əsasında elektrik poladəritmə prosesində yaranan posanın miqdarının hesablanması aparılmışdır.*

Abstract. *The article discusses some aspects of the electric steel making process. It is shown that the production of electric steel mainly consists of three units - preparation of the charge, melting and pouring of the liquid became.*

At the same time, in the mixed mathematical model there are equations of both functional and correlation coupling. This reflects the function of the deterministic-static model. It is shown that, depending on the installation of all these models, they can be used in electric steelmaking.

Аннотация. *В статье обсуждаются некоторые особенности моделирования сталеплавильного процесса. Показано, что наиболее важной задачей при этом является математическое моделирование физико-химических процессов, протекающих в процессе плавления стали.*

Установлено, что при этом может быть использована детерминированная математическая модель, выражающая функциональные связи между параметрами плавки и факторами, влияюшими на них. В качестве примера моделирования произведен расчет количества шлака, образуемого при плавлении шихты из металличеких отходов.

Açar sözlər: *riyazi modelləşdirmə, elektropoladəritmə, funksional əlaqələr, posanın miqdarı*

Key words: *mathematical modeling, electric steel melting, mixed model, functional relation*

Ключевые слова: *математические модели, электроплавка стали, функциональные связи, расчет шлака*

Bu iş Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Elmin İnkişaf Fondunun maliyyə dəstəyilə yerinə yetirilmişdir: Qrant №EİF-MQM-ETS-2020-1(35)-08/02/1-M-02.

Giriş. Elektrik poladının istehsalı mürəkkəb fiziki-kimyəvi proseslərin getməsi ilə əlaqədardır və bu proseslərin bir hissəsi ya çətin idarə olunandır, ya da ümumiyyətlə onları idarə etmək mümkün deyildir [1]. Hazırda elektrik poladının tələb olunan kimyəvi tərkibinin əldə olunması ilə əlaqədar idarə olunan bütün fiziki-kimyəvi prosesləri iki əsas qrupa bölmək olar [2]: metalın saflaşdırılması və metalın oksigensizləşdirilməsi və legirlənməsi.

İnnovativ metallurji texnologiyalar elektrik poladının əritmə proseslərinin dəqiq hesablamaları əsasında idarə olunmasını tələb edir, bu isə həmin proseslərin riyazi modelləşdirilməsi ilə mümkündür. Riyazi modelləşdirmə aşağıdakılara imkan verir: birincisi, istehsalat eksperimentləri aparmadan müxtəlif tipli məsələləri müvəffəqiyyətlə həll etmək; ikincisi, konkret istehsalat

şəraitlərində aparılan əritmələrin optimal rejimlərini təmin etmək [2, 3]. Riyazi modelləşdirmə yolu ilə həll edilən elektropolad istehsalının tipik məsələlərini aşağıdakı dörd qrupa bölmək olar:

1. Əritmənin hər hansı bir ayrıca parametrinin lazımı qiymətinə nail olmaq imkanı verən konkret şəraitlər üçün modelin qurulması. 2. Qəbul olunmuş konkret şəraitlərdə verilən markalı elektropoladın alınma imkanı və məqsədəuyğunluğunun aşkar edilməsi. 3. Nəzərdə tutulan əritmənin verilən konkret şəraitləri üçün optimal aparılma variantının seçilməsi. 4. Əritmənin bütün maraq doğuran parametrləri, o cümlədən eksperimental yolla təyini mürəkkəb və ya qeyri-mümkün olan parametrlər haqda tam məlumatın alınması.

Sadalanan məsələlər hazırda elektrik poladının əritmə proseslərinin riyazi modellərinin tərtib edilməsinin ən aktual məsələlərindən biridir.

Elektropolad əritmə prosesinin riyazi modeli. Elektropoladəritmə prosesinin riyazi modeli bu prosesə təsir edən amilləri onun parametrlərilə əlaqələndirən tənliklər sistemidir [3]. Əritmənin riyazi modeli prosesin alqoritmini yaratmaq üçün ilkin şərt kimi xidmət edir. Bunun altında hesablama prosesini müəyyən edən tam və dəqiq təsvirə imkan verən hesablama işlərinin yerinə yetirilmə ardıcıllığı başa düşülür. Əritmənin alqoritmi adətən riyazi modeldən bir qədər genişdir, çünki o riyazi yazılışdan savayı, həm də məntiqi şərtləri və digər elementləri ehtiva edə bilər [4, 5].

Parametrləri əhatə etmə həcminə görə fərqləndirilən riyazi modellərin bir neçə tam və qeyri-tam; vaxta görə parametrlərin dəyişməsini nəzərə alma imkanlarına görə - statik və dinamik; tərtib olunma üsuluna görə statistik, determinələşdirilmiş və qarışıq tiplərinin tərtibi mümkündür.

Hazırda elektrik poladı istehsalı proseslərinin fiziki-kimyəvi əsasları yaxşı öyrənilmişdir. Yəni, əldə olunmuş nəzəri məlumatlar əritmə prosesinin əsas parametrlərinin son qiymətləri və onlara əhəmiyyətli təsir edən əksər amillər arasında funksional əlaqələri qurmağa tam imkan verir.

Aydındır ki, əritmənin statistik riyazi modelində əsas tənliklər prosesin fiziki-kimyəvi mahiyyətini və funksional rabitəni ifadə edən tənliklər sistemi kimi təqdim edilə bilər. Belə tənliklər qismində material və istilik balansları tənliklərini göstərmək olar. Əritmənin parametrləri və onlara təsir edən amillər arasında funksional əlaqələri təsvir edən tənliklərdən ibarət olan riyazi model determinə olunmuş riyazi model hesab oluna bilər.

Determinələşdirilmiş riyazi modellər universaldır və ən müxtəlif cəhətli elmi və praktiki məsələləri müvəffəqiyyətlə həll etməyə imkan verir. Ona görə elektroəritmə proseslərinin determinasiya olunan riyazi modellərinə əsas elmi qüvvələri istiqamətləndirmək daha məqsədəuyğun hesab oluna bilər.

Beləliklə, fikrimizcə, elektropoladəritmənin termodinamiki məlumatlarını istifadə edərək, reqressiya tənliklərini maksimum məhdudlaşdırmaqla funksional əlaqələri ifadə edən tənliklərdən ibarət etibarlı statistik riyazi modellər yaratmaq mümkündür [6].

Posanın miqdarının hesablanması. Riyazi modelləşdirmənin imkanlarından istifadə edərək elektrik poladının əritmə prosesində yaranan posanın miqdarını təyin edək. Məlumdur ki, posa əridilən poladın keyfiyyət göstəricilərinə, əritmə prosesinin rentalbelliyinə, tullantı kimi ekoloji mühitə və digər parametrlərə ciddi təsir göstərən komponentdir.

Adətən elektroqövs sobasında poladəritmə əsasi proseslə aparılır. Ona görə də əsasi prosesdə posanın miqdarının təyini mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bir tərəfdən əsasi posa zərərli aşqarların (P, S) təmizlənməsində vacib rol oynayır, digər tərəfdən isə maye metalı çirkləndirə bilir. Ona görə də bütövlükdə elektropoladəritmədə və ya müəyyən əritmə dövrlərində yaranan posanın miqdarını təyin etmək vacibdir. Əritmənin əsas parametrləri məlum olduqda yaranan posanın miqdarını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$g_p = \frac{100}{100-(\sum FeO)}\left[\sum \beta_E \Delta[E] + 10^{-2}\sum g_i m_i + g_{iz}^d\right], \quad (1)$$

burada $(\sum FeO)$ – posada (FeO və Fe_2O_3) dəmir oksidlərinin miqdarı, %; $\sum \beta_E \Delta[E]$ – posaəmələgətirici metal oksidlərin miqdarı, kq; $10^{-2}\sum g_i m_i$ – şixtənin qeyri-metal hissəsinin (əhəng, bərk oksidləşdirici, əlavə flüs) əmələ gətirdiyi posanın miqdarı, kq; g_{iz}^d – digər mənbələrdən (əsasən sobanın hörgüsündən) yaranan posanın miqdarıdır, kq.

Öz növbəsində

$$\sum \beta_E \Delta[E] = 2{,}14\Delta[Si] + 2{,}29\Delta[P] + 1{,}29\Delta[Mn] + \cdots, \quad (2)$$

$$10^{-2}\sum g_i m_i = 10^{-2} g_{əhəng} m_{əhəng} + 10^{-2} g_{b.o} m_{b.o} + 10^{-2} g_{əf} m_{əf}, \quad (3)$$

Sonuncu düsturlarda 2,14, 2,29, 1,29 - uyğun elementin 1kq-nın oksidləşməsi zamanı nə qədər oksidin alınmasını (kq) nəzərə alan stexiometrik əmsallar; $g_{əhəng}$, $g_{b.o}, g_{əf}$ – əhəngin, bərk oksidləşdirici və əlavə flüsün (boksit, üzgəcli şpat və s.) kütləsi, kq; $m_{əhəng}, m_{b.o}$, $m_{əf}$ – əhəng, bərk oksidləşdirici və əlavə flüsdə posa əmələgətirici oksidlərin (dəmir oksidlərisiz) miqdarıdır, %.

Posada dəmir oksidlərinin miqdarı bir çox amillərdən asılıdır, onlardan əsasları maye metalda karbonun konsentrasiyası, posanın əsasiliyi və vannanın temperaturudur. Sadalanan amillər aşağıdakı empirik tənliklərlə yazıla bilər:

$$(\sum FeO) = m + \left(4{,}75\frac{0{,}2}{[C]} - 2{,}5 \cdot 10^{-2}\Delta t\right) B, \quad (4)$$

Maye metalda karbonun miqdarının həlledici rol oynadığı xüsusilə azkarbonlu poladların ($[C] < 0{,}05\%$) elektroəritmə prosesinin son mərhələsində yaranan posada dəmir oksidinin miqdarını belə təyin etmək olar:

$$(\sum FeO) = 12 + \frac{0{,}9}{[C]}, \quad (5)$$

(4)-cü düsturda fasiləsiz elektroəritmə prosesləri üçün m=6÷9 qəbul edilə bilər. (5) düsturu isə sadəliyinə baxmayaraq, hətta karbonun daha yüksək konsentrasiyaları üçün də kafi nəticələr verir. Ona görə də (5) ifadəsi və o hallarda ki, $[C] > 0{,}05\%$ olduqda əritmənin son mərhələsində dəmir oksidinin miqdarının təyini üçün istifadə oluna bilər.

Elektropolad əritmədə prosesin başlanğıc mərhələsində posada dəmir oksidlərinin miqdarı əsasən temperaturdan asılıdır və adətən 25-35% təşkil edir.

Əritmə rejimini müəyyən etmək üçün prosesin lap başlanğıcında yaranan ilkin posanın miqdarını bilmək lazımdır. Bu halda hələ əritmənin parametrləri haqqında əksər məlumatlar məlum olmur. Ona görə də prosesin başlanğıc mərhələsində posanın miqdarını təyin etmək üçün yuxarıdakı düsturlardan istifadə etmək mümkün deyil. Bu mərhələdə posanın miqdarını təyin etmək üçün aşağıdakı yarımempirik düsturdan istifadə etmək olar:

$$g_{pos} = 2B\left(2{,}14\sum Si_{şix} + g^d_{SiO_2}\right), \quad (6)$$

Bu düsturda B – posanın CaO/SiO_2 nisbətilə ifadə olunan əsasiliyi; $\sum Si_{şix}$ – metal şixtəsində silisiumun miqdarı, %; $g^d_{SiO_2}$- metal şixtəsindən savayı digər bütün mənbələrdən posaya daxil olan silisium oksidinin miqdarıdır.

Hesablamalarda elektropoladəritmədə istifadə olunan metal şixtəsinin tərkibi haqqında məlumatlar adətən məlum olur. Posanın əsasiliyi B, silisium oksidinin digər mənbələrdən daxil olan miqdarı, habelə posada SiO_2-nin miqdarını praktikada qarşılaşdığımız dəyişmə hədlərində götürmək olar.

Beləliklə, ayrı-ayrı əritmə dövrlərinin riyazi modellərini birləşdirməklə bütövlükdə əritmənin digər parametrləri, o cümlədən metalda aşqarların qalıq miqdarını təyin etmək, ayrı-ayrı proseslərin posa rejiminin səciyyəvi variantları seçmək, müxtəlif texnoloji əlavələrin sərfini hesablamaq və sonra da prosesə lazımi düzəlişlər aparmaq olar.

Nəticə. Beləliklə, ümumi halda elektrik poladının əritmə proseslərinin riyazi modelinin yaradılması aşağıdakıları nəzərdə tutur: hər bir dövrün hədlərində əritmə prosesini dekompozisiya etmək; hər bir elementar prosesi riyazi təsvir etmək; material və istilik balansları tənlikləri əsasında idarə olunan parametrlər və elementar prosesləri kompozisiya edərək riyazi modelini yazmaq; ayrı-ayrı dövrlərin riyazi modellərini birləşdirməklə bütövlükdə əritmənin riyazi modelini almaq.

Beləliklə, əritmənin riyazi modelinin tərkib hissəsi kimi elektrik poladının əridilməsi prosesində yaranan posanın miqdarının hesablanması üçün analitik model təklif olunmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Процессы и машины электрометаллургического производства. Монография / С.Р.Рахманов, В.Л.Тополов, М.И.Гасик, А.Т.Мамедов, А.А.Азимов. Баку-Днепр: «Системные технологии», Издательство «Сабах», 2017, 568с.
2. Горобец В.Г., Гаврилова М.Н. Производство стали в дуговой печи. М.: Металлургия, 2016, 208 с.
3. Кудрин В.А. Теория и технология производста стали: Учебник для вузов. М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2013, 528 с.
4. Бигеев А.М. Математическое описание и расчеты сталеплавильных процессов. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 2002, 160 с.
5. Бигеев А.М. Расчеты мартеновских плавок. М.: Металлургия, 2016, 387 с.
6. Бигеев А.М., Колесников Ю.А. Основы математического описания и расчеты кислородно-конверторных процессов. М.: Металлургия, 1986, 229 с.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

УДК 621.791.753

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНОГО ШВА ПРИ ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКЕ В СРЕДЕ СМЕСИ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

Рустамов Р.Дж., Джафарова С.А., Намазова З.А., Мусурзаева Б.Б.

Азербайджанский Технический Университет
AZ1073, г. Баку, пр. Г. Джавида, 25
E-mail: ramazanrustamov@mail.ru

Аннотация. *Рассмотрено влияние смеси газов на стойкость образования внутренних дефектов, таких как кристаллизационные трещины сварного шва. Определена потенциальная возможность улучшения качества металла шва при полуавтоматической сварке в среде смеси защитных газов.*

Xülasə. *Məqalədə qaz qatışıqlarının qaynaq tikişlərində kristallizasiya çatları kimi daxili qüsurların yaranmasının dayanıqlığına təsiri tədqiq olunmuşdur. Mühafizəedici qazlar qatışığı mühitində yarımavtomatla qaynaqda qaynaq tikişinin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasının potensial imkanları müəyyən olunmuşdur.*

Abstract. *The influence of a gas mixture on the stability of the formation of internal defects such as crystallization weld cracks is considered. The potential possibility of improving the quality of the weld metal during semi-automatic welding in a shielding gas mixture was determined.*

Ключевые слова: *смеси защитных газов, сварочные материалы, параметры режима сварки, смесители газов, способ сварки, свариваемая сталь, источник питания*

Açar sözlər: *mühafizəedici qazlar qatışığı, qaynaq materialları, qaynaq rejimi parametrləri, qaz qarışdırıcıları, qaynaq üsulu, qaynaqlanan polad, qida mənbəyi*

Key words: *shielding gas mixtures, welding consumables, welding mode parameters, gas mixers, welding method, welded steel, power source*

Введение. Улучшение качества и производительности сварочных работ является доминирующей задачей сварочного производства.

Качество сварных соединений согласно ГОСТ15467-84 есть совокупность свойств конструкций, обусловленных с ее пригодностью удовлетворять определенные потребности и в соответствии с ее назначением. Показатели качества сварных соединений определяются той или иной совокупностью следующих свойств: прочностью, надежностью, отсутствием дефектов, структурой металла шва и околошовной зоны, коррозионной стойкостью, числом и характером исправлений и т.п.

Стойкость металла сварного шва против образования внутренних дефектов сварного шва как кристаллизационные трещины в основном зависит от следующих факторов: выбора способа сварки, соответствии выбранного сварочного материала, параметров режима сварки, квалификации сварщика и условия выполнения сварочных работ.

Изучение причин образования кристаллизационных трещин в сварных швах соединений значительно обобщены в работе [1].

В результате обзора литературных данных о влиянии содержания окислительных газов в защите аргоновых смесей на стойкость металла шва против образования между кристаллизационных трещин по данным работы [2, 3-5] повышается. А при использовании защитной смеси аргона с углекислым газом взамен чистого аргона или углекислого газа. Вместе с тем при сварке стали марки 17Г4С в смесе аргона с 20%CO_2 стойкость сварных швов против образования кристаллизационных трещин ниже, чем при защите сварочной ванны углекислым газом.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является изучение стойкости сварного шва против образования кристаллизационных трещин в процессе кристаллизации сварного шва при полуавтоматической сварке плавящимся электродом марки 09ГС(ГОСТ2246-73) стали ВСт3сп (ГОСТ380-73) в чистом углекислом газе, аргоне, а также в защитном смесе содержащих различные качества кислорода и углекислого газа.

Защитную газовую среду получили путем смещивания чистых газов, поступающих в смеситель из баллонов: аргона сорта 1 (ГОСТ10157-73) кислорода сорта 1 (ГОСТ5583-58) пищевого углекислого газа сорта 1 (ГОСТ8050-64) с использованием смесителя типа АКУП-1 или УКП-1-71 (ГОСТ1517-70) необходимой тройной смеси газов получили с помощью двух смесителей типа УКП-1-17 (имеющих набор сменных калиброванных дюз) с таким расчетом, чтобы содержание кислорода в смеси было постоянным (≈5%), а углекислого газа и аргона – переменным. Газовые смеси регулировали дюзы с с штуцерами различного диаметра. Таким образом регулировали требуемого состава и давления тройной газовой смеси.

Общий вид применяемого смесителя показан на рис.1.

Газы и смесители выпускает Барнаулский аппаратуромеханический завод.

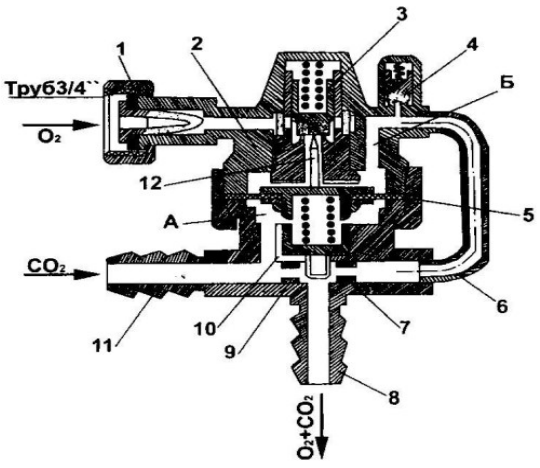


***Рис.1**. Общий вид смесителя УКП-1-17:*
1-гайка накидная, 2-седло, 3-клапан редуцирующий, 4-клапан предохраняющий,
5-мембрана, 6-трубка соединительная,
7-дюза кислородная, 8 –ниппел отбора газа,
9-дюза углекислотная, 10-регулированный винт,
11-штуцер для подвода углекислого газа,
12-толкатель.

Смеситель присоединяется накидной гайкой с трубной резьбой 4/3´´ к кислородопроводу через редуктор, понижающий давление кислорода, к кислородному баллону. Углекислый газ

подводится к смесителю через гибкого шланга диаметром 9 мм, присоединяемый к боковому штуцеру с резьбой М16х1,5 (см.рис.1).

Параметры оптимального режима полуавтоматической сварки в смеси газов с плавящимся электродной проволокой Св.08ГС и Св.08Г2С (ГОСТ2246-73) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры режима полуавтоматической сварки

Тип сварочного соединения	Толщина металла, мм	Способы сварки	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость, м/час		Расход ссмеси газов, л/мин	Вылет электрода, мм	Диаметр электрода, мм	Площадь сварочного шва, F, мм^2
					Подачи проволоки	Сварка				
стыковая	12	полуавтоматический	380-420	28-31	250	21,5	12-20	15-20	2,0	30,5

Концентрация химических элементов исследуемого металла, электродной проволоки и металла сварного шва приведен в таблицах 2, 3 и 4.

Таблица 2

Концентрация химических элементов металла шва

Материалы	Содержание, % мас.				
	C	Si	Mn	S	P
Сталь ВСт.3сп	0,22	0,28	0,57	0,035	0,022
Проволока Св08ГС	0,09	0,62	1,36	0,022	0,018
Проволока Св08Г2С	0,11	0,74	1,89	0,030	0,021

Таблица 3

Концентрация химических элементов в металле шва

Состав защитного газа, %			Содержание в металле шва, %					
Ar	O_2	C O_2	C	Si	Mn	S	P	[O]
100	-	-	0,10	0,55	1,58	0,028	0,018	0,0112
-	-	100	0,13	0,40	1,09	0,025	0,013	0,0494
40	-	60	0,12	0,41	1,18	0,020	0,016	0,0427
33	5	62	0,11	0,33	0,96	0,018	0,016	0,0488

Таблица 4

Концентрация химических элементов в металле сварного шва

Защитный газ	Содержание в металле шва, %мас.						
	C	Si	Mn	S	P	[O]	Vкр, мм/мин
C O_2	0,120	0,31	0,90	0,020	0,018	0,0408	16,7
Ar с 5% O_2	0,091	0,44	0,10	0,024	0,019	0,0221	24,9
Ar с 5% O_2 и 25% C O_2	0,100	0,38	1,02	0,022	0,017	0,0312	24,9
Ar с 22% C O_2	0,110	0,40	1,08	0,023	0,020	0,0257	18,2

Для полуавтоматической сварки исследуемого металла применяется источник питания постоянного тока выпрямитель типа ВДУ-500 с технической характеристикой таблицы 5.

Таблица 5

Технические данные	Показатели
Напряжение питающей сети, В	380
Потребляемая мощность, кВА	105
Номинальный сварочный ток, А	500
Предел регулирования тока, А	100-450
Рабочее напряжение, В	32
Габаритные размеры, мм длина ширина масса,кг	 750 550 230

Концентрация химических элементов основного металла и сварного шва определяем спектральным и химическим методами, а количество кислорода в металле сварного шва – методом вакуумной экстракции.

Решение поставленной задачи исследования. С целью получения сопоставленных данных опытной сварки исследуемых образцов выполнялось на постоянном токе полуавтоматической сваркой параметрами режима таблице 1.

Для изучения влияния концентрации кислорода и углекислого газа в рассматриваемых смесях на стойкость шва против образования кристаллизационных трещин (ОКТ) сваривались сварочной проволокой Св.08Г2С образцы из стали ВСт.3сп с содержанием углерода по верхнему пределу (ГОСТ380-71). Опыты позволили определить оптимальное содержание окислительных газов для каждой смеси (рис.1). Установлено, что добавка кислорода к аргону повышает стойкость шва против ОКТ (рис.1, а). При концентрации 3…14% O_2 стойкость смеси против ОКТ практически одинаковы, а при содержании >14% O_2 она значительно снижается. Необходимо отметить, что увеличение количества кислорода в смеси более 11% ухудшает формирование шва и усиливает выгорание раскислителей. Количество кислорода в шве при этом значительно возрастает (табл.2). Если двойная смесь содержит 40% O_2, то в швах наблюдается дефекты (поры).

Таким образом, смеси аргона с кислородом, в которых содержится 3…11% O_2 оптимальны как с точки зрения стойкости против ОКТ, так и по другим сварочно-технологическим характеристикам.

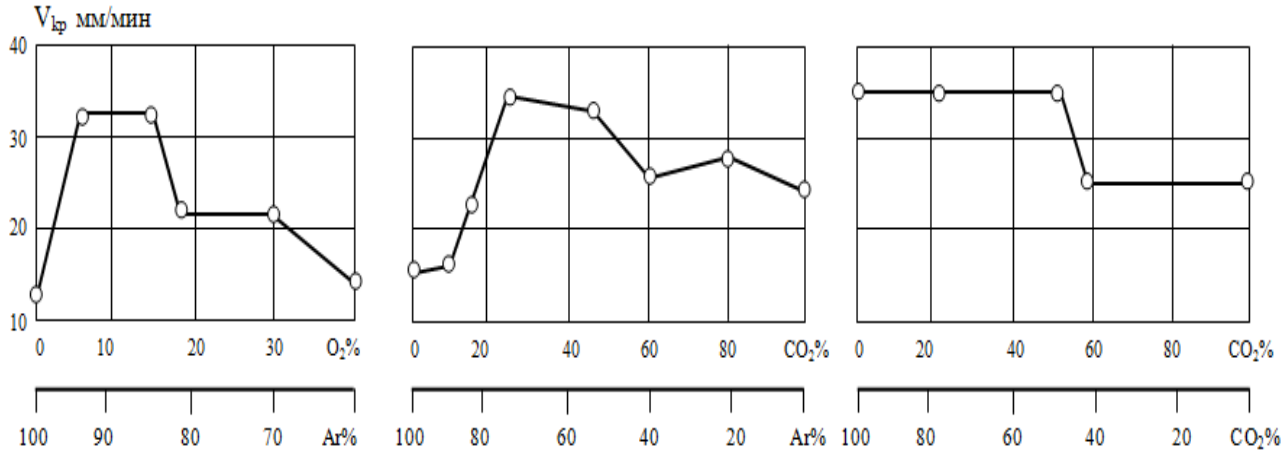


Рис. 2. *Влияние содержания окислительных газов на стойкость против образования кристаллизационных трещин в сварных швах, выполненных в смеси аргона: а- с кислородом, б – с углекислым газом, в – с кислородом и углекислым газом.*

Защитные окислительные смеси на основе аргона обеспечивают высокую стойкость сварных швов против образования трещин при сварке конструкционных сталей и могут быть рекомендованы для широкого промышленного использования.

Выводы.

1. Результатами исследований установлено, что при полуавтоматической сварке в смеси аргона с кислородом и углекислым газом обеспечиваются более благоприятные условия кристаллизации металла сварного шва.
2. Защитные окислительные смеси на основе аргона обеспечивают высокую стойкость сварных швов против образования между кристаллизационных трещин при сварке конструкционных сталей и может быть рекомендован для широкого промышленного использования.

Литература

1. Подгаевский В.В. Поры, включения и трещины в сварных швах. Киев, «Техника», 1989, 236с.
2. Петров А.В. Перенос металла в дуге и проплавление основного металла при сварке в защитных газах. Автоматическая сварка , 1987, №4, с.19-27.
3. Потапьевский Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.Машиностроение, 1990, 240с.
4. Рустамов Р.Д. Обеспечение качества сварных швов крупногабаритных металлоконструкций.
5. Рустамов Р.Д. Определение показателей качества сварного соединения выполненного в смеси углекислого газа и кислорода. Материалы конференции. Баку, 2018

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.791.92:620.178.154.876

KLAPANLARI İDARƏETMƏ MEXANİZMİNİN KİNEMATİKA VƏ DİNAMİKASININ TRİBOLOJİ BAXIMDAN QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Şirzadov F.M., Dadaşov R.Y.

Bakı Mühəndislik Universiteti
AZ0101, Xırdalan şəh., Həsən Əliyev küç., 120
Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: shirzadov@rambler.ru, mr_dadashov@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə klapanları idarəetmə mexanizminin kinematika və dinamikası triboloji baxımdan qiymətləndirilmişdir. Klapanları idarəetmə mexanizmini kinematik qiymətləndirmə zamanı bir çox amillər nəzərə alınmaqla, effektiv layihələndirmə mümkünlüyü əsaslandırılmışdır. Bundan əlavə klapanları idarəetmə mexanizminin dinamikasının triboloji baxımdan qiymətləndirilməsi zamanı klapanları idarəetmə mexanizmində zərərli titrəyişlərin azaldılması üçün klapanları idarəetmə mexanizminin bütün hissələri mümkün qədər sərt hazırlanmalı, istehsal dəqiqliyinin yüksəldilməsi, materialın zədələnmələrinin azaldılması və həndəsi dəqiqliyin saxlanılması, klapanın qalxmasının, sürətinin və təcilinin optimallaşdırılması, yumrğun maksimal təcillənməsi mümkün qədər kiçik olmalı, təcillənmə diaqramında müsbət sahə mənfi sahəyə bərabər olmalı, klapanları idarəetmə mexanizminin konstruksiyasının optimallaşdırılması, hərəkətli hissələr mümkün qədər yüngül olmalı*

(titan, maqnezium, aliminium, keramik və s. materialların tətbiqi), sürtünmə itkiləri kiçik olmalı və yağlama keyfiyyəti yüksəldilməlidir. Təklif olunan məqalə klapanları idarəetmə mexanizmlərinin müxtəlif məqsədlər üçün layihələndirilməsində istifadə oluna bilər.

Abstract. *The article evaluates the kinematics and dynamics of valve control mechanisms from a tribological point of view. During the kinematic assessment of the valve control mechanisms, the possibility of effective design is substantiated, taking into account several factors. In addition, when evaluating the dynamics of valve control mechanisms from a tribological point of view, in order to reduce harmful vibrations in valve control mechanisms, it is necessary to - make all parts of the valve control mechanism as rigid as possible, increase manufacturing accuracy, reduce material damage and maintain geometric accuracy, optimization of valve lift, speed and acceleration, cam acceleration should be as small as possible, the positive field should be equal to the negative field in the acceleration diagram, optimization of the design of valve control mechanisms, moving parts should be as light as possible (using titanium, magnesium, aluminum, ceramic and other materials), friction losses should be small and the quality of the lubricant should be improved. The proposed article can be used for various purposes in the design of valve control mechanisms.*

Аннотация. *В статье с трибологической точки зрения оценена кинематика и динамика механизмов управления клапанов. При кинематической оценке управляющих механизмов клапанов обоснована возможность эффективного проектирования с учётом нескольких факторов. Кроме этого, во время оценки динамики механизмов управления клапанами с трибологической точки зрения для уменьшения вредных вибраций в механизмах управления клапанами необходимо изготавливать все детали механизма управления клапанами как можно наиболее жёсткими, повышение точности производства, уменьшение повреждений материала и сохранение геометрической точности, оптимизация подъёма, скорости и ускорения клапана, ускорение кулачка должно быть в максимальной степени малым, положительное поле должно быть равно отрицательному полю на диаграмме ускорения, оптимизация конструкции механизмов управления клапанами, подвижные детали должны быть как можно более лёгкими (применение титановых, магниевых, алюминиевых, керамических и других материалов), потери на трение должны быть малыми и повышено качество смазки. Предлагаемая статья может быть использована с разными целями при проектировании механизмов управления клапанов.*

Açar sözlər: *mühərrik, klapan, idarəetmə mexanizmi, triboloji qiymətləndirmə*

Key words: *engine, valve, control mechanism, tribological evaluation*

Ключевые слова: *двигатель, клапан, механизм управления, трибологическое оценивание*

Giriş. Klapanları idarəetmə mexanizminin bütün xüsusiyyətləri kinematik, qüvvə, dinamik və triboloji nöqteyi - nəzərdən qiymətləndirilə bilər. Kinematik xüsusiyyətlərdə heç bir qüvvə nəzərə alınmır və kinematik şərtlər daxilində mexanizm qabaqcadan ona verilmiş hərəkət trayektoriyasını yerinə yetirməlidir. Klapanları idarəetmə mexanizmini kinematik qiymətləndirmə zamanı növbəti amillər nəzərə alınmaqla, effektiv layihələndirmə mümükündür [1], [2], [3], [4]:

- Konstruktiv tələblərdən asılı olaraq, mexanizmin növü seçilir;
- Ötürmənin modelləşdirilməsi, həndəsi, kütlə və kinematik parametrlərin statik hesablanması:
- Yumruğun forması;
- Ötürmənin ümumi həndəsəsi;
- Kütlə və kütlə momenti;
- Ağırlıq mərkəzinin yerləşməsi;
- Kontaktda əyrilik radiusunun minimal qiyməti;
- „Zaman-kəsiyi“ diaqramının maksimal qiyməti;
- Klapanın qalxması;
- Maksimal sürət;
- Maksimal təcil;

- Silindr formalı itələyicinin fırlanma tezliyi;
- Hers təzyiqi;
- Yağ təbəqəsinin qalınlığı.

Əsas hissə. Mühərrikin mümkün qədər yüksək dövrlər sayına nail olmaq üçün, hər şeydən əvvəl bütün sistemin sərtliyinin yüksəldilməsinə və sonra isə hərəkətli kütlənin azaldılmasına cəhd etmək, nəhayət səmərəli yumruq forması seçmək lazımdır. İdarə olunan hissələrin hərəkət qanunauyğunluğunu seçdikdən və klapanları idarəetmə mexanizminin əsas parametrlərini müəyyən etdikdən sonra yumruğun profili təyin olunur [5], [6].

Yumruq formaları üçün əyri qövslü (tangensial, qabarıq və çökük yumruqlar), polinom, harmonik (multi-sinus qövslü), polidin (dinamik xüsusiyyətlər nəzərə alınmaqla polinom yumruğun modifikasiyası) yumruqlar fərqləndirilir. Çökük yumruqlar burucu momenti, mühərrikin gücünü artırır və ixrac qazlarının emissiasını azaldır. Belə yumruqlarda yan səth xətti deyil, çökük olub, klapanın tez açılıb bağlanmasına səbəb olur [7], [5].

Klapanların qalxma hərəkətinin qanunauyğunluqları silindrlərin dolma dərəcəsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir. Klapanların maksimal qalxmasına qədər mümkün sürətli açılması (yumruğun açma yan səthi mümkün qədər sərt yoxuşlu və qısa olmalıdır), belə vəziyyətdə mümkün qədər çox saxlanılması („zaman-kəsiyi“ diaqramının maqksimal qiymətinə nail olmaq üçün) və klapanın mümkün qədər tez bağlanması (yumruğun bağlama yan səthi mümkün qədər sərt enişli və qısa olmalıdır) ideal hal hesab olunur. Amma, belə bir hal yüklərin səmərəsiz paylanmasına, yüksək təcillənməyə, yay və kütlə qüvvələrinə və bütün mexanizmin rəqsi hərəkətinə səbəb olur. Belə vəziyyətdə „zərbəsiz“ yumruq (polidin yumruq) tətbiq olunur ki, burada təcillənmə az sıçrayışlı olur. „zərbəsiz“ yumrucuğun bir mənfi cəhəti yumruğun təpəsində yan səth təcillənməsinin daimi olaraq pozitiv qiymətdən neqativ qiymətə keçməsidir. Belə hal da triboloji baxımdan səmərəsiz hesab olunur [6], [8], [9], [10].

Yumruğun əsas radiusu, yan səthinin radiusu, təpə radiusu, eni, itələyicinin konstruksiyası və yumruğun konusluğu yumruq ling cütünün sürət və qüvvə xarakteristikasına belə ki, firlanma sürətinə, hidrodinamik sürətə, təcillənmə və ətalət qüvvələrinə, Hers təzyiqinə və nəhayət onun tribologiyasına əhəmiyyətli dərəcədə təsir edir [10].

Bir çox maşınlarda klapanların qalxması, sürəti və təcillənməsi əsasdır və bununla hər hansı bir yumruq formasının istismar üçün səmərəliliyinin müəyyən olunması və mühərikin yanacaq sərfinə təsirini qiymətləndirməyə nail olmaq olar. Klapanın qalxma, sürət və təcillənmə əyrilərinin analizi əsasında zərbə, səs-küy, yeyilmə, vibrasiya və nəhayət yumruq itələyici sisteminin dinamikası haqqında qabaqcadan məlumatlar əldə etmək olar. Müəyyən olunmuşdur ki, təcillənmə əyrisi pilləsiz və təcillənmənin maksimal qiyməti mümkün qədər kiçik olduqda ən yaxşı nəticələr əldə olunur [7], [9].

Təcillənmə əyrisində hər bir sıcrayış bir zərbə deməkdir ki, bu da mexanizmin detallarında güclü elastiki deformasiyalara səbəb olur. Bu hal yalnız mühərrikin istismarında deyil, həmçinin yumruğun pardaqlanması zamanı da təsir edir. Bütün kalpanları idarəetmə mexanizmlərində itələyi-cinin qalxması analitik olaraq növbəti bərabərliklə ifardə oluna bilər [11]:

$$s = f(\varphi_N)\,;\ \varphi_N = \omega_N t \tag{1}$$

burada t – zaman, san; φ_N - yumruğun dönmə bucağı, dərəcə; ω_N - yumruğun bucaq sürətidir, dövr/dəqiqə.

Klapanın sürəti kimi onun qalxmasının zamana görə dəyişmə anı başa düşülür:

$$V = \frac{ds}{dt} \tag{2}$$

Klapanları idarəetmə mexanizminin müasir üsulla layihələndirilməsində klapanın təcillənməsi əsas rol oynayır. Klapanın təcili kimi onun sürətinin zamana görə dəyişmə anı başa düşülür:

$$\mathrm{b} = \frac{\mathrm{d}^2\mathrm{s}}{\mathrm{dt}^2} = \frac{\mathrm{dV}}{\mathrm{dt}} \tag{3}$$

Titrəyişlərin azaldılması üçün maksimal sürətdə klapanın qalxmasının üçüncü tərtib törəməsi – zərbə və yaxud sürət qradientinin impulsu (s''') uyğun qiymətə görə məhdudlaşdırılmalıdır [10], [11], [12]:

$$s''' = \frac{d^3 s}{dt^3} = \frac{db}{dt} \tag{4}$$

Silindr formalı diyircək itələyici kimi tətbiq olunduqda yaranan kontakt təzyiqi Hers-Balayev ifadəsinə əsasən belə təyin olunur [1-34], [9-134], [13-116]:

$$Hp = 0,418\sqrt{\frac{F_N E_{red}}{b_N r_{red}} k_{H\beta} k_{HV}} \tag{5}$$

burada F_N - normal qüvvə, N; $E_{red} = 2E_N E_R /(E_N + E_R)$ - gətirilmiş elastiklik modulu, Pa; $k_{H\beta}$ - yükün konsentrasiya əmsalı; k_{HV} - dinamiki yüklənmə əmsalıdır. $r_{red} = \left(\frac{r_N r_R}{r_N + r_R}\right)$ - gətirilmiş əyrilik radiusu, mm; r_R - diyircəyin radiusu, mm; r_N - yumruğun kontaktda əyrilik radiusudur, mm.

İstismarda hansı yumruq formasının ən böyük kontakt sahəsi yaratması və bununla da ən kiçik yeyilməyə məruz qalması praktikada mühüm əhəmiyyətə malikdir. Həmçinin, hansı yumruq formalarının elastohidrodinamik (EHD) yağ təbəqəsinin əmələ gəlməsi üçün səmərəli olması və yumruğun hansı formalarından imtina olunmasının tədqiqi də vacib məsələlərdən biridir [16].

Detalların ölçülərinin, material seçiminin əsaslandırılması, yay və yastıqların qabaqcadan seçilməsi, optimal sürət və tələb olunan enerjinin təyin edilməsi üçün uzunömürlülüyü nəzərə alınmaqla qüvvə analizinin aparılması çox vacibdir. Yumruğa təsir edən qüvvələri dövrlər sayından asılı olanlara və olmayanlara bölünə bilərlər. Yumruqlu valın və ötürmə elementlərinin kontakt sahəsinin yüklənməsi yay (F_F), kütlə (F_{MV}), sürtünmə (F_L) və qaz qüvvələri (F_B) hesabına ola bilər ki, bunu ümumi şəkildə aşağıdakı kimi yazmaq olar [5], [14],:

$$F_{res} = F_F \pm F_{MV} + F_L + F_B = -F_N \tag{6}$$

Hərəkətli hissələrin kütləsinin artması ilə yumruğun təpə nöqtəsinin yüklənməsi onun yan tərəfinə köçürülür (eyni dövrlər sayında), müsbət təcillənmə sahəsində yumruğun yan səthinə təsir edən qüvvələr artır və yumruğun təpəsi yayın elastik qüvvəsinin əksinə yönələn ətalət qüvvələri hesabına yükdən azad olunur [9].

Klapan yayının təsir qüvvəsi - F_F dövrlər sayından asılı olmayıb, yayın elastiklik əmsalından asılı olaraq, klapanın maksimal qalxmasına qədər xətti artır, klapanın bağlanması zamanı isə ilkin gərilmə güvvəsinə qədər azalır:

$$F_F = F_0 + c \cdot s \tag{7}$$

burada F_0 - klapanın tam bağlı vəziyyətində yayın ilkin gərilmə qüvvəsi, N; c - yayın elastiklik əmsalı, N/m; s - klapanın qalxma hündürlüyüdür, mm.

Klapan yayı ətalət qüvvələrini, ağırlıq qüvvələrini, zərbələri söndürmə qüvvələrini, dinamik qüvvələri, digər kənar yüklənmələri və sürtünmə qüvvələrini üstələməli və yaxud klapanın yayının elastiki qüvvəsi klapanın gecikmə qüvvəsindən (və ya təcillənmədən) böyük olmalıdır [7].

Klapanın hərəkət sürəti nə qədər böyük olarsa, yayın elastiklik qüvvəsi bir o qədər yüksək olmalıdır. Əgər klapan yayı kontaktın təminatı üçün kifayət deyilsə, onda böyük sürətlərdə „atlanmalar" baş verir. Amma, qeyd etmək lazımdır ki, yayın yüksək elastiklik qüvvəsi kontakt səthlərində yüksək təzyiqə səbəb olur ki, bu da klapanın açılması üçün əlavə güc itgilərinə və nəhayət kontakt səthlərinin dağılmasına (əsasən pitting yeyilməsinə) gətirib çıxarır [5].

Klapanın real qalxma hündürlüyü onun hesablanmış qiymətindən fərqlənir. Buna görə də klapan yayı kifayət qədər rezervlə layihələndirilməlidir. Baş verən təcillənmədən, verilmiş elastiklik modulundan və mümkün ola biləcək dövrlər sayı artımından asılı olaraq, yay rezervi əsasən 30%-dən 50%- ə qədər yüksəldilir və bəzən 100% seçilir [5].

Yumruqlu valın dövrlər sayından asılı olan yüklənmə qüvvəsi **hərəkətli hissələrin ağırlıq qüvvəsi** hesabına yaranır. Ətalət qüvvələri kütlənin təcilə olan hasili ilə təyin olunur və təcil vektorundan asılı olaraq, istiqamətlərini dəyişirlər

$$F_{MV} = m \cdot b \tag{8}$$

burada m - klapan milinə gətirilmiş kütlə, kq; b- klapanın təcillənməsidir, m/san^2.

Silindr formalı itələyiciyə malik klapanları idarəetmə mexanizmində hərəkətli kütlə klapanın, yayın yuxarı şaybasının və pazının, silindr formalı itələyicinin, nizamlayıcı lövhənin və yayın yarım kütləsinin cəmindən ibarətdir [9].

Müasir dövrdə konstruktorlar mühərrikin dövrlər sayının yüksəldilməsinə cəhd edirlər ki, bu da sistemin dinamiki vəziyyətinə mənfi təsir edə bilər. Bu mənfi təsirin azaldılması üçün hissəni yüngül materialla istehsala və ya konstruktiv cəhətdən nisbətən kiçik ölçülü çox klapanlı sistemlərə üstünlük verilir. Yumruqaltı hərəkətli kütlənin azaldılmasına baxmayaraq, çox klapanlı mühərriklərdə klapanları idarəetmə mexanizminin cəm kütləsi artır. Klapanları idarəetmə mexanizminin kütləsinin azaldılması üçün 3 sahə nəzərdən keçirilməlidir [15]:

- Adi material tətbiq etməklə detalların həndəsəsinin optimallaşdırılması;
- Alternativ materialın tətbiqi (məsələn, aluminium, titan, keramika);
- Çoxklapanlı mexanizmlərin tətbiqi ilə hər bir yumruğa düşən kütlənin azaldılması.

Müasir klapanları idarəetmə mexanizmlərində adi materiallarla yüngül istehsal konseptini tətbiq etməklə, klapan yayının tələb olunan elastiklik qüvvəsi 30%-ə qədər, alternativ materialların tətbiqi ilə (məsələn, dolu polad klapanın titan aluminidlə və ya keramika ilə əvəz olunması, poladdan olan klapan yayının şaybasının aluminium şayba ilə əvəz olunması) 50%- ə qədər azaldıla bilər. Bu hal xüsusən aşağı dövrlər sayında yayın elastiki qüvvəsindən nəticələnən sürtünmə işinin, yeyilmələrin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına, mühərrikin yanacaq qənaətliliyinə səbəb olur. Eyni zamanda titrəyişlərin azalması hesabına mexanizmin istismar dinamikası yaxşılaşır və bunun hesabına yumruqlu valın dövrlər sayını 30%- ə qədər yüksəltmək mümkün olmuşdur [4], [15].

İstiqamətləndirmə qüvvəsi - itələyicinin və klapanın istiqamətləndiricilərində baş verən sürtünmə qüvvəsi hesabına yaranır. Digər qüvvələrlə müqayisədə bu qüvvələr çox kiçik olduğundan dinamik hesabatlar zamanı nəzərə alınmaya bilər.

Qaz qüvvəsi yalnız xaricetmə klapanında, onu açma anında təsir edir:

$$F_B = \frac{\pi D_V^2}{4} P_A \tag{9}$$

burada D_V - klapan nimçəsinin böyük diametri, mm; P_A - klapanı açma anında silindrdəki təzyiqdir, Pa.

Daxili yanma mühərriklərinin vibrasiyalara hesablanması zamanı qaz qvvələri - F_B nəzərə alınmır, çünki bundan yaranan xəta çox kiçikdir.

İtələyiciyə zərbə qüvvəsi

$$S_N = V_N \sqrt{m_N c_N} \tag{10}$$

burada V_N - ara boşluğunu keçdikdən sonra yumruğun səthində sürət, m/san; m_N - yumruq üzərinə gətirilmiş hərəkətli kütlə, kq; c_N - yumruğun səthində idarəetmə sisteminin elastiklik sabitidir, N/m.

Maksimal qüvvələr klapanın ən yüksək təcillənmə sahələrində baş veriri ki, (klapanın açılma və bağlanması anında) bu da ağırlıq qüvvələri tərəfindən yaradılır. Titrəmələrin amplitudunun azaldılması üçün söndürmə təsirlərinin artırılmasına diqqətlə yanaşmaq lazımdır. Çünki, söndürmə qüvvələri dinamiki qüvvələri artıra bilər. Titrəmələri kiçik söndürmə cəhtlərində belə söndürmə qüvvələri ətalət qüvvələrindən böyük alınır. Yüksək sürətli daxili yanma mühərriklərində ən yaxşı söndürmə parametrlərinın əldə olunması üçün mühərrikin real işini imitasiya edən eksperimentlərin aparılması gərəklidir. İstismar zamanı baş verən dinamik titrəyişlərin hesabi analizi və optimallaşdırılması, „çoxkütləli titrəyiş modeli“nin köməyi ilə əldə olunur [11].

Klapanları idarəetmə mexanizmində zərərli titrəyişlərin azaldılması üçün növbəti tədbirlər təklif olunur:

- klapanları idarəetmə mexanizminin bütün hissələri mümkün qədər sərt hazırlanmalı;
- istehsal dəqiqliyinin yüksəldilməsi;
- materialın zədələnmələrinin azaldılması və həndəsi dəqiqliyin saxlanılması;
- klapanın qalxmasının, sürətinin və təcilinin optimallaşdırılması;
- yumrğun maksimal təcillənməsi mümkün qədər kiçik olmalıdır;
- təcillənmə diaqramında müsbət sahə mənfi sahəyə bərabər olmalıdır.
- klapanları idarəetmə mexanizminin konstruksiyasının optimallaşdırılması;
- hərəkətli hissələr mümkün qədər yüngül olmalıdır (titan, maqnezium, aliminium, keamik və s. materialların tətbiqi);
- sürtünmə itgilərinin azaldılması və yağlama keyfiyyətinin yüksəldilməsi.

Nəticə. Daxiliyanma mühərriklərinin klapanlarını idaretmə mexanizmlərinin layihələndirilməsi zamanı bir çox hallarda yanacaq qənayətliliyinə, ixrac qazlarının miqdarına, güc və burucu momentin yeksəldilməsinə və s. diqqət yetirildiyi halda, triboloji amillər lazımi qiymətləndirmə ilə nəzərə alınmır. Bu baxımdan klapanları idarəetmə mexanizminin detalları kəskin yeyilmələrə məruz qalmaqdadır. Klapanları idarəetmə mexanizminin kinematik, qüvvə, dinamik və triboloji nöqteyi - nəzərdən qiymətləndirilməsi zamanı triboloji nöqteyi-nəzərdən bəzi nəticələr əldə edilmişdir. Klapanları idarəetmə mexanizminin uzunmüddətli effektiv işini təmin etmək üçün kinematik qiymətləndirmə zamanı böyük kontak sahəsində aşağı təzyiqə, kiçik kontak sahəsində səthin yüksək möhkəmliyinə, sürüşmə səth sahəsinin termiki yükslənməsini azalda biləcək konstruktiv tədbirlərə, belə ki, cütlərə əlavə fırlanam hərəkətinin verilməsi, hərəkətli hissələrinin sayının və kütlənin azaldılmasına imkan verən kinematik layihəyə üstünlük verilməlidir. Mühərrikin optimal funksional çıxış parametrlərinə və səmərəli triboloji iş şəraitinə nail olmaq üçün, hər şeydən əvvəl bütün sistemin sərtliyinin yüksəldilməsinə, hərəkətli kütlənin azaldılmasına, müsbət və mənfi təcillənmənin bərabərləşdirilməsinə cəhd etmək, nəhayət mühərrikin iş funksiyasına müsbət təsir edən səmərəli ötürmə kinematiksaı əsasında səmərəli yumruq forması seçmək lazımdır. Beləliklə, klapanları idarəetmə mexanizminin bir çox amillər nəzərə alınmaqla kinematika və dinamikasının triboliji baxımdan qiymətləndirməklə, effektiv layihələndirilməsi mümükündür.

Ədəbiyyat

1. Халилов, Р.А. Системный анализ кулачковых механизмов автомобилей: / кандидатская диссертация технических наук / - Баку, 2001. - 258 ст.
2. Левитский, Н.И. Кулачковые механизмы / Н.И.Левитский. - Москва: - Машиностроение, - 1964. - 288 с.
3. Berg, M. Kuhn, P. Schön, H. Ein neues Getriebe zur variablen Ventilsteuerung in Hubkolbenmotoren // - Wiesbaden: Motortechnische Zeitschrift - MTZ, - 1992. Band 54, Heft 10, - S. 484-488.
4. Mendl, G. Motordynamik und ihre Interaktion zu Festigkeit, Ladungswechsel und Akustik / G. Greding. – Düsseldorf: VDI Verlag, - 2002. – 139 S.
5. Bensinger, W.D. Die Steuerung des Gaswechsels in schnell laufenden Verbrennungsmotoren. Konstruktion und Berechnung der Steuerelemente / W.D. Bensinger. - Berlin/Heidelberg/New York: Springer, - 1968. - 256 S.
6. 169-Stipek, T. Neue Gesichtspunkte bei der Auslegung von Nocken fuer Dieseleinspritzpumpen // - Wiesbaden: Motortechnische Zeitschrift - MTZ, - 1980. Band 41, Heft 01, - S. 13-18.
7. 126-Flierl, R. Oehling, K.H. Hösl, J. Ventiltriebauslegung moderner Motoren // - Wiesbaden: Motortechnische Zeitschrift - MTZ, - 1993. Band 54, Heft 9, - S. 462-469.
8. 133-Heck, K. Einfluss der Prozessführung beim Umschmelzhärten auf die Randschichteigenschaften von Nockenwellen aus ledeburitischem Gusseisen: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften / - München, 1983. – 173 S.
9. 134-Heinrich U. Zur Reibung von Nockentrieben mit Flachstößeln. Konstruktionstechnik: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften / – Düsseldorf, 1985. - 134 S.
10. 145-Kirschner, J. Tribologische und kinematische Untersuchungen an einem Nocken – Rollenstößel – Trieb: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften / - Karlsruhe, 1988. – 285 S.
11. 90-Rothbart, H.A. Cam Design Handbook / H.A. Rothbart. - New Jersey: McGraw-Hill Professional, - 2003. - 606 p.
12. 32-Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и механика машин / Г.А. Тимофеев. – Москва: изд. МГТУ им. Н.Е. Баумана, – 2017. – 565 с.
13. 116-Berg, M. Untersuchung einer radial verschraubten Nockenwelle zur bauraumoptimalen Gestaltung einer variablen Ventilsteuerung: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften) / -Karlsruhe, 1996. - 174 S.
14. 113-Ayanoglu, P. Experimentelle Erfassung des elastohydrodynamischen Kontaktes in Zahnradgetrieben und Nocken/Flachstößel-Paarungen: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften /- Aachen, 1993. - 192 S.
15. 112-Arnold, M. Ross, J. Friedrich-Wilhelm Speckens. Analyse und Optimierung von Ventil- und Steuertrieben in Verbrennungsmotoren // - Wiesbaden: Motortechnische Zeitschrift - MTZ, - 1993. Band 54, Heft 3, - S. 142-148.
16. Spiegel, K. Beiträge zur Elastohydrodynamik bei Nocken-Stößel-Paarungen: / Dissertation für Doktor der İngenieerwissenschaften /- Clausthal, - 1982. - 196 S.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.941.01

RPİ DƏZGAHLARINDA YERİNƏ YETİRİLƏN TEXNOLOJİ ƏMƏLİYYATLARIN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

[1]Yusubov N.D., [1]Bədəlova B.B., [2]Salmanov İ.S.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
[2]Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: nizami.yusubov@aztu.edu.az, ibraqim.salmanov@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə RPİ dəzgahlarında yerinə yetirilən texnoloji əməliyyatlarin layihələndirilməsinin xüsusiyyətləri göstərilmişdir. Bu zaman RPİ dəzgahlarında hissələrin emal texnoloji proseslərinin layihələndirilməsinin xüsusiyyətləri, RPİ dəzgahları üçün marşrut texnologiyasının işlənməsi, müxtəlif qrup hissələrin emalı üçün avadanlıqların seçilməsi, texnoloji keçidlərin layihələndirilməsi, torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri, inteqrasiya edilmiş avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemləri, inteqrasiya edilmiş avtomatlaşdırılımış layihələndirmə sistemlərində RPİ torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanması modulları, RPİ torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanmasının xüsusiləşdirilmiş sistemləri araşdırılmış, RPİ dəzgahlarında hissənin emalı üçün texnoloji prosesin layihələndirilməsinin onun əl ilə idarə olunan dəzgahlarda işlənməsindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən cəhətlərinə baxılmışdır. Avtomatlaşdırılmış istehsal şəraitində RPİ dəzgahları üçün idarəetmə proqramının yaradılması istehsalın texnoloji hazırlığı sisteminin ən mühüm məsələsi olduğu qeyd edilmiş və sonda araşdırmanın nəticəsi olaraq müddəalar sistemləşdirilmişdir.*

Abstract. *The article shows the design features of technological operations performed on CNC machines. At the same time, the features of the design of technological processes for machining parts on CNC machines, the development of route technology on CNC machines, the choice of equipment for processing various groups of parts, the design of technological transitions, automated design systems for control programs for machine tools of the turning group, integrated automated programming systems, modules for the preparation of control programs for CNC machines of the turning group in integrated CAD systems, specialized systems for the preparation of control programs for CNC machines of the turning group, the features of designing the technological process of machining parts on CNC machines, which differ significantly from its development on machines with manual control, are considered. It is noted that the creation of control programs for CNC machines in the conditions of automated production is the most important issue of the system of technological preparation of production, and, at the end, as a result of the study, the provisions were systematized.*

Аннотация. *В статье показаны особенности проектирования технологических операций, выполняемых на станках с ЧПУ. При этом изучены особенности проектирования технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ, разработка маршрутной технологии на станках с ЧПУ, выбор оборудования для обработки различных групп деталей, проектирование технологических переходов, системы автоматизированного проектирования управляющих программ для станков токарной группы, интегрированные системы автоматизированного программирования, модули подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ токарной группы в интегрированных САПР, специализированные системы подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ токарной группы, рассмотрены особенности проектирования технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ, существенно отличающиеся от его разработки на станках с ручным управлением. Отмечено,*

что создание управляющих программ для станков с ЧПУ в условиях автоматизированного производства является важнейшим вопросом системы технологической подготовки производства, и, в конце, в результате исследования были систематизированы положения.

Açar sözlər: *RPİ dəzgahları, texnoloji əməliyyatların layihələndirilməsi, keçidlərin layihələndirilməsi, idarəetmə proqramları, inteqrasiya edilmiş avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemləri, idarəetmə proqramlarının hazırlanması modulları*

Key words: *CNC machines, design of technological operations, design of transitions, control programs, integrated automated programming systems, control program preparation modules*

Ключевые слова: *станки с ЧПУ, проектирование технологических операций, проектирование переходов, управляющие программы, интегрированные системы автоматизированного программирования, модули подготовки управляющих программ*

RPİ dəzgahlarında hissələrin emal texnoloji proseslərinin layihələndirilməsinin xüsusiyyətləri. RPİ dəzgahlarında hissənin emalı üçün texnoloji prosesin (TP) layihələndirilməsi onun əl ilə idarə olunan (Əİ) dəzgahlarda işlənməsindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənir. RPİ dəzgahlarında TP-nin layihələndirilməsinin işlənməsinin ən mühüm xüsusiyyəti əməliyyatların inteqrasiyasıdır. Əİ dəzgahlar üçün, məlum olduğu kimi, əməliyyatların diferensiallaşdırılması prinsipi üstünlük təşkil edir.

RPİ dəzgahlarından istifadə edərkən texnologiyanın layihələndirilməsinin mürəkkəbliyi və əməktutumluluğu əhəmiyyətli dərəcədə artır. Texnoloji prosesin prinsipial olaraq yeni elementləri meydana çıxır: idarəetmə proqramı (İP), alətlərin hərəkət sxemləri, mağazada alətlərin yerləşdirilməsi xəritəsi, dəzgahda və dəzgahdan kənarda alətlərin sazlanması xəritəsi, hesabi- texnoloji xəritə (HTX), əməliyyat hesablama xəritəsi, proqramlaşdırma xəritəsi və s.

RPİ dəzgahında emalın texnoloji prosesi, ənənəvi texnoloji prosesdən fərqli olaraq, texnoloji məsələlərin həlli zamanı daha ətraflı detallaşdırma (təfsilati təsvir) və məlumatların təqdim edilməsinin xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmasını tələb edir. Struktur olaraq texnoloji proses də elementləri yerləşmələr, mövqelər, texnoloji və köməkçi keçidlər, işçi və köməkçi gedişlər olan əməliyyatlara bölünür.

RPİ avadanlığı üçün texnoloji prosesin təfsilati təsviri –detallaşdırılması bütün işçi və köməkçi gedişləri addımlara (tədbirlərə, hərəkətlərə) bölmək ehtiyacına gətirib çıxarır. Addımların hər biri trayektoriyanın ayrıca bölməsində alətin hərəkətini –yerdəyişməsini əks etdirir.

Emal prosesinin ən sadə təşkiledičiləri rəqəmli proqramla idarə olunan qurğu (RPİQ) tərəfindən işlənən elementar yerdəyişmələr və texnoloji əmrlərdir (komandalar).

Texnoloji prosesin layihələndirilməsi üç xüsusi vəzifənin həlli ilə əlaqələndirilir [1, səh. 102-103]:

1. Hissə elementlərinin və İP-nin hazırlanması üçün ən qənaətcil ardıcıllığın işlənməsi. Belə işləmə iki üsulla həyata keçirilə bilər: yüksək ixtisaslı dəzgah operatorlarının təcrübəsi nəzərə alınmaqla emal prosesinin modelləşdirilməsi ilə, həmçinin hesabi-analitik üsulla.

2. Alətin hərəkət trayektoriyasının dəzgahın koordinat sistemi və pəstahın mövqeyi ilə ölçü əlaqəsi. Bu məsələnin rasional həllindən emal payının paylanmasının bərabərliyi (bir ölçüdə olmanı, müntəzəmliyini) və hissələrin hazırlanmasında göstərilən dəqiqliyin nail olunması asılıdır.

3. Dəzgahın stolunda pəstahın rasional istiqamətləndirilməsi. Dəzgahın yüksək məhsuldarlığının və hissənin dəyişdirilməsi zamanı işçinin təhlükəsizliyinin təmin edilməsi bu problemin həllindən asılıdır.

Ümumiyyətlə, RPİ dəzgahları üçün TP-lərin layihələndirlməsini üç mərhələyə bölmək olar:

- hissələrin hazırlanma marşrutunun işlənməsi;
- əməliyyat TP-nin işlənməsi;
- İP-nin hazırlanması.

Hər bir mərhələ bir neçə layihələndirmə etapından ibarətdir. Avtomatlaşdırılmış istehsal şəraitində RPİ dəzgahları üçün İP-nin yaradılması istehsalın texnoloji hazırlığı (İTH) sisteminin ən mühüm məsələsidir. Birinci mərhələdə hazırlanmış sənədlər ikinci və üçüncü mərhələlərdə işlərin icrası üçün ilkin sənəddir.

RPİ dəzgahları üçün marşrut texnologiyasının işlənməsi. RPİ dəzgahında hissənin emalı marşrutu ümumiyyətlə avadanlıq və texnoloji təhcizat kompleksi ilə əlaqələndirilən emal ardıcıllığı ilə müəyyən edilir. RPİ dəzgahında hissənin emal ardıcıllığı pəstahın forma və ölçülərindən, əsas (baza) səthlərin formasından, növündən və ölçüsündən, həmçinin RPİ dəzgahlarında yerinə yetirmək üçün ümumi TP-də nəzərdə tutulan əməliyyatlara olan tələblərdən asılıdır. Universal dəzgahlarda oxşar hissələrin emalı təcrübəsindən maksimum istifadə edilməlidir. Hər şeydən əvvəl, hissənin tam emalı üçün dəzgahın stolunda və ya dəzgahın şpindelində zəruri olan yerləşdirmələrin (vəziyyətlərin) sayı məsələsi həll edilməlidir. Birinci yerləşdirmə, bir qayda olaraq, pəstahın "kobud" və ya əvvəlcədən hazırlanmış "təmiz" səthləri üzərində ən əlverişli bazalaşdırılması şərtindən seçilir. İkinci və sonrakı yerləşmələr, aralıq və son emal üçün texnoloji bazalar kimi əvvəlki yerləşmələr zamanı işlənmiş təmiz səthlərin istifadəsini təmin etməlidir. Son məqsəd ən az yerləşdirmə və lazımi təchizat ilə hər tərəfdən hissənin ən tam emalını təmin edən sxem tapmaqdır [1, səh. 104].

Əməliyyatların ardıcıllığını seçərkən, konstruktor və texnoloji bazaları üst-üstə salmaq və texnoloji bazaları əldə etmək ehtiyacını nəzərə almaq lazımdır. Avtomatlaşdırılmış istehsal şəraitində, bazaların hazırlanması və emal payının bir hissəsinin çıxarılması əməliyyatı adətən yüksək sərtliyə və normal dəqiqliyə malik tək alətli RPİ dəzgahlarında aparılır.

Hissənin emal ardıcıllığının sxeminin işlənməsi prosesində, pəstahın hər bir yerləşdirmədə bazalaşdırılması və bərkidilməsi üçün tərtibatın eskiz layihələndirilməsi yerinə yetirilir. Lazım gələrsə, təchizatın layihələndirilməsi üçün texniki tapşırıq tərtib edilir. Pəstahın yerləşdirilməsnin tələb olunan sayını və ardıcıllığını təyin etdikdən sonra, pəstahın emal ardıcıllığı onun konstruktiv xüsusiyyətləri (daxili və xarici konturlar, pəncərələr, qabarmalar və s.) ilə müəyyən edilmiş zonalar üzrə təyin olunur. Hər bir zonada ayrı-ayrı elementlər (yan səth, daxili kontur, pəncərələr, deşiklər) seçilir və bu elementlər üçün emal növü (kobud, təmiz) və tələb olunan alətlərin ölçüləri müəyyən edilir.

Bir alət tərəfindən emal edilən ayrı-ayrı elementlər həm zona daxilində, həm də bütün zonalar üzrə qruplaşdırılır. Belə qruplaşdırma, bütün hissəni emal etmək üçün lazımi sayda kəsici alətləri müəyyən etməyə və müəyyən bir yerləşdirmədə bütün mövcud zonaları emal etmək imkanlarını öyrənməyə imkan verir. Zonalar üzrə emal ardıcıllığı hissənin və pəstahın konstruksiyası ilə müəyyən edilir. Belə bir ardıcıllığı yaradarkən, mümkün olduqda, emalın hər bir sahəsində hissənin maksimum sərtliyini təmin edən prinsipə riayət etməlidir.

Beləliklə, qabırğalı gövdə hissənin emalını qabırğaların yan səthlərini (uclarını) frezləmə ilə emal etmək və yalnız bundan sonra hissənin konturunu emal etməyə başlamaq məsləhətdir, çünki bu zaman qabırğalar daha sərt olacaqdır. Əvvəlcə xarici konturu, sonra isə daxili konturu (pəncərələr, quyular) emal etmək məsləhətdir. Hissənin daxili konturunu mərkəzdən periferiyaya doğru emal edilməlidir.

Torna dəzgahında, hissənin sahələrinin (zonalarının) emal ardıcıllığı heç bir şeylə müəyyən edilmədikdə, emal daha sərt sahədən (böyük diametrli sahədən) başlanmalı və aşağı sərtlik zonası ilə bitməlidir. Adətən bir neçə alət tələb edən yarımtəmiz və təmiz emalı alət mağazası (anbarı) olan dəzgahlarda yerinə yetirmək məsləhətdir.

RPİ dəzgahında hissənin emalı üçün marşrut tərtib edilərkən tipik və qrup texnoloji proseslərdən, həmçinin bu hissənin əl ilə idarə olunan dəzgahlarda emal edilməsi təcrübəsindən geniş istifadə olunur. Bu zaman burada məqsəd özünün doğrultmuş texnoloji üsullardan, mövcud avadanlıq və alətlərdən maksimum istifadə etməkdir. Əgər hissə əvvəllər emal olunmayıbsa, prototip kimi mövcud istehsal və ya texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılımış layihələndirmə sistemlərinin (TP ALS) verilənlər bazasından oxşarı (prototipi) seçilir.

Müxtəlif qrup hissələrin emalı üçün avadanlıqların seçilməsi. Marşrut texnologiyası, ilk növbədə, TP-nin prinsipial sxemini-konsepsiyasını müəyyən edir. Bu mərhələdə hissəni emal etmək

üçün tələb olunan RPİ dəzgahlarının növləri müəyyən edilir. Bundan əlavə, marşrut TP-nin hazırlanması mərhələsində hər bir əməliyyat üçün dəzgahın müəyyən bir modelini seçmək üçün avadanlıq ətraflı nəzərdən keçirilir [1, səh.105].

Fırlanma maddi cisim tipli hissələr iki qrupa bölünür:

1) patronlu torna dəzgahlarında emal ediləcək hissələr (dişli çarxlar, flanşlar, halqalar, separatorlar, oymaqlar və s.);

2) mərkəzli dəzgahlarda emal ediləcək hissələr (pilləli vallar, şpindellər, gediş vintləri və s.).

Birinci alt qrupun hissələrini emal etmək üçün bir neçə dəzgha qrupu tələb oluna bilər: bu, RPİ dəzgahlarından qapalı sahələrin formalaşması üçün əlverişli şərait yaradır. Bu alt qrupun detalları çoxlu keçidlərə və mürəkkəb konfiqurasiyaya malikdir, buna görə də dəzgahlar çoxlu sayda alətlə təchiz olunmalıdır. Pəstahların əlavə emalı tələb olunarsa (burğulama, frezləmə, pardaqlama), onda digər qrupların RPİ dəzgahları və ya torna emal mərkəzi tipli (TEM) çoxməqsədli torna dəzgahları istifadə olunur.

İkinci yarımqrupun hissələrinə gəldikdə, onların kobud emalını təkalətli RPİ torna dəzgahlarında aparmaq məqsədəuyğundur. Pilləli valların və şpindellərin yarımtəmiz, bəzi hallarda isə təmiz emalı üçün alət revolver başlığı və ya mağazasa olan çoxalətli RPİ torma dəzgahları tövsiyə olunur.

Val və ya şpindel tipli hissələrin tamamlanması (eynioxlu olmayan deşiklərin burğulanması, işgil yuvalarının frezlənməsi və s.) ən çox universal avadanlıqda həyata keçirilir. Lakin son zamanlar bu cür hissələrin burğulama və frezləmə əməliyyatlarının torna emalı ilə birlikdə yerinə yetirilməsi tendensiyası müşahidə olunur. Bu məqsədlər üçün TEM tipli çoxməqsədli torna dəzgahları istifadə olunur.

Frez emalı tələb olunan hissələr ilk növbədə tələb olunan koordinatların sayına və qabarit ölçülərə görə qruplaşdırılır.

Novları, pəncərələri, əyilmələri, çıxıntıları, əyri səthləri olan yastı hissələrin (plankalar, şərflər, qapaqlar, lövhələr, yastı yumruqlar və s.) bir alətli frez dəzgahlarında emal edilməsi məqsədəuyğundur və əgər hissələrdə eyni zamanda müxtəlif diametrli və müxtəlif dərinlikdə bərkidici pilləli deşiklər varsa, onları çoxalətli frez dəzgahlarında emal etmək məsləhətdir. Bu dəzgahlarda 7-8-ci kvalitetlərə uyğun olaraq deşiklərin kobud, yarımtəmiz və təmiz içyonuşunu də yerinə yetirmək mümkündür.

Orta tökmə hissələri (qollar, çəngəllər, kronşteynlər, orta gövdə hissələri) dəzgahda əməliyyatların maksimum konsentrasiyası ilə emal edilməlidir. İlk əməliyyatı elə yerinə yetirmək tövsiyə olunur ki, baza müstəvisi və baza deşikləri bir yerləşdirmədə emal edilsin.

Beş müstəvidə deşikli hissələrin emalını iki əməliyyata bölmək olar: 1) şaquli-içyonuş və ya frez dəzgahlarında bazanın hazırlanması; 2) çoxməqsədli dəzgahlarda dörd tərəfdən deşiklərin (bərkitmə daxil olmaqla) və müstəvilərin emal edilməsi.

Qutu şəklində gövdə hissələri üçün beş-altı müstəvidə emal tələb oluna bilər. Bunun üçün aşağıdakı növ RPİ dəzgahlarından istifadə etmək tövsiyə olunur: kobud emal üçün - alətin əl ilə dəyişdirilməsi ilə üfüqi dəzgahlar; yarımtəmiz əməliyyatlar üçün (baza müstəvisinin və iki əsas (baza) deşiyin hazırlanması, bütün bərkitmə deşiklərin burğulanması) – revolver başlıqlı ilə şaquli-frez dəzgahlar; təmiz emal əməliyyatları üçün (üç müstəvidə emalı) - çoxməqsədli dəzgahlar.

Uzunluğu və eni hündürlüyünü əhəmiyyətli dərəcədə aşan gövdə hissələrinin kobud, yarımtəmiz və qismən təmiz (xizək, karetkalar və s.) emalını RPİ uzununa-fres dəzgahlarında yerinə yetirilməsi tövsiyə olunur.

Avadanlıq seçimi üçün sadalanan tələblər və tövsiyələr yekun və mütləq deyil. Təcrübədə real istehsal şəraiti, məsələn, bu və ya digər avadanlıq və texnoloji avadanlıqların mövcudluğu və vəziyyəti, çox vaxt həlledici əhəmiyyətə malikdir.

Texnoloji keçidlərin layihələndirilməsi. Texnoloji keçid istifadə olunan alətin və emal nəticəsində əmələ gələn səthlərin sabitliyi ilə xarakterizə olunur [2, 3]. Səthi bir keçiddə emal edərkən, bir və ya bir neçə işçi gedişi, həmçinin bir sıra köməkçi gedişləri və fəndləri yerinə yetirmək lazımdır. Müəyyən ardıcıllıqla yerinə yetirilən köməkçi gedişlər və fəndlər keçidin strukturunu təşkil edir.

Eyni səthin emalı üçün keçidin strukturu fərqli ola bilər. Bu baxımdan, optimal keçid strukturunun seçilməsi problemi çoxvariantlıdır və uyğunluq (müvafiqlik) cədvəllərindən istifadə etməklə məlum üsullarla həll olunur [4-6]. Əslində, hissənin konstruktiv-texnoloji xüsusiyyətlərinin təhlili əsasında keçid kodları seçilir.

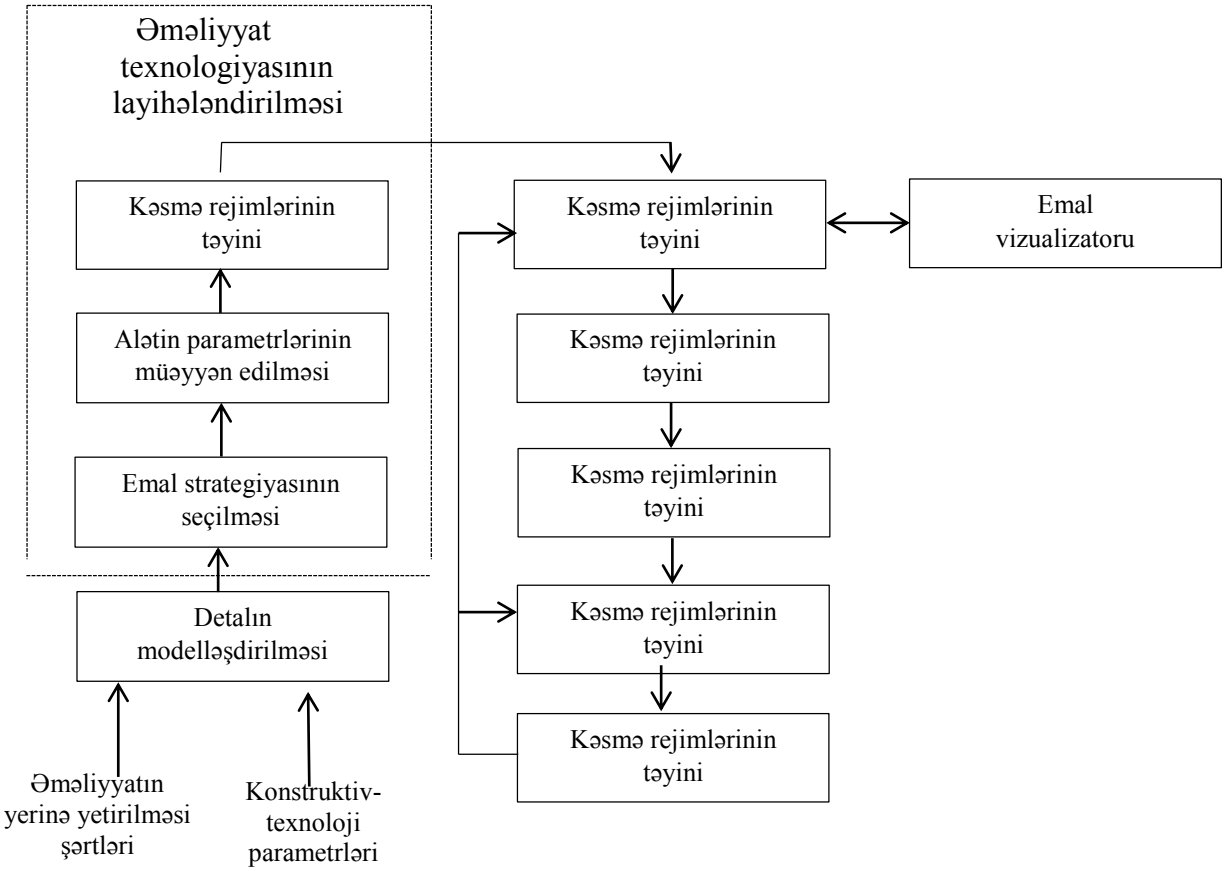
Texnoloji keçidlərin layihələndirilməsi mərhələsində bir sıra xüsusi layihələndirmə məsələləri həll edilir, yəni: keçidin həyata keçirilməsi üçün buraxılabilən metodların seçilməsi; kəsici, köməkçi və ölçü alətlərinin tipölçülərinin dəqiqləşdirilməsi; keçid strukturunun buraxılabilən variantlarının müəyyən edilməsi; hər bir variant üçün kəsmə rejimlərinin hesablanması və əsas vaxtın müəyyən edilməsi; keçid strukturunun hər bir variantı üçün köməkçi fəndlərin yerinə yetirilməsi müddətinin müəyyən edilməsi; optimal keçid strukturunun və texnoloji sistemin elementlərinin seçilməsi; texnoloji xəritədə qeyd etmək üçün keçid təsvirlərinin formalaşdırılması [7].

Keçid strukturunun optimal variantı qrafdan (bu zaman qrafın qövsləri (tilləri) yaxınlaşma, geri çəkilmə və emal zamanı alətin yerdəyişməsi üzrə müxtəlif fəndlərə, təpələri isə alətin hərəkət istiqamətində dəyişmə nöqtələrinə uyğun gəlmələdir) seçilir. Strukturun axtarılan (tələb olunan) variantı qraf üzrə ilkin təpədən yekun təpəyə qədər olan yolun - minimum sərf olunan vaxta və ya minimum xərcə malik yolun seçilməsi ilə müəyyən edilir. Əsas fəndlərin (işçi və köməkçi gedişlər) icra müddəti kəsmə rejimlərinin və köməkçi gedişlərin sürətinə əsasən hesablanır. Hər bir köməkçi fəndin yerinə yetirilmə müddəti köməkçi vaxtın texnoloji standartlarının sorğu kitablarına uyğun olaraq müəyyən edilir.

Kəsmə rejimlərinin təyin edilməsi tələb olunan dəqiqliyin, səthin keyfiyyətinin və texnoloji sistemin sabit işləməsini təmin edən kəsmə sürətinin v, verişin S və kəsmə dərinliyinin t müəyyən edilməsindən ibarətdir. Bu halda optimallıq meyarı (məhsuldarlıq, emalın dəyəri) ən böyük (ən kiçik) qiyməti alacaqdır. Bu məsələ emal prosesinin texnoloji parametrləri ilə kəsmə rejimləri arasında əlaqəni müəyyənləşdirən analitik asılılıqlardan ibarət riyazi model əsasında həll edilir. Çox vaxt kəsmə rejimlərinin müəyyən edilməsi məsələsi riyazi proqramlaşdırmanın optimallaşdırma məsələsidir və bu məsələ aşağıdakı kimi tərtib edilir: Prosesin parametrlərinə verilmiş məhdudiyyətlər toplusu oblastında seçilmiş optimallıq kriteriyasının minimim (maksimum) qiymət almasına imkan verən optimallaşdırılan parametrlərin (kəsmə rejimləri) X(v, S, t) vektorunu müəyyənləşdirməli [8-9].

Torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri. İnteqrasiya edilmiş avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemləri. Müasir maşınqayırmanın inkişaf istiqamətlərindən biri də çevik avtomatlaşdırılmış istehsalın (ÇAİ) yaradılmasıdır. Onların fəaliyyəti kompüterdən istifadə etməklə konstruksiya və texnoloji məlumatların mərkəzləşdirilmiş emalı prinsiplərinə əsaslanır, həmçinin ÇAİ RPİ dəzgahlarının, sənaye robotlarının, alət və pəstahın nəqledilməsi sistemlərinin idarə edilməsini təmin edir [10]. Bütün növ məlumatların emalının mərkəzləşdirilməsi bu məlumatları istifadə edən və yaradan avtomatlaşdırılımış sistemlərinin inteqrasiyasına (birləşdirilməsinə), yəni, inteqrasiya olunmuş avtomatlaşdırılımış layihələndirmə sistemlərinin (ALS) yaradılmasına ehtiyac yaradır. Bu cür sistemlərin istifadəsi "insansız" texnologiyanın tətbiqinə imkanlar yaradır, belə texnologiyaının əsas xüsusiyyəti hesablama sistemindən istifadə edərək məlumatın emalı və konstruktordan birbaşa istehsal sisteminin icraçı elementinə - aralıq məlumat daşıyıcısı olmadan dəzgah və ya robota ötürülməsidir. İnteqrasiya edilmiş ALS-nin əsas komponentləri bunlardır: layihə-konstruktor işlərinin avtomatlaşdırılması sistemi (LKİAS), istehsalın texnoloji hazırlığının avtomatlaşdırılması sistemi (İTHAS), RPİ dəzgahları və sənaye robotları üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanması sistemi və məlumat (verilənlər) bankı. Layihələndirmə prosesinin idarə olunması əməliyyat sisteminin proqram hissəsi - monitor tərəfindən həyata keçirilir. Monitorun əsas funksiyaları bunlardır: proqramların seçilməsi üçün tapşırıqların formalaşdırılması və fərdi məsələlərin həlli üçün prioritetlərin müəyyən edilməsi; dialoq rejimi direktivlərinin icrası; avtomatik rejimdə layihələndirmə prosesinin idarə edilməsi (hər bir layihələndirmə mərhələsinin keyfiyyətinin təhlili və sonrakı mərhələlərə keçid üçün şərtlərin işlənməsi). RPİ dəzghalarında emalın proqramlaşdırılmasının avtomatlaşdırılması zamanı kompüterlərin istifadəsi idarəetmə proqramlarının (İP) hazırlanmasının həndəsi və texnoloji məsələlərinin həlli, eləcə də ilkin

məlumatların yazılması və kompüterə daxil edilməsi üçün alqoritmlər toplusunu həyata keçirən xüsusi proqram-riyazi təminatının (XPRT) işlənməsini tələb edir. Bu XPRT adətən RPİ dəzgahları üçün proqramlaşdırmanın avtomatlaşdırılması sistemi (PAS) adlanır [11]. Müasir PAS-nin qurulması sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



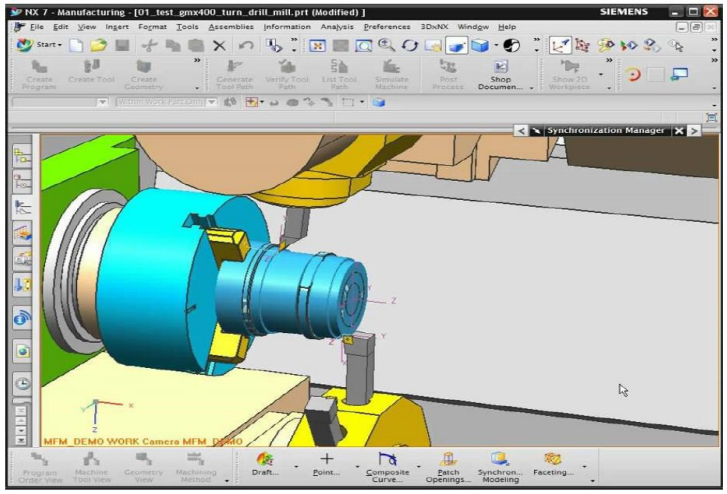
Şəkil 1. *RPİ dəzgahları üçün İP-nin hazırlanması sxemi [12]*

Detalların konstruksiyasının mürəkkəbləşməsi, həmçinin RPİ dəzgahlarında mexaniki emal prosesləri zamanı çoxkoordinatlı idarəetmədən istifadə zərurəti avtomatlaşdırılmış proqramlaşdırma sistemlərinin daim təkmilləşdirilməsini tələb edir. Müasir RPİ texnoloji avadanlığın proqramlaşdırılması üçün geniş istifadə olunan avtomatlaşdırılımış hazırlama sistemlərinin (ALS) aşağıda təhlili verilmişdir [12].

İnteqrasiya edilmiş ALS-lərdə RPİ torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanması modulları. Belə modullara misal olaraq SprutCAM, CATIA, Unigraphics NX, ADEM, Pro/ENGINEER sistemlərini göstərmək olar.

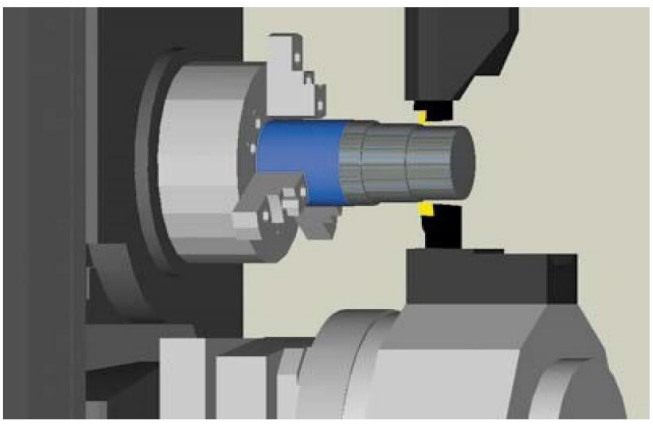
Unigraphics NX sisteminə ətraflı baxaq. Bu sistem ən yaxşı bərk cism üçölçülü modelləşdirmə sistemlərindən biridir. O, PARASOLID özəyinə əsaslanır və bütün layihələndirmə və texnoloji modullar kompleksini özündə cəmləşdirir [13]. CAM Unigraphics NX modulu istifadəçiyə iki supportlu torna emalı proqramları da daxil olmaqla istənilən mürəkkəblik detalların istehsalı üçün idarəetmə proqramlarını işləyib hazırlamağa imkan verir (Şəkil 2). Bu zaman, istifadəçi obyekt yönümlü proqramlaşdırma dillərinə xas olan bütün üstünlüklərə malikdir (varislik, yenidən təyinetmə, şablonlar və s.).

Əslində, CAMUnigraphics NX modulu ayrıca proqram deyil, istifadəçiyə master-model kimi hibrid və parametrik modelləşdirmənin bütün üstünlüklərindən fəal şəkildə istifadə etməyə imkan verən sistemə tam inteqrasiya olunmuş texnologiyadır. Bu, işlənmiş model ilə idarəetmə proqramları arasında tam assosiativ əlaqəni təmin edir ki, bu da model dəyişdikdə RPİ dəzgahları üçün idarəetmə proqramlarını avtomatik dəyişməyə imkan verir**.**



Şəkil 2. *Unigraphics NX proqramında iki revolver başlıq ilə emalın modelləşdirilməsi [12]*

RPİ torna dəzgahları qrupu üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanmasının xüsusiləşdirilmiş sistemləri. Belə sistemlərə misal olaraq Mastercam, CimatronE NC, CimatronE NC, Delcam FeatureCAM, Delcam Part Maker, EdgeCAM, Inventor CAM sistemlərini, PartMaker proqaram kompleksini göstərmək olar. Delcam FeatureCAM sisteminə ətraflı baxaq. Delcam FeatureCAM – bilik bazasına əsaslanan və RPİ dəzgahları üçün idarəetmə proqramlarının hazırlanması vaxtını minimuma endirən, qərar qəbuletmənin yüksək dərəcədə avtomatlaşdırılmasına malik idarəetmə proqramlarının hazırlanması üçün sistemdir. Bu sistemin bilik bazası tövsiyə olunan alətlər və kəsmə rejimləri ilə müxtəlif elementlərin emalı üçün tipik texnologiyalardan ibarətdir. Əslində, FeatureCAM bərk cisim modeldəki elementləri avtomatik müəyyən etməyə imkan verir və emal edilməli olan pəstah elementlərinin texnoloq-proqramçısının göstərişi ilə idarəetmə proqramını hazırlayır. Əgər hansısa element üzrə qərar layihəçini qane etmirsə, o, dialoq rejimində layihələndirmə prosesinə müdaxilə edə bilər. FeatureCAM TURN/MILL modulu müasir torna-frez və RPİ çoxşpindelli torna dəzgahlarında hissələrin hazırlanması üçün İP-ləri yaratmağa imkan verir. Bu moduldan istifadə edərək, CAM sisteminin müxtəlif modullarında iki və ya daha çox İP yaratmağa ehtiyac yoxdur. Pəstahın bütün elementlərinin torna və frez emalının proqramlaşdırılması bir layihə çərçivəsində həyata keçirilir və çıxışda sistem bir İP verir, bu da İP-nin hesablanması və tam işlənməsi üçün vaxtı azaldır. Pəstahın iki revolver başlıqla sinxron emalını proqramlaşdırmaq imkanı, hissənin tutulub saxlanması, həmçinin əsas və əks şpindellərdə eyni vaxtda emal hissələrin dəzgahda hazırlanması vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər [14]. Bu imkanları dəzgahda həyata keçirmək üçün FeatureCAM sistemi çoxsaylı revolver başlıqlarla torna emalının sinxronizasiya dövrəsini azaltmaqla dəqiq hissələrin böyük partiyalarını emal edərkən məhsuldarlığı artıran əlavə moduldan istifadə edir (şəkil 3). Modul torna dəzgahlarında bir neçə revolver başlıqlarının işini "əl ilə iş rejimində" sinxronlaşdırmağa imkan verir.



Şəkil 3. *FeatureCAM proqramında iki revolver başlıq ilə emal [12]*

Yuxarıda təqdim olunan CAM sistemlərinin əksəriyyətinin təxminən eyni imkanlara malikdirlər. Fərq yalnız interfeysdə və əlavə modullara daxil olan və əlavə ödənişlə təmin edilən bəzi dar ixtisaslaşdırılmış funksiyalardadır. Belə modullara, məsələn, 4 oxlu RPİ torna dəzgahlarının proqramlaşdırılması üçün nəzərdə tutulmuş modul daxildir. Yuxarıda müzakirə edilən bir çox CAM

sistemləri konkret dəzgahlar üçün sonrakı emal ilə (postprosessirləmə) ikisupportli RPİ torna dəzgahları üçün İP-lərin hazırlanmasına imkan verir. Bununla belə, texnoloq-proqramçı özü hər bir supportun nömrəsini proqram ardıcıllığında təyin etməlidir.

Ən qabaqcıl CAM sistemləri müəyyən NC ardıcıllıqlarını qurmaq üçün revolver başlıqların avtomatik istifadəsinə imkan verir ki, bu da emal vaxtını azaltmaq tapşırığını xeyli asanlaşdırır, lakin ən yaxşı həll hesab edilə bilməz, çünki avtomatik sinxronizasiya yalnız hissənin müəyyən elementlərini emal etmək üçün həyata keçirilir və bütövlükdə bütün əməliyyatı əhatə etmir.

Nəticə.

1. RPİ dəzgahlarında texnologiyanın layihələndirilməsi və məmulların istehsalı xərclərinin azaldılması tipik texnoloji həllərdən istifadə etməklə əldə edilir. Bu həllər, firlanma cisim tipli pəstahların emalı zamanı və gövdə detallarının hazırlanması zamanı fərqlənir.
2. RPİ dəzgahlarında TP-nin layihələndirilməsinin işlənməsinin ən mühüm xüsusiyyəti əməliyyatların inteqrasiyasıdır. RPI dəzgahlarında əməliyyatların layihələndirilməsi prosesində dəzgahlarda həyata keçirilən texnoloji keçidlərin maksimum konsentrasiyasına çalışmaq lazımdır ki, bu da bir tərəfdən gərginliklərin yenidən bölüşdürülməsi səbəbindən emal xətaları ilə, digər tərəfdən isə dəzgahların texnoloji imkanlarına görə (koordinatların sayı, hərəkətlərin kinematikası, yerləşdirilmiş kəsici alətlərin sayı) məhdudlaşır.
3. Konstruksiyadan asılı olaraq, texnoloji əməliyyatların demək olar ki, bütün strukturları RPİ dəzgahlarında həyata keçirilə bilər. Bununla belə, torna dəzgahlarında çoxalətli tək yerli ardıcıl emaldan, frez və burğu-frez-içyonuş dəzgahlarında isə çoxalətli tək və ya çox yerli ardıcıl emaldan daha çox istifadə olunur.
4. Optimal mexaniki emal əməliyyatı modelinin yaradılması istehsal olunan detalların konstruktor-texnoloji xüsusiyyətlərinin, avadanlığın texniki imkanlarının və müxtəlif əməliyyatların təşkilinə imkan verən keçid kombinasiyalarının uyğunlaşdırılması əsasında mümkündür. Müxtəlif emal üsullarına yönəlmiş ümumiləşdirilmiş modelin işlənib hazırlanması çox çətin məsələ olduğundan, optimal rejimdə torna əməliyyatının strukturunu RPİ torna dəzgahının iş şəraiti və xüsusiyyətləri ilə birləşdirən xüsusi modelin olması məqsədəuyğundur və bunun üçün belə modellərin işlənməsi zəruridir.
5. RPİ torna dəzgahlarında emal əməliyyatının struktur komponentlərinin optimal seçilməsi və onun çıxış parametrlərinin hesablanması prosedurlarını özündə birləşdirən, RPİ torna əməliyyatlarının texnoloji hazırlığını tam avtomatlaşdırmağa imkan verən elmi cəhətdən əsaslandırılmış metodikaya ehtiyac vardır.

Ədəbiyyat

1. Артамонов В.Д. Технология автоматизированного производства. Часть 1. Технология обработки на станках с ЧПУ. Конспект лекций для студентов специальности 151001. — Тула: ТулГУ, 2007. — 144 с.
2. Бочкарев, П.Ю. Основные принципы разработки операций в системе планирования технологических процессов механической обработки / П.Ю. Бочкарев, В.А. Назарьева // СТИН. – 2006. – № 10. – С. 2–6.
3. Шалунов, В.В. Автоматизированное проектирование технологических операций, выполняемых на токарно-фрезерных автоматах продольного точения с ЧПУ / В.В. Шалунов, И.М. Семенихин // Вестник СГТУ. – 2011. –№ 3. – С. 146–150.
4. Аверченков, В.И. Автоматизация проектирования технологических процессов: учеб. пособие для вузов / В.И. Аверченков, Ю.М. Козаков. – 2-е изд., стереотип. – М.: Флинта, 2014. – 229 с.
5. Кузьмин, В.В. Повышение эффективности проектирования технологических процессов механической обработки на основе параметризации / В.В. Кузьмин // Автоматизация и современные технологии. – 2006. – № 3. – С. 29–32.

6. Анферов, М.А. Структурная оптимизация технологических процессов в машиностроении / М.А. Анферов, С.Г. Селиванов. Уфа: Рилем, 1996. – 185 с.
7. Goyal, K. Fundamentals of Computer Aided Manufacturing / K. Goyal. – New Delhi; S.K. Kataria & Sons, 2014. – 225 p.
8. Рыжов, Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – Киев: Наук. думка, 1989. – 192 с.
9. Гильман, А.М. Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках / А.М. Гильман. М.: Машиностроение, 1972. – 188 с.
10. Черепашков, А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А.А. Черепашков, Н.В. Носов. – Волгоград: изд. дом. «Ин-Фолио», 2009. – 640 с.
11. Пестрецов, С.И. CALS - технологии в машиностроении: основы работы в CAD/CAE-системах / С.И. Пестрецов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ,2010. – 212 с.
12. Орукари, Б. Анализ возможностей систем автоматизированного проектирования управляющих программ для токарных станков с ЧПУ / Б. Орукари // Машиностроение: сб. науч. тр. – Минск: БНТУ, 2017. – № 29. – С. 81–89.
13. Официальный сайт компании SIEMENS PLM Software – Режим доступа: m.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/.
14. Галкин, В. «FeatureCAM» - эффективное решение для многозадачных станков с ЧПУ / В. Галкин // САПР и графика. – 2008. – № 6. – С. 85–87.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

УДК 656.6.052

ГРАФИК ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (DP)

Гулиев Н.Н.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18
E-mail: namiq.1993@gmail.com

Аннотация. *В статье анализируется график возможностей (capability plot) судов, оснащённых системами динамического позиционирования (ДП). Рассматриваются графики возможностей ДП, определяющих способность удерживать позицию и курс судна при заданных условиях окружающей среды и эксплуатации, зависимость надёжности позиционирования в зависимости от выбора группы подруливающих устройств. К судам, оснащённым системой ДП, имеются строгие требования относительно параметров графика возможностей из-за преимуществ, которые они имеют для определённых видов операций. Эти операции, включающие в себя техническое обслуживание нефтегазовых месторождений, переброска экипажа нефтяных платформ, а также для операций по удержанию судна во время строительства подводных объектов и т д. В статье показана эффективность разработки и результатов на примере многофункционального судна "Ханкенди", занимающегося поддержкой строительства подводных объектов нефтегазовой промышленности.*

Xülasə. *Məqalədə dinamik mövqe saxlama sistemləri (DP) ilə təchiz edilmiş gəmilərin qabiliyyət qrafikləri (capability plot) təhlil edilir. Verilmiş ətraf mühit və iş şəraitində gəminin mövqeyini və kursunu saxlamaq qabiliyyətini, köməkçi sükan qurğularının seçimindən asılı olaraq yerləşdirmə etibarlılığından asılılığını müəyyən edən DP-nin imkanlarının qrafikləri nəzərdən keçirilir. DP ilə təchiz edilmiş gəmilər müəyyən əməliyyat növləri üçün üstünlüklərə malik olduğuna görə, onların qabiliyyət qrafiklərinin parametrlərinə ciddi tələblər qoyulur. Bu əməliyyatlara neft və qaz yataqlarının texniki qulluğu, neft platformalarının heyətinin növbə dəyişdirilməsi, habelə sualtı qurğuların tikintisi zamanı gəminin bir mövqedə saxlanılması və s. daxildir. Məqalədə neft-qaz sənayesində sualtı qurğuların tikintisini dəstəkləyən çoxfunksiyalı "Xankəndi" gəmisinin timsalında, işlənmənin səmərəliliyi və nəticələri göstərilir.*

Abstract. *The article analyzes the capability plot of vessels equipped with dynamic positioning systems (DP). The DP capability plots are considered, which determine the ability to maintain the position and course of the vessel under given environmental and operating conditions, the dependence of the positioning reliability depending on the choice of a group of thrusters. DP-equipped vessels have stringent requirements for ability schedule parameters due to the advantages they have for certain types of operations. These operations, including the maintenance of oil and gas fields, the transfer of the crew of oil platforms, as well as for vessel retention operations during the construction of underwater facilities, etc. The article shows the effectiveness of the development and results on the example of the multifunctional vessel "Khankendi", which supports the construction of underwater facilities in the oil and gas industry.*

Ключевые слова: *судно, динамическое позиционирование, позиция судна, система, безопасность, риск*

Açar sözlər: *gəmi, dinamik mövqe saxlama, gəmi mövqeyi, sistem, təhlükəsizlik, risk*

Key words: *vessel, dynamic positioning, vessel position, system, safety, risk*

Введение. В нефтяной промышленности, многие клиенты судоходных компаний, требуют, чтобы морское судно оставалось неподвижным или двигалось точно и контролируемо. Одним из главных деталей при проектировании и эксплуатации судна ДП является эксплуатационная безопасность. Чтобы иметь возможность планировать безопасную и эффективную операцию, важно знать период операции и максимальные условия окружающей среды, которые может выдержать конкретное судно оснащенное ДП. В период критических операций, таких как строительство подводных объектов на глубокой воде; бурение, добыча нефти и разгрузка, требования к точности позиционирования большие вне зависимости от условий окружающей среды. Таким образом, важно знать максимальные возможности судна, чтобы планировать и выполнять операции безопасным образом.

Основная часть. Графики возможности ДП определяют способность сохранять позицию и курс судна при различных условиях окружающей среды и эксплуатационных возможностей. Основываясь на конструкции судна, графики возможности ДП оценивают внешние силы, вызванные ветром, волнами и течением, для каждого угла направления движения сил, действующих на судно. При расчете делается важное допущение, что направления этих сил совпадают.

Ниже в таблице 1 показаны движительно-рулевой комплекс многофункционального судна “Ханкенди”, главные размерения которого:

Длина наибольшая :155 м
Длина между перпендикулярами :145.5 м
Ширина :32 м
Осадка :6.5м
Водоизмещение :23446 т

Таблица 1

#	Движатель	X (м)	Y (м)	Диаметр (м)	Сила (кВт)
T1	Подруливающее устройство	61.0	0.0	3.3	3100
T2	Подруливающее устройство	56.0	0.0	3.3	3100
T3	Винторулевая колонка тип азимут	50.0	0.0	3.0	3000
T4	Подруливающее устройство	-64.0	0.0	2.4	1500
T5	Винторулевая колонка тип азимут	-70.0	-9.0	3.5	3700
T6	Винторулевая колонка тип азимут	-70.0	9.0	3.5	3700

Также на рисунке, представлена система расположение подруливающих устройств и винторулевых колонок типа азимут

Исходя из конструкции судна, мы оцениваем силы, которые судно может создавать при движении в каждом направлении. Для фиксированного значения течения вычисляем предельную скорость ветра, при которой судно еще может сохранять положение. Результаты расчета представлены на полярной диаграмме ниже. Центр вращения судна находится в центре графика.

Направление ветра указано под углами, на внешнем кольце графика, вращаясь вокруг судна, где 0 градусов обозначают силы, действующие с носа, а 180 градусов - с кормы судна. Анализ выполнен для направления ветра, морских течений и волнения в диапазоне от 0 до 360 градусов при изменении скорости ветра от 0 до 50 м/с (100 узлов).



Рисунок

Синяя линия показывает максимальную скорость ветра, при которой система DP может поддерживать положение и курс. Для каждого угла, максимальная скорость ветра при котором судно может сохранять курс и позицию различна.

Любые изменения или переделки, внесенные во входные данные, такие как конструкция судна, оборудование судна, рабочая осадка, проекции ветровой зоны, данные или конфигурация подруливающего устройства, район эксплуатации или любые другие входные данные, на которых основан анализ, могут изменить его результаты и сделать этот анализ неприменимы к новому контексту.

Сценарий 1:

Потеря T2, T4, T6 (T1, T3, T5 активны)

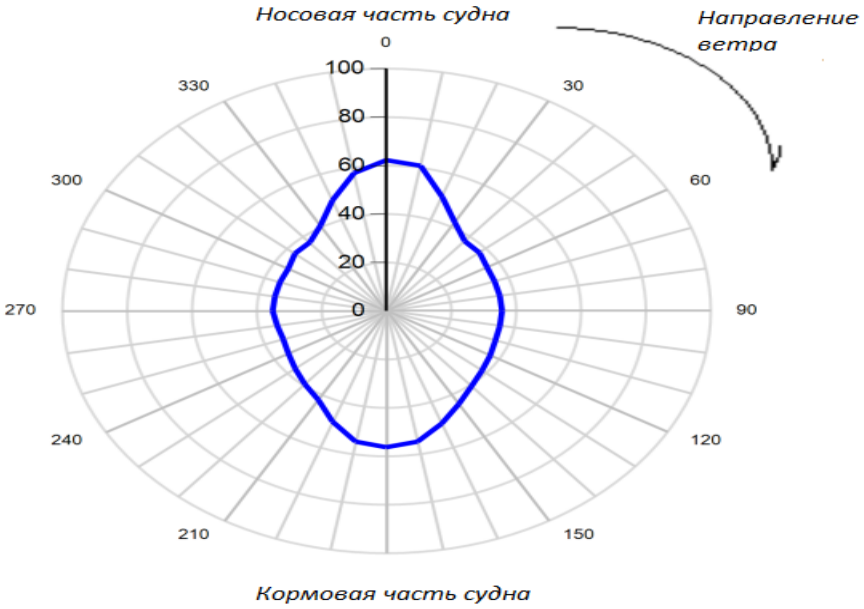


График 1

Сценарий 2:

Потеря T1, T3, T4, T6 (T2, T6 активны)

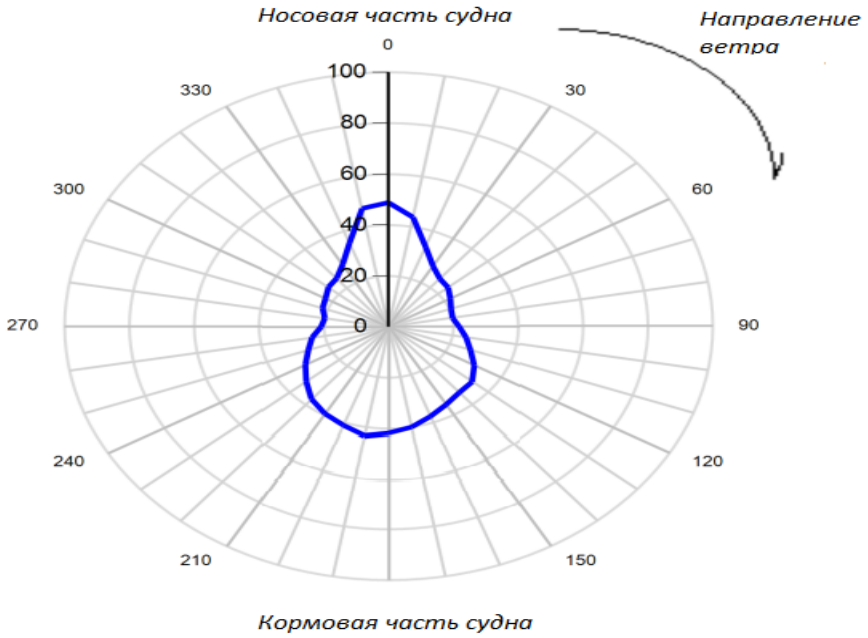


График 2

Вышеуказанные графики возможности ДП системы показывают предельный диапазон скорости ветра на всех ракурсах к судну для определенных сценариев, где каждая точка графика указанная синей линией отображает максимальную скорость ветра в данном направлении, при котором судно не в состоянии удерживать свою позицию во время использования ДП системы.

Для каждого вышеуказанного сценария, есть определённые условия окружающей среды при котором проводились имитационные тесты модели.

Сценарий 1: Условия окружающей среды
Потеря T2, T4, T6 (T1, T3, T5 активны)

Таблица 2

НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА	СКОРОСТЬ ВЕТРА (уз)	ВЫСОТА ВОЛНЫ (м)	ПЕРИОД ВОЛНЫ Tp(сек)	ПЕРИОД ВОЛНЫ Tz(сек)	СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ (уз)
0	62.27	9.53	11.57	9.00	1.46
10	60.91	9.30	11.57	9.00	1.46
20	50.11	7.49	11.57	9.00	1.46
30	42.03	6.14	11.57	9.00	1.46
40	37.61	5.31	11.57	9.00	1.46
50	37.47	5.29	11.57	9.00	1.46
60	35.85	5.10	11.57	9.00	1.46
70	35.40	5.04	11.57	9.00	1.46
80	35.40	5.04	11.57	9.00	1.46
90	35.62	5.07	11.57	9.00	1.46
100	35.56	5.06	11.57	9.00	1.46
110	35.70	5.08	11.57	9.00	1.46
120	36.81	5.21	11.57	9.00	1.46
130	38.41	5.53	11.57	9.00	1.46
140	40.75	5.92	11.57	9.00	1.46
150	44.58	6.56	11.57	9.00	1.46
160	49.52	7.39	11.57	9.00	1.46
170	54.82	8.28	11.57	9.00	1.46
180	56.33	8.54	11.57	9.00	1.46
190	54.82	8.28	11.57	9.00	1.46
200	48.64	7.25	11.57	9.00	1.46
210	42.39	6.20	11.57	9.00	1.46
220	39.36	5.70	11.57	9.00	1.46
230	36.81	5.21	11.57	9.00	1.46
240	34.90	4.98	11.57	9.00	1.46
250	33.94	4.85	11.57	9.00	1.46
260	34.18	4.89	11.57	9.00	1.46
270	35.06	5.00	11.57	9.00	1.46
280	34.90	4.98	11.57	9.00	1.46
290	34.90	4.98	11.57	9.00	1.46
300	34.94	4.99	11.57	9.00	1.46
310	36.80	5.21	11.57	9.00	1.46
320	36.89	5.22	11.57	9.00	1.46
330	40.75	5.92	11.57	9.00	1.46
340	48.64	7.25	11.57	9.00	1.46
350	57.77	8.78	11.57	9.00	1.46
360	62.27	9.53	11.57	9.00	1.46

Сценарий 2: Условия окружающей среды
Потеря T1, T3, T4, T6 (T2, T6 активны)

Таблица 3

НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА	СКОРОСТЬ ВЕТРА (уз)	ВЫСОТА ВОЛНЫ (м)	ПЕРИОД ВОЛНЫ Tp(сек)	ПЕРИОД ВОЛНЫ Tz(сек)	СКОРОСТЬ ТЕЧЕНИЯ (уз)
0	48.76	7.27	11.57	9.00	1.46
10	43.66	6.41	11.57	9.00	1.46
20	33.30	4.74	11.57	9.00	1.46
30	27.47	3.80	11.57	9.00	1.46
40	24.58	3.36	11.57	9.00	1.46
50	23.94	3.27	11.57	9.00	1.46
60	22.03	2.98	11.51	8.95	1.46
70	20.39	2.74	10.57	8.22	1.46
80	20.11	2.70	10.41	8.09	1.46
90	21.71	2.94	11.32	8.81	1.46
100	24.26	3.32	11.57	9.00	1.46
110	26.81	3.70	11.57	9.00	1.46
120	30.35	4.23	11.57	9.00	1.46
130	33.54	4.78	11.57	9.00	1.46
140	33.78	4.83	11.57	9.00	1.46
150	35.38	5.04	11.57	9.00	1.46
160	37.61	5.31	11.57	9.00	1.46
170	39.96	5.79	11.57	9.00	1.46
180	41.75	6.09	11.57	9.00	1.46
190	43.30	6.35	11.57	9.00	1.46
200	41.11	5.98	11.57	9.00	1.46
210	39.36	5.70	11.57	9.00	1.46
220	37.13	5.25	11.57	9.00	1.46
230	33.30	4.74	11.57	9.00	1.46
240	29.68	4.12	11.57	9.00	1.46
250	26.49	3.65	11.57	9.00	1.46
260	23.94	3.27	11.57	9.00	1.46
270	20.89	2.81	10.85	8.44	1.46
280	20.11	2.70	10.41	8.09	1.46
290	21.71	2.94	11.32	8.81	1.46
300	22.39	3.04	11.57	9.00	1.46
310	24.34	3.33	11.57	9.00	1.46
320	25.06	3.44	11.57	9.00	1.46
330	28.41	3.93	11.57	9.00	1.46
340	35.06	5.00	11.57	9.00	1.46
350	47.37	7.03	11.57	9.00	1.46
360	48.76	7.27	11.57	9.00	1.46

Значение графиков возможностей ДП в том, чтобы на их основе проводить оценку рисков и принимать решение, сможет ли судно работать в заданных условиях.

Так же в ДП системе есть опция, которая носит такое же название, как и сами диаграммы возможности (Capability plot). Но её наличие в ДП системе не является обязательным. В программе отображается типичный график, включая текущие погодные условия (состояние море, течение, направление ветра). В утилите получаем графики возможностей ДП на данный момент. Система уже принимает курс судна, и под каким углом к судну, какие силы действуют. Один график отображает, какую силу ветра сможет выдержать судно на разных курсах при текущих погодных условиях и состоянии движителей. Второй рассчитан на случай наихудшего сбоя (worst case failure). Также учитывается, что ветер и течение могут действовать с разных сторон, соответственно мы можем узнать наиболее выгодные курсы для удержания позиции судна.

Выводы. Графики возможностей ДП является важным инструментом для проектировщиков судов с динамическим позиционированием (DP) и важным помощь судоводителям при подготовке операций. Графики возможности ДП направлены на представление максимальных теоретических способностей конструкции судна для динамического сохранения своей позиции и курса при определенных условиях окружающей среды. Поскольку системы DP широко используются во всех видах морских операций, такой инструмент для прогнозирования возможностей стационарного обслуживания чрезвычайно ценно. Таким образом, графики возможностей можно использовать для проектирования, квалификации и выбора судов. Затем это позволяет проводить прямое сравнение нескольких судов под одни и те же условия окружающей среды. Сертификационные общества также используют этот инструмент для сертификации судов и оценку рисков.

Литература

1. Шостак В.П. Динамическое позиционирование плавучих объектов. Чикаго, Мегатрон, 2010, 130 с.
2. İMO MSC Circular 645 - Guidelines for vessels with dynamic positioning systems-113 IMO – June 1994. pp.20
3. IMCA-140. Specification for DP Capability Plot. London: International Marine Contractors Agency. - IMCA Note M 140, June 2000

Məqalə qəbul olunub: 30.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT.656.6.08

DƏNİZ QƏZALARININ DÜNYA İQTİSADİYYATINA TƏSİRİ

Nəbiyev H.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: hazi.nabiyev@asco.az

Xülasə. *Məqalədə dənizdə baş verən qəzalar araşdırılmışdır. Dəniz qəzalarının dünya iqtisadiyyatına təsirinə və onların mexanizmlərinə baxılmışdır. Nəticədə bayraq dövlətlərinə, gəmiçilik şirkətlərinə yüksək daşıma və təhlükəsizlik standartlarının tətbiq olunmasına və sonda dəniz qəzalarının azaldılmasına gətirə biləcək tövsiyələr verilmişdir.*

Abstract. *The impact of maritime accidents on the world economy was studied in the article. The impact of marine accidents on the world economy has been examined and their impact mechanisms have been investigated. As a result, recommendations were made to flag states and shipping companies, which could lead to the application of high transport and safety standards and ultimately to the reduction of maritime accidents.*

Аннотация. *В статье рассматриваются случаи морских аварий. Рассмотрено влияние морских аварий на мировую экономику и исследованы механизмы их воздействия. В результате государствам флага и судоходным компаниям были даны рекомендации, которые могут привести к применению высоких стандартов транспорта и безопасности и, в конечном счете, к сокращению морских происшествий.*

Açar sözlər. *Qəza, gəmi, iqtisadiyyat, gəmiçilik, kanal, heyət*
Key words. *Accident, ship, economy, shipping, channel, crew*
Ключевые слова. *Авария, судно, экономика, судоходства, канал, экипаж*

Giriş. 2022-ci ilin mart ayının 23-dən 24-nə keçən gecə Yaponiyanın "Shoei Kisen KK" şirkətinə məxsus və Tayvanın "Evergreen Marine" nəqliyyat şirkətinin icarəyə götürdüyü 400 metr uzunluğu olan "Ever Given" konteyner gəmisi Süveyş kanalında diaqonal üzrə saya oturdu və kanalı tamamilə bağladı. Kanalda gəmilərin hərəkəti və onunla birlikdə dünya ticarəti tamamilə iflic oldu. Kanalın həmin hissəsində gəmilərin hərəkətinin yalnız birtərəfli mümkün olduğundan kanalda nəqliyyatın hərəkəti tam dayandı [1]. Qəza zamanı insan tələfatı olmasa da, dünya iqtisadiyyatına güclü zərər dəydi. Bütün dünya mediasının diqqəti kanala yönəldi. Çünki, dənizçilik üzrə tanınmış media şirkəti olan Lloyd's List-in verdiyi məlumata görə, kanalın blok olunması hər gün demək olar ki, təxminən 9,6 milyard dollarlıq və ya saatda 400 milyon dollarlıq mal daşınmasının gecikməsi deməkdir. Dünyada və əsasən də Avropada bir çox malların qiymətlərində ciddi yüksəlmələr baş verdi. Bir çox gəmi operatorları gəmilərini cənuba, Ümid burnundan keçməklə Afrika ətrafına göndərməyə başladılar. Kanalın girişlərində çoxlu sayda gəmilərin yığılması görünməmiş bir hadisə idi.

Tək bir gəminin dünya ticarətinin böyük hissəsini necə iflic edə biləcəyini başa düşmək üçün əvvəlcə Süveyş kanalının nə olduğunu və nə üçün bu qədər vacib olduğunu izah etmək lazımdır.

Süveyş kanalı Misirdə Aralıq dənizini Süveyş İsthmus vasitəsilə Qırmızı dənizə birləşdirən və Afrika ilə Asiyanı ayıran süni dəniz səviyyəli su yoludur. Kanal Avropa ilə Asiya arasında olan ən qısa ticarət marşrutudur. Aralıq dənizi ilə Qırmızı dənizlərin əlaqəsi haqqında ilk fikirlər qədim Misirdə yaranıb. Tarixçilər dəqiq tarix deyə bilmirlər, onları birləşdirən ilk kanalın eramızdan əvvəl 19-13-cü əsrlərdə yarandığı güman edilir. Bu gün bu layihə Firon Kanalı kimi tanınır. Həmin kanal müasir Qahirənin bir qədər cənubundan, Nildən başlamışdır. Lakin kanal o dövrlərdə o qədər də populyarlıq qazana bilməmiş və sıradan çıxmışdır.



Şəkil 1. *"Ever Given" Süveyş kanalında*



Şəkil 2. *Süveyş kanalı*

Məsələnin qoyuluşu. Müasir kanalın qazıntısı 1859-cu ildə başlanmış və 1869-cu ildə qazıntısı bitərək istifadəyə verilmişdir. Bu gün istifadədə olan kanal Aralıq dənizindəki Port Səidin şimal terminalından başlayaraq Qırmızı dənizdə yerləşən Süveyş şəhərindəki Tevfik limanının cənub terminalına qədər uzanır. Kanalın uzunluğu şimal və cənub giriş kanalları da daxil olmaqla 193,30 km (120,11 mil) təşkil edir. 2020-ci ildə kanaldan 18500-dən çox gəmi keçmişdir. Bu da gündə orta hesabla 51,5 gəmi deməkdir.

Bu gün həm də qitələr arasında şərti sərhəd sayılan Süveyş kanalı gəmilərlə yük daşımalarında və nəticədə dünya iqtisadiyyatında böyük rol oynayır. 2019-cu ildə kanaldan 19 min gəmi, yəni gündə təxminən 50 gəmi keçmişdir. Bu, dünya ticarətinin 12%-ni təşkil edən 1,25 milyard ton yük deməkdir. Ümumilikdə ticarətlə yanaşı, kanal dünya üzrə bütün konteyner daşımalarının 30%-ni, neft daşımalarının 10%-ni və maye qaz daşımalarının 8%-ni təşkil edir. Süveyş kanalı neftin Yaxın Şərqdən Avropaya və ABŞ-a daşındığı əsas marşrutlardan biridir. Hər gün kanal vasitəsi ilə təxminən

600 min barel xam neft daşınır. İngiltərənin məhşur Lloyd's List-ə görə, Süveyş kanalından hər gün qərbə 5,1 milyard dollar, şərqə isə 4,5 milyard dollar dəyərində mal daşınılır. [1]



Şəkil 3. *"Ever Given" Süveyş kanalında*

"Ever Given" konteyner gəmisinin Süveyş kanalında saya oturması nəticəsində neftin qiymətinin yüksəlməsinə səbəb olmuşdur. Avropada kovid pandemiyası ucbatından neftə olan tələblərin azalması səbəbindən neftin ucuzlaşmış qiyməti 2% artdı. Kpler tanker izləmə şirkətinin məlumatına görə, 2020-ci ildə dünya üzrə dəniz yolu ilə gündəlik nəql edilən 39,2 milyon barel xam neftin 1,74 milyonu Süveyş kanalından keçməklə daşınır.

Süveyş kanalını bağlamış konteyner gəmisini yalnız martın 29-na keçən gecə saydan çıxarmaq mümkün oldu, lakin o vaxta qədər hadisə artıq qlobal iqtisadiyyata çox böyük təsir göstərmişdi.

Qlobal ticarətin təxminən 1 milyon barel neftdən ibarət olan hissəsinin 12%-i və LNG-nin təxminən 8%-i hər gün bu kanaldan keçir. Buna görə də, tıxanmanın bir neçə həftədən çox davam edə biləcəyindən ehtiyatlanaraq, xam neft və qaz kimi mühüm malların qiymətləri qlobal miqyasda artdı. Süveyş kanalı və ətrafındakı təsirə məruz qalmış gəmilərdə olan daşımalara aid təxmini hesablamalara əsasən, gəminin saya oturduğu zaman kəsiyində ticarət itkilərinin təqribən 54 milyard dollar olduğu bildirilir.

Qeyd olunanlar yalnız bir gəmi qəzasının dünya iqtisadiyyatına vurduğu zərərin təxmini hesablamalarıdır. Ümumiyyətlə dəniz daşımaları dünya ticarəti zəncirinin mühüm bir hissəsi olduğu üçün gəmi qəzaları qlobal ticarətə və nəticədə dünya iqtisadiyyatına böyük zərər vurur.

Gəmilərdə baş vermiş qəzaların sayı və bununla əlaqədar olan itkilər müasir dəniz nəqliyyatının, sərnişin və balıqçılıq donanmasının ən aktual problemlərindən biri olaraq qalır.

Dənizdə naviqasiya, axtarış və xilasetmə sistemlərinində təhlükəsizliy təmin etmək üçün vasitə və üsulların yaradılmasında texniki tərəqqiyə baxmayaraq, gəmilərdə təhlükəsizlik standartlarının artıtılmasına, avtomatlaşdırma və idarəetmə vasitələrinin təkmilləşdirilməsi üçün görülən tədbirlərə baxmayaraq, son 25-30 il ərzində gəmilərin qəzaya uğraması dərəcəsi yüksək olaraq qalır və qəzalarının sayı, sututumu 10 min tondan yuxarı olan gəmilər sayılmaqla hər il 200-ə qədər gəminin itkisinə səbəb olur. Dənizdə ölən ekipaj üzvlərinin sayının 68%-i gəmi qəzaları nəticəsində olur.

İnsan itkisi, əmlak və yükün zədələnməsi və ətraf mühitin çirklənməsi ilə nəticələnən gəmi qəzalarının səbəbləri müxtəlif ola bilər. Real gəmi qəzalarının baş verməsinin araşdırılmasına dair tədqiqatlara əsaslanaraq bir neçə əsas faktorların olduğu təsbit edilmişdir:

1) gəminin sürəti toqquşma qəzalarının əsas səbəbi olaraq ölüm və yaralanmalara gətirib çıxaran ən mühüm amillərdən biridir;

2) toqquşma qəzaları zamanı heyət üzvlərinin sayı artdıqca yaralanma və ölüm saylarının artması nəzərə çarpır;

3) dənizə neft dağılmasının nəticələri və dağılmış neftin miqdarı toqquşma zamanı gəmilərin mövqeyindən, xüsusən də üzbəüz və kəsişən kurslarda olan gəmi toqquşmalarından güclü şəkildə asılı olur.

Gəmi daşımalarında və gəmiçilik sənayesində dəniz qəzalarının sayının azaldılması, gəmiçilikdə təhlükəsizlik standartlarının yüksəldilməsi üçün qlobal səylər tətbiq olunmalıdır. Çünki son nəticədə dəniz qəzaları dünya iqtisadiyyatına birbaşa və ya dolayı olaraq böyük ziyan vurur.

Dənizdə qəzalarının sayının azaldılması üçün məsləhət olunan tövsiyələr aşağıdakı məqamlarla ümumiləşdirilə bilər:

- Bayraq dövlətlərini konvensiyaları ratifikasiya etməyə həvəsləndirmək üçün gəmiçiliyin təhlükəsizliyinə dair daha qlobal və vahid yanaşmanın yayılmasına təşviq edilməsi.
- Müxtəlif səviyyələrdə gəmi daşımaları qəzaları və gəmilərin saxlanmaları barədə məlumatların toplanması, monitorinqi və hesabatının ümumiləşdirilməsini təmin etmək üçün standartlaşdırılmış hesabat sisteminin yaradılması üçün qlobal çərçivədə işin hazırlamsının tədqiqatı üçün investisiya qolyulması. Bu isə öz növbəsində müxtəlif hesabat səviyyələrinə uyğunlaşdırıla bilən aydın, sadə dildən istifadə etməklə ümumi, qlobal olaraq gəmilərdə təhlükəsizlik standartlarının yüksəlməsinə kömək edərdi.
- Qəzalar barədə əldə olunmuş statistik məlumatların şəffaf olması və istifadəsi üçün heç bir ödəniş tələb olunmadan hamı üçün əlçatan olması öz tovhəsini verə bilərdi. [2]

Nəticə. Gəmiçilik iqtisadi tərəqqiyə töhfə verən, bütün dünyada ticarət şəbəkələrini mal dövriyəsi ilə təmin edən olduqca mürəkkəb, qlobal sənayedir. BDT-nın verdiyi məlumata əsasən gəmi daşımaları, bütün dünya ticarətinin 90%-ni təmin edən, qlobal iqtisadiyyatın ticarət şəbəkəsinin iqtisadi proqresinin əsaslarını təşkil edən və mahiyyət etibarilə mürəkkəb sənayedir. Qəzalar gəmiçilik təhlükəsizliyinin bütün aspektlərinə aiddir və gəmi qəzaları ilə bağlı bir çox meyarlar qeyd olunmuşdur. Texnologiya irəlilədikcə və gəmi qəzalarına səbəb olan amillər haqqında məlumatlılıq artdıqca, gəminin, onun heyətini və onun operatorlarını daha yaxşı təhlükəsizlik standartlarına malik olmağa, qəzaları minimuma endirmək üçün nəzərdə tutulmuş prosedur və qaydaların ciddi şəkildə yerinə yetirilməsinə israr olunması vacibdir.

Son 15 ildə dünya donanmasının artması ilə əlaqədar gəmi qəzalarının sayının azalmasına baxmayaraq, bayraq dövlətlərinin təhlükəsizlik barədə göstərdiyi zəif performansı hələ də qəzaların baş verməsinə mənfi təsir göstərir. Nəhayət, bu, həm iqtisadi baxımdan, həm də onların reputasiyasına və ümumilikdə gəmiçilik sənayesinə zərər vuran bayraq Dövlətinin özünə faydalı olacaq. Hesabatda vurğulandığı kimi, məcburi rol olmasa da, liman dövlətləri gəmilərin təhlükəsizliyi standartlarına böyük töhfə verə bilərlər. Buna görə də yüksək daşıma standartlarını tətbiq etməyə kömək etmək və standartlardan kənara çıxmağa isə göz yummamaq vəzifəsi onların üzərinə düşür. Bununla belə, iqtisadi problemləri bəzi liman dövlətləri üçün bu istiqamətdə düzgün qərarlar qəbul etməyi çətinləşdirə bilər və reallıq, xüsusən də bəzi kiçik ada dövlətlərində gəmiçiliyin təhlükəsizliyində məhsuldar olmaya bilər. Buna görə də, araşdırmaların nəticələri göstərir ki, gəmiçilik qəzaları hələ də bayraq Dövlətinin zəif performansı ilə əlaqəli olsa da, ayrı-ayrılıqda nəzərdən keçirilə bilməz. Hesabatda müəyyən edilmiş təhlükəsizliyin artırılmasaına mühüm töhfə verən digər amillər və tövsiyələr nəzərə alınmalıdır.

Ədəbiyyat

1. 2021 Suez Canal obstruction - Wikipedia
2. Marine Insight - The Maritime Industry Guide
3. Presentazione standard di PowerPoint (onthemosway.eu)
4. https://www.imo.org/
5. https://www.fleetmon.com/maritime-news/
6. https://www.marineinsight.com/marine-safety/
7. https://www.marinelink.com/
8. https://www.maritime-executive.com/

Məqalə qəbul olunub: 16.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 621.431.74

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕМПФЕРОВ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ СУДОВЫХ ДВС

Покусаев М.Н., Сибряев К.О., Горбачев М.М., Ибадуллаев А.Д.

Астраханский государственный технический университет
Российская Федерация, Астрахань, ул. Татищева, 16
E-mail: evt@astu.org, evt2006@rambler.ru, max9999_9@mail.ru, adel.ibadullaev99@mail.ru

Аннотация. *В судовых дизелях современных судов все чаще устанавливаются механические демпферы крутильных колебаний, конструкция и принцип работы которых отличается от традиционных силиконовых демпферов, широко применяемых ранее. Механические демпферы крутильных колебаний фирмы «Geislinger» (Австрия), в частности, применяются в судовых дизелях MAK 8M25, Wartsila 6L20, Wartsila 9L20 и т.д. На судах старых проектов используются дизели фирмы «SKL» модельного ряда NVD, которые имеют силиконовые демпферы производства компаний «STE», «HOLSET», «Geislinger» и др. Фирмами производителями механических демпферов предлагается через каждые 10000 – 15000 часов работы осуществлять их разборку и оценку состояния пружинных элементов. Однако, такая операция является весьма затруднительной, поскольку может потребовать использование специального инструмента, приборов и приглашения специалистов фирмы производителя или специалистов по ремонту, привлечения инспекторов Регистра для одобрения процедуры оценки технического состояния демпфера. Назначаемый период между проверками демпферов в 15000 часов может быть использован уже за 1 год при интенсивной эксплуатации судна. Это свидетельствует о том, что процедура вскрытия и оценки технического состояния механических демпферов может быть весьма частой и затратной для судовладельца. В статье рассматриваются вопросы особенности технической эксплуатации и диагностики механических демпферов крутильных колебаний судовых дизелей.*

Xülasə. *Müasir gəmilərin dəniz dizel mühərriklərində, dizaynı və prinsipi əvvəllər geniş istifadə olunan ənənəvi silikon dempferlərdən fərqli olan mexaniki dempferlər getdikcə daha çox quraşdırılır.*

Xüsusilə Geislinger (Avstriya) şirkətinin istehsalı olan mexaniki dempferlər MAK 8M25, Wartsila 6L20, Wartsila 9L20 və s. dəniz dizel mühərriklərində istifadə olunur. Köhnə layihələrin gəmilərində, STE, HOLSET, Geislinger və s. şirkətlərinin silikon dempferlərinə malik olan NVD model diapazonunun SKL dizel mühərrikləri geniş yayılıb. Mexaniki dempferlərin istehsalçıları hər 10.000-15.000 iş saatından bir onları sökməyi və qiymətləndirməyi təklif edirlər. Bununla belə, belə bir əməliyyat çox çətindir, çünki xüsusi alətlərin, cihazların istifadəsini və istehsalçıdan mütəxəssislərin və ya təmir mütəxəssislərinin dəvətini, dempferin texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi prosedurunu təsdiqləmək üçün Registr müfəttişlərinin cəlb edilməsini tələb edə bilər. 15000 saat ərzində dempferlərin yoxlanılması arasında müəyyən edilmiş müddət gəminin intensiv istismarı zamanı artıq 1 il istifadə edilə bilər. Bu onu göstərir ki, mexaniki dempferlərin texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi proseduru gəmi sahibi üçün çox tez-tez və baha başa gələ bilər. Məqalədə dəniz dizel mühərriklərinin mexaniki dempferlərinin texniki istismarı və diaqnostikasının xüsusiyyətləri məsələləri müzakirə olunur.

Abstract. *Mechanical torsional vibration dampers are increasingly installed in marine diesel engines of modern ships, the design and principle of operation of which differs from traditional silicone dampers widely used earlier. Mechanical torsional vibration dampers from Geislinger (Austria), in particular, are used in marine diesel engines MAK 8M25, Wartsila 6L20, Wartsila 9L20, etc. On ships of old projects, diesel engines of the company "SKL" of the NVD model range are used,*

which have silicone dampers manufactured by the companies "STE", "HOLSET", "Geislinger", etc. Manufacturers of mechanical dampers are offered to carry out their disassembly and assessment of the condition of spring elements every 10,000 – 15,000 hours of operation. However, such an operation is very difficult, since it may require the use of special tools, instruments and the invitation of specialists from the manufacturer or repair specialists, the involvement of registry inspectors to approve the procedure for assessing the technical condition of the damper. The assigned period between dampers checks of 15,000 hours can be used as early as 1 year during intensive operation of the vessel. This indicates that the procedure of opening and assessing the technical condition of mechanical dampers can be very frequent and costly for the shipowner. The article discusses the issues of technical operation and diagnostics of mechanical dampers of torsional vibrations of marine diesel engines.

Ключевые слова: *крутильные колебания, судовые дизели, механические демпферы, оценка технического состояния демпферов, безразборная диагностика*

Açar sözlər: *burulma vibrasiyaları, dəniz dizelləri, mexaniki dempferlər, dempferlərin texniki vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, yerində diaqnostika*

Key words: *torsional vibrations, marine diesel engines, mechanical dampers, assessment of the technical condition of dampers, non-disassembly diagnostics*

Введение.

Особенностью эксплуатации механических демпферов в судовых дизелях является отсутствие одобренной надзорными органами, Российским морским регистром судоходства (далее – РМРС) и Российским речным регистром (далее – РРР), методики по безразборной диагностике и оценке остаточного ресурса механических демпферов.

Конечный ресурс демпфера определяется его производителем и составляет в среднем 90000 часов работы. Можно выделить несколько стадий жизненного цикла такого устройства:

1. Период до 30000 часов – это гарантийный срок эффективной работы большинства демпферов (как силиконовых, так и механических) фирм производителей «STE» [1], «Geislinger» [2], «Hasse & Wrede» [3], «Holset». В данный период наблюдается минимальное количество отказов демпферов, при средней эксплуатации 6000 часов в год, а гарантийный срок работы составляет, таким образом - 5 лет.

2. Период от 30000 до 60000 часов – это период основной эксплуатации демпфера – в это время требуется соблюдать проверки технического состояния, назначенного производителем (12000 – 15000 часов).

3. Период от 60000 до 90000 часов – это период «старения» демпфера и накопление усталостных повреждений его элементов, после этого демпфер следует заменить.

Допустимые нормы износа пружин демпферов и определение технического состояния демпфера:

Во время обнаружения дефектов в указанные периоды, демпферу требуется ремонт для восстановления его эффективности. Согласно инструкции по эксплуатации демпфера «Geislinger» модели D60/14/2, которые устанавливаются на судовые дизели Wartsila 6L20, MAK 8M25 [4], износ пружин и внутренней звездчатой канавки не должен превышать норм, согласно рис. 1.

Согласно рис. 1: «Measuring wedge» – измерительный клин; «Thickness of central shim» - толщина центральной прокладки; «Permissible total wear» - допустимый общий износ; «Engagement spring with inner star groove» - пружина зацепления с внутренней звездчатой канавкой.

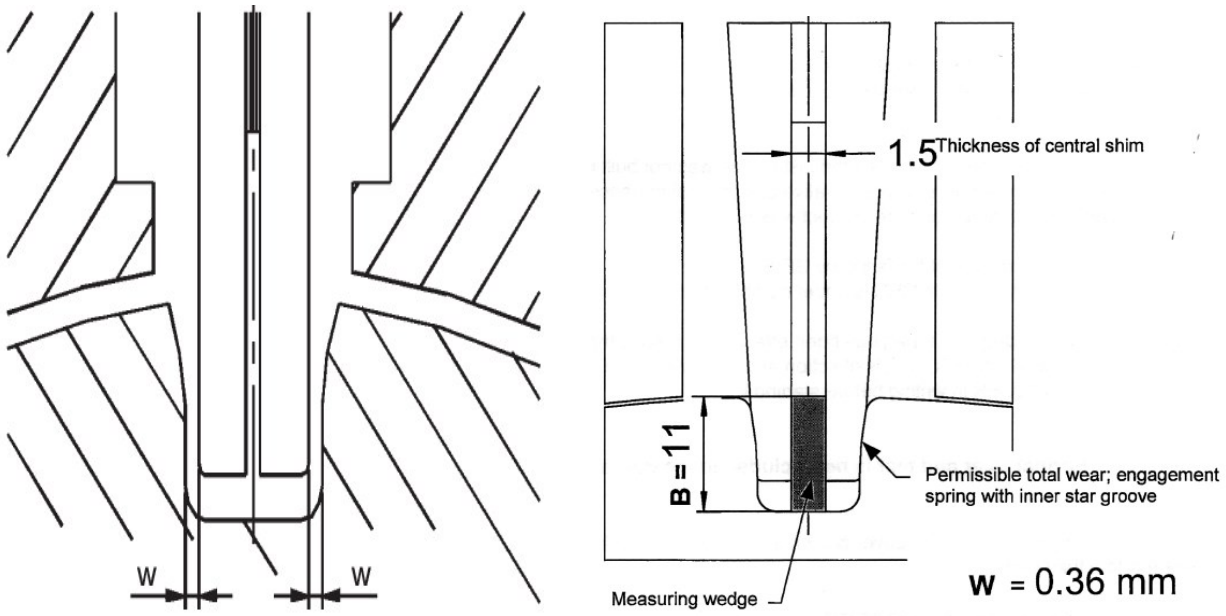


Рисунок 1. *Норма износа пружин и элементов механического демпфера «Geislinger» модели D60/14/2*

Общий износ соединения «внутренняя звездчатая канавка - внутренние концы пружин» не должен превышать значения «w», указанного на сборочном чертеже или в техническом паспорте.

Измерительный клин должен использоваться в качестве испытательного инструмента. Измерительный клин должен быть изготовлен заказчиком, если измерительный клин не поставляется компанией «Geislinger». Для создания измерительного клина следует руководствоваться рис. 2. Толщина центральной прокладки, размер износа "w" и ширина измерительного клина "B" указаны на рис. 2.

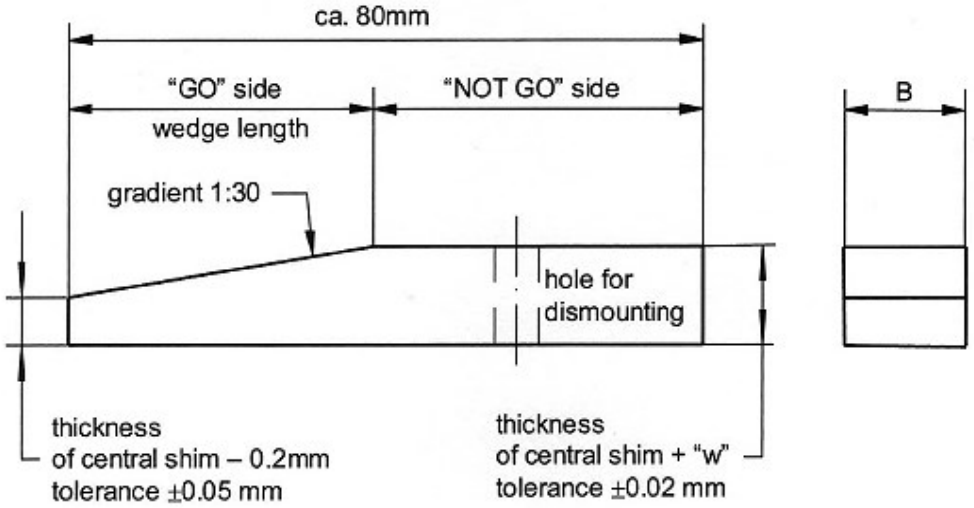
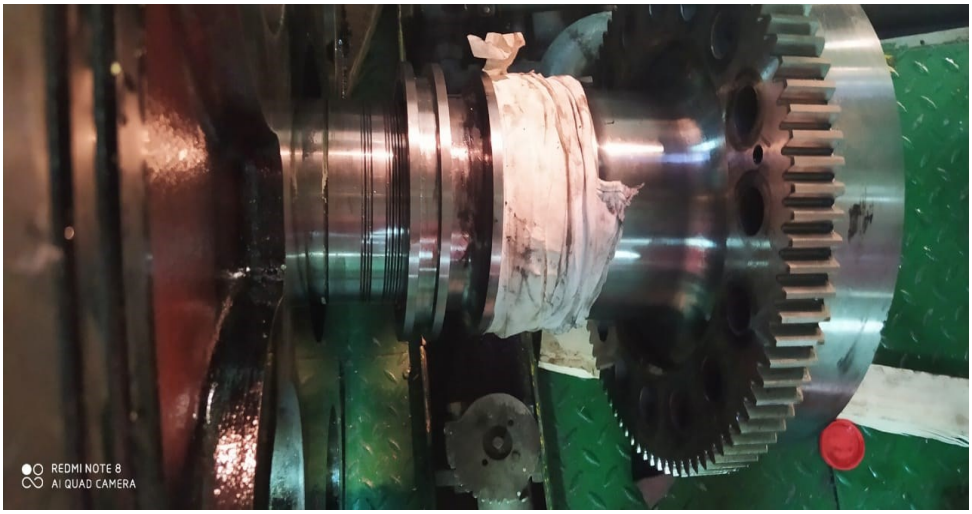


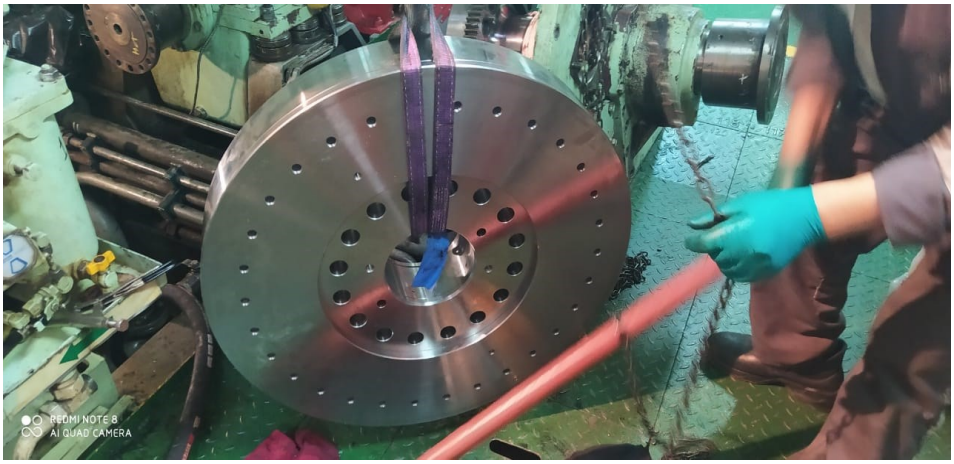
Рисунок 2. *Конструкция измерительного клина*

Пружинные демпферы по исследованиям Ефремова Л.В. [5] отличаются более высоким уровнем ремонтопригодности, чем силиконовые демпферы, что позволяет контролировать исправность пакетов пружин путем их дефектации без существенной разборки изделия. Однако,

это не гарантирует безотказность работы дизельной установки, если демпфер был неправильно установлен в крутильную схему системы. Кроме того, производители не указывают конкретных данных по зависимости деградации пружинных элементов от времени эксплуатации, однако их полный ресурс работы, согласно данных компаний «МАК», «CAT», «Geislinger» при положительных результатах торсиографирования или разборной дефектации демпферов может составлять до 95000 часов, после этого демпферы подлежат замене.

Пример процесса демонтажа и замены механического демпфера крутильных колебаний компании «Geislinger» судового дизеля МАК 6М25 судна «Джабраил» приведен на рис. 3.







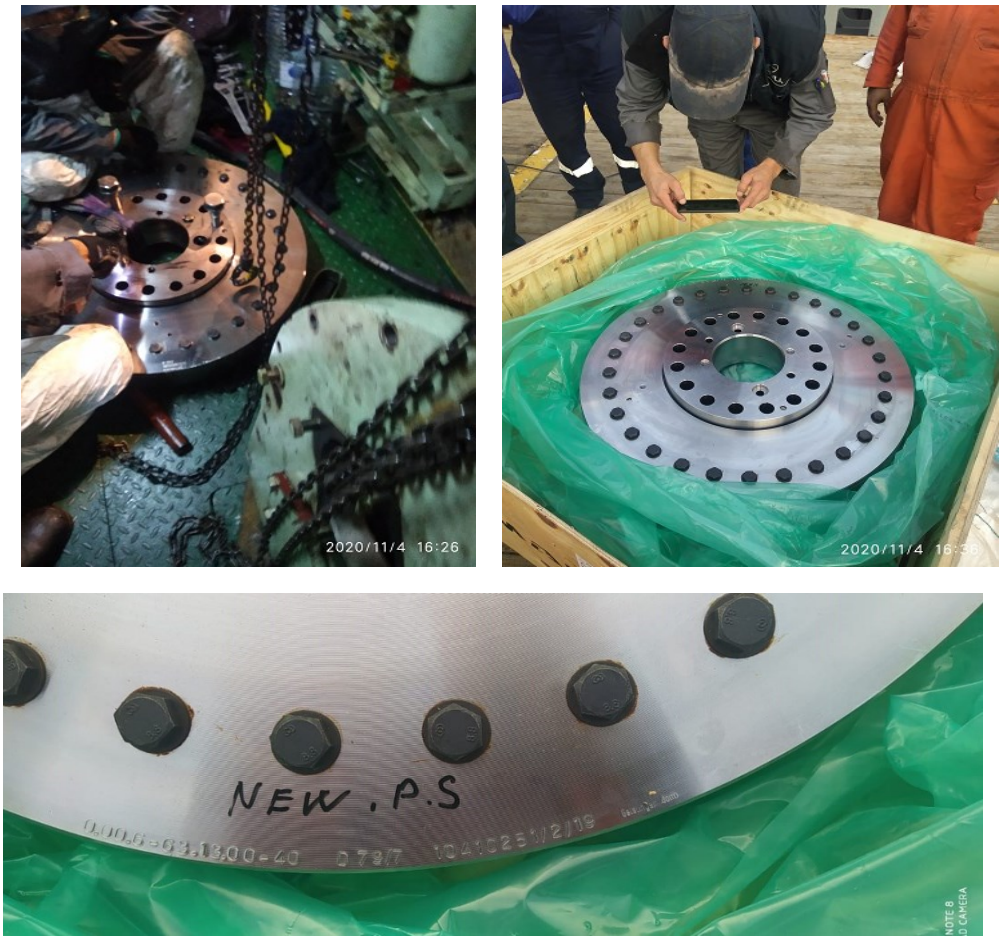


Рисунок 3. *Демонтаж и замена механического демпфера «Geislinger»*

Процесс вскрытия механического демпфера крутильных колебаний «Geislinger» Wartsila 8L32 для дефектации и ремонта представлен на рис. 4 – 13.



Рисунок 4. *Вскрытие крышки демпфера*



Рисунок 5. *Стрaгивание крышки демпфера*

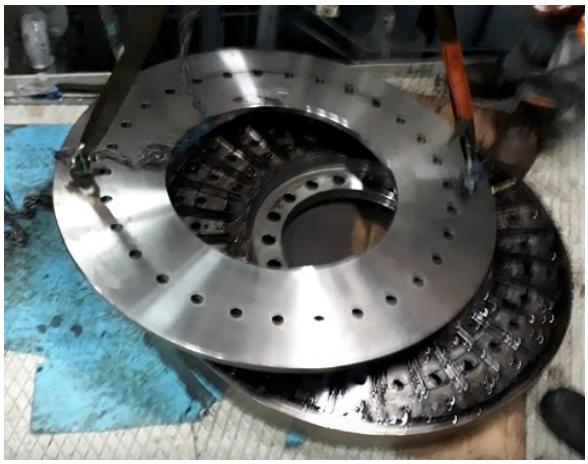


Рисунок 6. *Демонтаж крышки демпфера*



Рисунок 7. *Текущее состояние демпфера*

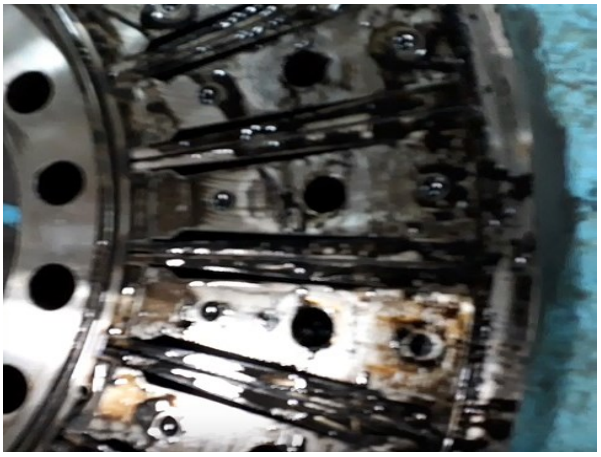


Рисунок 8. *Состояние пружинных элементов демпфера*



Рисунок 9. *Состояние внутренних элементов после очистки*

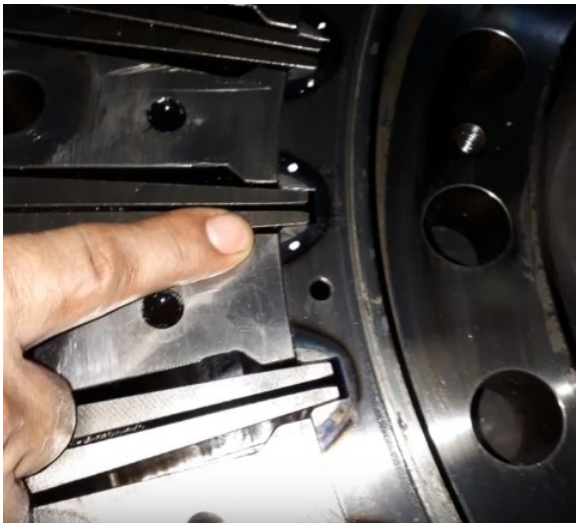


Рисунок 10. *Оценка технического состояния пружин осмотром*



Рисунок 11. *Анализ тех. документации демпфера*



Рисунок 12. *Оценка зазоров в пружинных элементах демпферов*

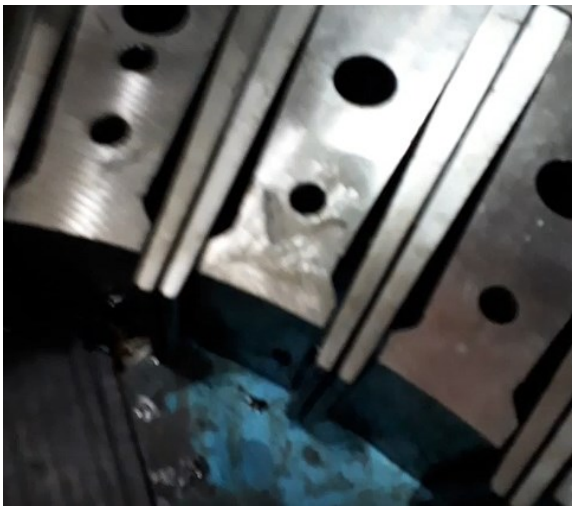


Рисунок 13. *Обнаруженные дефекты поверхностей демпфера*

Расположение элементов конструкции механического демпфера крутильных колебаний «Geislinger» представлен на рис. 14.

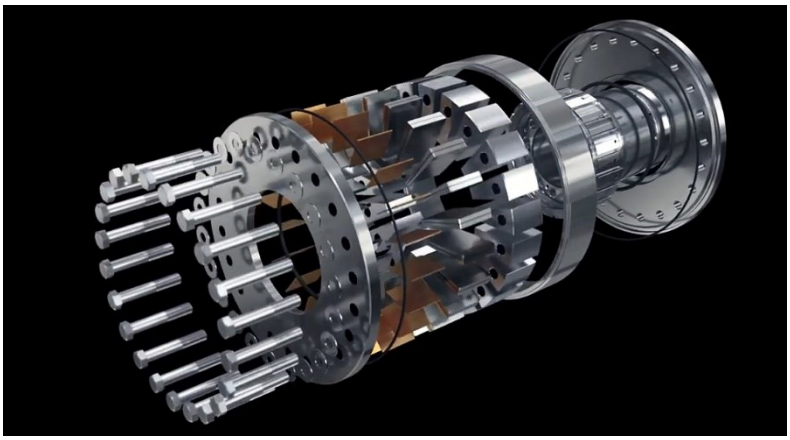


Рисунок 14. *Расположение элементов конструкции механического демпфера крутильных колебаний «Geislinger»*

Следует отметить, что данные демпферы крутильных колебаний «Geislinger» являются комбинированными: с пружинами и с гидравлическим наполнителем в виде смазочного масла (рис. 15).

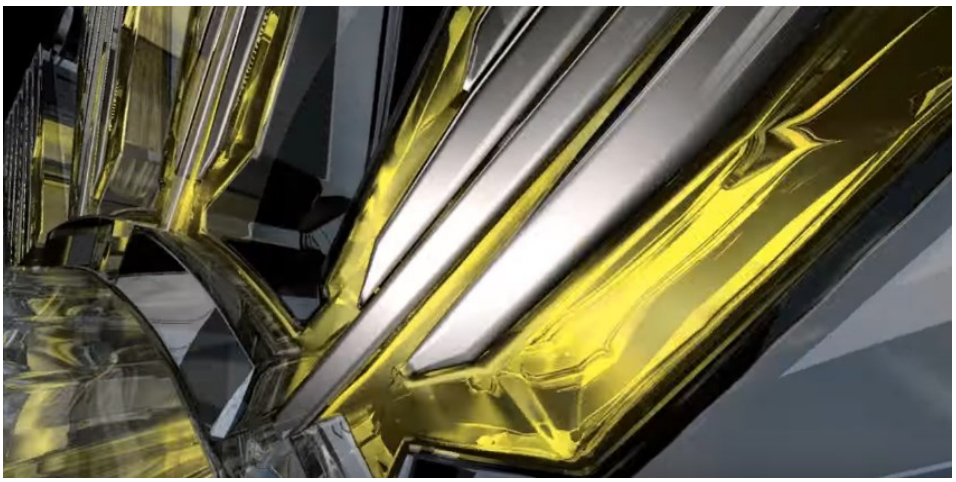


Рисунок 15. *Гидравлический наполнитель внутренней части демпфера*

Несмотря на необходимость специальной приборной базы и специалистов, механические демпферы не требуют такой сложной процедуры дефектации и ремонта, как силиконовые демпферы, поскольку отсутствуют процессы дефектации силиконовой жидкости и ее замены, а этот процесс осуществить на судне достаточно сложно.

Статистические испытания, приведенные в статье Wojciech Homik [6] подтверждают, что пружинные гасители крутильных колебаний характеризуются высокой надежностью, и их диагностика заключается в основном в регулировке величины зазоров (рис. 16).

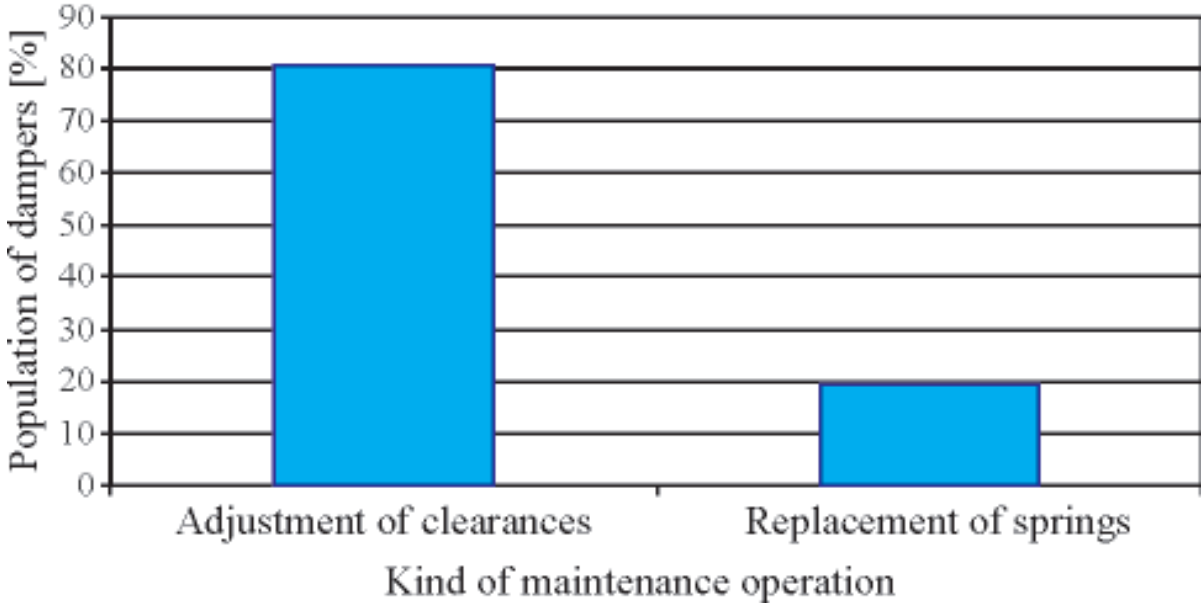


Рисунок 16. *Статистические результаты испытаний пружинных гасителей крутильных колебаний*

Согласно рис. 16: «Adjustment of clearances» - регулировка зазоров; «Replacement of springs» - замена пружин; «Kind of maintenance» - вид технического обслуживания.

Особенности эксплуатации механических демпферов:

По мнению ведущего специалиста по крутильным колебаниям в России Ефремова Л.В. - характерным повреждением механического демпфера является поломка или потеря упругости элементов пакетов пружин (или листовых рессор) в зависимости от типа конструкции. Поскольку непосредственных измерений деформаций пружин выполнить невозможно, то в качестве косвенного критерия их оценки принято использовать максимальную просадку (сжатие) пружин, когда происходит соприкосновение деталей ведущей ступицы и ведомого обода демпфера. Поэтому, для таких демпферов должно быть предусмотрено периодическое техническое обслуживание, совмещенное с годовыми и очередными освидетельствованиями судов. Основной контрольной операцией при этом является дефектация пакетов пружин и измерения зазоров.

Однако для некоторых судов и такой режим технического обслуживания не обеспечивает требуемой надежности, что приводит к поломкам демпферов. Это проявляется в резком увеличении вибрации двигателя, что делает невозможным его эксплуатацию.

Согласно инструкции по эксплуатации демпферов компании «Geislinger» при установке нового демпфера крутильные колебания должны быть подтверждены измерением торсиографированием.

Коэффициент демпфирования демпфера «Geislinger» может быть оптимально настроен в соответствии с техническими характеристиками судовой энергетической установки. В случае генератора, работающего с одной частотой вращения, демпфер действует как вибратор с небольшим демпфированием. Если это главный двигатель, работающий на гребной винт, то

требуется постоянное демпфирование по всем диапазоне частоты вращения коленчатого вала. Испытания фирмы «Geislinger» подтвердили, что для настроенного демпфера линейное вязкое демпфирование k является постоянным в больших пределах частот колебаний.

Постоянство коэффициента демпфирования обеспечивается гидравлическим наполнителем – маслом, которое протекает через демпфер под давлением из коленчатого вала. Настройка механического демпфера в отличие от силиконового, может быть изменена при помощи конструктивных вставок вместо пакетов пружин, что позволяет обеспечить тонкую настройку демпфера при его установке на судне. Давление масла на входе в демпфер не должно превышать предела 6 кг/см^2, поскольку его увеличение может привести к возникновению кавитации внутри демпфера, что недопустимо.

Одним из критериев для оценки нагрузки демпфера крутильных колебаний является его допустимая тепловая мощность. Этот критерий приводится в инструкции по эксплуатации демпфера «Geislinger» и может быть рассчитан для каждого гармонического порядка колебаний, что позволяет сложить значения тепловой мощности для всех порядков алгебраически. Эта общая тепловая нагрузка также не должна превышать пределов, указанных в технических данных, например, для демпфера «Geislinger» D63 с диаметром 630 мм тепловая мощность составит 6,6 кВт.

Для расчета тепловой мощности P_{kw}, компания «Geislinger» рекомендует применение следующей формулы:

$$P_{kw} = 5{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{k}{1+k^2} \cdot \frac{T^2 \cdot i \cdot n}{C_D}, \quad (1)$$

где k - безразмерный коэффициент демпфирования;

T - общий вибрационный момент в демпфере, Н*м;

i - гармонический порядок крутильных колебаний (0,5…12);

n - частота вращения двигателя, об/мин;

C_D - жесткость демпфера на кручение, Н*м/рад, определяется по формуле:

$$C_D = \omega^2 \cdot I_s, \quad (2)$$

Где ω – фазовая скорость крутильных колебаний, рад/с, определяется по формуле:

$$\omega = \frac{i \cdot n \cdot \pi}{30}, \quad (3)$$

I_s – момент инерции наружной части демпфера, кг*м^2, (технические данные демпфера).

$$T = T_d * p, \quad (4)$$

где T_d - демпфирующий момент на 1 бар давления масла, Н*м/бар (технические данные демпфера); p – давление масла, бар.

Таким образом, тепловая мощность также может являться критерием для оценки технического состояния механического демпфера.

Выводы.

1. Возрастает тенденция установки механических демпферов крутильных колебаний в судовых современных дизелях.

2. Фирмами производителями механических демпферов предлагается судовладельцам через каждые 10000 – 15000 часов работы производить их разборку и оценку состояния пружинных элементов.

3. Особенностью эксплуатации механических демпферов в судовых дизелях является отсутствие одобренной надзорными органами, РМРС и РРР, методики по безразборной оценке остаточного ресурса механических демпферов.

4. Механические пружинные демпферы по исследованиям Ефремова Л.В. отличаются более высоким уровнем ремонтопригодности, чем силиконовые демпферы, что позволяет контролировать исправность пакетов пружин путем их дефектации без существенной разборки изделия.

5. Несмотря на необходимость специальной приборной базы и специалистов, механические демпферы не требуют такой сложной процедуры дефектации и ремонта, как у силиконовых демпферов, поскольку отсутствуют процессы дефектации силиконовой жидкости и ее замены, это процесс осуществить на судне достаточно сложной.

Литература

1. STE Schwingungstechnik. Maintenance Instruction for Viscous Torsional Vibration Dampers (VTD), 1996. – p.6.
2. VDamp Catalog Version 1.4. Geislinger. 2016. – 13 c.
3. Viscous dampfer. Instruction manual. Hasse & Wrede. Mohriner, 1997. – p.13.
4. MAK M25. General-Engine operating instructions. Type M25, 1999. – 1966 s.
5. Ефремов Л.В. Теория и практика исследования крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. СПб.: Наука, 2007. - 276 с.
6. Wojciech Homik «Diagnostics, maintenance and regeneration of torsional vibration dampers for crankshafts of ship diesel engines», POLISH MARITIME RESEARCH 1(64), 2010.

Məqalə qəbul olunub: 29.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 338.47, 33;330.

NƏQLİYYAT SEKTORUNDA SƏMƏRƏLİLİYİN YÜKSƏLDİLMƏSİNİN DÜNYA TƏCRÜBƏSİ

Paşayev Ə.Z.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: emirhanpasayev@gmail.com

***Xülasə**. Məqalədə baxılan problemlərin həlli üzrə dünya təcrübəsi tədqiq olunmaqla müasir şəraitin tələblərinə uyğun yanaşmalar formalaşdırılmışdır. İnkişaf etmiş ölkələr səviyyəsində nəqliyyat sektoruna yönələn investisiyaların səmərəliliyinin artırılması istiqamətləri təhlil edilmişdir. Multimodal nəqliyyatın mürəkkəbliyi avtomobil, dəmir yolu, hava və dəniz nəqliyyatı ilə yükdaşımalarda tərəflər arasındakı münasibətlərin tənzimlənməsinin optimallaşdırılması ilə bağlı təklif və tövsiyələr irəli sürülmüşdür.*

***Abstract.** Approaches to the requirements of modern conditions are formed on the basis of studying the world experience in solving the problems discussed in the article. At the level of developed countries, the author analyzes the directions of increasing the efficiency of investments in the transport sector. The complexity of multi-modal transportation Suggestions and recommendations have been made to optimize the regulation of relations between the parties in the carriage of goods by road, rail, air and sea transport.*

***Аннотация.** Подходы к требованиям современных условий сформированы на основе изучения мирового опыта решения обсуждаемых в статье проблем. На уровне развитых стран проанализированы направления повышения эффективности инвестиций в*

транспортный сектор. Сделаны предложения и рекомендации по оптимизации регулирования отношений сторон при перевозке грузов автомобильным, железнодорожным, воздушным и морским транспортом.

Açar sözlər: *tranzit yükdaşımalar, sərnişin daşımaları, investisiya, multimodal daşımalar, səmərəlilik*

Ключевые слова: *транзитные грузоперевозки, пассажирские перевозки, инвестиция, мультимодальные перевозки, эффективность*

Key words: *transit cargo transportation, passenger transportation, investment, multimodal transportation, efficiency*

Giriş. Son illər Azərbaycan iqtisadiyyatının həcmində qeyrineft sektorunun payı sürətlə artmaqdadır. İqtisadiyyatın davamlı və dayanıqlı inkişafını təmin edən sahələrdən biri nəqliyyat sektorudur. Yerli və beynəlxalq daşımaların artırılması, ölkənin rəqabət qabiliyyətinin və tranzit potensialının gücləndirilməsi məqsədi ilə, nəqliyyat sektorunda dövlət səviyyəsində ciddi islahatlar həyata keçirilir. Azərbaycan iqtisadiyyatının inkişafı ilə bağlı Strateji Yol Xəritəsində dövlət və özəl qurumlar qarşısında qoyulan əsas vəzifələrdən biri nəqliyyat sektoruna investisiya qoyuluşlarının səmərəliliyinin yüksəldilməsidir [1]. Qlobal yük və sərnişin axınlarının sürətləndiyi şəraitdə nəqliyyat sektoruna investisiya qoyuluşları milli iqtisadiyyatın inkişafının mühüm istiqamət-lərindən birinə çevrilmişdir. Təkcə bir faktı qeyd etmək yerinə düşər ki, 2019 - cu ildə nəqliyyat sektoruna investisiya qoyuluşları 2 milyard 189 milyon manat olmuşdur. Bu həmin ildə ölkə iqtisadiyyatına bütün sərmayə qoyuluşlarının 11,8 faizini təşkil edir. 2015 – 2019-cu illər ərzində Azərbaycanın nəqliyyat sektorunda əsas kapitala investisiyaların həcmi 9 milyard 472 milyon manat, nəqliyyat sektorunda xalis mənfəət cari qiymətlərlə 13 milyard 259 milyon manat, xalis mənfəət ilə investisia qoyuluşları arasındakı fərqin müsbət saldosu 3 milyard 787 milyon manat olmuşdur [2]. Tranzit yük daşımalar potensialından səmərəli istifadə edilməsi məqsədi ilə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 21 oktyabr 2015-ci il tarixli 655 saylı Fərmanı ilə Tranzit Yükdaşımalar üzrə Koordinasiya Şurası quruldu. Şuranın əsas vəzifələri tariflərin optimallaşdırılması, daşımaların vahid prinsip və şərtlərinin müəyyən olunması, daşıyıcılar ilə dövlət orqanlarının fəaliyyətinin əlaqələndirilməsi, tranzit prosedurlarının asanlaşdırılması və təkmilləşdirilməsi, onların sayının və müddətinin azaldılması, tranzit yükdaşımalar sahəsində tam əlverişli sistemin tətbiqi, şəffaflığın təmin olunması, yüklərin daşındığı ölkələr və aidiyyəti qurumlar arasında əməkdaşlığın genişləndirilməsi, ölkə ərazisindən keçən nəqliyyat dəhlizlərinin işinin təşkilindən ibarət olmuşdur [3].

Ötən əsrin axırıncı onilliyindən etibarən təhsil, sosial təminat və səhiyyə xərclərinə ayrılan dövlət vəsaitlərinin inkişaf etmiş ölkələrdə əhəmiyyətli dərəcədə artımı müşahidə edilmişdir. Belə vəziyyət sadəcə olaraq yüksək inkişaf etmiş dövlətlər üçün deyil, inkişaf etməkdə olan dövlətlər üçün də uyğun gəlir. İqtisadi cəhətdən inkişaf etmiş, həm də inkişaf etməkdə olan ölkələrdə təşviq edən iqtisadi siyasətin ikinci mərhələsi vergi və sair güzəştlərin qanunvericiliklə tənzimlənməsi, müxtəlif sektorların və bölgələrin, bilavasitə ya da dolayı yol ilə dövlət büdcəsidən subsidiyalaşdırılmasından istifadə etməklə əmtəə istehsalı və xidmətlərin optimal strukturunu, rəqabət qabiliyyətini dəstəkləməkdən ibarətdir. Ölkəmizin nəqliyyat sektorunda çalışan işçilərin sayı yüz iyirmi beş min civarında olsa da, hesab edirik ki, bu rəqəmi iki dəfə artırmaq potensialı var. Belə ki, nəqliyyat xidmətlərinin effektiv artımının, məşğulluğun təmin edilməsi baxımından nəqliyyat sektoruna yönələn investisiyaların səmərəliliyinin artırılması əsasında həyata keçirilməsi daha məqsəd yönlüdür [1]. Tələb və təklifin təşviq edilməsi tədbirinin eyni vaxtda paralel olaraq həyata keçirilməsinin iqtisadi artımın maksimum məşğulluq, alıcılıq qabiliyyəti və istehsal tezisləri əsasında təmin edilməsini zəruriləşdirir. Səmərəli məşğulluğa, iqtisadi tarazlığa və iqtisadi artıma bu yolla nail olmaq mümkündür.

Nəqliyyat sektoru və müəssisələri ilə əlaqəli olan amillər istehsal kateqoriyalarının iqtisadi-coğrafi bölgüsünə müsbət təsir göstərir. Hal-hazırda beynəlxalq səviyyədə qəbul edilib ki, nəqliyyat sektoru bütün dünya ÜDM-nin təxminən 12% -ni təşkil edir. Məlumdur ki, yük və sərnişin daşımalar

bazarının həcmini proqnozlaşdırmaq üçün istifadə olunan ÜDM-in faiz nisbətindəki fərq, dünyanın bir çox regionlarında tədarük zəncirlərində mövcud olan səmərəsizliklərlə əlaqələndirilərək əvvəlki illərlə müqayisədə yüksək məbləğlərdə investisiya qoyuluşlarına tələb artıb [7].

Tədqiqat və konsaltinq yönümlü "Armstrong & Associates Inc" şirkətinin bildirdiyinə görə 2018-ci ildə beynəlxalq nəqliyyat bazarının həcmi 9,6 trilyon ABŞ-ı dollar olub. Dəniz, dəmir yolu, hava nəqliyyatında inventarın saxlanılması ilə əlaqəli xərclər, ümumi xərclərin üçdə birini təşkil edib. Həmin şirkət, 2023-cü ilədək ümumi beynəlxalq nəqliyyat xərclərinin 5%-dən çox illik artım sürətinin davam edəcəyini proqnozlaşdırıb. Təhlil nəticəsində məlum olmuşdur ki, 2023-cü ildə ümumi yük və sərnişin daşımalar bazarının həcmi 12 trilyon ABŞ-ı dollarından çox olacaq. Araşdırma aparan digər şirkətlər yollar, limanlar, dəmir yolu və hava limanları kimi nəqliyyat infrastrukturu ilə əlaqəli investisiyaların artacağını, beynəlxalq lojistik sənayesinin həcminin 2023-cü ilə qədər 15 trilyon dolları keçəcəyini proqnozlaşdırsalar da 2019-cu ildən etibarən yayılan kovid-19 pandemiyasının mənfi təsirləri nəzərə alınmalıdır [7].

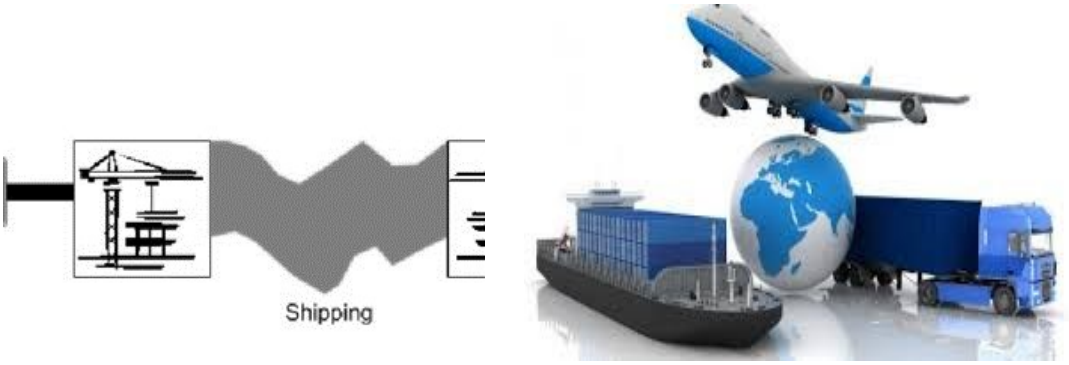
Məsələnin qoyuluşu. Multimodal nəqliyyat sistemləri. Müasir iqtisadiyyatda multimodal nəqliyyat sistemləri beynəlxalq ticarətin sütununa çevrilmişdir. Multimodal nəqliyyat şirkətlərin xərclərinə qənaət və bir çox digər üstünlükləri ilə fərqlənən, ölkələrin ekologiya və liman təsərüfatının inkişafının həyati əhəmiyyətini özündə ehtiva edən strateji nəqliyyat növüdür. Burada əsas məqsəd tədarük zənciri daxilində ümumi nəqliyyat və idarəetmə xərclərinin azaldılması və eyni zamanda qapıdan qapıya yükdaşıma xidmətlərinə olan tələbə cavab verməyə çalışmaqdır. Müasir nəqliyyat sektoru multimodal nəqliyyat, davamlı iqtisadi inkişaf, ətraf mühitə uyğun və enerjiyə qənaət istiqamətində formalaşmaqdadır. Bu məqsədlər, nəqliyyat şirkətlərinin güclü tərəflərini maksimuma çatdırmaq və zəif cəhətlərini azaltmaqla müxtəlif nəqliyyat növlərini optimal şəkildə uzlaşdıran yük və sərnişinlərin multimodal nəqliyyatı ilə həyata keçirilə bilər. Milli və beynəlxalq qurumlar, müxtəlif nəqliyyat növlərinin daha yaxşı uzlaşdırılmasını təmin etmək və qlobal nəqliyyat sistemi səviyyəsində daha yaxşı qarşılıqlı əlaqə qurmaq üçün mütərəqqi qaydalar tərtib etməyə çalışırlar. Müasir nəqliyyat sektorunda qlobal bazarın rəqabət qabiliyyətli olması inkişafı şərtləndirən əsas amil kimi çıxış edir. Yük daşınması iqtisadiyyatın əsas istiqamətlərindən biridir, nəqliyyat işində intensivliyi təmin etmək üçün lazım olan tədarük zəncirinin komponentlərindən biri yüklərin aşırılmasıdır. Yüklərin daşınmsası bir-birindən ayrı olan istehsalçılar və istehlakçılar arasında baş verir. Qloballaşma, nəqliyyat sektorunda fəaliyyət göstərən şirkətlərin infrastrukturunu, yüklərin sürətli tədarükü və istehsalın intensivliyinin intermodal və multimodal daşımalara uyğunlaşdırmağı tələb edir [12, p.41-61].

Yük daşınmasında yanacaq qiymətlərinin artması səbəbindən iqtisadi səmərəliliyin azalması, yollarda sıxlıq və artmaqda olan ekoloji problemlərin aradan qaldırılmasına ehtiyac var. Bunun həll yollarından biri inteqrasiya olunmuş multimodal nəqliyyat şəbəkəsidir. Qlobal əhəmiyyətli olan Şərq-Qərb, Cənub-Şimal nəqliyyat dəhlizlərinin ölkəmizdən keçən hissəsindən daşınan yüklərin həcmi artır. Bakı-Tbilisi-Qars dəmir yolunun istismara verilməsi Şərq-Qərb dəhlizi baxımından əhəmiyyətli olsada, Zəngəzur dəhlizinin regional səviyyədə önəmli nəqliyyat qovşağına çevrilmək potensialı var. Müzəffər Azərbaycan ordusunun 44 gündə qazandığı qələbənin nəticəsində düşmən tərəfini imzalamağa məcbur etdiyi şərtlərdən biri də Zəngəzur dəhlizinin qlobal nəqliyyat sisteminə inteqrasiya olunmasıdır. Bu baxımdan multimodal nəqliyyat şəbəkəsi əhəmiyyətli vasitədir. Belə ki, nəqliyyat şirkətləri lokal səviyyədə tədarük zənciri təcrübələrini effektiv şəkildə tətbiq etməklə beynəlxalq bazarlarda daha çox rəqabətqabiliyyətli olurlar. Ancaq tətbiq edilən multimodallığın modeli çox mürəkkəb olduqda inkişafı ləngidə bilər. Bu maneələri aradan qaldırmaq üçün şirkətlər ətraf mühitə uyğun, yanacağa qənaətli, mütəhərrik nəqliyyat siyasəti həyata keçirtməlidirlər. Yük daşımalarda səmərəliliyin artırılması məqsədi ilə multimodal rejimin güclü tərəfləri maksiumum dərəcədə artırılmalı və aşkar edilən zəif tərəfləri azaldılmalı, şəraitə uyğun müxtəlif üsullar tətbiq edilməlidir. Son illərdə multimodal nəqliyyatın daha yaxşı başa düşülməsi məqsədilə bir çox elmi və praktiki araşdırmalar aparılmışdır. Yükdaşıma şirkətləri ənənəvi nəqliyyatın əksinə səmərəliliyi

artırmaq üçün müxtəlif nəqliyyat xidmətləri və rejimlərini birləşdirən fərqli nəqliyyat növlərinin fəaliyyət göstərdiyi müstəqil multimodal nəqliyyatın tətbiqinə meyllidirlər.

1. Multimodal nəqliyyat yüklərin ardıcıllıqla ən azı iki fərqli nəqliyyat növü ilə daşınmasıdır.
2. İntermodal nəqliyyat yüklərin vahid multimodal regimdə bir məntəqədən digərinə daşınmasıdır.
3. Sinxron modal nəqliyyat yükdaşıyıcı şirkət və ya yük sahiblərinin yükün növünə, daşına-cağı son məntəqəyə əsasən müstəqil olaraq hər an ən yaxşı rejim seçməklə daşınmasıdır.
4. Birgənəqliyyat fərqli nəqliyyat rejimləri arasından səmərəli olanınıdan istifadə etməkdir. Bu zaman yükdaşıyan şirkət və yüksahibləri birlikdə multimodal daşımalar çərçivəsində düşünül-müş qərar verirlər.

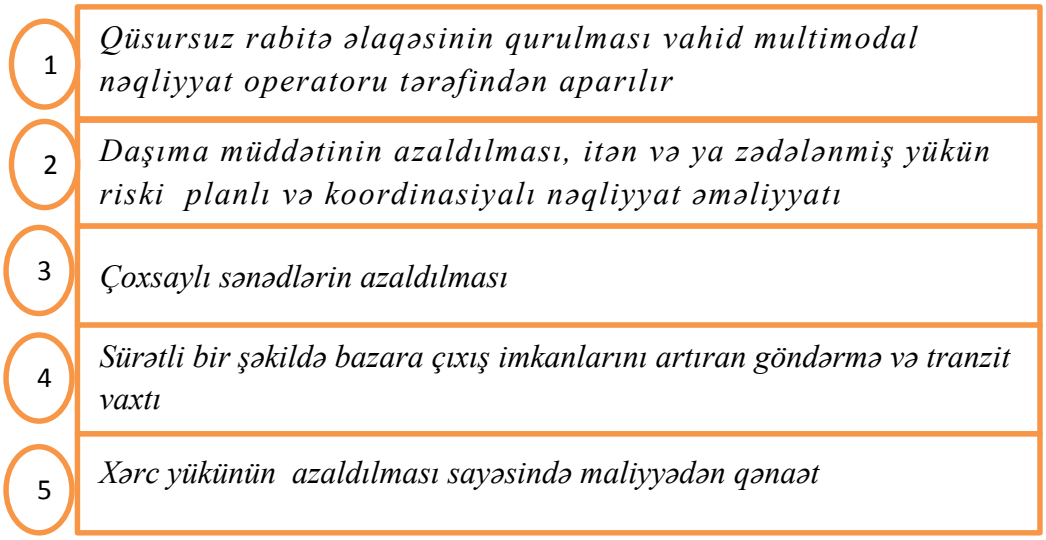
Yuxarıda qeyd etdiyimiz fərqli terminlərin bütün tərifl ərinin ümumi bir xüsusiyyəti var - birdən çox nəqliyyat növü. Fərqlər deyildikdə nəqliyyat prosesinin xüsusiyyətlərinin müxtəlifliyi nəzərdə tutulur. Sinxron modal rejimində yüklərin təhlükəsiz daşınması imkanları var. Vahid yükdaşıma prossesində intermodal nəqliyyat, həmdə multimodal kimi tətbiq edilir bu zaman resurslardan istifadə optimallaşır. Bütün hallarda nəzərdə tutulmalıdır ki, yükdaşımalarda multi-modal nəqliyyat sə-mərəliliyi artırır. Qeyd etmək lazımdır ki, "birləşmiş", "multimodal" və "intermodal" terminlərindən nəqliyyat sektorunda müxtəlif növ nəqliyyat vasitələri ilə yükdaşınmasını ifadə etmək üçün istifadə edilir. Nəqliyyat şirkətlərinin yük axınlarını səmərəli təşkil etməkdə məqsədi yükdaşımaya sərf olunan vaxtı, maliyyə resurslarını və ətraf mühitə vurulan zərəri azaltmaqdır.



Şəkil 1. *Multimodal nəqliyyat sistemi*

Multimodal nəqliyyat konsepsiyası yükdaşımaların müasir dövrün tələblərinə inteqrasiya olunması nəticəsində meydana çıxmışdır. İqtisadiyyat, nəqliyyat əməliyyatlarının mürəkkəbliyi şəraitində, texnoloji yeniliklərin tətbiqi, kadrların peşəkarlığı, işgüzar və rəqabət mühiti kimi müxtəlif alətlərlə tənzimlənir [6, p.41-61]. Beləliklə, multimodal nəqliyyat, alternativ nəqliyyat sistemləri ilə paralel olaraq beynəlxalq ticarət dövriyyəsində əhəmiyyətini hər gün daha çox artırmaqdadır. Multimodal nəqliyyatın tətbiq edilməsi yol tıxacını azalda bilər. Bu zaman yükda-şımalarda müxtəlif nəqliyyat növlərindən ən azı ikisi iştirak edir; yüklərin daşınması yalnız bir nəqliyyat müqaviləsinə əsaslanır; yüklərin daşınmasına dair sənəd yüksahibinin təşəbbüsü ilə yükdaşıyan operatorla birlikdə hazırlanır; bütün nəqliyyat prosesi nəqliyyat operatoru tərəfindən təşkil edilir; Multimodal nəqliyyatda beynəlxalq nəqliyyat ekspeditoru və multimodal nəqliyyat operatoru, hər cür hərəkət və səhvlərə görə yük təhvil alındığı vaxtadək yüksahibi qarşısında cavabdehdir

Nəticə. Beynəlxalq müstəvidə Zəngəzur kimi təsbit edilən dəhlizidə multimodal daşımaların tətbiqi tək Naxçıvanla yox, Türkiyə və Avropa ilə Azərbaycan arasında yükdaşımaların səmərəliliyini yüksəldə bilər. Şəkil 2–də multimodal nəqliyyatın bir çox üstünlüklərindən bəziləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. *Multimodal nəqliyyatın üstünlükləri*

Multimodal nəqliyyat yükdaşıyan şirkətlərin fəaliyyətini optimallaşdıran, etibarlığını artıran, maliyyə resurslarına qənaət və nəzarət imkanlarını yaxşılaşdıran, rəqabət mühitində yükdaşıma xidmətinin keyfiyyətini yüksəldən səmərəli vasitədir. Həmçinin multimodal nəqliyyatın tətbiqi yükdaşımaların məhsuldarlığını və rəqabət qabiliyyətini artırmaq, ekoloji tarazlığın qorunması baxımından əhəmiyyətlidir. Yükdaşımalarda multimodal nəqliyyat bütün mərhələlərdən səmərəli metodun istifadəsini təmin edir və eyni zamanda tıxacları, enerjini, xərcləri və ətraf mühitin çirklənməsini azaldır [6, p.41-61].

Avropada yük və sərnişin daşımalarının miqdarı artmaqdadır. Ona görə də nəqliyyat sektorunda fəaliyyət göstərən transmilli korporasiyaların təchizat zənciri və distribyutorları tərəfindən fərqli tələblərə cavab verən keyfiyyətli xidmətlər təklif edilir. Beləliklə, 21-ci əsrdə multimodal nəqliyyat infrastrukturu və multimodal nəqliyyat xidmətləri şirkətlərin lojistik əməliyyatlarında mühüm rol oynayacaqdır. Multimodal nəqliyyat sistemində nəqliyyatın müxtəlif növlərinin birlikdə istifadə edilməsinin səbəblərindən biri iqtisadi səmərəliliyin yüksəldilməsinə əsaslanır. Müxtəlif şirkətlər arasında xərclərin artması, gəlirlərin azlması ilə nəticələnən yük və sərnişin daşımalarının qiymətinə görə rəqabət artır.

Qlobal səviyyədə hal-hazırda nəqliyyat sektorunda transmilli şirkətlərin strategiyalarını dəyişdirəcək dörd trend nəzərə alınır:

1. Ticarət və investisiyaların hərəkətverici qüvvəsi olan iqtisadi qloballaşma,
2. Dünya bazarlarına məhsulların sürətlə çatdırılmasına tələbin artması,
3. İntensiv istehsalın və qabaqcıl təcrübələrin mənimsənilməsi,
4. Tədarük zəncirlərini daha səmərəli idarə etmək ehtiyacı.

Multimodal nəqliyyat Avropa Birliyi ilə yanaşı ABŞ-da da hökumət siyasətinin tərkib hissəsi olmaqla, iqtisadi baxımdan, daşımalarda rəqabət qabiliyyətini artırmaq üçün əsas təşviq edilən istiqamətdir. Dünya iqtisadiyyatında multimodal nəqliyyat getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Azərbaycanın nəqliyyat sektorunun inkişafının bütövlükdə ölkə iqtisadiyyatına müsbət təsiri nəzərə alınmalı və dövlətin müvafiq qurumları multimodal nəqliyyatdan istifadə edərək ölkənin iqtisadi tərəqqisi üçün çalışmalıdır.

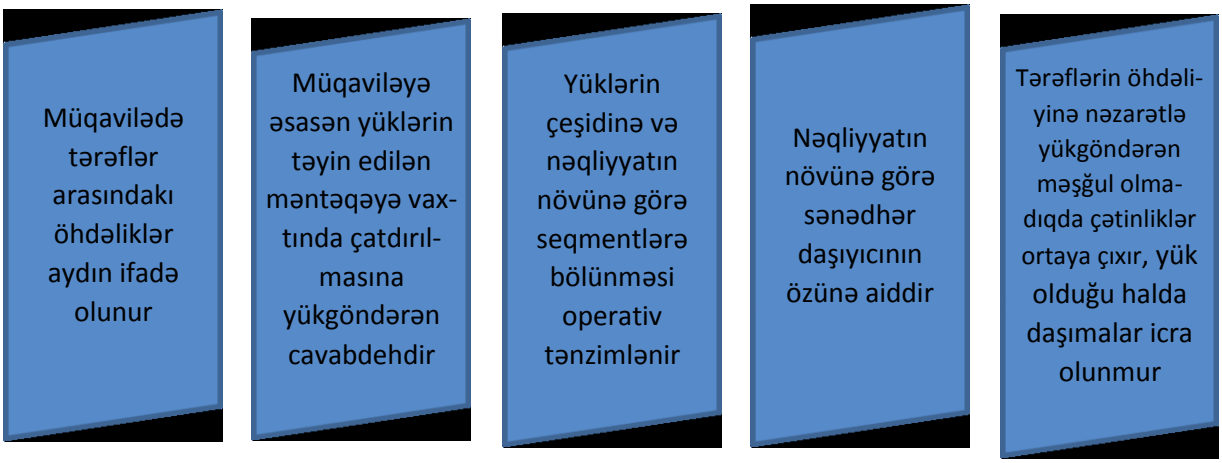
Multimodal nəqliyyat Aİ-nin gələcək yükdaşımalarla bağlı siyasətində mühüm rol oynayır. Avropada son 30 ildə əsasən yük daşımalarda şəbəkə nəqliyyatından istifadə erilirdi. Nəqliyyatın növlərinə görə (avtomobil, dəmir yolu, dəniz, hava, boru kəməri) strukturu Avropada son on ildə ciddi şəkildə dəyişməyib. Əksər ölkələrdə avtomobil nəqliyyatı əhəmiyyətli paya malikdir. Latviya, Estoniya, Litva kimi ölkələrdə dəmir yolu, Hollandiya, Rumıniya, Bolqarıstan kimi ölkələr isə faiz

nisbətinə görə daxili su yollarının daha əhəmiyyətli paya sahib olduğu ölkələrdir. Avtomobil nəqliyyatı çevik və sürətli olsa da, AB yalnız bu nəqliyyat növündən asılı ola bilməz. Gələcəkdə avtomobil nəqliyyatının üzləşəcəyi problemlər tıxaclar, yol vergiləri, yanacaq qiymətlərinin artması, dayanacaqların kifayət etməməsi, ətraf mühitin çirklənməsi və s. səbəbindən istifadə azalacaq. Multimodal nəqliyyatın tətbiq edilməsi xərclərin azalmasına və yükdaşıma vaxtına qənaət etməyə imkan verir.

Digər tərəfdən, multimodal nəqliyyatın uzun gözləmə vaxtları kimi maneələrlə qarşılaşmasını, nəqliyyat vasitələrinin sayı artıqca dayanacaqların kifayət etməməsini, yük daşıma əməliyyatlarına məhdud nəzarət etmə variantlarını və sifarişlərlə bağlı problemləri qeyd etmək olar. Multimodal nəqliyyatda iştirak edən tərəflərin çoxluğu işin mürəkkəbliyini artırır. Ona görədə müştərilərə mümkün olan ən yaxşı xidməti göstərmək üçün yükdaşımalara cavabdeh xidmət təminatçıları olan şirkətlərin işbirliyi etməsi əhəmiyyətlidir. Multimodal nəqliyyatda müvəffəqiyyəti artırmaq, problemləri azaldmaq üçün iş prosesi standartlaşmalı, maddi texniki baza yük daşımaya uyğun nizamlanmalıdır.

Xorvatiya əsilli professor Ratko Zelenikaya görə: multimodal nəqliyyat haqqında qanun, müvafiq insititutlar tərəfindən hazırlanan, multimodal fəaliyyət göstərən hüquqi şəxslər arasında milli və beynəlxalq səviyyədə münasibətləri, qaydaları və bundan irəli gələn vəzifələri tənzimləyən hüquqi öhdəliklər məcmuəsidir [4,p.41-61]. Multimodal nəqliyyatın mürəkkəbliyi ayrı-ayrı nəqliyyat növlərinin avtomobil, dəmir yolu, hava və dəniz nəqliyyatı ilə yükdaşımalarda tərəflər arasındakı münasibətlərin tənzimlənməsini zəruriləşdirir. Geniş mənada multimodal nəqliyyat qanunu instisional qurumlar tərəfindən hazırlanan multimodal daşımaların tərəfləri arasında mülkiyyət hüquqlarını, qaydalarnı və sosial münasibətlərini tənzimləyən inzibati sistemdir. Tərəflər arasında münasibətlərin tənzimlənməsindən başqa milli və beynəlxalq təşkilatlar qarşısında multimodal nəqliyyatın fəal iştirakçılarının hüquqi öhdəlikləri nəqliyyatda infrastrukturun, təhlükəsizliyin və ətraf mühitin qorunmasını əhatə edir [5].

Bununla birlikdə, multimodal nəqliyyatın səmərəli fəaliyyət göstərməsi üçün fərdi nəqliyyat rejimlərinin qaydaları öyrənilməli, nəzarət və tətbiq edilməlidir. Multimodal nəqliyyatda qaydaların tənzimlənməsi, bütün maraqlı tərəflərin kadrlarının keyfiyyətli təhsili alması, iştirakçıların bütün rejimlərdə hüquqlarını bilməyi ilə mümkündür.



Şəkil 3. *Multimodal nəqliyyatın hüquqi üstünlükləri*

Alınmış nəticələrin analizi. Multimodal nəqliyyat sistemlərinin tətbiqi sahəsində Azərbaycanda dövlət sektorunun daha fəal olduğunu müşahidə etmək mümkündür. Özəl sektor insan, maliyyə, fiziki və informasiya resursları baxımından zəif olduğuna görə, hər cür imkanlara sahib olan dövlət sektoru ilə rəqabət apara bilmir. Ona görə də Azərbaycanın milli özəl şirkətlərinin müasir nəqliyyat sistemlərinin tətbiqində iştirakı dövlət tərəfindən təşviq edilməlidir. Ölkəmizdə multimodal

nəqliyyat sistemlərinin tətbiq edilməsi ilə əlaqədar olaraq gündəmə gələ biləcəyi ehtimal olunan digər məsələlərə aiddir:

- bu sistemlərdə istifadə olunan xüsusi məlumatların qorunması,
- beynəlxalq standartla uyğunluğun artırılması,
- regional səviyyədə müasir nəqliyyat sistemləri tətbiq etməklə yanaşı ticarət məqsədilə daşınan yüklərin gömrük rəsmiləşdirilməsində beynəlxalq daşımaların tələb etdiyi qanunlara uyğunluq,
- yük və sərnişinlərin kammersiya məqsədilə daşınması əməliyyatlarında elektron audit tətbiqlərini artıraraq xərclərin azaldılması.

Ədəbiyyat

1. Milli iqtisadiyyat perspektivi üzrə Strateji Yol Xəritəsi // (Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı) ilə təsdiq edilmişdir.
2. https://www.stat.gov.az/menu/6/statistical_yearbooks/
3. [http://transit.az/az/abouthttp://]
4. Aleksandar Erceg, Biljana Činčurak Erceg and Zafer Kilic (Croatia; Turkey) Multimodal transportation – economic and legal viewpoint from Croatia and turkey. 20th international scientific conference Business Logistics in Modern Management October 7-9, 2020 // Osijek, Croatia; 375 p.
5. Azərbaycan Respublikası Prezidentinin «İnvestisiyaların təşviqi ilə bağlı əlavə tədbirlər haqqında» Fərmanı // (18 yanvar 2016-cı il).
6. Sussman, J. (2004) //, Perspectives on Intelligent Transportation Systems. Massachusetts: Cambridge: Springer.
7. https://www.freightwaves.com/news/how-big-is-the-lo gistics-industry
8. ERF. (2013). ERF 2012 // European Road Statistics. Brüksel: ERF.
9. T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı "Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulamaları ve Türkiye İçin Bir AUS Mimarisi Önerisi" // Hasan TUFAN Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi 2014.s.110.Ankara.
10. Nowacki, G. (2012) // Development andStandardization of Intelligent Transport Systems. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, 6(4), 403-412.
11. Sussman, J. (2004) //, Perspectives on Intelligent Transportation Systems. Massachusetts: Cambridge: Springer.
12. Unsustainable Transport; City Transport in the New Century David Banister Ebrary, // 2005p.

Məqalə qəbul olunub: 30.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 658.7

SU NƏQLİYYATININ İSTİSMAR KEYFİYYƏTİNİN İNNOVATİV ÜSULLARLA YÜKSƏLDİLMƏSİ

Rəhimov C.R., Adilzadə R.E.

Azərbaycan Texniki Universiteti
Az 1073, Bakı ş., H.Cavid pr., 25
E-mail: jeyhoon.rahimov@aztu.edu.az

Xülasə. *Məqalədə su nəqliyyatının ölkə iqtisadiyyatında rolu araşdırılmışdır. Su nəqliyyatının istismar keyfiyyətləri təhlil edilmişdir. İnnovativ üsulların tətbiq mexanizmi öyrənilmişdir. İstismar keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün kompleks tədbirlər planı işlənib hazırlanmışdır. Su nəqliyyatının idarəetmə funksiyalarına da baxılmışdır. Su nəqliyyatı üçün xüsusi olaraq innovativ üsullar alqoritmi işlənilmişdir.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается роль водного транспорта в экономике страны. Проанализированы эксплуатационные качества водного транспорта. Изучен механизм применения инновационных методов. Разработан комплексный план действий по улучшению качества работы. Также были рассмотрены функции управления водным транспортом. Специально для водного транспорта разработан алгоритм инновационных методов.*

Abstract. *In this paper discusses the role of water transport in the country's economy. The operating quality of water transport is analyzed. The mechanism of application of innovative methods is studied. A comprehensive action plan has been developed to improve the quality of operation. Water transport management functions were also considered. An algorithm of innovative methods has been developed specifically for water transport.*

Açar sözlər: *su nəqliyyatı, innovativ üsullar, logistika, nəqliyyat strategiyası, beynəlxalq standartlar, yük dövriyyəsi, idarəetmə funksiyaları, daşımaların maya dəyəri, beynəlxalq əməkdaşlıq, infrastruktur və kommunikasiyalar*

Ключевые слова: *водный транспорт, инновационные методы, логистика, качество обслуживания, международные стандарты, грузооборот, функции управления, стоимость перевозки, международное сотрудничество, инфраструктура и коммуникации*

Key words: *water transport, innovative methods, logistics, maintenance quality, international standards, load-turnover, management functions, cost of transportation, international cooperation, infrastructure and communications*

Giriş. Sənayenin sürətlə inteqrallaşması dövründə milli təsərrüfatlar və bütövlükdə dünya iqtisadiyyatı üçün beynəlxalq yük və sərnişin daşımaların stabil və müntəzəm nəqliyyat xidməti ilə təmin olunmasına tələbat artır. Su nəqliyyatı dövlət sərhədlərinin qorunmasında, yük və sərnişin daşımalarında, dənizdə neft-qaz hasilatı və ümumiyyətlə idxal-ixrac əməliyyatlarında mühüm rol oynayır. Su nəqliyyatı dünya iqtisadiyyatında xüsusi istehsal fəaliyyəti ilə bərabər, kapital istehlakçısı, sənaye məhsuluna və sifarişçiyə xidmət fünksiyalarını da yerinə yetirərək su nəqliyyatı ticarətinin artımına səbəb olmaqla dünyanın istənilən regionunda yaranan iqtisadi-siyasi dəyişikliklərə daha tez cavab verir. Su nəqliyyatı növləri bu nəqliyyatın getdiyi su obyektlərinin və daşınan yükün növünə görə təsnif edilir. Bu növlərə çay, dəniz, yük və sərnişin aid edilə bilər. Təhlükəli yüklərin daşınmasını və ya hərbi tapşırıqların yerinə yetirilməsini həyata keçirən sualtı qayıq olan sualtı nəqliyyatı da vardır.

Azərbaycan Respublikasında su nəqliyyatı problemlərinin həlli, onun səmərəliliyinin artırılması, istismar keyfiyyətinin yüksəldilməsi, perspektivləri və dənizdə insan həyatının mühafizəsi

haqqında mütəmadi olaraq tədbirlər, konfrans, konqres, simpozium və beynəlxalq konvensiyalar keçirilir. Eyni zamanda dövlət səviyyəsində qanun və proqramlar qəbul edilir və tətbiqi daima nəzarətdə saxlanılır. Odur ki, respublikamızda su nəqliyyatının səmərəliliyinin artırılması, rəqabətədavamlılığı, ölkə iqtisadiyyatında rolu və su nəqliyyatı xidmətlərinin ixracının optimallaşdırılmasının tədqiqi əsasında prioritet inkişaf istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi, su nəqliyyatında mövcud problemlərin həlli məsələlərinin elmi cəhətdən araşdırılması zərurətini yaratmışdır.

Müasir dövrdə xarici ticarət əlaqələr sistemini su nəqliyyatı olmadan təsəvvür etmək mümkün deyildir. Ölkə iqtisadiyyatının prioritet istiqamətlərindən biri olan su nəqliyyatı vahid nəqliyyat sisteminin tərkib hissəsidir. Su nəqliyyatı yüklərin və ya sərnişinlərin su yolları vasitəsi ilə daşınmasını reallaşdıran nəqliyyat növüdür. Bu sistemdə nəqliyyat vasitəsi kimi gəmiləri, qayıqları, yaxtaları və digər üzən konstruksiyaları göstərmək olar. Sistemin su yollarına gəlincə isə okean, dəniz, göl və çayları göstərmək mümkündür [1].

Məsələnin qoyuluşu. Su nəqliyyatında yük-sərnişin daşımaları və onların istismar keyfiyyətinin yüksəldilməsi seqmenti yüksək tələbatla seçilir. Bu seçim bazara uyğun tələbatlılıq, yüksək yük dövriyyəsi, su nəqliyyatının geniş imkanları və nisbətən sadə daşıma prosesi ilə izah edilir. Məsələn, su nəqliyyatının yüksək yükgötürmə qabiliyyətini və daşımaların aşağı maya dəyəri ilə reallaşmasını göstərmək olar. Digər nəqliyyat növləri ilə müqayisədə, su nəqliyyatı boru kəməri istisna olmaqla ən ucuz nəqliyyat növü kimi qəbul edilmişdir. Su nəqliyyatı yük və sərnişinlərin uzaq məsafələrə çatdırılmasını təmin etməklə daşıma xərclərinin optimallaşdırılmasına, səmərəlilik və qənaətlilik prinsiplərinin tətbiqinə imkan verir. Bu məqsədlə su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin innovativ üsullarla yüksəldilməsi günün aktual məsələlərindən biri hesab edilir.

İnnovativ üsulların tətbiqi nəticəsində dünya praktikası mütəmadi olaraq araşdırılır, baxılan istiqamət üzrə əldə edilən yeni elmi-texniki nailiyyətlər kompleks şəklində təhlil edilir və bu sistemli idarəetmə sosial-iqtisadi göstəricilərin inkişafına bir başa xidmət göstərir. İnnovativ üsullar optimal həllər toplusudur və tətbiq sahəsindən asılı olmayaraq müasir avadanlıqların, yeni məhsul və xidmətlərin formalaşmasına gətirib çıxarır. Eyni zamanda müəssisə və təşkilatların təsnifat sxemi inkişafa doğru dəyişir, yəni, onların həm keyfiyyət və həm də kəmiyyət göstəriciləri artıma doğru meyillənir [2-3].

Su nəqliyyatının inkişafı və həmin sahənin biznes baxımından qloballaşması Azərbaycan iqtisadiyyatında böyük rola malikdir, onun daima sürətləndirilməsi, rəqabətədavamlı və çoxtəyinatlı xidmətlərin təşkili, gəmiçilik sisteminin beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması respublikamızın inkişaf proqramlarının tərkib hissələri olaraq daima dövlətin diqqət mərkəzindədir. Bu məqsədlə, su nəqliyyatının innovativ üsullarla təkmilləşdirilməsi və istismar keyfiyyətinin yüksəldilməsi ölkə iqtisadiyyatının inkişafında vacib amillərindən biri hesab edilir və sosial-iqtisadi göstəricilərə həlledici təsirini göstərir. Bakı şəhəri Xəzər dənizinin ən böyük limanı hesab edilir. Bakıdan Həştərxana, Maxaçqalaya, Mərkəzi Asiyaya, İranın Ənzəli limanına üzmək olar. Azərbaycan gəmiləri Volqa-Don, Volqa-Baltik və Baltik-Ağ dəniz kanalları ilə də dünya okeanına çıxa bilir.

Su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin innovativ üsullarla yüksəldilməsi və bu üsulların effektivliyinin qiymətləndirilməsində investisiyanın mümkün variantlarının əsaslandırılması və seçilməsi prosesi əsas yer tutur. İnnovativ üsulların nəzəriyyəsi və praktikası real layihələri qiymətləndirmək üçün tətbiq edilir. İnnovativ üsulların tətbiqi mərhələlərində qoyulan investisiyaların, yəni xərclərin və nəticələrin, yəni geri ödəmələrin müəyyən edilməsinə çox diqqət yetirilir. Odur ki, ticarətin mümkün inkişafına dəstək vermək və ticarət artımından faydalanmaq üçün su nəqliyyatı vasitələrinə böyük üstünlük verilməli və bu sahəyə mütəmadi investisiyalar ayrılmalıdır. Gəmiçiliyin və limanın təsərrüfat fəaliyyətinin normal tənzimlənməsi üçün gəmilərin hərəkət sxeminin, eyni zamanda yüklərin doldurulub-boşaldılmasının optimallaşdırılmasını müəyyən edən ekonometrik modellər qurularaq proqramlaşdırılmalıdır [4].

Dünya su nəqliyyatı dövriyyəsində Azərbaycan Respublikasının beynəlxalq səviyyədə iştirakının təmin edilməsində Xəzər dənizinin və respublikada qurulmuş su nəqliyyatı sisteminin rolu

az olmamışdır. Çünki, Azərbaycan dəniz nəqliyyatı infrastrukturu Asiya və Avropa arasında səmərəli, etibarlı, birləşdirici körpüdür. Bu münasibətlərin gələcəkdə daha da inkişaf etdirilməsi üçün su nəqliyyatının istismar keyfiyyətlərinin elmi cəhətdən araşdırılmasına, innovativ üsulların tətbiqinə, səmərəli təklif və tövsiyələrin hazırlanmasına böyük ehtiyac vardır.

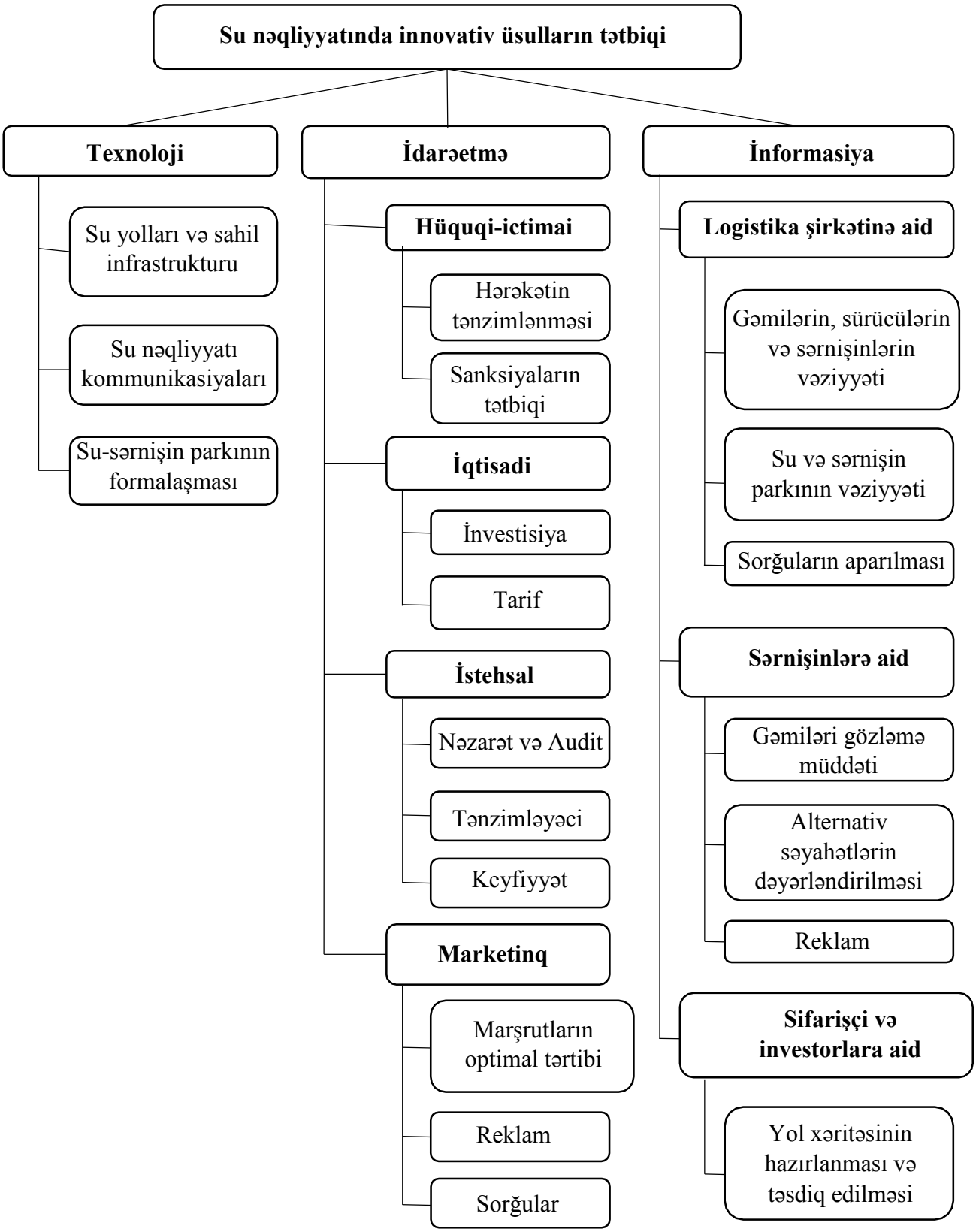
Azərbaycan Respublikasının regional logistika mərkəzinə çevrilməsinə əsas səbəblərin biri Ələt ərazisində yerləşən Bakı limanıdır. Bu liman Xəzər sahilində yerləşən 12-ci böyük liman və 4-cü azad ticarət zonasıdır. Bakı limanının fəaliyyəti nəticəsində konteyner-logistika ticarəti təkmilləşdirilir və konteynerlərin yüklənib-boşaldılması imkanları genişləndirilir. Bu günə olan proqnoz konteyner ticarətinin təkmilləşdirilməsindən səmərəli istifadə üçün 300KT-dən artıq yükləmə gücünə malik 73 ticarət gəmisindən ibarət olan "Dəniz Nəqliyyat Donanması"nın gələcək fəaliyyəti kifayət etməyəcəkdir. Belə ki, Donanmanın 13 bərə-gəmisi bir dəfəyə 512 konteyner (40 funluq) daşıya bilər. Gələcəkdə yükdaşımaların gözlənilən həcmi 500 minə yaxın konteyner nəzərdə tutulmuşdur. Hazırda konteynerlərin daşınması üçün bərə gəmilərinin istifadə edilməsi qiymətlərin qalxmasına səbəb olduğundan, 400-500 konteyner daşıma gücünə malik olan konteyner bərələrin inşasına investisiya yatırılması qiymətləri aşağı salmaqla iqtisadi uğurlarımızın inkişafına zəmin yaradacaqdır. Dəniz üzgüçülüyünün təhlükəsizliyi baxımından mühüm göstərici olan dəniz donanmasını təşkil edən həmin gəmilərin orta yaş həddinin daha da azaldılması başlıca hədəf kimi müəyyən olunub və ölkəmizin tranzit potensialının gücləndirilməsi məqsədilə donanmanın yenilənməsi və müasir tələblərə cavab verən yeni gəmilərin tikintisi daim diqqət mərkəzində saxlanılır və bu məsələyə tərəfimizdən xüsusi həssaslıqla yanaşılır [5].

Su nəqliyyatı növü olan bərələrin sərnişindaşıma xüsusiyyətinə görə xüsusilə qeyd etmək lazımdır. Dünya praktikasında daha çox sərnişindaşıma məqsədilə istifadə edilən bu vasitə həm də nəqliyyatdaşıma və yükdaşıma funksiyalarına malikdir. Dünyada ilk bərə 1871-ci ildə Türkiyə üçün İngiltərədə istehsal edilmiş və növbəti il Bosfor boğazında istifadəyə verilmiş "Suhulet" bərəsidir. İlk səfərini Üsküdar və Qabataş limanları arasında reallaşdıran bu bərə düz 89 il fəaliyyət göstərib. Hazırda dünyanın ən böyük bərəsi İsveçin "Stena Hollandica" bərəsidir ki, hər gedişi 7 saatdan ibarət olmaqla, Niderland və İngiltərə arasında gündəlik 2 dəfə xidmət göstərir.

Kür və Araz kimi bolsulu çayları olan, dünyanın ən böyük gölü Xəzərin sahilində yerləşən Azərbaycanda da sərnişindaşıma məqsədilə su nəqliyyatının bu növündən bir zamanlar çox istifadə edilib. Əvvəllər çaylarda daha çox bərəyə rast gəlinsə də, körpülərin salınması ilə bərələrə olan ehtiyac azalıb. 2013-cü ildə donanmanın yenilənməsi istiqamətində aparılan işlər nəticəsində ölkəyə yeni bərələr gətirilərək köhnələrin tamamilə əvəzlənməsi baş tutub. Hətta yerli istehsal nümunələri olaraq, Bakı Gəmiqayırma Zavodunda inşa edilən "Akademik Zərifə Əliyeva" və "Azərbaycan" gəmi-bərələri 2021-ci ildə istifadəyə verilib. Hazırda Xəzər dənizində ölkəmizə məxsus 18 bərə var və onlar Azərbaycanla Xəzəryanı ölkələr arasında fəaliyyət göstərir [6].

Su nəqliyyatında innovativ üsullar tətbiq etməklə onların idarəetmə funksiyalarını təkmilləşdirmək mümkündür. Bu innovativ idarəetmə funksiyalar aşağıdakılardan ibarətdir:

- Planlaşdırma sənədlərinin hazırlanması;
  - ✓ Planlaşdırma idarəetmənin məqsədlərinin müəyyən edilməsi və ona nail olma vasitələri, hərəkət və iş planlarının tərtib edilməsidir. O idarə olunan obyektlərin inkişaf və modelləşdirmə proznozlarını, məsələn, yeni texniki vasitələrin, mütərəqqi texnologiyasının su nəqliyyatında tətbiqini əhatə edir.
- Təşkilatçılıq prosedurunun işlənilməsi;
  - ✓ Təşkilatçılıq istehsal obyektlərinin seçimini və onun struktur formasını, onunla eyni səviyəli idarəetmə sisteminin yaradılmasını, sistemin struktur elementləri arasındakı mütənasibliyi və onların qarşılıqlı əlaqələrini əhatə edir. Məsələn, su nəqliyyatının vacib xüsusiyyətlərindən biri onun maddi-texniki bazasının su hövzələrində ərazi üzrə yerləşdirilməsi, hövzələrdə su nəqliyyatının fəaliyyətini istehsal birliyi kimi obyektiv seçimdə müəyyən edir.



Şəkil. *Su nəqliyyatında innovativ üsulların tətbiq alqoritmi*

- Nizamlama mərhələsinin təşkili;
  - ✓ Nizamlama istehsal sisteminin tərkibində optimal rejimin saxlanılmasına, idarə edilən obyektlərin işinin planlarından yayınma hallarının aradan qaldırılmasına və onun müxtəlif elementlər arasında tələb olunan sistemlərin saxlanılmasına yönəlmişdir. Məsələn, hava şəraiti ilə əlaqədər yaxud digər səbəblərdən ayrı-ayrı gəmilər onlar üçün müəyyən edilmiş iş qrafiklərindən çıxa bilərlər. Belə hallarda nizamlanma imkan verir ki, gəmiçilik öhdəsinə düşən daşıma tapşırıqlarını yerinə yetirmək üçün müxtəlif tədbirlər həyata keçirsin və itkilərin səviyyəsi minimuma endirilsin.
- Nəzarət və Audit sisteminin qurulması;
  - ✓ Nəzarət və Audit sistemi istehsalat prosesinin gedişatının verilmiş plan tapşırıqlarına uyğun həyata keçirilməsinin müşahidə edilməsində və yoxlanılmasında öz təzahürünü tapır. Məsələn, bütün gəmilər tərəfindən reys tapşırıqlarının, dəniz limanları tərəfindən yükaşırma tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi daim müvafiq idarəetmə orqanlarının nəzarəti altında saxlanılır.
- Uçot sisteminin qurulması.
  - ✓ Uçot ötən dövrdə istehsal sisteminin fəaliyyətinə yekun qiymət verən göstəricisidir. Hesabat məlumatı eyni zamanda sistemin növbəti dövrlərdə inkişafı üçün başlanğıc bazası rolunu oynayır.

Su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin innovativ üsullarla yüksəldilməsi üçün daşımaların maya dəyərinin aşağı salınmasına ardıcıllıqla göstərilən yollarla nail olmaq mümkündür:

- ayrı-ayrı maddələr üzrə su nəqliyyatı sisteminin istismar xərclərinə qənaətlə yanaşmaq prinsipi əsas götürülməli;
- gəminin ölü yükdən azad edilməsi yolu ilə onun təmiz yükgötürmə qabiliyyətinin artırılması və reys ehtiyyatlarından istifadə normativlərinə ciddi riayət etmək;
- hər bir reysdə yükün səmərəli seçilməsi yolu ilə təmiz yükgötürmə qabiliyyətindən tam istifadə, həmçinin gəmilərin istiqamətlər üzrə düzgün paylanması yolu ilə əks istiqamətli reyslər üçün yüklərin cəlb edilməsi;
- texniki istismarın və gəmi sürücülüyünün mütərəqqi metodlarının tətbiqi və təkmilləşdirilməsi hesabına təhlükəsizlik tədbirləri nəzərə alınmaqla gəminin hərəkət sürətinin artırılması;
- yükləmə-boşaltma əməliyyatlarının sürətləndirilməsi, yükləmə və köməkçi əməliyyatların maksimum dərəcədə uyğunlaşdırılması və boşdayanma hallarının aradan qaldırılması;
- daha çox xüsusi çəkiyə malik olan güc qurğularının işinə sərf edilən yanacaq-sürtkü materiallarına qənaət edilməsi.

Su nəliyyatında innovativ üsulların tətbiq üçün hazırlanmış alqoritm aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.

Nəticə. Su nəqliyyatı vasitələrinin və su sistemi yollarının istismar keyfiyyətlərinin sistemli və şəkildə araşdırılması, həmin sistemlərdə innovativ üsulların tətbiqi ilə keyfiyyət və kəmiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsi üçün aşağıda göstərilən hüquqi, ictimai, texniki, iqtisadi və ekoloji tədbirlərin kompleks şəkildə yerinə yetirilməsi təklif edilir:

- Su nəqliyyatı sistemində dövlət dəstəyi üsullarının işlənib hazırlanması və dövlət tənzimlənməsinin müəyyənləşdirilməsi;
- Su nəqliyyatı sistemində investiya siyasətinin formalaşdırılması və geri ödəmələrin müəyyən edilməsi;
- Su nəqliyyatı sistemində müasir yüksək kommunikasiya texnologiyalarının və innovasiyaların tətbiq edilməsi;
- Su nəqliyyatı sistemində logistika prosesinin keyfiyyətli, təhlükəsiz və davamlı təşkilinin təmin edilməsi;

- Hərəkət trayektoriyasını təmin edən su yollarının vəziyyətinin texniki cəhətdən yaxşılaşdırılması;
- Mövcud su nəqliyyatı kommunikasiyalarının araşdırılması və tələbatlara müvafiq olaraq təkmilləşdirilməsi;
- Nanotexnologiya məhsullarının tətbiqi ilə naviqasiyalı hidrotexniki qurğuların keyfiyyətinin yüksəldilməsi;
- Su nəqliyyatı vasitələrinin texniki istismar göstəricilərinin sistemli və kompleks şəkildə yaxşılaşdırılması;
- Logistika prosesində sosial və hərbi əhəmiyyətli daşımaların reallaşmasının təmin edilməsi;
- Su-sərnişin parklarının, liman və vağzalların beynəlxalq standartlara uyğun şəkildə tikintisi və istismara buraxılması;
- Sahil infrastrukturunun beynəlxalq standartlara uyğun formalaşdırılmasının təmin edilməsi;
- Su nəqliyyatı sistemində hüquqi rejiminin işlənib hazırlanması və dəniz hüququ ilə bağlı məsələlərin işlənib hazırlanması;
- Su nəqliyyatı sistemində okeanının təbii ehtiyatlarından səmərəli istifadə və ekoloji tarazlığın saxlanılması;
- Su nəqliyyatı vasitələri ilə daşımaların müqavilə əsasında zəmanətli və sığortalı şəkildə reallaşdırılması;
- Su nəqliyyatı vasitələri ilə daşımaların müqavilə əsasında zamanında və məhsuldar şəkildə reallaşdırılması;
- Yüksək ixtisaslı dənizçi kadrların yetişdirilməsi. Əsas və köməkçi heyətin biliklərinin mütəmadi olaraq artılması üçün seminarların təşkil edilməsi;
- Beynəlxalq əməkdaşlıq əlaqələrinin genişləndirilməsi və beynəlxalq konvensiyalara qoşulmanın təmin edilməsi.

Bu tədqiqatların nəzəri və təcrübi əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, su nəqliyyatının ölkə iqtisadiyyatında rolu araşdırılmış, onun istismar keyfiyyətləri və texniki-iqtisadi göstəriciləri təhlil edilmişdir. İnnovativ üsulların tətbiq mexanizminin qurulması ardıcıllığı müfəssəl şəkildə öyrənilmiş və su nəqliyyatının istismar keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün kompleks tədbirlər planı işlənib hazırlanmışdır. Su nəqliyyatının idarəetmə funksiyaları və sırf su nəqliyyatı üçün xüsusi olaraq innovativ üsullar alqoritmi işlənilmişdir. Tədqiqatların əsas elmi müddəaları və nəticələri bütövlükdə ölkə su nəqliyyatı sisteminin formalaşdırılması və inkişaf etdirilməsi üçün nəzəri-metodoloji baza rolunda çıxış edə bilər.

Ədəbiyyat

1. Rəhimov C.R. Regionlarda nəqliyyat sisteminin inkişafının səmərəliliyinin qiymətləndirilməsinin metodoloji əsasları. ADDA-nın "Elmi əsərləri". №1, Bakı, Elm 2016. Səh. 77-80.
2. Бураковский Е.П. и др. Эксплуатационная прочность судов. Изд.: Лань. 2018, 404с.
3. Курочкин Л.Е. и др. Конвенционные требования к безопасности судоходства. Изд.: Вузовский учебник. 2017, 136 с.
4. Yadigarov T.A. Azərbaycan iqtisadiyyatinda dəniz nəqliyyati: problemlər və perspektivlər. Bakı, «Avropa» nəşriyyatı, 2018,-350 səh.
5. Rəhimov C.R. Milli Logistik sistemlərin formalaşdırıl-masının əsaslandırılması. ADDA-nın "Elmi əsərləri". №2, Bakı, Elm 2016. Səh. 114-119
6. Дж.Р.Рагимов. Моделирование координации работы видов транспорта // Национальный Лесотехнический Университет Украины. Научный Вестник. Выпуск 24.08.2014, с. 363-369.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

UOT: 621.3:007

DİZEL MÜHƏRRİKİNİN İŞÇİ TSİKLİ ƏRZİNDƏ SİLİNDRDƏKİ İŞÇİ QARIŞIĞIN MİQDARININ HESABLAMA METODİKASI

Axundov İ.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: ilham_akhundov@mail.ru, a.ismayilov27@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə dizel mühərrikinin işçi tsiklinin hesabı zamanı sorma, xaricetmə, sıxma, yanma və genişlənmə proseslərində silindrdəki işçi qarışığın miqdarının hesablanması metodikasına baxılmışdır. Silindrdəki parametrlərin hesabı zamanı işçi qarışığın karbon qazından, su buxarlarından, oksigendən, azotdan və silindrə püskürülən yanacaqdan ibarət olduğu qəbul olunmuşdur. Sorma prosesində silindrdə olan komponentlərdən yalnız oksigen və azotun miqdarları artır, karbon qazı və su buxarlarının miqdarı isə sabit qalır. Xaricetmə prosesində silindrdəki işçi qarışığın bütün komponentlərinin (yanacaqdan başqa) miqdarının azaldığı, sıxma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın kütlə və mol miqdarlarının dəyişmədiyi qəbul olunur. Yanma prosesində isə işçi qarışığın tərkibindəki yanacağın miqdarı azalır, digər komponentlərin miqdarı isə yanma getdikcə artır. Məqalədə bütün bunlar nəzərə alınmaqla işçi tsikl ərzndə silindrdəki işçi qarışığın miqdarının hesablanması metodikası təklif olunur.*

Abstract. *The Article is considering the methodology for calculating the amount of working mixture in cylinder of diesel engıne during the processes as for suction, exhaust, compression, combustion and expansion processes as well as during the calculation of the duty cycle of a diesel engine. When calculating the parameters in cylinder, it was assumed that the working mixture consisted as of carbon dioxide, water vapor, oxygen, nitrogen and fuel injected into the cylinder, only. During the suction process, concerning to flame components, only the amount of oxygen and nitrogen in the cylinder increases, while the amount of carbon dioxide and water vapor remains constant. It is assumed that the amount of all components of the working mixture (except fuel) during the exhaust process in the cylinder decreases, and the amount of mass and molar weight of the working mixture do not change during the compression and expansion processes. During the combustion, the amount of fuel in working mixture decreases, while the amount of other components in combustion process increases. Taking all this aspects into account, the Article proposes a Method of Calculation of the amount of working mixture in the cylinder during the working cycle.*

Аннотация. *В статье излагается расчетная методика определение количества рабочей смеси в процессах впуска, выпуска, сжатия, сгорания и расширения при расчете рабочего цикла дизельного двигателя. При расчете параметров в цилиндре было принято, что рабочая смесь в цилиндре состоит из углекислого газа, водяных паров, кислорода, азота и горючего, впрыснутого в цилиндр. В процессе впуска увеличивается только количество кислорода и азота, а количество углекислого газа и водяных паров остается постоянными. В процессе выпуска принимается, что количество всех компонентов рабочей смеси (кроме горючего) уменьшается, в процессах сжатия и расширения массовое и мольное количество рабочей смеси остается постоянными. В процессе сгорания уменьшается количество горючего в составе рабочей смеси, количество других компонентов увеличивается с продолжением сгорания. В статье предлагается методика определения количество рабочей смеси в течении рабочего цикла с учетом вышеизложенных положений.*

Açar sözlər: *İşçi qarışıq, işçi tsikl, sorma prosesi, xaricetmə prosesi, sıxma prosesi, yanma prosesi, genişlənmə prosesi, işçi qarışığın miqdarı, karbon qazı, su buxarları, oksigen, azot*

Key words: *Working mixture, duty cycle, suction process, exhaust process, compression process, combustion process, expansion process, mixture quantity, carbon dioxide, water vapor, oxygen, nitrogen*

Ключевые слова: *Рабочая смесь, рабочий цикл, процесс впуска, процесс выпуска, процесс сжатия, процесс сгорания, процесс расширения, количества рабочей смеси, углекислый газ, водяные пары, кислород, азот*

Giriş. Gəmi dizel mühərriklərinin texniki-iqtisadi və ekoloji göstəricilərinin yüksəldilməsi üçün elmi-tədqiqat işlərinin, eləcə də motor sınaqlarının yerinə yetirilməsi əsas şərtlərdən biridir. Belə ki, bu zaman alınan nəticələr təhlil olunur və texniki-iqtisadi, ekoloji göstəricilərin yaxşılaşdırılması üçün müəyyən təkliflər irəli sürülür. Motor sınaqlarına çəkilən xərclərin azaldılması məqsədi ilə riyazi eksperimentlərdən istifadə olunması çox geniş yayılmışdır ki, bu da öz növbəsində dizel mühərrikin işçi tsiklini hesablamaq üçün təkmil bir hesablama metokisanın və riyazi modelin hazırlanmasını tələb edir. Bu zaman müxtəlif proseslər ərzində silindrdəki işçi qarışığın miqdarının düzgün hesablanması çox vacibdir. Belə ki, işçi qarışığın kütlə və mol miqdarı silindrdəki təzyiq və temperaturun qiymətlərinə, onlar da öz növbəsində mühərrikin indikator göstəricilərnə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bu baxımdan məqalədə baxılan müddəaların aktual olduğunu hesab etmək olar.

Əsas hissə. Silindrdəki parametrlərin hesabı zamanı işçi qarışığın karbon qazından (CO_2), su buxarlarından (H_2O), oksigendən (O_2), azotdan (N_2) və silindrə püskürülən yanacaqdan ibarət olduğu qəbul olunmuşdur.

Sorma və xaric klapanlarında qazların sərfi, qaz axını birölçülü qəbul olunmaq şərti ilə, klapanların minimum en kəsiklərindəki parametrlərə görə təyin olunur [1, səh 54-55].

Sorma prosesi zamanı hesablama addımında silindrə daxil olan havanın kütlə miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{Sj} = \mu_S \cdot F_{Sj} \cdot W_S \cdot \rho_S, \tag{1}$$

burada, μ_S - sorma klapanında sərf əmsalıdır; F_{Sj} - sorma klapanında keçid sahəsidir, m^2; W_S - sorma klapanında qaz axınının sürətidir, *m/san*; ρ_S - sorma klapanının girişində qazın sıxlığıdır, kq/m^3.

Sorma prosesində silindrə daxil olan havanın tərkibində kütlə ilə 23% oksigen və 77% azot olduğundan silindrdə olan komponentlərdən yalnız oksigen və azotun miqdarlarının artdığı, karbon qazı və su buxarlarının miqdarının isə sabit qaldığı qəbul olunur. Onda, bu proses ərzində, silindrdəki işçi qarışığın tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin kütlə və mol miqdarları hesablama addımının sonunda aşağıdakı kimi hesablanar:

$$G_{CO_2 j+1} = G_{CO_2 j}, \tag{2}$$

$$G_{H_2O\ j+1} = G_{H_2O_j}, \tag{3}$$

$$G_{O_2 j+1} = G_{O_2 j} + 0{,}23 \cdot G_{Sj}, \tag{4}$$

$$G_{N_2 j+1} = G_{N_2 j} + 0{,}77 \cdot G_{Sj}, \tag{5}$$

burada, $G_{CO_2 j}$, $G_{H_2O_j}$, $G_{O_2 j}$ və $G_{N_2 j}$ - hesablama addımının əvvəlində silindrdəki karbon qazının, su buxarlarının, oksigeni və azotun kütlə miqdarlarıdır.

(2) və (3) ifadələrindən göründüyü kimi, sorma prosesi ərzində silindrdəki karbon qazının və su buxarlarının miqdarları dəyişmədiyindən onların hesablama addımının sonundakı qiymətləri hesablama addımının əvvəlindəki qiymətlərə bərabədir.

Xaricetmə prosesi zamanı hesablama addımında silindrdən xaric olan qazların kütlə miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{Xj} = \mu_X \cdot F_{Xj} \cdot W_X \cdot \rho_X, \tag{6}$$

burada, μ_X - xaricetmə klapanında sərf əmsalıdır; F_{Xj} - xaricetmə klapanında keçid sahəsidir, m^2; W_X - xaricetmə klapanında qaz axınının sürətidir, *m/san*; ρ_X - xaricetmə klapanından keçən, daha doğrusu, bu proses ərzində silindrdəki qazların sıxlığıdır, kq/m^3.

Xaricetmə prosesində silindrdən xaric olan qaların tərkibində işçi qarışığın bütün komponentləri vardır. Odur ki, bu proses ərzində silindrdə qalan işçi qarışığın tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin hesablama addımının sonundakı kütlə miqdarları aşağıdakı kimi hesablanar:

$$G_{CO_2 j+1} = G_{CO_{2_j}} - G_{Xj} \cdot G_{CO_2 j} / G_j, \tag{7}$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2O_j} - G_{Xj} \cdot G_{H_2Oj} / G_j, \tag{8}$$

$$G_{O_2 j+1} = G_{O_{2_j}} - G_{Xj} \cdot G_{O_2 j} / G_j, \tag{9}$$

$$G_{N_2 j+1} = G_{N_{2_j}} - G_{Xj} \cdot G_{N_2 j} / G_j, \tag{10}$$

burada, G_j - hesablama addımının əvvəlində silindrdəki işçi qarışığın kütlə miqdarıdır.

(7)÷(10) ifadələrində sağ tərəfdəki nisbətlər klapandan xaric olan qazların tərkibində, uyğun olaraq, karbon qazının, su buxarlarının, oksigenin və azotun hissələrini, başqa sözlə, bu komponentlərin hansı hissə təşkil etdiyini göstərir.

Məlum olduğu kimi xaricetmə prosesinin sonunda, porşen y.ö.n.-ə müəyyən qədər qalmış sorma klapanı da açılır, porşen y.ö.n.-dən bir qədər keçmiş isə xaricetmə klapanı bağlanır və bu müddət ərzində hər iki klapan açıq qalır. Bu halda sorma klapanının açılmasının qabaqlama bucağı düzgün qəbul olunubsa, onda porşen y.ö.n.-ə çatana kimi, silindrdəki təzyiqdən asılı olmayaraq, bu klapandan silindrə həmişə təmiz hava daxil olacaq, xaricetmə klapanından isə həmişə yanma məhsulları xaric olacaqdır. Porşen y.ö.n.-ə çatıb aşağıya doğru hərəkət etdiyi andan xaricetmə klapanı bağlanana qədər, silindrdəki təzyiqdən asılı olaraq, bu klapandan yanma məhsulları ya xaric olacaq ($p_j \geq p_0$ olduqda), ya da ətraf mühitdən silindrə təmiz hava daxil olacaqdır ($p_j \leq p_0$ olduqda). Bunu nəzərə almaqla hər iki klapanın açıq qalması müddətində silindrdə qalan işçi qarışığın tərkibindəki ayrı-ayrı komponentlərin hesablama addımının sonundakı kütlə miqdarları aşağıdakı kimi hesablanar:

$p_j \geq p_0$ olduqda

$$G_{CO_2 j+1} = G_{CO_{2_j}} - G_{Xj} \cdot G_{CO_2 j} / G_j, \tag{11}$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2O_j} - G_{Xj} \cdot G_{H_2Oj} / G_j, \tag{12}$$

$$G_{O_2 j+1} = G_{O_{2_j}} + 0{,}23 \cdot G_{Sj} - G_{Xj} \cdot G_{O_2 j} / G_j, \tag{13}$$

$$G_{N_2 j+1} = G_{N_{2_j}} + 0{,}77 \cdot G_{Sj} - G_{Xj} \cdot G_{N_2 j} / G_j, \tag{14}$$

$p_j \leq p_0$ olduqda

$$G_{CO_2 j+1} = G_{CO_{2_j}}, \tag{15}$$

$$G_{H_2Oj+1} = G_{H_2O_j}, \tag{16}$$

$$G_{O_2 j+1} = G_{O_2 j} + 0{,}23 \cdot G_{Sj} + 0{,}23 \cdot G_{Xj}, \quad (17)$$

$$G_{N_2 j+1} = G_{N_2 j} + 0{,}77 \cdot G_{Sj} + 0{,}77 \cdot G_{Xj}, \quad (18)$$

İstənilən halda, sorma və xaricetmə proseslərində hesablama addımının sonunda işçi qarışığın kütlə (G_{j+1}) və mol (M_{j+1}) miqdarları həmin komponentlərin kütlə və mol miqdarlarının cəmi kimi təyin edilir:

$$G_{j+1} = G_{CO_2 j+1} + G_{H_2 Oj+1} + G_{O_2 j+1} + G_{N_2 j+1}, \quad (19)$$

$$M_{j+1} = M_{CO_2 j+1} + M_{H_2 Oj+1} + M_{O_2 j+1} + M_{N_2 j+1}, \quad (20)$$

Qeyd etmək lazımdır ki, sıxma, yanma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın kütləsi sabit götürülür: sıxmada işçi qarışığın kütləsi silindrə daxil olmuş havanın kütləsi ilə qalıq qazların kütləsi cəminə bərabər, genişlənmədə isə tsiklik yanacaq dozasının miqdarı qədər artdığı qəbul olunur.

Sıxma və genişlənmə proseslərində işçi qarışığın bütün komponentlərinin kütlə və mol miqdarlarının dəyişmədiyi qəbul olunur (porşen üzüklərindən sızmalar nəzərə alınmır). Sıxma prosesinin sonuna yaxın yanacaq püskürülməyə başladıqdan etibarən isə yanıcı qarışığın ümumi miqdarı silindrə püskürülən yanacaq qədər artır. Beləliklə, yanacaq püskürülməsinə qədər sıxma və genişlənmə prosesləri üçün yaza bilərik:

$$G_{CO_2 j+1} = const;$$
$$G_{H_2 Oj+1} = const;$$
$$G_{O_2 j+1} = const;$$
$$G_{N_2 j+1} = const;$$
$$M_{CO_2 j+1} = const;$$
$$M_{H_2 Oj+1} = const;$$
$$M_{O_2 j+1} = const;$$
$$M_{N_2 j+1} = const.$$

Silindrə püskürülən yanacağın miqdarı yanacaq verilməsinin inteqral qanununa görə çıxarılmış empirik düsturlarla hesablanır.

Yanacaq püskürüldükdən yanma başlanana qədər olan müddətdə silindrdəki işçi qarışığın miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$G_{j+1} = G_j + \left(G_{yj+1} - G_{yj}\right), \quad (21)$$

$$M_{j+1} = M_j + \left(M_{yj+1} - M_{yj}\right), \quad (22)$$

burada G_{yj+1}, M_{yj+1}, G_{yj} və M_{yj} - hesablama addımının sonunda və əvvəlində uyğun olaraq silindrə püskürülən yanacağın kütlə və mol miqdarlarıdır.

Yanma zamanı hesablama addımının sonunda işçi qarışığın ayrı-ayrı komponentlərinin mol və kütlə miqdarları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_{CO_2 j+1} = M_{CO_2 j} + \frac{C}{12} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j,$$

$$M_{H_2O \cdot j+1} = M_{H_2O \cdot j} + \frac{H}{2} \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j,$$

$$M_{O_2 j+1} = M_{O_2 j} - 0{,}21 \cdot L_0 \cdot g_{ts} \cdot \Delta x_j,$$

$$M_{N_2 j+1} = M_{N_2 j},$$

$$G_{CO_2 j+1} = \mu_{CO_2} \cdot M_{CO_2 j+1},$$

$$G_{H_2O \cdot j+1} = \mu_{H_2O} \cdot M_{H_2O \cdot j+1},$$

$$G_{O_2 j+1} = \mu_{O_2} \cdot M_{O_2 j+1},$$

$$G_{N_2 j+1} = \mu_{N_2} \cdot M_{N_2 j+1},$$

burada C və H –1 *kq* yanacaqda olan karbon (C) və hidrogenin (H) kütlə hissələri; L_0 - 1 kq yanacağın tam yanması üçün tələb olunan nəzəri hava miqdarı; g_{ts} - tsikl ərzində silindrə püskürülən yanacağın miqdarı; Δx_j - Δt zaman intervalında yanacağın yanan hissəsidir:

$$\Delta x_j = x_{j+1} - x_j,$$

burada, x_{j+1} və x_j - uyğun olaraq hesablama addımının sonunda və əvvəlində yanacağın yanan hissəsidir.

Yanma zamanı silindrdəki işçi qarışığın ümumi kütlə və mol miqdarları:

$$G_{j+1} = G_{CO_2 j+1} + G_{H_2 O j+1} + G_{O_2 j+1} + G_{N_2 j+1} - g_{ts} \cdot x_{j+1} \cdot G_{yj+1}, \quad (23)$$

$$M_{j+1} = M_{CO_2 j+1} + M_{H_2 O j+1} + M_{O_2 j+1} + M_{N_2 j+1} + (G_{yj+1} - g_{ts} \cdot x_{j+1}) / \mu_y, \quad (24)$$

burada, μ_y - yanacağın molekul kütləsidir, *kq/kmol.*

Nəticə. Dizel mühərrikinin işçi tsiklini hesablamaq üçün təkmıl bir hesablama metokisanın və riyazi modelin hazırlanması zamanı müxtəlif proseslər ərzində silindrdəki işçi qarışığın miqdarının düzgün hesablanması çox vacibdir. Belə ki, işçi qarışığın kütlə və mol miqdarı silindrdəki təzyiq və temperaturun qiymətlərinə, onlar da öz növbəsində mühərrikin indikator göstəricilərnə təsir göstərən əsas amillərdən biridir. Bu baxımdan işçi tsikl ərzində silindrdəki işçi qarışığın kütlə və mol miqdarlarının hesablanması üçün təklif olunan metodika silindrdəki təzyiq və temperaturun, eləcə də mühərrikin indikator göstəricilərinin daha dəqiq hesablanmasına imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Исмаилов А.Ш. Исследование рабочего процесса дизеля с ПАРСС восстанавливающим объем камеры сгорания в конце выпуска –в начале наполнения. Дис. канд. техн. наук-Баку, 1990, 208 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 621.311

ON EFFECTIVENESS OF THE ROSENBROCK METHODS FOR SIMULATION TRANSITIONS IN ELECTRICAL SYSTEMS

Lazimov T.M., Sadigov A.B.

Azerbaijan State Marine Academy
AZ1000 18, Z. Aliyeva str, Baku
Azerbaijan Technical University
AZ1073, 25, Huseyn Javid ave, Baku
E-mail: *tahirlazim@gmail.com; asif14.sadiq@gmail.com*

Abstract. *Effectiveness and computational features of the Rosenbrock methods and appropriate ordinary differential equations solvers at simulation transitional processes in electric power systems are considered in the paper. These methods and solver are investigated from the point of view obtaining stable solutions and their behavior in comparison with solutions got at use some other stiff ode solvers. Effectiveness of the Rosenbrock methods was studied for the transition modes of switching-off capacitive and small inductive currents being the most unfavorable regimes for electrical systems' high-voltage insulation and belonging to the class of stiff problems from the point of view computer simulation.*

Xülasə. *Elektroenergetika sistemlərində kommutasiya keçid proseslərinin modelləşdirilməsində Rosenbrock metodu və onu həyata keçirən adi differensial tənliklər solverlərinin effektivliyi və istifadəsinin xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Bu metod və solverlər bəzi digər metodlarla müqayisədə dayanıqlı həllərin alınması və bu həllərin davranışı nöqteyi nəzərindən araşdırılmışdır. Rosenbrock metodlarının effektivliyi hesabi baxımdan "sərt" məsələ olan və elektrik sistemlərinin yüksək gərginlik izolyasiyası üçün ən əlverişsiz rejimlərindən olan tutum və kiçik induktiv cərəyanlarının açılması halları üçün tədqiq edilmişdir.*

Аннотация. *Рассмотрена эффективность и вычислительные особенности методов Розенброка и соответствующих солверов обычных дифференциальных уравнений в симуляции переходных коммутационных процессов в электроэнергетических системах. Проведено исследование данного метода и солверов с точки зрения устойчивости и поведения решений, в сравнении с другими методами. Эффективность методов Розенброка рассматривается на примере считающейся жесткой задачей отключение неблагоприятно влияющих на высоковольтную изоляцию электрических систем, емкостных и малых индуктивных токов.*

Key words: *Rosenbrock methods, ode solver, simulation parameters, stability of solutions*

Açar sözlər: *Rosenbrock metodları, ode solverlər, simulyasiya parametrləri, həllərin dayanıqlığı*

Ключевые слова: *методы Розенброка, солверы, параметры симуляции, устойчивость решений*

Introduction. As is known, computer modeling is one of the main, and sometimes the only means of studying scientific and technical problems. This is very important for solving many problems in the field of electric power engineering, especially when studying switching transients in electric power systems [1].

The most important concepts of numerical and computer simulation of transient processes are the stiffness of differential equations and the stability of solutions [2-4]. Note that the formalization of transient voltage equations using stiff differential equations is the main mathematical feature of transient processes in electrical networks [5-7].

In our previous studies and articles, it was shown how the methods, algorithms, and parameters of modeling can affect the behavior and stability of solutions (i.e., the adequacy of results) when studying transient processes in electric power systems [8, 9].

Note that the behavioral features of solutions obtained using various simulation methods (ode solvers) and algorithms are considered in numerous works, for example [4, 10].

Features of the Rosenbrock methods. The Rosenbrock ode solver included in the MATLAB sets (e.g., see [11]) realizes one of the methods from the class of so-called Rosenbrock methods [2]. These methods belong to the class of stiff methods. The essence of the Rosenbrock methods is avoiding nonlinear equations and systems due to replacing them by a sequence of linear equations and systems. By this reason, these methods are sometimes called linearly implicit or even (not very precise) semi-implicit [2]. Some authors determine them also like adaptive or additive or modified Runge-Kutta methods, usually of the 4-th order [2].

One more feature of the Rosenbrock methods is that despite of other stiff ode solvers included in in the [11] they have only algorithm [12] whereas other ones can be realized by use 2 algorithms, fast and robust ones.

Results and Discussion. In a comparative study the simulation results got by use the Rosenbrock method and appropriate ode solver were compared with the results got by use other stiff methods and solvers, namely:

- ode 23tb, trapezoidal method, with backward differentiation;
- ode 23t, trapezoidal method;
- ode 15s method.

Let us now consider features of use the 4-th order Rosenbrock method for computer simulation of different switching transitional modes in electric power systems.

Switching-off unloaded transformer

Our research shows that the ode 23s solver realizing the 4-th order Rosenbrock method [11] demonstrates the best behavior of simulated transitional functions against initial step size, see Fig.1. This function is the voltage across the circuit-breaker terminals (recovery voltage). These simulation results were obtained for the mode of switching-off 110 kV unloaded transformer of rated apparent power 41 MVA by vacuum circuit breaker. For all the ode solvers excluding the ode 23s Rosenbrock solver were used their fast algorithms.

As it is evidently seen from these graphs, although all the applied solvers provide obtaining stable solution the ode 23s solver ensures the best behavior of transitional functions at varying initial step size and fixed relative tolerance. Note here that behavior of transitional voltage across the transformer terminals against initial step size is alike to shown in Fig.1.

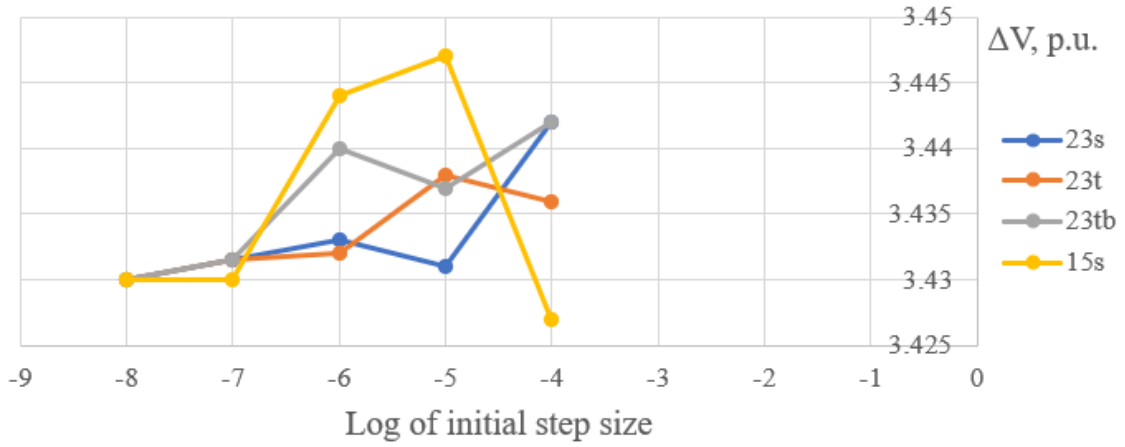


Fig. 1. *Calculated recovery voltage ratios against initial step size at use robust algorithms (relative tolerance 0.000001) for switching-off 110 kV unloaded transformer of 41 MVA*

Switching-off power capacitor banks

This mode was studied for 110 kV power capacitor banks of rated reactive power 75 MVAr. Fig.2 demonstrates dependences of calculated voltage ratios across the capacitor banks terminals against initial step size at use fast algorithms. As it is seen from Fig.2, although use of the ode 23s solver provides obtaining the stable solutions (alike the ode 23tb and ode 15s solvers and unlike ode 23t solver) its use causes the biggest deviations from the stable solution, in comparison with ode 23tb and ode 15s solvers. Note here that the ode 23s solver provides comparatively better behavior of solutions for some special cases, e.g., simulation of the same problem for the case of connection very short lines the capacitor bank is connected to [13] and may be useful at simulation with taking into consideration arc resistance [14]. The simulations of the switching transitional modes under study were implemented for the case of use vacuum circuit breaker.

Switching-off power transmission lines. This kind of transient is adequately simulated using the ode 23s solver and the fast and robust algorithms of the ode 23t and ode 15s solvers, as well as the robust ode 23tb solver algorithm whereas the fast algorithm of the 23tb solver gives worse (sometimes, satisfactory) stability of solutions. Note that as a rule obtaining the stable solutions for switching-off no-load power transmission lines requires significantly greater time-consuming in comparison with other transitions studied, relatively the same for all the stable solvers and algorithms.

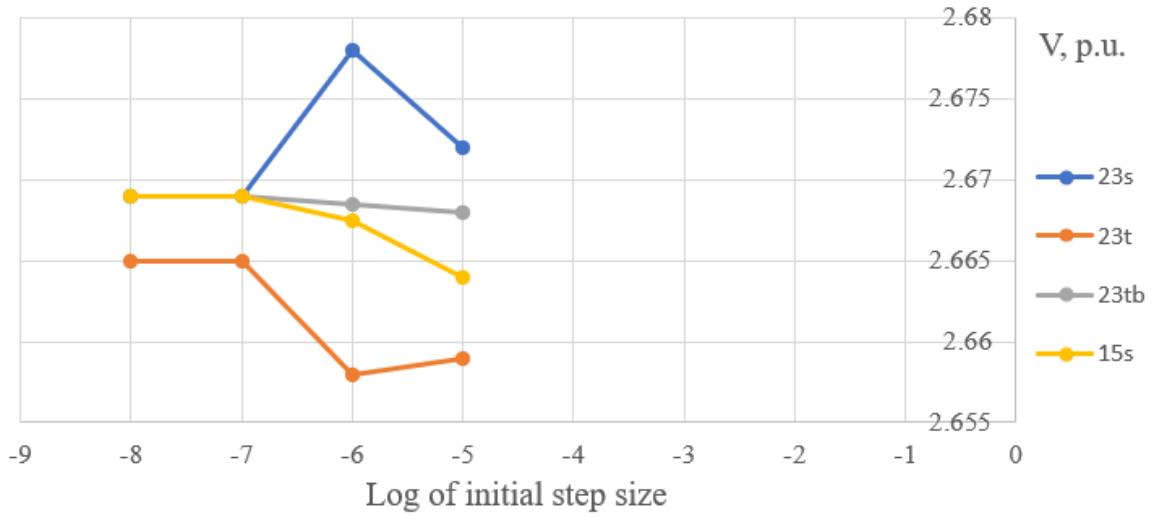


Fig 2. *Switching-off power capacitor banks: calculated voltage ratios across the installation terminals against initial step size at use fast algorithms (relative tolerance 0.000001)*

Note. As it was stated in our previous research type of circuit breaker can significantly (sometimes, decisively) impact on the flow of transitional process and magnitudes of functions of transitional voltages and currents, e.g., see [8]. The type of circuit-breaker (vacuum or SF6 ones) can influence on the switching transitional process via values of chop currents, law of electric strength restoration and full switching (contacts separation) time. The most important in this view is that the type of circuit breaker used in models does not impact on the results of the present paper.

Conclusion. The Rosenbrock method and ode 23s solver realizing it, provides obtaining of stable solutions at computer simulation some switching transitional processes in electric power systems, namely switching-off capacitor banks and unloaded transformers and power transmission lines. In the certain rare cases e.g., simulation of switching-off power transmission lines using the ode 23s solver can cause obtaining the solutions with comparatively worse behavior, that can be improved by control of simulation parameters. In general, the Rosenbrock's method realized in the ode 23s solver seems to be the most universal software tool for the studied class of problems.

References

1. René Smeets, Lou van der Sluis, Mirsad Kapetanovic, et al. Switching in Electrical Transmission and Distribution Systems, Wiley, New-York, 2014, 440 p.
2. Hairer E., Wanner G., Solving Ordinary Differential Equations II, Stiff and Differential- Algebraic Problems, Springer, Berlin, Heidelberg, 1996, 614 p.
3. L. F. Shampine, Numerical solutions of ordinary differential equations, Routledge, Oxfordshire, England, 2020. 632 p.
4. J. C. Butcher, Numerical methods for ordinary differential equations, John Wiley & Sons, Ltd, New-York, 2016. 538 p.
5. E. Fehlberg, NASA Technical Report 287, vol. 4, 1968, pp. 93-106.
6. Cleve Moler, Numerical Computing with MATLAB, 2014, 184 p.
7. Lazimov T., Akhundov S., Peculiarities of transients' simulation in electrical circuits, Proceedings of the Republican Conference on IT, Baku, Azerbaijan, 2003
8. T. Lazimov and E. A. Saafan, Computational Features of Numerical Simulation of Some Transitions in Electric Power Systems, Modern Electric Power Systems (MEPS), Wroclaw, Poland, 2019, pp.1-4
9. Lazimov T., Saafan E., Influence of arc resistance on transitional functions stability at computer simulation of switching-off processes, Proc. of the IEEE PES APPEEC Conference, Hong-Kong, 2014, pp.1-4.
10. E. Hairer, S. P. Norsett, G. Wanner, "Solving ordinary differential equations", Part 1, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, London, Paris, Tokyo, 1987.
11. https://ww2.mathworks.cn/help/physmod/simscape/ug/making-optimal-solver-choices-for-physical-simulation.html
12. H.H. Rosenbrock, "Some general implicit processes for the numerical solution of differential equations", Computer Journal, Vol. 5, 1962/63, pp. 329-330
13. T. Lazimov, R. Ahmadov, "Some Features of Capacitor Banks Automatic Switching-Offs Computer Simulation," IFAC-PapersOnLine 51 (30), 2018, pp. 632-635
14. Hashimov A.M., Lazimov T.M., Imanov S.V., "On counting arc resistance in circuit-breakers while simulating switching processes", "Power Engineering Problems", Vol.2, 2007, pp.13-16.

Məqalə qəbul olunub: 31.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 656.259.12

MƏRKƏZLƏŞDİRİLMİŞ AVTOBLOKLAMA SİSTEMİNDƏ KRİTİK MƏSAFƏNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

Qasımov R.C., Fərhadov V.Q., Əliyeva S.N., Əfəndiyeva Y.N.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: qasımov.rashid@g.mail.com, vahidf@mail.ru, sn.aliyeva@mail.ru
yasemen.nuray@mail.ru

Xülasə. *Mərkəzləşmiş avtobloklama sxemində bir rels dövrəsinin daxilində iki qatarın bir-birinə yaxınlaşması zamanı ikinci qatarın lokomotiv sarğaclarının altında birinci qatar üçün informasiya daşıyan avtomatik lokomotiv işarəvermə sisteminin siqnalı yarana bilər. Həmin siqnal ikinci qatarın lokomotiv qurğularının işə düşməsi üçün kifayət edə bilər, hansı ki, bu hal yolverilməz sayılır. Qatarlar arasındakı bu minimal məsafə kritik məsafə adlanır. Kritik məsafələrdə ikinci qatarın lokomotiv qurğularının işə düşməsinin aradan qaldırılması bu qatarın lokomotiv sarğacının cərəyanının onun etibarlı işi üçün lazım olan cərəyandan çox olmaması ilə nail olunur*

Abstract. *In a centralized auto-blocking scheme, when two trains approach each other within a single rail circuit, an automatic locomotive signaling system signal carrying information for the first train may appear under the locomotive windings of the second train. This signal may be sufficient to start the locomotive facilities of the second train, which is unacceptable. This minimum distance between trains is called the critical distance. Elimination of start-up of locomotive installations of the second train at critical distances is achieved by the fact that the current of the locomotive winding of this train does not exceed the current required for its reliable operation.*

Аннотация. *При сближении двух поездов в пределах одной рельсовой цепи возможно такое положение, когда локомотивными катушками второго поезда появится сигнал автоматической локомотивной сигнализации, несущий информацию для первого поезда. Ток автоматической локомотивной сигнализации может быть достаточен для срабатывания локомотивных устройств второго поезда. Минимальное расстояние между поездами при котором это явление отсутствует называется критическим.*

Açar sözlər: *izolyasiya müqaviməti, mərkəzləşdirilmiş avtobloklama, rels dövrəsi*
Key words: *control system, integral indicator, compensator*
Ключевые слова: *сопротивление изоляции, рельсовые цепи, автоблокировка*

Giriş. Mərkəzləşdirilmiş avtobloklama sistemində qurğuların stansiyada yerləşdirilməsi qatarların hərəkəti üzrə dispetçer nəzarətinin təşkilini sadələşdirir, stansiyaya yaxınlaşan qatarlar barədə bildiriş verir, ikitərəfli hərəkət üzrə istiqamətin qeyri – düzgün istiqamətdə keçirilməsini təmin edir. Eyni zamanda bu sistemin elektrik təchizatı da sadələşir,belə ki, stansiyada etibarlı elektrik təchizatının olması əsas və ehtiyat qida mənbəyinə və yüksək gərginlikli avtobloklama xəttinə ehtiyac yaranmır. Stansiya qida mənbəyindən qurğularln tələb etdiyi güc bu halda 2-3 dəfə azalır.

Aparatların stansiyada yerləşdirilməsi qatar dispetçerinə və ya stansiya növbətçisinə idarəetmə pultundan avtomatik lokomotiv işarəvermə (ALİ) kodları vasitəsi ilə mənzillərdə idarə etməyə imkan yaradır. Hərəkətə təhlükə yaradan nasaz yollar və ya hərəkət vasitələri qatar dispetçerinə və ya stansiya növbətçisinə uyğun kod siqnalını istənilən rels dövrəsindən ayırmağa və ya kod siqnalını dəyişdirməyə imkan verir. Bu qatarların hərəkət təhlükəsizliyini və tənzimləmə sisteminin təsir effektini artırır [1, 2].

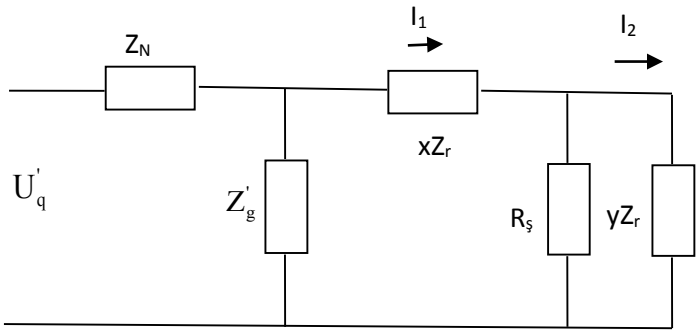
Əsas hissə. Bir rels dövrəsinin daxilində iki qatarın yaxınlaşması zamanı elə vəziyyət yarana bilər ki, ikinci qatarın lokomotivinin sarğaclarının altında birinci qatar üçün informasiyanı daşıyan

ALİ siqnalı yaransın. ALİ cərəyanı ikinci qatarın lokomotiv qurğularının işə düşməsi üçün kifayət ola bilər. Qatarlar arasında minimal məsafə (y), hansı ki, bu hadisə istisna olunur, y_k kritik məsafə adlanır.

Birinci qatar üçün nəzərdə tutulmuş ALİ-n cərəyanının ikinci qatarın lokomotivinin sarğaclarının altinda yaranması iki fiziki səbəbə - birinci, qatarın lokomotiv sarğaclarının altında ALİ siqnalının cərəyanının $İ_1$ normativ qiymətindən $İ_n$ böyük olması və birinci və ikinci qatarların şuntlarının müqavimətlərinin fərqinə əsaslanır. Ən əlverişsiz vəziyyət birinci qatarın şuntlama müqaviməti normativ qiymətə 0,06 Om bərabər olanda ikinci qatarın şuntlama müqaviməti bu zaman 0-a bərabər olan halda yaranır. Qatar şuntlarının müqavimətlərinin qeyd olunmuş qiymətləri üçün qatarlar arası kritik məsafə şunt rejiminin ən pis şəraitdə hesablanmış $İ_1/İ_n$cərəyanların nisbəti ilə müəyyən olunur.

Şəkil 1-də ALİ rejimində izolyasiya müqaviməti $r_i = \infty$ olan zaman rels dövrəsinin əvəzetmə sxemi verilmişdir. Bu sxemin əsasında cərəyanların nisbəti və y qiyməti arasındakı əlaqə aşağıdakı ifadələr ilə müəyyən olunur. Sxemdə $İ_2$ – ikinci qatarın lokomotivinin sarğacları altında ALİ-n cərəyanı;

Z_r- rels xəttinin xüsusi müqaviməti;$R_ş$ – birinci qatarın şunt müqaviməti;y – qatarlar arasındakı məsafə;x – ALİ-in ötürücü sonluğu ilə birinci qatarın arasındakı məsafə; U'_q – ALİ-nin qida mənbəyinin gərginliyi;Z'_g– yanaşı rels dövrəsinin giriş müqaviməti; Z –rels dövrəsinin sonluğunun müqaviməti.



Şəkil 1. *Sahədə iki qatar olan halda rels dövrəsinin əvəzetmə sxemi*

Əvəzetmə sxemi əsasında yazırıq

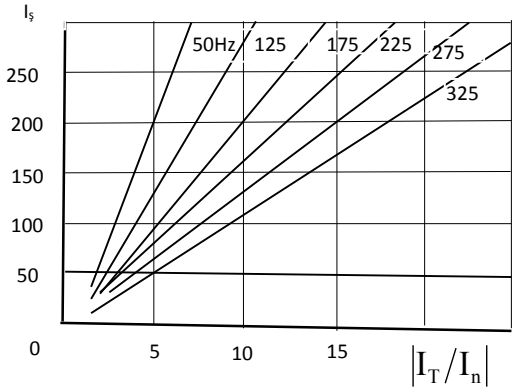
$$\frac{yZ_r}{R_ş} + 1 = \frac{İ_1}{İ_2} \quad (1)$$

Ikinci qatarın lokomotiv qurğularının işləməsini istisna etmək üçün lazımdır ki, $İ_2$ cərəyanı qəbul qurğuların etibarlı işədüşməmə cərəyanın $İ_{e.i}$ qiymətindən çox olmasın, yəni $İ_2 \leq İ_{e.i.}=k_L İ_{e.i.}$, burada k_L – lokomotiv qurğularının xarakteristikaları ilə müəyyən olunan əmsaldır. k_L əmsalı qida mənbəylərinin gərginliklərinin qeyri-sabitliyini, işədüşmə hədlərini və eləcə də lokomotiv qurğularının qayıtma əmsalını nəzərə alır [2, 3].

Qatarlar arasındakı kritik məsafə aşağıdakı ifadə ilə müəyyən olunur

$$y_{kr} = \frac{R_Ş}{|z_r|}\left(-cos\varphi + \sqrt{cos^2\varphi + \left|\frac{İ_1}{k_L İ_{e.i}}\right|^2 - 1}\right) \quad (2)$$

Bu ifadəyə əsasən müxtəlif tezlikli cərəyanların nisbətinə görə kritik məsafədən asılılıqların qrafikləri şəkil 2-də verilib.

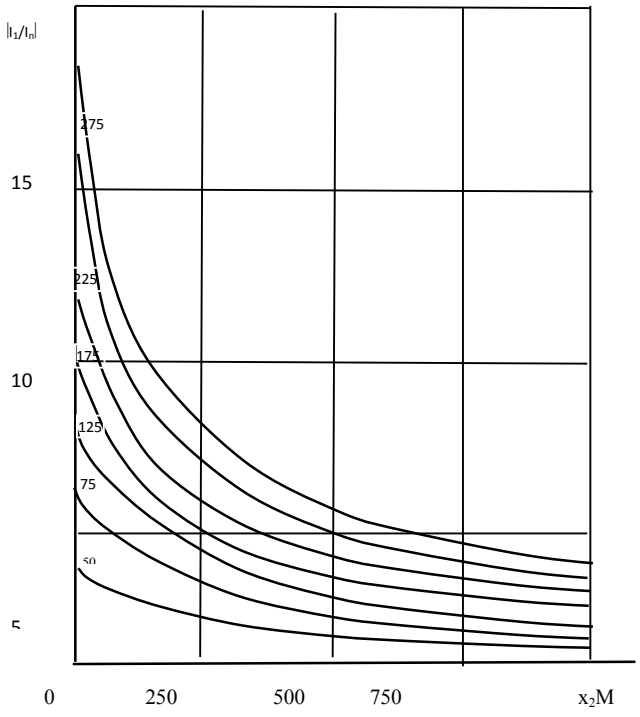


Şəkil 2. *Kritik məsafələrin ALİ cərəyanından asılılığı*

ALİ–nin cərəyanının faktiki qiymətinin normativ qiymətə nisbəti əhamiyyətli dərəcədə birinci qatarın ALİ–nin ötürücü sonluğuna qədər olan məsafədən asılıdır. Rels dövrəsinin uzunluğu l=1,0 kM və $l_ş$ üçün bu nisbətlərin rels dövrəsinin çıxış sonluğuna olan məsafənin asılılıqları şək. 3-də verilib.

Qrafiklərdən (şəkil 2 və 3) göründüyü kimi x məsafəsi 0-dan kritik l məsafəsinə qədər dəyişməsi zamanı kritik məsafə y_{kr} 200m-dən 60-m dək azalır.

Qatarın ALİ-nin qadağanedici siqnalından sonra tutulu olan rels dövrəsinə hərəkət etdiyi zaman lokomotiv işarəvermənin isifadə edilməsinin qaydasını müəyyən etmək üçün ikinci qatarın tutulu rels dövrəsinin giriş sonluğunda yerləşməsini nəzərə almaq lazımdır. Tutulu rels dövrəsinin giriş sonluğunda yerləşən qadağan edici qırmızı göstərici ikinci qatarın lokomotiv işıqforunda yaranır, əgər $\boldsymbol{l - x \geq y_{kr}(x)}$.



Şəkil 3. *ALİ cərəyanının məsafədən asılılığı*

Bu şərt əgər qatarları nöqtə kimi qeyd etsək qatarlar arası məsafə azı 60m olduqda yerinə yetirilir. Real hərəkət vasitəsi xətti ölçülərə malikdir, bu səbəbdən ikinci qatarın birinci qatar tutan

rels dövrəsinə daxil olan anda lokomotiv işıqforunda qırmızı göstəricinin qoşulmasına zəmanət verilir [3].

Qatarın tutulu rels dövrəsi ilə hərəkət etdiyi zaman blok–sahəyə hansının qabağında lokomotiv işıqforunda "dayan" siqnalı yaranırsa (qırmızı sarı ilə) o zaman əgər qarşıda qatar görünməyirsə-20km/saat qədər sürətə icazə verilir. Qadağanedici işarənin yaranması halında (qırmızı) qatar bu blok–sahəni növbəti siqnallardan asılı olmayaraq 20km/saat qədər sürətlə keçməlidir.

Maşinistə rels dövrələrin sərhədlərini keçməsi barədə informasiya blok–sahələrin sərhədlərində qurulan xüsusi nişanlarla verilir.

Nəticə. Mərkəzləşdirilmiş avtobloklama sistemində kritik məsafəni müəyyən edilməsi məsələsinə baxılmışdır. Bu məqsədlə **s**ahədə iki qatar olan halda rels dövrəsinin əvəzetmə sxemi, kritik məsafələrin ALİ cərəyanından və ALİ cərəyanının məsafədən asılılığı qurulmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Кравченко Е.И., Кодирование рельсовых цепей/Кравченко Е.И., Швалов Д.В. М. Маршрут, 2006.
2. Котляренко Н.Ф. Путевая блокировка и авторегулировка /Котляренко Н.Ф., Соболев Ю.В. М. Транспорт,2008.
3. Казаков А.А. Системы интервального регулирования движения поездов./Казаков А.А., Бубнов В.Д. М.Транспорт, 2012.

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 681.5.02

VAL-GENERATOR QURĞUSUNUN MÜHƏRRİK REJİMİNDƏ ASİNXRON İŞƏSALINMASININ TƏDQİQİ

Rüstəmov R.M.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: ramiz.rustemov@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə dizel - generatordan qidalanmaqla sinxron val-generator qurğusunun mühərrik rejimində asinxron və həm də birbaşa işəsalınması tədqiq edilmişdir.*

Аннотация. *Рассматривается асинхронный и прямой пуск синхронного валогенератора в двигательном режиме с питанием от дизель - генератора.*

Abstract. *The article examines the asynchronous and direct starting of a synchronous shaft-generator unit from a diesel generator in engine mode.*

Açar sözlər: *gəmi, avar vinti, stator cərəyanı, reaktiv güc, rəqslər*

Ключевые слова: *судно, гребной винт, ток статора, реактивная мощность, колебания*

Key words: *ship, oar propeller, stator current, reactive power, oscillations*

Giriş. Val - generatorda dempfer dolağı olduqda (əslində olmalıdır) onu asinxron işə salmaq mümkündür. Bu rejimdə val generatorun qidalandırılması üçün bir ədəd fərdi işləyən dizel generatordan istifadə etmək olar. Val generatorun gücü bir qayda olaraq dizel generatorun gücündən böyük olur. Bu hal həm də əmələ gələn böyük işəsalma cərəyanları, dizel generatordan val generatorun asinxron işəsalınmasını, praktiki olaraq, mümkünsüz edir.

Bunun səbəbini aşağıdakı kimi əsaslandırmaq olar. Dempfer dolağının parametrləri, yəni aktiv müqaviməti elədir ki, bu dolağın yaratdığı asinxron moment sürüşmənin kiçik qiymətlərində maksimum olur. Eyni zamanda bunun əksi lazımdır, yəni işəsalmanın əvvəlində $s \approx 1$ olduqda momentin maksimal olması lazımdır. Bu amil, eyni zamanda, dizel generatorun gərginliyinin aşağı düşməsi asinxron işəsalmanı mümkünsüz edir. İşəsalma cərəyanının azaldılması üsulları, məsələn, stator dolağına drosselin (reaktor) qoşulması arzuolunan effekti vermir [1, 2].

Əsas hissə. İşəsalma cərəyanı azalsa da, statorda gərginlik elə aşağı səviyyəyə düşür ki, işəsalmanın əvvəlində işəsalma momenti rotorun yerindən tərpənməsinə və sürətlənməsinə kifayət etmir. Bu məsələyə bir qədər ətraflı nəzər salaq. Bu işdə sinxron maşının asinxron işəsalınmasının hesabı, bizim misalda sinxron val generatorun öz tərəfimizdən işlənilmiş kvazistasionar modeldən istifadə etməklə aparılır. Aşağıda standart konstruksiyalı sinxron maşının asinxron momentlərinin hesablanması üçün riyazi ifadələr verilir.

Nəticədə, asinxron moment:

$$m_a = m'_d + m''_d + m''_q. \tag{1}$$

Burada m'_d– təsirlənmə dolağının yaratdığı asinron momentin mürəkkəbəsi; m''_d, m''_q dempfer dolağının yaratdığı asinxron momentin mürəkkəbələridir, belə ki

$$\left.\begin{aligned} m'_d &= \frac{2M'_d}{\frac{s'_d}{s}+\frac{s}{s'_d}}, \\ m''_d &= \frac{2M''_d}{\frac{s''_d}{s}+\frac{s}{s''_d}}, \\ m''_q &= \frac{2M''_q}{\frac{s''_q}{s}+\frac{s}{s''_q}}. \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Öz növbəsində, asinxron momentin mürəkkəbələrinin maksimal qiymətləri

$$\left.\begin{aligned} M'_d &= \frac{U^2}{4}\left(\frac{1}{x'_d}-\frac{1}{x_q}\right), \\ M''_d &= \frac{U^2}{4}\left(\frac{1}{x''_d}-\frac{1}{x'_d}\right), \\ M''_q &= \frac{U^2}{4}\left(\frac{1}{x''_q}-\frac{1}{x'_q}\right). \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Buradakı işarələr ümumi qəbul edilmiş işarələrdir: S- sürüşmə; s'_d, s''_d, s''_q asinxron momentin mürəkkəbələrinin maksimal qiymətlərinə uyğun kritik sürüşmələr; x_d və x_q uyğun olaraq uzununa (d) və eninə (q) oxu üzrə sinxron induktiv müqavimətlər; x'_d, x''_d - uzununa ox üzrə keçid və ali keçid induktiv müqavimətlər; x''_q- eninə oxu üzrə ali keçid induktiv müqavimət; U- stator dolağının gərginliyidir.

Bütün bu kəmiyyətlər nisbi vahidlərdə verilmişdir.

Kritik sürüşmə aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$s'_d = {}^1\!/_{T'_d}, s''_d = {}^1\!/_{T''_d}, s''_q = {}^1\!/_{T''_q}, \tag{4}$$

Burada T'_d, T''_d, T''_q keçid və ali keçid zaman sabitləri el.rad. verilir. Göstərilən parametrlərin bəziləri cədvəllərdə verilir, digərləri isə $x'_d, x''_d, x''_q, T'_d, T''_d, T''_q$ məlum ifadələrlə hesablanır.

Məlum növ sinxron maşının göstərilən parametrlərinin qiymətləri məlum olduqda, asinxron momentin ayrılıqda mürəkkəbələri m'_d, m''_d və $m''_q(s)$ və daha sonra isə $m_a(s)$ hesablanır. Baxılan məsələdə bizi ən çox $s = 1$ yəni ilkin işəsalma momenti maraqlandırır.

Sinxron val generatorun yaratdığı asinxron momentə qarşı yalnız bir tələb qoyulur. Belə ki, işəsalmanın əvvəlində onun qiyməti müqavimət momentindən 5-10% çox olmalıdır [1, 2].

Bu halda, belə bir sual meydana çıxır. $s = 1$ olduqda baxılan qurğuda sinxron val generatorun müqavimət momenti nə qədərdir. Əgər val generatorun valı reduktordan, uyğun olaraq avar vintindən açılıbsa, onda bu valda işəsalma anında yerindən tərpənmə adlanan moment olur.

Müxtəlif mənbələrə əsasən bu moment $s = 1$ olduqda nominal momentin (4-6)% hədlərində olur. Val hərəkətə başlayan kimi tərpənmə momenti pilləvari şəkildə azalaraq sıfıra yaxınlaşır. Val fırlanmağa başladıqdan sonra müqavimət momentinin yeni mürəkkəbələri – fırlanma tezliyinin kvadratına mütənasib olan ventilyasiya momenti yaranır, lakin bu momentin mümkün maksimal qiyməti 5%-dən çox olmur.

Beləliklə, sinxron val generator tərəfindən yaradılan asinxron momentin tələb edilən qiyməti 0,055-0,060 n.v.-dən az olmamalıdır.

Sinxron val generatorun işəsalma xarakteristikalarının göstərilmiş hesablanma metodikası (4.27÷4.30) birbaşa işəsalma üsuluna aiddir. Bu halda, stator dolağı birbaşa şəbəkəyə qoşulur: $U = 1n.v. = const$. Bu sonsuz böyük güclü şəbəkədən işəsalmadır. Təbii ki, gəmidə belə elektrik şəbəkəsi yoxdur. İşəsalma cərəyanını azaltmaq üçün çox zaman reaktorla işəsalma üsulu istifadə edilir. Bu halda, şəbəkə ilə stator dolağı arasına induktiv müqavimət – reaktor qoşulur (şəkil, a). Bu müqavimətin (x_p) qiyməti elə seçilir ki, stator cərəyanını lazımi həddə qədər azaltmaq mümkün olsun. Bu halda, işəsalma cərəyanının azalması ilə bərabər həm də asinxron momentlərin bütün mürəkkəbələrinin maksimal qiymətləri də azalır [3].

Bu azalmanın dərəcəsi aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$\left.\begin{gathered} M'_{dp} = M'_d/k_{pd} \cdot k'_{pd}\,, \\ k_{pd} = 1 + (x_p/x_d),\ k'_{pd} = 1 + (x_p/\,x'_d), \\ M''_{dp} = M''_d/k'_{pd} \cdot k''_{pd}\,, \\ k''_{pd} = 1 + (x_p/\,x''_d), \\ M''_{qp} = M''_q/k_{pq} \cdot k''_{pq}, \\ k'_{pq} = 1 + (x_p/x_q), k''_{pq} = 1 + (x_p/\,x''_q), \end{gathered}\right\} \tag{5}$$

Burada x_p – reaktorun induktiv müqavimətidir; "p" işarəsi reaktorla işəsalmanı göstərir.

Eyni zamanda, kritik sürüşmələrin qiymətləri də dəyişir və aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$s'_{dp} = s'_d \cdot (k_{pd}/\,k'_{pd}), s''_{dp} = s''_d \cdot (k'_{pd}/k''_{pd}), s''_{qp} = s''_q \cdot (k_{pq}/k''_{pq}) \tag{6}$$

Nəhayət, təsirlənmə dolağının uclarına işəsalma müqaviməti r_{pd}-nin qoşulması səbəbindən, asinxron momentin m'_d mürəkkəbəsinin dəyişməsini nəzərə almaq lazımdır. Bu dəyişmə təsirlənmə dolağının zaman sabitinin azalması ilə əlaqədardır, yəni $T'_d \to (1 + k_{rd})$ dəfə azalır. $k_{rd} = r_{nd}/r_{fd}$, burada r_{fd}- təsirlənmə dolağının aktiv müqavimətidir.

$$s'_{dr} = s'_d(1 + k_{rd}) \text{ v ə ya } s'_{dpr} = s'_{dp}(1 + k_{rd}) \tag{7}$$

Burada nəzərə almaq lazımdır ki, M'_d və M'_{dp}-nin maksimal qiymətləri dəyişmir.

Göstərilmiş hesablama modeli (1÷4) tənliklər sistemi) qidalandırıcı şəbəkənin gərginliyi sabit olduqda sonsuz böyük güclü şəbəkədən doydurulan standart konstruksiyalı sinxron maşının asinxron işəsalınmasının bütün xüsusiyyətlərini nəzərə alır.

Baxılan halda müstəqil işləyən dizel generatordan sinxron val generatorun asinxron işəsalınmasını nəzərdən keçiririk (şək., b).

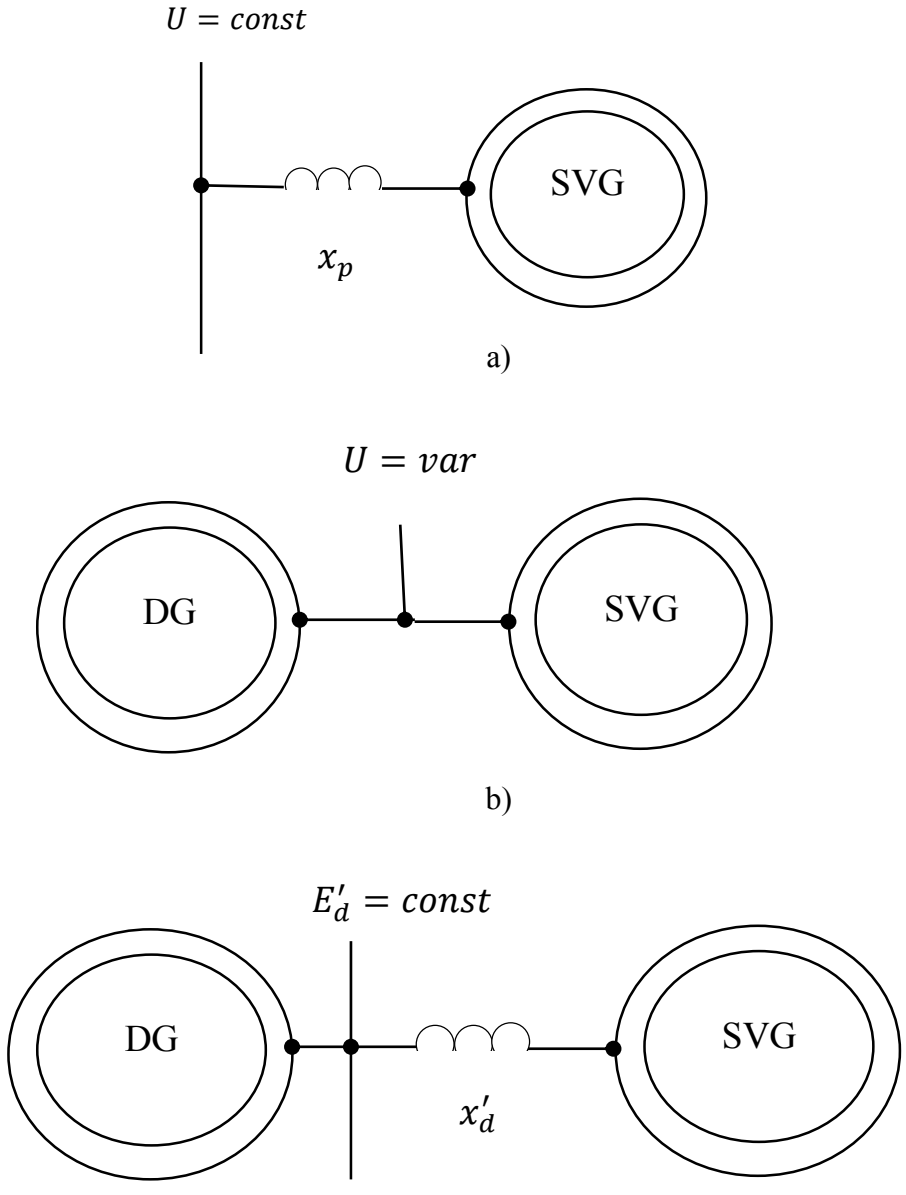
Bu zaman yuxarıda göstərildiyi kimi, val generatorun gücü dizel generatorun gücündən böyük olur.

Onda belə bir sual meydana çıxır ki, yuxarıda göstarilən modeli işəsalma prosesinin hesablanmasında istifadə etmək olarmı və hansı dəyişiliklər etmək lazımdır [3, 4].

Tərpənməz val generatorun müstəqil işləyən dizel generatora qoşulmasının ilkin ani dizel generatorun qəflətən qısaqapanması kimi baxıla bilər. Nəzərə alsaq ki, dizel generatorun təsirlənmə dolağının zaman sabiti nisbətən böyükdür, onda hesab etmək olar ki, kiçik zaman fasiləsində onun maqnit ilişməsi sabitdir. Bu ilişmənin sabitliyi qanunidir. Bu qanuna uyğun olaraq, kiçik müddətli keçid prosesində x'_d müqavimətindən sonrakı e.h.q. E'_d sabit kəmiyyətdir

Bunu nəzərə alsaq, baxılan hal üçün hesablama sxemi şəkil b. Burada, $E'_d = U = 10\ n.v.$ Bunun nəticəsində, əvvəlki hesablama modelinə gəlirik (şəkil,a), belə ki $x'_d = x_p$.

İstənilən metodika üzrə, MCK375-1000 dizel generatorundan MCK500-1000 tipli sinxron val-generatorunun asinxron işəsalınması hesablanmışdır.



Şəkil. *Sinxron val-generatorun (SVG) asinxron işəsalınmasının elektrik sxemləri*
a- sonsuz böyük güclü şəbəkədən reaktorla işəsalma; b – dizel generatordan (DG) işəsalma;
c – dizel generatordan işəsalmanın hesabı sxemi

Hər iki maşın val-generator və dizel-generator, eyni gərginliyə və stator dolaqlarının eyni birləşmə sxeminə malikdir. Dempfer dolaqları hər iki maşında qırmızı misdən hazırlanır. Sinxron val generatorun texniki göstəriciləri:

$$P_{nom} = 400\ kVt; U_{nom} = 400V;\ \cos\varphi_{nom} = 0{,}8;\ 2p = 6\ .$$

Nisbi vahidlərdə parametrlər və zaman sabitləri:

$$x_d = 1{,}25;\ x_q = 0{,}72;\ x'_d == 0{,}35;\ \ x''_d = 0{,}21;\ \ x''_q = 0{,}22;\ T'_d = 392;\ \ T''_d = 9.$$

Dizel generatorun texniki göstəriciləri:

$$P_{nom} = 300kVt;\ U_{nom} = 400\ V;\ \cos\varphi_n = 0{,}8; 2p = 6.$$

Parametrlər:

$$x_d = 1{,}16;\ x_q = 0{,}68;\ x'_d = 0{,}37; x''_d = 0{,}19;\ x''_q = 0{,}21;\ T'_d = 372;\ \ T''_d = 13.$$

Hesablama zamanı

$$U = E'_d = 1{,}0\ n.v., x'_d = x_p = 0{,}37\ n.v.$$

qəbul edilmişdir. Yalnız işəsalma momentinin hesabatı aparılmışdır. $s = 1$ olduqda asinxron momentin aşağıdakı qiyməti alınmışdır:

$$m_a = 0{,}042\ n.v.$$

Bu da mövcud işəsalma momentindən kiçikdir. Bunun səbəbləri yuxarıda göstərilmişdir.

Nəticə. Aparılmış təhlillərdən məlum olur ki, mühərrik rejimində sinxron val-generatorun sinxronlaşdırılmış asinxron maşının bazasında başaparma mühərrikinin köməyi ilə işəsalınmasının variantları işlənilmişdir və aşağıda göstərilən mühüm məsələlərin həll edilməsi üçün imkan yaradır:

- sinxron val-generatorun sinxron altı fırlanma tezliyinə çatdırılması ilə işəsalma;
- gəmi elektrik şəbəkəsinə hər bir mənfi təsir göstərmədən, ideal şəraitdə mühərrik rejimində val-generatorun sinxronlaşdırılması;
- gəmi elektrik işlədicilərini təmin etmək üçün əlavə generator gücü və yaxud avar vintində əlavə mühərrik gücünün yaradılması.

Ədəbiyyat

1. Abdulkadırov A.İ. Əliyev N.A., Rüstəmov R.M. "Sinxron val-generator qurğusunda məcburi rəqslər" / "Energetikanın problemləri", 2019, №2, s.3-5.
2. Абдулкадыров А.И., Рустамов Р.М. "Математическое моделирование в электромеханике" /Lambert Academic Publishinq (LAP), Берлин, 2015.
3. Abdulkadirov A.İ., Əliyev N.A., "Xüsusi elektrik maşınları". Monoqrafiya, Bakı, "ELM" nəşriyyatı, 2018, 215 s.
4. Абдулкадыров А.И., Рустамов Р.М. Применение энергосберегающих принципов управления в судовых электрических установках) Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», РФ, 2014, №21

Məqalə qəbul olunub: 31.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 629.5.031.32:537.214

КТО СКАЗАЛ, ЧТО ПАРУСУ РЕКВИЕМ СПЕТ?

Рак А.Н.

Донецкий национальный технический университет
Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58
E-mail: AlexanderRakDonNTU@gmail.com

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы применения современных парусов-кайтов в качестве пропульсивных установок, а также для генерирования электрической энергии. Их применение обеспечит повышение энергоэффективности главных двигателей и соблюдение экологических требований по сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу. Статья будет полезна специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота.*

Xülasə. *Bu məqalədə müasir kayt yelkənlərinin gəmi hərəkətverici qurğuları kimi, eləcə də elektrik enerjisi istehsalı üçün istifadəsi müzakirə olunur.*

Onların tətbiqi baş mühərriklərin enerji səmərəliliyini artıracaq və atmosferə zərərli maddələrin emissiyasını azaltmaq üçün ekoloji tələblərə uyğun olacaq. Məqalə donanmanın texniki istismarı ilə məşğul olan mütəxəssislər üçün faydalı olacaqdır.

Abstract. *This article discusses the use of modern kite sails as propulsion systems, as well as for generating electrical energy. Their use will ensure an increase in the energy efficiency of the main engines and the observance of environmental requirements to reduce emissions of harmful substances into the atmosphere. The article will be useful for specialists involved in the technical operation of the fleet.*

Ключевые слова: *энергоэффективность, ветровая движительная установка, кайт, генератор*

Açar sözlər: *enerji səmərəliliyi, külək hərəkətverici qurğusu, kayt, generator*

Key words: *energy efficiency, wind propulsion system, kite, generator*

Кто сказал, что парусу реквием спет?
Черный бриг за пиратство в музей заточен,
Бросил якорь в историю стройный корвет,
Многотрубные увальни вышли в почет…
В.С. Высоцкий

Введение. Эта статья не случайно начата с четверостишия известного советского поэта-исполнителя В.С. Высоцкого. В этих строках представлена история развития мирового флота, начиная с времен парусного и заканчивая паровым. В те времена особо никто не задумывался об экологических проблемах, которые в настоящее время выходят на первое место.

Одним из возможных путей повышения экологичности, энергоэффективности и, как следствие, сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу являются вопросы совершенствования судовой пропульсивной установки (ПУ) и минимизация расхода топлива главным двигателем (ГД). Вследствие того, что современные малооборотные двигатели (МОД) практически достигли термодинамического предела своего развития, их разработчики направляют основные усилия на усовершенствование ГД как элемента пропульсивной системы (ПС). Поэтому в последние годы значительные изменения в МОД обусловлены возрастающими экологическими требованиями. В связи с этим были разработаны и внедрены эффективные между-

народные нормативы по контролю и снижению выбросов, регламентированные Международной морской организацией (IMO - International Maritime Organization), приложением VI конвенциии МАРПОЛ [1].

Материалы и методы. Идея по применению на судах дополнительных экологически чистых двигателей вышла на новый уровень при современных возможностях науки и техники. Применение энергии ветра для движения судна – один из вариантов снижения топливных затрат. Наиболее перспективными, исследованными и испытанными на судах в данный момент являются буксирующие воздушные змеи – кайты (kite). Они могут взаимодействовать как с традиционной ПС в качестве дополнительного движителя, так и обособленно при благоприятных гидрометеорологических условиях.

Цель работы – показать возможности применения энергии ветра для движения судна и генерирования электрической энергии для повышения эффективности и экологической безопасности проектов на фоне необходимости удовлетворения требований ИМО, вступивших в силу в 2013г.

Анализ полученных результатов. Последние исследования показали, что потенциал для экономии энергии велик, в некоторых случаях он достигает 50%. В связи с возникшей потребностью введения показателя, свидетельствующего об эффективности судна в отношении топливной экономичности и выбросов ПГ, предлагалось ввести конструктивный индекс CO_2, а также индикатор эксплуатационной эффективности, который определяет эффективность судна по количеству CO_2 в тоннах, выброшенного отдельной установкой за период рейса судна на тонну перевезенного груза на расстояние в 1 милю.

Снижение эмиссии ПГ определяется в соответствии с Поправкой к Приложению VI к МАРПОЛ по техническим мерам сокращения выбросов ПГ с судов в соответствии с Резолюцией ИМО МЕРС.203(62) вступившей в силу 1 января 2013 года.

Достигнутый индекс должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета Конструктивного индекса для новых судов, 2012», приведённом в Резолюции МЕРС.212(63):

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^{M} f_j\right)\cdot\left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}\cdot C_{FME(i)}\cdot SFC_{ME(i)}\right)+\left(P_{AE}\cdot C_{FAE}\cdot SFC_{AE}\right)+}{f_i\cdot f_c\cdot Capacity\cdot v_{ref}\cdot f_w}$$

$$+\frac{\left(\left(\prod_{j=1}^{M} f_j\cdot\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}-\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)}\cdot P_{AEeff(i)}\right)\cdot C_{FAE}\cdot SFC_{AE}\right)-\left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)}\cdot P_{eff(i)}\cdot C_{FME}\cdot SFC_{ME}\right)}{f_i\cdot f_c\cdot Capacity\cdot v_{ref}\cdot f_w} \quad (1)$$

где ***SFC*** - удельный расход топлива двигателя [*г/кВт час*]; $\boldsymbol{C_F}$ - безразмерный переводной коэффициент между расходом топлива в двигателе (*г*) и выбросами CO_2 (*г*), определёнными по содержанию углерода в конкретном топливе [*г CO_2./ г топлива*]; $\boldsymbol{P_{MEi}}$, – показатель мощности каждого главного двигателя (ГД), равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой валогенератором (в случае его наличия); $\boldsymbol{P_{AE}}$ – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей для обеспечения электроэнергией при максимальной загрузке судна; $\boldsymbol{P_{PTI}}$ – показатель, равный 75% номинальной мощности, потребляемой каждым гребным электродвигателем с учётом механических потерь в нем и без учёта потерь в генераторе; $\boldsymbol{P_{AEeff}}$ – показатель сокращения электрической энергии за счёт использованию энергоэффективных технологий (использование отходящего тепла ГД), которые в [2] называют *инновационными*; $\boldsymbol{P_{eff}}$ – показатель сокращения мощности ГД за счёт применения инновационных технологий в пропульсивной установке при 75% мощности ГД; $\boldsymbol{f_i}$ – фактор вместимости судна, учитывающий необходимость выполнения требований по ограничению вместимости судна, например требований которые применяются к судам ледового класса; $\boldsymbol{f_j}$ – корректирующий

фактор, учитывающий специфическую конструкцию элементов судов, например, судов ледового класса; f_w – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости при определённом неблагоприятном состоянии моря в зависимости от высоты и частоты волны, а также от скорости ветра; f_{eff} – коэффициент доступности каждой инновационной технологии; V_{ref} – скорость судна, измеренная на глубокой воде с учётом соответствующей вместимости (дедвейт или валовая вместимость в зависимости от типа судна) в соответствии с вышеуказанным Руководством [*узлы*].

Доступная эффективная мощность ветроэнергетических установок как инновационной технологиии в соответствии с [2], относящихся к категории В-2 (движение с помощью ветроэнергетических установок: паруса, кайты, роторы Флеттнера), рассчитывается по следующей формуле:

$$(f_{eff} \cdot P_{eff}) = \left(\frac{0{,}5144 \cdot v_{ref}}{\eta_T} \cdot \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} F(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right) - \left(\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} P(v_{ref})_{i,j} \cdot W_{i,j} \right), \quad (2)$$

где 0,5144 – коэффициент перевода морских миль в час (узлы) в метры в секунду (м/с); ($f_{\text{eff}} \cdot P_{\text{eff}}$) – доступная эффективная мощность в кВт, достигаемая указанной ветроэнергетической установкой. f_{eff} и P_{eff} объединяются в расчет, поскольку произведение доступности и мощности является результатом матричной операции, учитывающей каждое ветровое состояние с вероятностью и конкретной силой ветровой движительной установки (ВДУ); η_T – общий КПД главного привода (-ов) при 75% номинальной установленной мощности ГД. В расчетах рекомендуется η_T=0,7, если другое значение не указано и не верифицировано проверяющим; $F(v_{\text{ref}})_{i,j}$ – матрица сил соответствующей ВДУ для данной скорости судна. Каждый матричный элемент представляет собой движущую силу в кН для соответствующей скорости судна и угла ветра. Угол ветра указывается в относительных пеленгах (с 0° в носовой части судна). Подробный расчет матрицы сил и результатов испытаний ВДУ должен быть предоставлен для верификации проверяющему фирмой-изготовителем; $W_{i,j}$ - матрица вероятности глобального ветра. Содержит данные о ветровой энергии на основных маршрутах судоходства (рис.1), основанные на статистическом обзоре данных о ветре. Составляющие глобальной матрицы вероятности ветра приведены в [3]; $P(v_{\text{ref}})_{i,j}$ – матрица с теми же размерностями, что $F(v_{\text{ref}})_{i,j}$ и $W_{i,j}$ и представляет собой потребность в мощности для работы ВДУ.

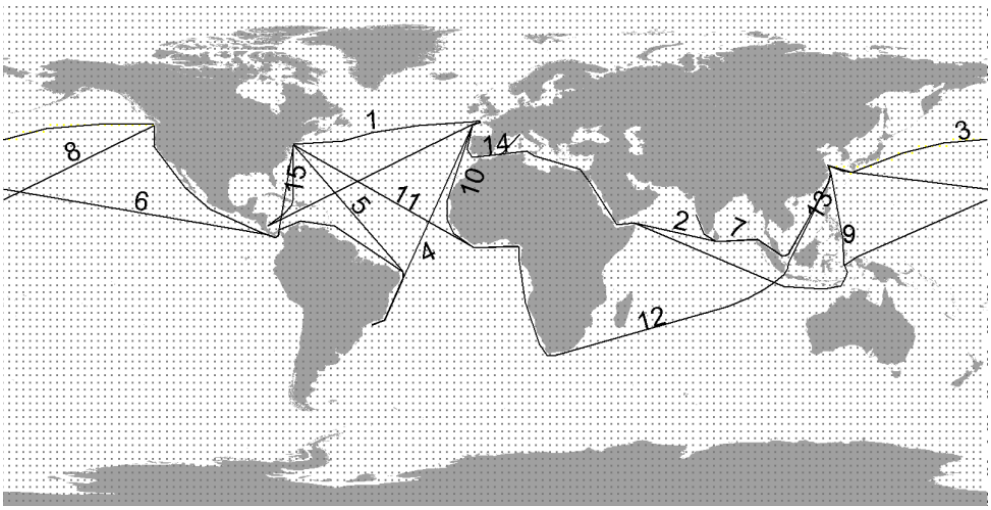


Рис.1. *Основные глобальные маршруты судов мирового торгового флота: 1 – Трансатлантический; 2 - Европа-Азия; 3 – Транстихоокеанский; 4 – Европа – Центральная /Южная Америка; 5 – Северная Америка – Центральная/Южная Америка; 6 – Азия - Центральная/Южная Америка; 7 – Европа – Юго - Восточная Азия/Океания; 8 – Северная Америка - Юго - Восточная Азия/Океания; 9 – Азия - Юго - Восточная Азия/Океания; 10 – Европа – Африка; 11 - Северная Америка – Африка; 12 – Азия - Африка; 13 – Азия - Средний Восток; 14 – Европа; 15 – Северная Америка.*

Основные маршруты судоходства (рис.1) сформировались на основании многолетней практики мореплавания еще парусного флота.

Современные исследования с помощью спутниковых данных о ветре (рис.2) показывают, что они практически полностью совпадают.

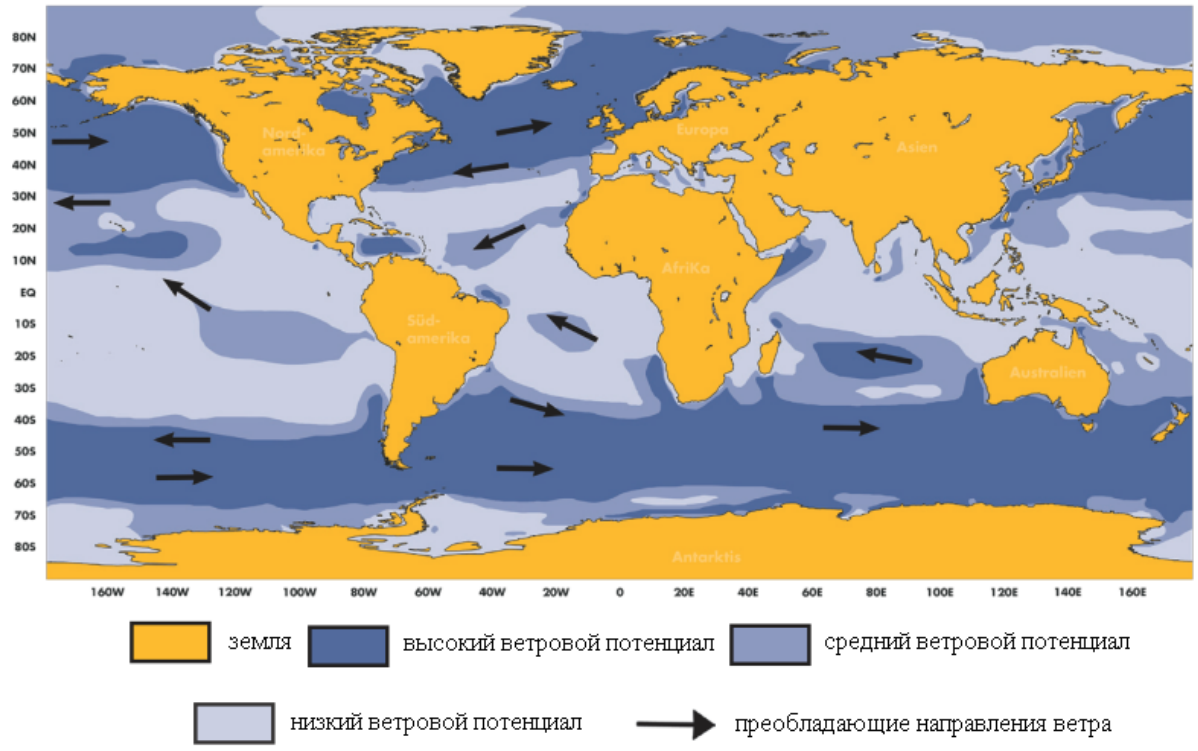


Рис.2. *Данные о ветровом потенциале на глобальных маршрутах судоходства, полученных на основании спутниковых данных*

Кайт – буксировочный управляемый воздушный змей, по форме напоминающий параплан (рис.3). Изготавливается из специального синтетического двухслойного материала повышенной прочности. Его профиль разбит на множество зон, управляемых компьютерной программой, обеспечивающей изменение длины строп кайта и, тем самым, изменяя его положение в воздухе. При этом, в зависимости от направления и скорости ветра устанавливается оптимальная геометрия крыла. Система управления кайтом обеспечивает маневры в виде «восьмерки», что существенно увеличивает его тягу. В целом система полностью автоматизирована и не требует внесения значительных изменений в конструкцию судна. Система управления кайтом компьютеризирована, имеет графический интерфейс и может работать как в режиме автопилота, так и в режиме ручного управления. Скорость ветра изменяется в зависимости от высоты. По данным фирмы SkySails на высоте 100м она может возрастать на 20%, а при 400м - на 45% по отношению к скорости ветра на высоте 10м над уровнем моря. Эффективное решение по разработке и внедрению кайтов на морские суда в качестве дополнительных движителей было предложено компанией SkySails (ФРГ) [4].

В отличие от парусов, использующих поверхностную силу ветра, кайт работает на больших высотах, на которых скорость и направление ветра более стабильны [5]. С целью получения максимальной тяги кайт движется по заданной выше траектории. При этом максимальный размах кайта может составлять до 250м в ширину и до 50м в высоту [4]. Минимально возможная скорость ветра для кайта, равная 3м/с связана с необходимостью его запуска и подъема

над водной поверхностью в начале работы, а максимальная – 25м/с – лимитируется прочностными свойствами конструкции кайта. Минимальный угол между направлением ветра и курсом судна для работы кайта может составлять 50^{o}, но это для значительной силы ветра и умеренной скорости судна.

Запуск и возвращение кайта выполняется автоматически. При запуске поднимается и выдвигается телескопическая штанга со сложенным «гармошкой» кайтом, который разворачивается на достаточной высоте и запускается на сверхпрочном синтетическом тросе. Лебедка разматывает буксировочный трос, пока не будет достигнута высота, достаточная для его работы. Устройство в собранном виде занимает не более 20м^3. Закрепляется в передней части судна, не влияя на его центр тяжести. Каждый этап запуска и приземления кайта занимает около 10 минут и контролируется с помощью экрана дисплея, установленного на ходовом мостике.

Поддержание фиксировано принятого курса судна обеспечивается согласованной работой системы управления кайтом и системой рулевого управления.

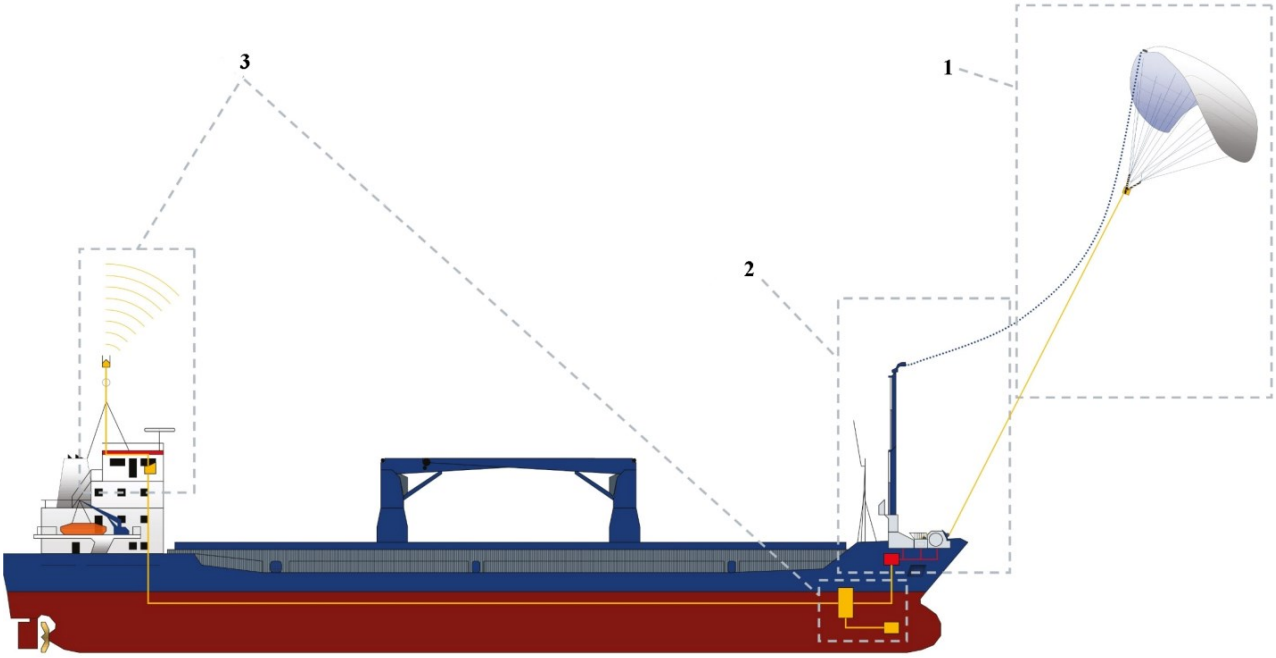


Рис. 3. *Основные элементы пропульсивной системы с кайтом. 1 - система тяги: кайт, блок сбора информации, трос; 2 – система запуска и приземления кайта: лебедка, штанга, система управления; 3 – система контроля: блок получения и обработки информации, анемометр, блок управления*

С целью предотвращения нежелательного воздействия на конструкцию судна или ГД влияния дополнительных сил, их следует определять в процессе сертификации *EEDI*. При необходимости элементы в матрице сил ВДУ могут быть ограничены конкретно для каждого судна. Технические средства для ограничения силы ВДУ должны быть проверены на ходовых испытаниях. Для окончательного определения снижения CO_2 в системе матрица сил должна быть утверждена проверящим.

В табл.1 приведены технические характеристики ВДУ, находящихся в эксплуатации.

Таблица 1

Технические характеристики ВДУ, находящихся в эксплуатации

Система Sky Sails	Год	Допустимая нагрузка, т	Эффективная нагрузка*, т	Тип судна	Длина, м	Мощность пропульсивной установки, кВт	Скорость судна**, узлы	Упор**,т
SKS 160	2007	16	8	Лоцманское судно	54	1260	11	8,5
				Балкер	88	1520	10,5	11
SKS 320	2008	32	16	Танкер	93	2800	12	17
				Контейнеровоз	90	2000	14	15
SKS 640	2009	64	32	Сухогруз для перевозки нестандартных крупногабаритных тяжелых грузов	133	3840	14	23
				Балкер	175	5845	13,5	48
SKS 1280	2010	128	64	Балкер	175	5845	13,5	48
				Круизное судно	250	24800	17-21	80

** эффективная нагрузка системы SkySails указывает на максимальную тяговую силу системы в направлении курса судна при оптимальных условиях. Это является очень существенным при определении размеров системы SkySails, поскольку она может быть непосредственно сопоставлена с тягой, необходимой судну для достижения его крейсерской скорости, и связано, прежде всего, с различием в конструкциях судов и их работой на разных маршрутах. Определить относительную движущую мощность системы для конкретного типа судна затруднительно, но для того, чтобы дать представление о ней, SkySails указывает ее эффективную нагрузку для стандартных условий, которые приведены в табл. и основаны на результатах натурных испытаний и теоретических расчетах.*

*** номинальная частота вращения.*

В табл.2 приведены характеристики ВДУ системы SkySails для стандартных условий

Таблица 2

Характеристики ВДУ системы SkySails для стандартных условий

Скорость ветра, м/с (узлы)	12,8 (25)
Угол истинного ветра, град	130
Скорость судна, м/с (узлы)	5,1 (10)
Волнение моря, баллы	2 (высота волн более 60см)
КПД винта	0,6
Режим работы кайта	динамический

Высокая скорость буксировки воздушного змея особенно важна, поскольку скорость воздушного потока в аэродинамическом профиле воздушного змея является ключом к производительности.

Скорость вымпельного (кажущегося) ветра определяется на высоте 10м над уровнем моря (т.е. над ватерлинией) как показано на рис. в соответствии с выражением:

$$v_{ВЫМП} = \sqrt{(v_И \cdot \cos\alpha + v_К)^2 + (v_И \cdot \sin\alpha)^2}\,, \tag{3}$$

где $v_К$ - скорость курсового ветра, которая равна скорости судна $v_С$, м/с; $v_И$ – скорость истинного ветра, м/с; α – угол между векторами скорости истинного и курсового ветра, град.; Скорость вымпельного ветра определяется в соответствии с рис. 4 где γ – азимут, град.; N – направление на Север.

Для других высот скорость ветра определяется в соответствии с выражением:

$$v_{КАЙТА} = v_{ВЫМП} \cdot \left(\frac{h_К}{10}\right)^{0,11}, \tag{4}$$

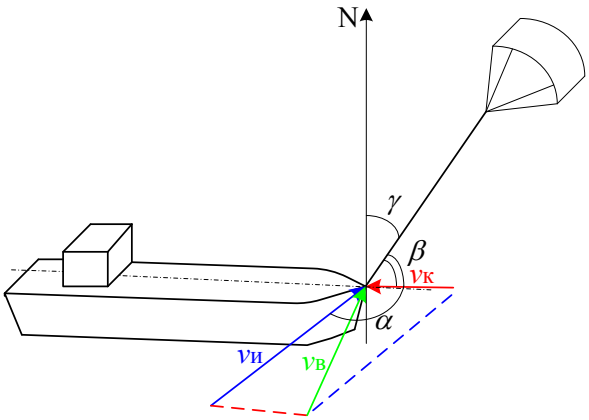


Рис. 4. *Определение скорости вымпельного ветра*

Высота подъема кайта определяется в соответствии с выражением:

$$h_K = R \cdot \sin\beta\,, \tag{5}$$

где β - угол подъема кайта (угол между горизонтальной плоскостью, проходящей через носовую часть судна и тросом кайта), град; R – длина троса, м.

Подъемная сила и сила лобового сопротивления кайта определяются в соответствии с выражениями (6) и (7), приведенными в [6]:

$$F_{П} = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot v^2_{КАЙТА} \cdot S \tag{6}$$

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v^2_{КАЙТА} \cdot S\,, \tag{7}$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 (в расчетах можно принять ρ=1,225); S – площадь кайта, м^2; C_L – коэффициент подъема; C_D – коэффициент лобового сопротивления. Для кайтов с профилем в виде аэродинамического крыла значения указанных коэффициентов составляют C_L=1 и C_D=0,286, соответственно.

Сила тяги кайта (кН), в соответствии при этом составит:

$$F_K = \frac{\sqrt{F^2_{П} + F^2_D}}{1000}\,, \tag{8}$$

Полученное значение силы тяги должно быть больше значения буксировочного сопротивления (кН), которое можно определить из рис.5. Приведенные значения буксировочных сопротивлений являются характерными для большинства типов судов для значений скоростей в заданном диапазоне.

Как показывают исследования, кайты можно применять не только в качестве ВДУ, но и для производства электрической энергии [7]. При этом можно использовать часть элементов системы управления ВДУ.

Электрическая мощность, произведенная с помощью кайта может быть определена в соответствии с (9), приведенным в [8]:

$$P = \frac{2}{27} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3_B \cdot C_L \cdot \left(\frac{C_L}{C_D}\right)^2\,, \tag{9}$$

где v_B – скорость ветра, м/с. Скорость ветра определяется на основании данных системы управления кайтом. В табл.3 приведены технические характеристики кайта типа SKS PN14 для генерирования электрической энергии.

Таблица 3

Технические характеристики кайта типа SKS PN14

Генерируемая мощность, кВт	80-200
Площадь кайта, м^2	90-180
Скорость ветра, м/с	3-25
Длина троса, м	800
Диаметр троса, мм	14
Размещение электростанции	30-и футовый контейнер

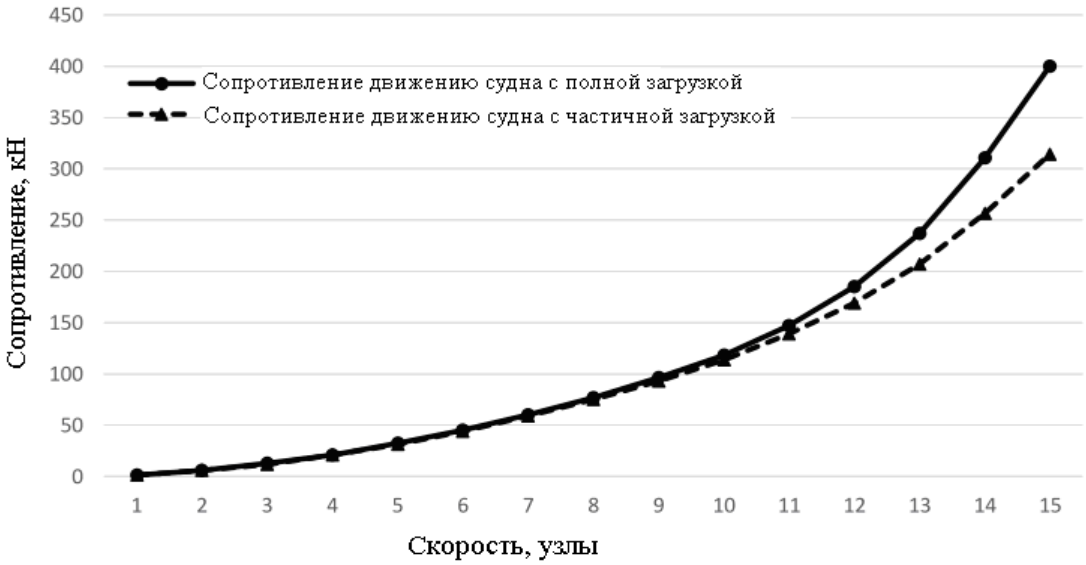


Рис. 5. *Значения буксировочных сопротивлений*



Рис. 6. *Ветрогенератор: 1 - кайт; 2 – блок сбора информации; 3 – трос; 4 – мачта для запуска кайта и его приземления; 5 – направляющий диск; 6 – лебедка с генератором; 7 – шкаф управления; 8 – стандартный контейнер; 9 – стойка с кольцевым креплением на фундаментной раме*

Выводы.

1. Экономия топлива, по данным фирмы SkySails составляет 5-30% и более, в зависимости от погодных условий. Кроме того, применение кайтов положительно влияет на экологическую ситуацию: при сокращении потребления топлива снижается количество вредных выбросов в атмосферу.

2. Кайты могут применяться как на новых судах, так и на судах старой постройки. Эксплуатация кайта позволяет также повысить ресурс главного двигателя за счет снижения нагрузки и, соответственно снизить расход топлива.

3. Стоимость электроэнергии, произведенной на судне с помощью дизельного генератора составляет 12 - 14 US-$-центов за 1кВт·ч, а с помощью ветрогенератора 7 US-$-центов за 1кВт·ч по текущим ценам.

4. Генерация электрической энергии с помощью кайтов будет иметь ограниченный характер, поскольку данную систему можно применить не для каждого типа судна. Для установки контейнера и эксплуатации генератора, расположенного в нем, необходимо место.

Литература

1. Руководство по применению положений Международной конвенции МАРПОЛ 73/78. НД № 2-030101-026. СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2019. 106 с.
2. MEPC.1/Circ.815. 17 June 2013. 2013 GUIDANCE ON TREATMENT OF INNOVATIVE ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES FOR CALCULATION AND VERIFICATION OF THE ATTAINED EEDI. Access mode: *https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/-eedi/mepc_1-circ_815.pdf*
3. Rules VI Additional Rules and Guidelines. Part 13 Energy Efficiency. Chapter 1 Guidelines for Determination of the Energy Efficiency Design Index. Germanischer Lloyd SE. Edition 2013. Access mode: https:// rules.dnvgl.com
4. Turn wind into profit. Technology information. Access mode: https://www.skysails.com
5. Руководство по сдвигу ветра на малых высотах: Doc 9817 AN/449. Изд. 1-е: утв. генеральным секретарем Международной организации гражданской авиации. 2005. 258 с.
6. Morales Vásquez C. A. A methodology to select the electric propulsion system for Platform Supply Vessels (PSV): Master's Dissertation / C. A. Morales Vásquez. - Universidade de São Paulo, 2014. - 246 p. DOI: 10.11606/D.3.2014.tde-26122014-164655.
7. Wind-powered auxiliary generator skysails power S-CLASS. Access mode: https://skysails-power.com /wpag.html
8. *Moritz Diehl. Airborne Wind Energy: Basic Concepts and Physical Foundations. Access mode: https://homes.esat.kuleuven.be/~highwind/wp-content /uploads/ 2013*

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 629.12.066

KÜLƏK TURBİNLƏRİ VƏ ONLARIN GƏMİLƏRDƏ TƏTBİQİNİN ARAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., İsmayılov S.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru

Xülasə. *Məqalədə külək turbinlərinin hazırki vəziyyəti və gələcək modelləri haqqında məlumatlar verilməklə yanaşı, onların gəmilərdə tətbiqindən bəhs olunur. Həmçinin, məqalədə yüksək qiymətli neft məhsullarından istifadənin azaldılması və qaz emissiyalarının (tullantıların) minimuma endirilməsi məqsədi ilə küləkdən alınan enerjinin istifadəsi məsələləri də araşdırılmışdır.*

Аннотация. *В статье представлена информация о нынешнем состоянии и будущих моделях ветряных турбин, а также об их применении на судах. В статье также исследуются задачи использования энергии ветра в целях сокращения использования нефтепродуктов и минимизации выбросов газов (отходов).*

Abstract. *The information on the current state and future models of wind turbines, as well as their application on ships is provided in the article. The use of wind energy to reduce the use of high-value oil products and minimize gas emissions (waste) is also analyzed in the article.*

Açar sözlər: *gəmi, külək turbini, bərpa olunan enerji, elektrik enerjisi, külək enerjisi*

Ключевые слова: *судно, ветряная турбина, возобновляемая энергия, электрическая энергия, ветровая энергия*

Key words: *ship, wind turbine, renewable energy, electric energy, wind energy*

Giriş. Dünyada enerji böhranı səbəbi ilə insanlar bərpa olunan enerji mənbələri kimi külək turbinlərindən və ya günəş panellərindən daha çox istifadə edirlər. Ümumiyyətlə, külək enerjisi daha perspektivli bərpa olunan enerji mənbəyi kimi müəyyən edilmişdir. Hazırda xərclər və material baxımından şaquli oxlu külək turbinləri (ŞOKT), üfüqi oxlu külək turbinlərindən (ÜOKT) daha üstün hesab edilməkdədir. Hal-hazırda sürüşdürülə bilən "Savonius" tipli turbinlər, aşağı-yuxarı hərəkət etdirilə bilən "Darrieus" tipli turbinlər və hər ikisinin (D+S) hibrid turbini hazırlayaraq küləyin turbinin bıçaqlarına doğru istiqamətləndirilməsi ilə faydalılığı artırılmaqdadır. Hazırda bu hibridin hazırlanması və gücün artırılması üçün bir çox tədqiqatlar aparılır. Avropa ölkələri, o cümlədən qabaqcıl dünya ölkələri alternativ enerjidən istifadə edirlər və bu sahə üzrə elmi-tədqiqatlar aparırlar [1, 2].

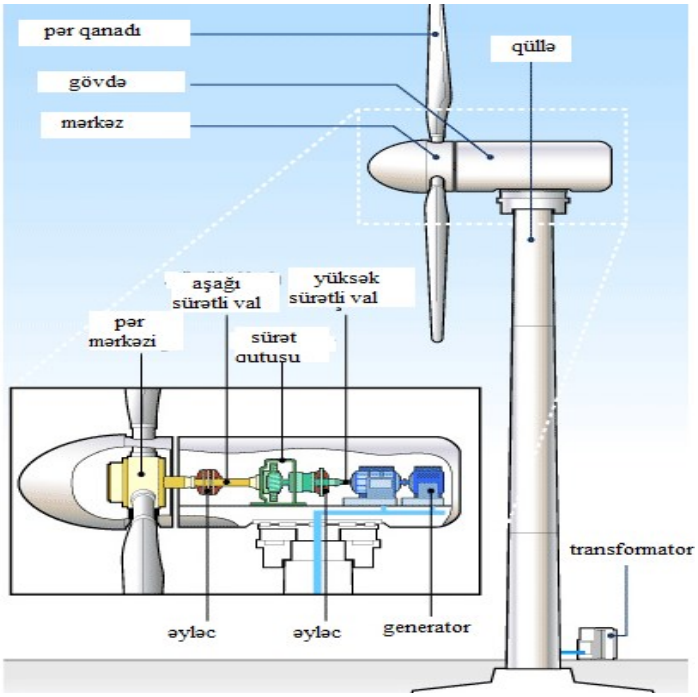
Əsas hissə. Bərpa olunan enerji hazırda dünya enerji istehsal sahəsində ən vacib mövzulardandır. Dünyadakı karbohidrogen resurslarının ehtiyatlarının sürətlə azalması enerji istehsalçılarını alternativ enerjidən istifadə etməyə məcbur edir. Bununla yanaşı, kömür, neft və qaz kimi yanacaqlardan enerji istehsalı qlobal istiləşmənin və turşu yağışlarının emissiyası kimi çoxlu ekoloji problemlərə səbəb ola bilir. Alternativ enerjilərdə ekoloji təhlükə riski, demək olar ki, yoxdur.

Alternativ enerji dedikdə, küləklər, günəş işığı, yağış, dalğalar, geotermal istilik və s. kimi təbii mənbələrindən istifadə etməklə istehsal olunan enerjilər nəzərdə tutulur.

Hazırda inkişaf etmiş ölkələr tərəfindən bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin artırılmasına xüsusi diqqət yetirilməkdədir. İqtisadi cəhətdən sürətlə inkişaf edən bir çox dövlətlər bu sahədə hədəflər müəyyənləşdirərək, enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin rolunu yüksək qiymətləndirdiklərini bəyan edirlər. Beynəlxalq və regional təşkilatların hesabatları göstərir ki, bu sahəyə ciddi miqdarda investisiya qoyuluşu təmin edilir və enerji sistemində bərpa olunan enerji mənbələrinin payı gündən-günə sürətlə artmaqdadır. Avropa

Birliyi tərəfindən üzv ölkələrin enerji istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrinin payının 20%-ə çatdırılması barədə qəbul etdiyi hədəf birliyin bu sahəyə necə diqqət göstərdiyinin sübutudur [1,2,3].

Ümumiyyətlə, dünyada külək enerjisindən istifadə də, sürətli bir inkişaf vardır. Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə dünyada yeni sənaye inkişafına gətirib çıxarır. Dünyanın külək potensialı nəzərə alınmaqla, bu potensialın yalnız bir hissəsi istifadə olunur. Hökümətlərin bu məsələyə diqqəti nəticəsində külək enerjisinin istehsalına olan marağı daha da artırır. Almaniya, Danimarka və İspaniya külək enerjisindən istifadə edən ölkələrdəndir. Danimarka elektrik enerjisinin 40%-ni külək turbinləri vasitəsilə istehsal etməyə başlayıb. Böyük Britaniyanın böyük külək enerjisi potensialı vardır və küləkdən alınan enerji qiymətinin aşağı salınması üçün bəzi tədbirlər görülür. Qlobal Külək Enerji Şurası (QKEŞ) öz hesabatında göstərir ki, 2016-cı ildə qlobal bazarda 54 GV-dən çox külək enerjisi istehsal edilmişdir. QKEŞ-in beş illik proqnozu 2017-ci ilə qədər, təxminən, 60 GVt-a qədər enerji istehsal olunacaq, 2021-ci ilə qədər illik 75 GVt-a qədər enerji istehsalı olunacağı planlaşdırılıb, 2021-ci ilin sonunda bu istehsal daha da artırılaraq illik 80 GVt-a qədər enerji istehsal olunacaq.



Şəkil 1. *Üfüqi oxlu külək turbininin elementləri*

Məlum olduğu kimi, külək turbinləri enerji istehsal etmək üçün külək enerjisindən istifadə edir. Külək turbinində küləyin kinetik enerjisi rotorda mexaniki enerjiyə çevirilir. Rotorun hərəkəti dişli çarxlar vasitəsi ilə generatora ötürülür. Generatorda mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirir. Generatorda yaranan elektrik enerjisi batareyalara yüklənilir və ya elektrik transformatorları vasitəsilə birbaşa istifadəçiyə və ya stansiyaya ötürülür. Transformatordan çıxış təxminən 700V olur, əgər bu şəxsi istifadə üçün nəzərdə tutulubsa, çıxış birbaşa, təxminən, 240V olur. Külək enerjisinin alternativ enerji mənbəyi kimi əsas cəlbedici xüsusiyyəti onun həm kiçik, həm də böyük enerji istehsal etmək üçün yararlı olmasıdır. Külək enerjisinin digər bir xüsusiyyəti də onun tənzimlənə bilmə xüsusiyyətidir. Külək enerjisindən istifadə karbohidrogen yanacaqlara asılılığı azaldır. Quruda əldə edilən külək enerjisi kömür və qazdan daha sərfəli enerji mənbəyidir. Külək turbinlərinin quruda quraşdırılması və təmir xərcləri digərlərindən daha az vəsait tələb edir [3,4].

Ölkəmizdə bərpa olunan enerji potensialından səmərəli istifadə edilməsi məqsədilə atılmış əsas addımlardan biri 2004-cü ildə "Azərbaycan Respublikasında alternativ və bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramı"nın qəbul edilməsi olub. Şəkil 1-də üfüqi oxlu

külək turbininin elementləri göstərilmişdir. Proqramın qəbulu bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsində köklü dəyişikliklərin həyata keçirilməsinə və ölkəmizin bu sahədəki potensialının dəyərləndirilməsinə geniş imkanlar yaratdı. Qəbul edilmiş Dövlət Proqramları və struktur islahatları nəticəsində, 2009-cu ildən başlayaraq, dövlət və qeyri-dövlət müəssisələri 10 yeni su elektrik stansiyası, 6 günəş və 5 külək elektrik stansiyası, 30-a yaxın sosial obyektdə günəş panelləri və istilik nasosları quraşdırılır.

Tədqiqatçılar, elektrik enerjisi istifadəsində səmərəliliyi artırmaq üçün günəş enerjisi, külək enerjisi və qurudan enerji təchizatı kimi alternativ enerji sistemlərinin, həmçinin, gəmilərdə istifadəsinə diqqət yetirirlər. Xüsusilə, ticarət fəaliyyətlərini həyata keçirən və alternativ enerji sistemlərinə sahib gəmilərlə əlaqəli nümunə tətbiqetmələr təqdim olunur. Bundan əlavə, yeni nəsil gəmi dizaynlarına dair layihələr haqqında məlumat verərək dənizçilik sahəsindəki inkişaflara diqqət yetirilir [2, 3, 4].

Külək turbini. Külək turbin bıçaqları küləyin kinetik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirir və alınan enerji də mexaniki gücə çevrilir.

$$P_{mex.} = \frac{1}{2} m \cdot v_{max.}^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_{min}^2 \quad (v_{max.} > v_{min}.$$

Burada m kütlə (kq), v_{max} küləyin maksimal sürəti (m/s) və v_{min} külək minimal sürəti (m/s) dir.

Külək turbinlərinin iki növü vardır.

1. **Üfüqi oxlu külək turbinləri (ÜOKT).** ÜOKT-ni ŞOKT-nə nisbətən daha yüksək güc verir. Lakin, ÜOKT-in maksimum güc verməsi üçün yüksək sürətli hava axınına ehtiyac duyur. Küləyin sürətinə və istiqamətlərinə görə, küləyin nisbi sürət həddi də dəyişir. Bıçaq sürəti artdığından, nisbi külək sürəti ucuna doğru daha meylli olur. Daha sonra yüksək səsə səbəb olan burulğanlar yaradır.
2. **Şaquli oxlu külək turbinləri (ŞOKT).** ŞOKT-un ənənəvi üfüqi oxlu külək turbinlərinə nəzərən bir sıra üstünlükləri var. Onlar bir-birinə daha yaxın yerləşdirilə bilir və buda daha çox turbin yerləşdirməsinə imkan verir. Bu növ turbinlər daha sakit işləyir, çox yönlü olurlar. Onlar küləyin sürətinin aşağı olduğu yerə daha yaxın olan hissədə güc yaratmaq üçün çox külək tələb etmirlər. Bu tipdə olan külək turbinlərinin daşınması quraşdırılması daha asan olur. Külək bir ŞOKT-un bıçaqlarından keçərkən bıçaqların hamısı enerji istehsalında iştirak edir.



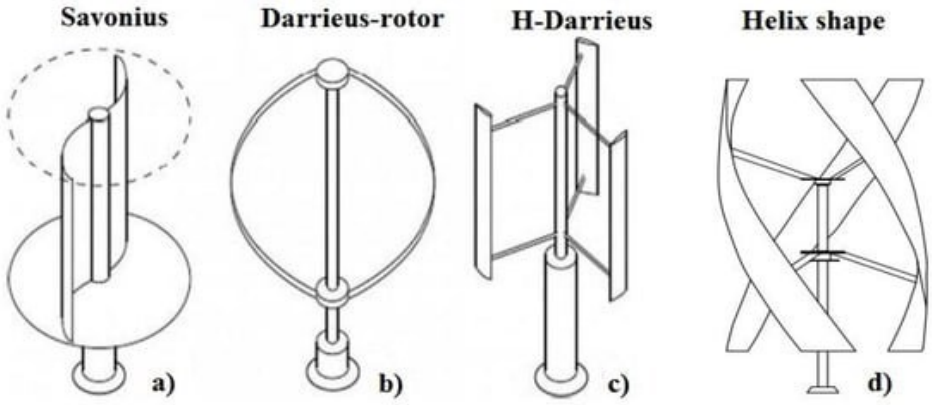
a) *b)*

***Şəkil 2**. Külək turbinlərinin iki əsas növü*
a) Üfüqi oxlu külək turbini (ÜOKT) b) Şaquli oxlu külək turbini (ŞOKT)

Amma külək bir ÜOKT-dən keçərkən bıçaqların yalnız bir hissəsi qüvvə yaradır, digər hissələr isə sadəcə hərəkət edir. Nəticədə, elektrik enerjisi istehsalı nisbətən azaldılmış olur. Kiçik ŞOKT-dan yüksək səmərəliliyi əldə etmək bir qədər mürəkkəbdir. ŞOKT-ların ticarət ölçülərinin təyin edilməsi üçün bir çox maneələr var. ŞOKT-lar ÜOKT-lərin forması kimi güclü dizayna sahib deyil. Bunun səbəbi bir ŞOKT-ların bıçaqlarının ÜOKT-lərin bıçaqlarına nisbətən mərkəzdən daha uzaqda hərəkət etməsidir. Amma bu bıçaqların geniş açılması nəticəsində digərlərindən daha çox küləklə təmasda olur, nəticədə, enerji istehsalı daha çox olur. ŞOKT-larının material xərcinin də az olduğu müəyyən olunmuşdur. Şəkil 2-də külək turbininin iki əsas növü göstərilib.

"Savonius" tipi külək qüvvəsini istifadə edən su dəyirmanına bənzəyir. "Darrieus" tipi ÜOKT-i ilə bənzər bıçaqları var. ŞOKT -un əsas rotor şaftı üfüqi düzəldilmişdir. Bu tip külək turbinləri üçün anemometr istifadə olunmur, çünki hər istiqamətdən əsən küləyi qəbul edə bilir. Lift ilə hərəkət edən turbinlərin faydalı işi fırlanan turbinlərdən daha çoxdur, bu gün əsas diqqət liftlə hərəkət edən turbinlər üzərindədir. Bu turbinin ilk dizaynı 1931-ci ildə G.J.M.Darrieus tərəfindən patentləşdirilmişdir. Şəkil 3-də şaquli oxlu külək turbinlərinin əsas növləri göstərilmişdir. Şaquli oxlu külək turbinlərinin üç əsas tipi vardır:

1. **Savonius tipli Şaquli Oxlu Külək Turbini.** Savonius turbini ən sadə turbinlərdən biridir. Aerodinamik cəhətdən iki və ya üç çömçəyəbənzər cihazdır. Yuxarıdan rotora baxarkən "S" forması kimi görünür. Formasına görə bu tip turbinlərin faydalı işi azdır. Savonius külək turbinlərinin küləyin enerjisinin təxminən 15%-ni elektrik enerjisinə çevirir. Bu isə Darrieus tipindən çox azdır. Savonius 1932-ci ildə Finlandiyadan Sigurd Johannes Savonius tərəfindən təsvir edilmişdir. Şəkil №3 a) Savonius tipli ŞOKT dizaynını göstərir.



Şəkil 3. *Şaquli oxlu külək turbinlərinin növləri*
a)Savonius, b)Darrieus-rotor, c)H-Darrieus, d)Helix shape

Bu növün əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

1. Konstruktiv sadəlik;
2. İlkin təmir xərclərinin ucuz olması;
3. Şəhər tətbiqləri üçün aşağı görmə təsiri;
4. Küləyin istiqamətindən asılı olmayan aşağı külək sürəti ilə işə salınma;
5. Yüksək qüvvə.

Qeyd edilən üstünlüklərə baxmayaraq, Savonius turbinlərinin səmərəliliyi digər şərti rotorlardan daha aşağıdır. Bu səbəbdən, Savonius üslublu generatorların yayılması çox kiçik miqyaslı tətbiqlərdə və ya inkişaf etməkdə olan ölkələrdə, əsasən, məhduddur.

2. **"Darrieus" növü və Darrieus tipli Şaquli Oxlu Külək Turbini.** Darrieus turbinlərinin rotoru, "Miksel (yumurta çırpıcı)", H formalı və ya sarmal formalı fərqli quruluşlarda hazırlanır. Darrieus külək turbini, külək enerjisindən elektrik enerjisi istehsal etmək üçün istifadə edilən bir şaquli oxlu külək turbinidir. Turbin şaquli oxa quraşdırılmış bir neçə ədəd qıvrımlı aerofoil

qanaddan ibarətdir. Darrieus külək turbinində əsasən vertikal düzəldilmiş iki əyri bıçaq olur. Qanadlar turbində hərəkət edərkən ellipsəbənzər forma alır.

Qanadlarda olan bükülmə qanadların yüksək sürətlə fırlanmasına imkan verir. Qanadların ölçüsü təxminən 60 m genişlikdə, 100 m hündürlükdə olur və 3.8 MV dəyərində sabit cərəyanlı enerji verir. Darrieus növü külək turbini Fransız hava mühəndisi Georges Jean Marie Darrieus tərəfindən 1931-ci ildə patentlənmişdir.

Darrieus tipl külək turbinin ən böyük üstünlüklərindən biri turbinin qanadlar sayəsində külək istiqamətinə dönməsi lazım olmadığı üçün gövdə dönüş sisteminin istifadə edilməsinə ehtiyac olmamasıdır. Mexaniki və elektron komponentlərinin yerə yaxın yerləşdiyi üçün təmiri və quraşdırılması digər turbinlərə nəzərən, daha ucuz və rahat olmasıdır. Şəkil №4 b) Darrieus tipli ŞOKT dizaynını göstərir.

Savonius turbinlərindən fərqli olaraq, Darrieus yüksək fırlanma sürəti üçün daha yaxşı bir məhsuldarlığa malikdir, lakin daha aşağı torka malikdir. Bu səbəbdən, hər iki modelin müsbət tərəflərini birləşdirməyə çalışan bəzi hibrid Savonius -Darrieus turbinləri də vardır.

3. **H-Darrieus və Helix shape tipli Şaquli Oxlu Külək Turbini.** H-rotorlu Darrieus-Darrieus rotorunun daha H formalı inkişafı. Darrieus rotoru, radial oxlara bərkidilmiş bir, iki və ya daha çox aerodinamik qanaddan ibarət bir quruluşdur. Darrieus rotorunun ümumi iş prinsipi ümumiyyətlə məlum olsa da, hələ də fiziki proseslərin tam təsviri və adekvat riyazi model yoxdur. Darrieus rotoru ilə Savonius rotoru arasındakı əsas fərq onun sürətidir. Beləliklə, Savonius rotor bıçaqlarının sürəti gələn axının sürətinə yaxındırsa, Darrieus rotorunda 3-4 qat daha yüksəkdir. Darrieus külək generatorunun xarakteristikası Reynolds meyarına görə, təbii olmur. Eyni zamanda, Darrieus rotorunun Savonius rotor rejimində işlədiyi ilkin avtorotasiya rejimi də mövcuddur. Təcrübədə Darrieus rotoru üçün üç bıçaq istifadə olunur, çünki daha az sayda öz-özünə başlamaz və balanslaşdırma problemi yaranmır. Bıçaqların sayının artması ilə Darrieus rotorunun sürəti, üfüqi-eksenli külək generatorlarında olduğu kimi azalır. Şəkil №3 c) H-Darrieus tipli Şaquli Oxlu Külək Turbinin dizaynını göstərir.

ŞOKT-nin gələcək istiqamətləri. ŞOKT-un əsas problemi onların yerə yaxın olması və nəticədə, az küləyi qəbul etməsidir. Küləyin turbin bıçaqlarına doğru istiqamətləndirən deflektör sistemi bu problemi həll edəcəyi düşünülür. Hazırda bu səviyyədə bir çox tədqiqat aparılır. Bundan başqa, bir çox tədqiqatçı bıçaq profilini nəzərdən keçiriblər.

Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrinin icrası. Yenilənə bilən enerji sistemlərinin icrası, günəş enerjisindən elektrik istehsalı PV panelləri ilə, külək enerjisindən elektrik istehsalı isə külək turbinləri ilə həyata keçirilir.



Şəkil 4. *"SolarSailor" gəmisində günəş və külək enerjisi icrası*

Hazırda, enerji ehtiyacı az olan gəmilərdə yenilənə bilən enerji resurslarının istifadəsinə rast gəlinməklə yanaşı, artıq ticarət gəmilərində də alternativ enerji mənbələrindən istifadə edildiyi görülməktədir [4, 5, 6].

"OCIUS" adlı Avstraliya şirkəti tərəfindən ticarət məqsədləri üçün inşa edilən "SolarSailor" adlı bərə tipli gəmi (şəkil 4) bu çərçivədə icra edilmiş ilk çalışmalardan biridir.

Gəmi günəş, külək, batareya və LPG ilə işləyə bilən hibrid bir quruluşa malikdir. Gəminin enerji ehtiyacı əsasən günəş, külək və batareya sistemi tərəfindən qarşılanır. Alternativ enerji mənbələri yetərli olmadığı zaman, gəmidə LPG yanacaq sistemi işə düşür. 21 m uzunluğunda olan gəmi, Sidney Limanı üçün 100 nəfərlik səyahət gəmisi olaraq 2000 -ci ildə bir il kimi qısa müddətdə inşa edilmişdir. Gəminin yanacağı 35% və tullantıları (emissiyaları) 50% azaltmaq potensialı mövcuddur. Mövcud dizaynı sayəsində 2001-ci ildə "Avstraliyada ilin Dizayn Mükafatı" na layiq görülmüşdür. Kommersiya cəhətdən idarə olunan gəmi vasitəsi ilə 10 ildən çox müddətdə on minlərlə sərnişin daşınmışdır [5, 6].

Gəmi qısa məsafəli sərnişin daşımalarının sıx olduğu bölgələrdə hibrid enerjili dəniz daşımalarının səmərəli istifadə ediləbiləcəyini göstərən yaxşı bir nümunədir. Bu konsepsiyaya malik gəmilərin dəniz nəqliyyatına daxil edilməsi ilə bərabər, gəmilərdən qaynaqlanan yanacaq istehlakı və tullantılarının əhəmiyyətli dərəcədə azalmaya nail olunacaq və sahil ərazilərindəki ətraf mühitin çirklənməsi azaldılacaqdır.

Şəkil 5-də qeyri-adi dizayna malikr "Revelation II" adlı katamaran tipli bərə verilmişdir.

Böyük Britaniyada istehsal edilən 10,97 m uzunluğunda olan qayığın qiyməti 300.000 funt sterlinqdir. Qayıqda qeyri adi yəni, üfüqi oxlu külək turbinləri quraşdırılıb. Külək turbini 110 kVt -a qədər güc yarada bilir və bu gücü hərəkət sisteminə ötürə bilir. Eksperimental və müasir bir yanaşma ilə yola çıxan tədqiqatçılar, dizaynın insanlar tərəfindən çox fərqli dəyərləndirilməsinə baxmayaraq, müsbət rəy aldıqlarını söylədilər [5, 6].

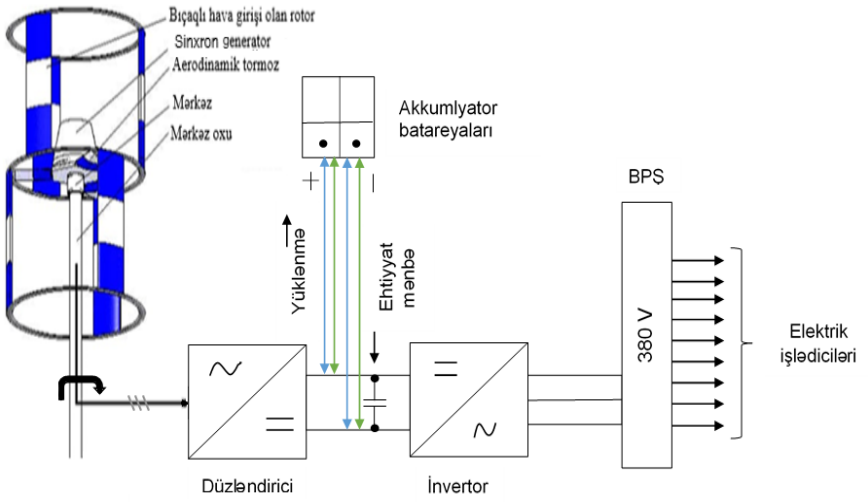
Gəmilərdə külək turbinlərinin istifadəsi nəzərə alındığında, şaquli oxlu külək turbin növlərinə daha çox üstünlük verilir. Ancaq bu qayıqda istifadə olunan üfüqi oxlu külək turbini ilə su nəqliyyatı vasitələrində fərqli tip külək turbin sistemlərinin də istifadə edilə biləcəyi göstərilmişdir.



Şəkil 5. *"Revelation II" gəmisində külək enerjisinin tətbiqi*

Bu cür təcrübələr diqqətə alındığında, dənizçilik sektorunun gəmilərdə alternativ enerji mənbələrinin istifadəsinə dair tələbatın olduğu görülməkdədir. Xüsusilə, ticarət fəaliyyətlərini davam etdirən gəmilərin alternativ enerji mənbələrindən istifadə etməsi, gəmilərdən qaynaqlanan ətraf mühitə mənfi təsirləri azaldacaq və dəniz sektorunun dayanıqlılığına əhəmiyyətli dərəcədə töhfə verəcəkdir. Hazırki dövrdə dünyada yükdaşımaların böyük əksəriyyətini həyata keçirən gəmiçilik sistemində gəmilərin hərəkətini təmin etmək məqsədi ilə kömür və neft məhsullarından istifadə edilməkdədir. Bu isə, öz növbəsində, təbii ehtiyatlarının azalmasına gətirib çıxarır ki, bu səbəbdən bərpa olunan enerji mənbələrinə marağ artırmaqdadır. Bununla belə, hələ uzun illər karbohidrogen resurslarının yanacaq bazarında və tələbatda mühüm rol oynayacağı və əsas yer tutacağı danılmazdır. Dünyada baş verən və gələcək nəsillərin qarşısında duracaq əsas problemlərdən biri olan ekoloji çirklənmə və tarazlığın pozulması, qlobal istiləşmə, atmosferə atılan istixana qazlarının kəskin artması və digər ekoloji problemlər ölkələri kömür, neft və qaz kimi çirklənmədə böyük rol oynayan yanacaq növlərinin istifadəsinin azaldılmasına və bərpa olunan enerjidən istifadənin genişləndirilməsinə sövq etməkdədir. Bərpa olunan enerji mənbələrinin maya dəyərinin yüksək sürətlə inkişaf edən texnologiya nəticəsində ciddi şəkildə aşağı düşməsi də bu enerji növlərinə marağı artırmaqdadır [6, 7].

Aparılan təhlil və araşdırmaların nəticəsi olaraq qeyd etmək olar ki, ölkəmizdə gəmiçilik şirkətlərində müxtəlif təyinatlı gəmilərin mövcud olmasını nəzərə alaraq, yuxarıda qeyd edilən külək turbinlərinin quraşdırılması məqsədi ilə uyğun gəmilərin seçilməsi və enerji qənaətinə nail olmaq mümkündür. Bu məqsədlə Azərbaycanda ən böyük gəmiçilik idarəsi olan Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi QSC nin mövcud gəmiləri üzərində işlənməsi olduqca vacibdir. İlkin olaraq gəmilərdə sınaq məqsədi ilə tətbiq ediləcək turbinlərin ÜOKT-ə nisbətən bir çox üstünlükləri olan ŞOKT-un tətbiq olunması daha məqsədə uyğundur. Şəkil 6-də şaquli oxlu külək turbininin gəmidə tətbiqini xarakterizə edən sxem göstərilmişdir.



Şəkil 6. *Şaquli oxlu külək turbininin gəmidə tətbiqi*

Nəticə. Məqalədə kiçik həcmli gəmilərdə geniş istifadə olunan alternativ enerji sistemlərinin ticarət gəmilərində də tətbiq oluna biləcəyi nümunələrlə izah edilmişdir. Beynəlxalq konvensiyaların tələblərinə uyğun olaraq gəmilərin üzərinə qoyulan ekoloji məhdudiyyətlər səbəbindən bu cür təcrübə və layihələrin gələcəkdə artacağı gözlənilir. Gəmilərin ətraf mühitə vurduğu ziyanı minimuma endirmək və maddi olaraq maksimum fayda götürmək üçün alternativ enerji sistemlərinə sahib, yaşıl gəmi və yaşıl liman tətbiqetmələri gələcəkdə daha çox vüsət alacaqdır. Texnologiyanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq, enerjiyə qənaət edən məhsulların xərcləri azalacaq, ekoloji cəhətdən təmiz gəmi və liman anlayışları daha sərfəli bir şəkildə həyata keçiriləcəkdir. Günümüzdə elektrik enerjisinin bir hissəsinin təmin edə bilən hibrid enerji gəmi sistemləri üzərində işlər aparılsa da, sözügedən

layihələrdən də aydın olduğu kimi, sıfır emissiya ilə tamamilə bərpa olunan enerji mənbələri ilə işləyən ticarət gəmiləri anlayışları gələcəkdə nəqliyyat sektorunda öz yerini alacaqdır.

Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi QSC-nin mövcud gəmiləri üzərində, ilkin olaraq, sınaq məqsədi ilə ŞOKT -un tətbiq olunması məqsədə uyğun hesab edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Əmrəliyev A.B., Abdulova N.A., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T. "Yaşma ərazisində külək energetik qurğularının yerləşdirilməsi" // SDU Azərbaycan Elmi tədqiqat və layihə axtarışı Energetika İnstitutu MMC. Energetikanın Müasir Problemləri Respublika Elmi konfransının materialları. Sumqayıt: 2011, s.53-54
2. Мустафаев Р.И., Абдулкадыров А.И. Применение синхроизированного асинхронного генератора в ветроэнергетической установке // Проблемы Энергетики. Баку: 2003, №1, с.28-32
3. Əmrəliyev A.B., Abdulova N.A., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T. "Abşeron rayonunun Yaşma ərazisində külək rejiminin müəyyənləşdirilməsi məsələləri" // "Energetikanın müasir problemləri" Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi SDU Beynəlxalq Elmi Konf.Materialları. Sumqayıt: 2011, s.51-53
4. Əmrəliyev A.B., Abdulova N.A., Abdullayeva S.C., Məmmədova Ş.T. "Azərbaycanda qeyri-ənənəvi enerji mənbələri və onların istifadəsi imkanları" // "Energetikanın Problemləri". Bakı: 2012, №2. s.79-86.
5. Sultanov E.F., İsmayılov S.S. "Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrindən istifadə imkanlarının araşdırılması"/ **A**DDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2021, səh. 151-157.
6. Yiğit, K., Acarkan, B. (2018). "The Importance of Ships in the Next-Generation Electric Power Systems" Book Chapter in Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions, 167-178. London: Academic Press.
7. MARPOL 73/78 Санкт–Петербург, ЗАО «ЦНИИМФ» - 2008

Məqalə qəbul olunub: 31.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

UOT: 528.8

MƏSAFƏDƏN ZONDLAMADA YÜKSƏK İNFORMATİV TƏSVİRLƏRİN OPTİMAL SİNTEZİ

Əliyeva Y.N., Həsənquliyeva M.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 20
E-mail: yegane.aliyeva.1969@mail.ru, metahasanquliyeva@rambler.ru

Xülasə. *Normalaşdırılmış differensial indekslər bazasında məsafədən zondlama metodu ilə təbii və texnogen mühitlərin müxtəlif tərkib obyektlərinin qeyri-bircins sahələrinin optimal qiymətləndirilməsi məsələsinin həllinə baxılmışdır. Yüksək ayırdetmə ilə məsafədən zondlamanın yüksəkinformativ təsvirlərinin sintezi üçün informasiya optimallaşdırılması metodu təklif edilmişdir. Təklif edilən metodun praktiki realizasiya qaydası göstərilmişdir.*

Abstract. *The solution of the problem of optimal assessment of non-homogeneous areas of various constituent objects of natural and man-made environments by the method of remote sensing on the basis of standardized differential indices is considered. An information optimization method has been proposed for the synthesis of highly informative images of remote sensing with high resolution. The procedure for practical implementation of the proposed method is shown.*

Аннотация. *Рассмотрено решение задачи оптимальной оценки неоднородных участков различных составляющих объектов природной и техногенной среды методом дистанционного зондирования на основе нормированных дифференциальных показателей. Предложен метод информационной оптимизации для синтеза высокоинформативных изображений дистанционного зондирования с высоким разрешением. Показана процедура практической реализации предлагаемого метода.*

Açar sözlər: *multispektral təsvirlər, sensor, spektral, panxromatik, fəza kriteriyası*

Key words: *multispectral images, sensor, spectral, panchromatic, spatial criterion*

Ключевые слова: *мультиспектральные изображения, датчик, спектральный, панхроматический, пространственный критерий*

Giriş. [1]-də göstərildiyi kimi, müxtəlif sensorlardan alınan təsvirlərin qovuşma metodu aşağı ayırdetmə ilə multispektral təsvirlərin və yüksək ayırdetmə ilə panxromatik təsvirlərin birləşdirilməsi məqsədilə getdikcə daha çox konkret tətbiq tapır. İdeal halda bu yolla sintez edilən təsvir ilk təsvirin multispektral xassələrini və xarakteristikalarını saxlamalıdır. Bununla yanaşı, spektral xarakteristikaların saxlanılmasını təmin edən bir çox metodlarda təsvirlərin ayırdetmə qabiliyyəti məsələsinə kifayət qədər diqqət verilmir. Təsvirlərin yüksək keyfiyyətinə nail olmaqda fəza ayırdetməsinin rolu [1]–də göstərilmişdir. Burada panxromatik kanaldan istifadə etməklə üç təsvirin və IRS hind peykinin LISS apparaturasının üç spektral kanalının formalaşması üzrə texniki həll yolu göstərilmişdir. Fəza kanallarının nisbəti aşağıdakı kimidir: I təsvir 24 m və 6 m; II təsvir 20 m və 5 m; III təsvir 23,5 və 5,8 m. Bu zaman aşkar edilmişdir ki, ən yüksək keyfiyyətə üçüncü təsvir, ən pis keyfiyyətə isə ikinci təsvir malikdir. Beləliklə, son sintez məhsulunun keyfiyyəti ilə istifadə olunan ilk təsvirlərin fəza ayırdetmələri nisbətlərinin qarşılıqlı əlaqəsi göstərilmişdir.

[2]-də deyildiyi kimi, multispektral təsvirlərin panxromatik təsvirlərlə toplanması yolu ilə onların ayırdetməsinin artırılması sonda təsvirlərin keyfiyyətinin artırılmasına gətirib çıxarır. Bu zaman vizual reprezentativlik kriteriyasl ilə məhdudlaşmaq olmaz. Bu işdə təsvirlərin keyfiyyətinin kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün kriteriya təklif edilir. Formalaşdırılmış təsvirlərin keyfiyyətinin

belə qiymətləndirilməsi sintez edilmiş təsvirlərdən xəritəçəkmə məqsədilə istifadə etməyə imkan verir.

Əsas hissə. [3]-ə uyğun olaraq, fəza tezliklərinin bərpaolma keyfiyyəti, həmçinin spektral xarakteristikaların bərpaolma keyfiyyəti sintez olunan təsvirin keyfiyyətini qiymətləndirməyə imkan verən iki mühüm göstəricidir. Bu işdə fəza tezliklərinin bərpaolma keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinə təsvirin ləkələnmə parametrinin qiymətləndirilməsindən ibarət olan yeni yanaşma təklif edilir. Bu zaman nəzərə alınır ki, nöqtənin paylanma funksiyasının (PSF) yayılma ölçüsü olan ləkələnmə parametri sensor kanallarının fəza ayırdetməsini xarakterizə edir.

Qeyd edilmişdir ki, sintez olunmuş təsvir aşağıdakı xassələrə malik olmalıdır:

1. Sintez olunmuş təsvirin deqradasiyası halında aşağı ayırdetmə ilə ilk təsvirə doğru istiqamətdə keçidə zəmanət olmalıdır.

2. Sintez olunmuş təsvirin fəza ayırdetməsi ilk panxromatik təsvirin yüksək fəza ayırdetməsinə imkan dairəsində identik olmalıdır.

3. Sintez olunmuş təsvirlərin multi-spektral çoxluğu ilk yüksək ayırdetmə ilə müvafiq sensorla formalaşdırıla bilən təsvirlərin multispektral çoxluğu ilə eyni olmalıdır.

[2] -ə uyğun olaraq, multispektral təsvirlərin fəza ayırdetməsi onun daha yüksək fəza ayırdetməsinə malik olan eyni səhnəli bir və ya bir neçə təsvirlərlə birləşməsi yolu ilə artırıla bilər.

[4] -də sintez olunmuş təsvirlərin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif indekslər təklif edilmişdir. Sintez olunmuş təsvirlərin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün onların spektral tərkibinə dair təsvirlərin sintezinin keyfiyyətinin aşağıdakı kəmiyyətcə qiymətləndirmə kriteriyaları işlənilmişdir:

1. Doğruluq kriteriyası. Bu kriteriyaya uyğun olaraq sintez olunmuş təsvirdə informasiya itkiləri ilk multispektral təsvirlə müqayisədə minimallaşdırılmalıdır, siqnal/səs-küy nisbəti isə maksimuma çatdırılmalıdır.

2. Spektral kriteriya. Bu kriteriyaya uyğun olaraq ilk multispektral təsvirlə sintez olunmuş təsvir arasında spektral fərq seçilmiş spektral diapazonda minimal olmalıdır.

3. Fəza kriteriyası. Bu kriteriyaya uyğun olaraq sintez olunmuş təsvirin yüksəktezlikli komponentləri və ilk panxromatik təsvir arasında korrelyasiya əmsalı maksimal qiymətə malik olmalıdır.

4. Tekstur kriteriyası. Bu kriteriyaya uyğun olaraq sintez olunmuş təsvirlə ilk multispektral təsvirlər arasında tekstur fərqi 5x5 ölçülü hərəkət edən pəncərədə mütləq lokal variasiya fərqlərinin ortakvadratik kəmiyyətinin ən kiçik qiymətinə nail olmaq mənasında minimallaşdırılmış olmalıdır.

Bununla belə, eyni bir səhnənin panxromatik və multispektral təsvirləri istifadə edildikdə sintez olunmuş təsvirin yüksək keyfiyyətinə sintez prosedurasının özünün informasiya optimallaşdırılması metodu ilə nail oluna bilər. İnformasiya mənasında təsvirlərin optimal sintezi formalaşan təsvirlərin ilk səhnəsi ilə sintez olunmuş təsvirin yüksək fəza spektral və tekstur oxşarlığını qeyri-aşkar şəkildə təmin edə bilər.

Sintez olunmuş təsvirin yüksək keyfiyyətinə nail olmaq üçün təklif edilən informasiya kriteriyası aşağıdakından ibarətdir. Tutaq ki, müxtəlif spektral kanallarda formalaşmış vahid səhnənin *n* təsvirləri mövcuddur. Qəbul edirik ki, çəkilişlərin ayırdetməsi müxtəlifdir. Bu da sonda müxtəlif spektral təsvirlərdə piksellərin müxtəlif qiymətinə səbəb olur. Sonra təbii olaraq fərz etmək olar ki, çoxspektrallı siqnalların parlaqlıq qradasiyalarının miqdarı müxtəlifdir. Bu halda bir spektral çəkilişdə informasiya miqdarını aşağıdakı kimi hesablayaq

$$M_i = N_i \, log \, m_i; \; i = \overline{1,n}, \tag{1}$$

burada M_i - i-ci spektral təsvirdə informasiyanın miqdarı; N_i - i-ci spektral təsvirdə piksellərin miqdarı; m_i - i-ci spektral təsvirdə parlaqlıq qradasiyalarının miqdarı; n - ilk spektral təsvirlərin miqdarıdır.

Bütün *n* spektral təsvirlərdə informasiyanın cəm miqdarını aşağıdakı kimi hesablayaq

$$M_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} N_i \, log \, m_i . \tag{2}$$

Sonra fərz edək ki, multispektral sensorun spektral kanallarının siqnallarının energetikası məhduddur. Bu şərt riyazi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} m_i^2 = const = C . \tag{3}$$

(2) və (3) ifadələrini nəzərə alaraq, aşağıdakı funksional asılılığın mövcud olmasını qəbul etməklə, şərtsiz variasiya optimallaşdırılması tənliyini formalaşdırmaq olar

$$m_i = f(N_i), \tag{4}$$

burada $f(N_i)$ funksiyasının optimal şəkli aşağıdakını tapmağı tələb edir

$$F = \sum_{i=1}^{n} N_i \, log \, m_i(N_i) + \lambda \sum_{i=1}^{n} m_i^2(N_i), \tag{5}$$

burada λ - Laqranj vuruğudur.

Təsvirlərin sintezinin informasiya optimallaşdırılmasının riyazi məsələsinin həllinin yazılmasının asanlaşdırılması üçün (5) diskret modelin fasiləsiz yazılışına keçidi həyata keçirək.

$$F_1 = \int_0^{N_{max}} F_2[m(N)]dN = \int_0^{N_{max}} N \, log \, m(N) dN + \lambda \int_0^{N_{max}} m^2(N) dN . \tag{6}$$

Yuxarıda göstərilən optimallaşdırma məsələsinin (6) həlli üçün Eyler metodundan istifadə edək, ona uyğun olaraq məsələnin həlli aşağıdakı şərti ödəyir

$$\frac{dF_2}{d[m(N)]} = 0 . \tag{7}$$

(6) və (7) ifadələrinin nəzərə alsaq aşağıdakını alarıq

$$\frac{N}{(ln\,2)\cdot m(N)} + 2\lambda m(N) = 0 . \tag{8}$$

(8) ifadəsindən

$$-\frac{N}{2\lambda \, ln\, 2} = m^2(N) \tag{9}$$

alırıq.

(3) şərti fasiləsiz şəkildə aşağıdakı kimi yazıla bilər

$$\int_0^{N_{max}} m^2(N) dN = C . \tag{10}$$

(9) və (10) ifadələrini nəzərə alaraq

$$-\frac{N_{max}^2}{4C \cdot ln\, 2} = \lambda . \tag{11}$$

tapırıq.

λ üçün alınmış ifadəni (11) tənliyinə yazsaq aşağıdakını alırıq

$$\frac{N}{m(N)} = \frac{m(N)\cdot N_{max}^2}{2C} . \tag{12}$$

(12) ifadəsindən

$$m(N)=\sqrt{\frac{2CN}{N_{max}^2}} \tag{13}$$

alırıq.

Məsələnin həllinin birmodallığa yoxlanılması və maksimumun əldə edilməsi üçün $m(N)$ üzrə (8) ifadəsinin törəməsini götürmək və onun həmişə mənfi olduğunu yəqinləşdirmək kifayətdir.

(6) və (7) ifadələrini nəzərə almaqla sistemdə əldə edilən informasiyanın maksimal miqdarı aşağıdakı kimi təyin ediləcək

$$F_2=\int_0^{N_{max}} F_2[m(N)]dN=\int_0^{N_{max}} N\cdot log\sqrt{\frac{2CN}{N_{max}^2}}\,dN. \tag{14}$$

Beləliklə, göstərilmişdir ki, piksellərin miqdarının və əldə edilən parlaqlıq qradasiyaların müxtəlif qiymətlərilə ilk multispektral təsvirlərin bazasında təsvirlərin sintezinin maksimal informativliyinə nail olmaq üçün (14) şərti ödənilməlidir.

Qeyd etmək lazımdır ki, burada alınan nəticələrin praktiki realizasiyası zaman panxromatik təsvir piksellərin maksimal miqdarına və parlaqlıq qradasiyalarının maksimal miqdarına malik olan təsvir kimi seçilməlidir. Bundan sonra (14) şərtinə riayət etməklə ardıcıl şəkildə multispektral təsvirlər seçilməlidir. Cəmlənən təsvirlərin belə seçim qaydası sintez olunan son məhsulun yüksək informativliyini təmin edə bilər.

Nəticə.

1.Yüksək ayırdetmə ilə məsafədən zondlamanın yüksəkinformativ təsvirlərinin sintezi üçün informasiya optimallaşdırma metodu təklif edilmişdir.

2. Təklif edilən metodun praktiki realizasiya qaydası göstərilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Vani K., Shanmugavel S., Marruthachalam M. Fusion of IRS-LISS III and pan images using different resolution ratios / 22nd Asian Conference Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore
2. Wald L., Ranchin T., Mangolini M. Fusion of satellite images of different spatial resolutions assessing the quality of resulting images // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 63, No. 6, June 1997, pp. 691-699
3. Li J. Spatial quality evaluation of fusion of different resolution images / International Archives of Photogrammetry and remote sensing. Vol. XXXIII, Part B2. Amsterdam 2000, pp. 339-346
4. Zoran L.F. Quality evaluation of multiresolution remote sensing images fusion //U.R.B. Sci., Series C., Vol. 71, Les. 3, 2009, pp. 38-52

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 620. 424.1

QAZ - TURBIN QURĞUIARININ EFFEKTİVLİYİ

Əhmədova C.A., Əlişanbəyli T.V.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 34
E-mail: ahmedova_cahan1975@mail.ru, alisanbeylioo@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə GT8C2 növlu qaz turbininin effektivliyi tədqiq edilərək, qaz - turbininin faydalılığının təhlil edilməsi imkanı nəzərdən keçirilir. Bu təhlilin müqayisəli üstünlükləri və perspektivləri müəyyən edilir. Məqalədə eyni zamanda 53.3 MVt gücündə GT8C2 növlu qaz turbininin istilik və elektrik enerji təchizatı sistemlərində İES-lərdə istifadəsinin faydalılıq göstəricilərinin hesablamalarının nəticələri təqdim olunur.*

Qaz - turbin qurğusunun avadanlıqlarının seçilməsi və effektivliyin təyin edilməsi də məqalədə öz əksini tapmışdır. Qaz - turbin qurğusunun hesabat rejiminə uyğun faydalılığı xarici havanın secilmış parametrlərinə uyğun təhlil olunaraq təqdim edilmişdir.

Abstract. *The article examines the efficiency of a GT8C2 gas turbine and considers the possibility of analyzing the efficiency of a gas turbine. The comparative advantages and perspectives of this analysis are identified. The article also presents the results of calculations of the efficiency of the use of 53.3 MW GT8C2 gas turbine in thermal power plants in thermal power plants.*

The selection of gas turbine equipment and the determination of efficiency are also reflected in the article. The efficiency of the gas turbine unit in accordance with the reporting regime was analyzed and presented in accordance with the selected parameters of the outside air.

Аннотация. *В статье исследуется КПД газовой турбины GT8C2 и рассматривается возможность анализа КПД газовой турбины. Определены сравнительные преимущества и перспективы такого анализа. Также в статье представлены результаты расчетов эффективности использования газовой турбины GT8C2 мощностью 53,3 МВт в тепловых электростанциях на тепловых электростанциях.*

В статье также отражен выбор газотурбинного оборудования и определение эффективности. Эффективность газотурбинной установки в соответствии с отчетным режимом была проанализирована и представлена в соответствии с выбранными параметрами наружного воздуха.

Açar sözlər: *qaz turbinli mühərrik, effektivlik, termodinamik və iqtisadi faydalılıq, utilizasiya qazanı, hesabat rejimi, ətraf mühit temperaturu, buxar qaz qurğusu*

Key words: *gas turbine engine, efficiency, thermodynamic and economic efficiency, utilization boiler, reporting mode, ambient temperature, steam gas plant*

Ключевые слова: *газотурбинный двигатель, КПД, термодинамическая и экономическая эффективность, утилизационный котел, отчетный режим, температура окружающего воздуха, парогазовая установка*

Giriş. Müasir dövrdə inkişaf etmiş ölkələrdə elektrik və istilik enerjisi istehsal etmək üçün şəhərlərin enerji təchizatı sistemlərinə qaz turbinli (GT) mühərriklər əsasında IEM-lər geniş tətbiq olunur. Eyni zamanda belə aqreqatlar gəmi energetikasında, gücündən asılı olaraq baş aqreqat kimi istifadə olunmaqdadır.Belə mühərriklər yeni mənbələrin tikintisi zamanı mövcud İEM-lərin yerlərində quraşdırılır, enerji istehsalından yanacağa qənaət edir. Dünyada energetik qaz turbinlərinin inkişafı çox yüksək templə gedir, qaz turbininin girişində qazın temperaturu 1200-1300^{0}C və kompressorda hava təzyiqinin artım dərəcəsi 15-25 aralığında olmaqla xeyli sayda qaz turbinləri hazırlanmışdır. Elektrik stansiyasının effektivliyini tədqiq etmək üçün, Bakı 1 №-li İEM-də hər

birinin gücü 53,3 MVt olan, GT8C-2 tipli "ALSTOM POÜER LTD" firmasının quraşdırdığı 2 qaz turbin qurğusu secilmişdir. "Bakı İEM 1" MMC–nin istehsal gücü – 106,6 MVt-dır [1-4].

"Bakı İEM 1" şəhərin sənaye müəssisələri yerləşən zonada yerləşir və həmin müəssisələrin enerji təminatında vacib stansiyadır.Bu baxımdan onun effektivliyinin tədqiqi aktual hesab olunur.

Qaz turbinində işçi cisim kimi yanacağın yanma məhsullarının hava ilə qarışığı, yüksək temperatura qədər qızdırılmış hava və yaxud başqa qazlardan istifadə olunur. Qaz turbininin iş prinsipi buxar turbinindəki ilə eynidir. Onun axma hissəsinin soplolarında işci cismin genişlənməsi nəticəsində istilik enerjisi kinetik enerjiyə, işçi kürəklərində isə kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir.

İEM-də ABB firmasının istehsalı olan Ev tipli qorelkalarla təchiz edilmiş 2 ədəd GT8C2 qaz turbini qurşdırılıb.

Əsas hissə. Aşağıdakı cədvəldə (cədvəl 1) GT8C2 növlü qaz turbinininun xarakteristikası verilmişdir.

Qaz-turbin qurğusunda yandırılan qaz yanacağı 4-8 bar təzyiqdə BEOC-dən qaz kəməri ilə verilir. Qaz əvvəl nəmlikdən təmizlənməsi üçün adsorberə daxil olur. Adsorberdə alınan qalıqlar ayrıca çənə yığılır və oradan çənlərə doldurulur. Təmizlənmiş qaz kompressora verilir. Kompressorda qaz qızdırılır və 27 bar təzyiqə kimi sıxılır. Bu parametrdə qaz qaz-turbin qurğusunun yanma kamerasına verilir. Yanma prosesi hava artıqlıq əmsalı 2,8 olmaqla 1100^0C-də baş verir. Yanma prosesində əmələ gələn qazlar 540^0C-də qazan utilizatorlara daxil olur. Qazanın 110 t/saat artıq yüklənməsi tələb olunan hallarda qazana gələn qaz yolunda əlavə olaraq odluq quraşdırılmışdır. Qaz yolunda olan odluğa qaz kompressorun qabağından götürülmüşdür. Qaz kompressoru tam avtomatik idarə olunur. Soyutma sistemi qapalı tsikllə işləyir.

Cədvəl 1

GT8C2-qaz turbininin texniki xarakteristikaları

Yüklənmə tipi	GT8C2	
	Normal rejim	Pik rejim
Turbinin dövrlər sayı, dövr/dəq	6209	6209
Maksimal gücü, MVt	52,8	56,8
Maksimal elektrik f.i.ə., %	34,4	34,8
İstiliyin xüsusi sərfi, kC/kV	10463	10343
Təzyiqlər nisbəti	15,7	15,9
Çıxan tüstü qazlarının sərfi, kq/s	179	179
Çıxan tüstü qazlarının temperaturu,℃	517	541

Kompressor 12 pilləlidir, vurulan havanın sürəti səs sürətinə yaxındır. Kameralıdır, kiçik həcmi sıxılma dərəcəsi 17,6 geniş həddə pompajsız işləyir, işə qoşulma gücünü azaltmaq üçün tənzimlənən giriş istiqamətləndirici aparatla (TGİA) təchiz olunmuşdur. TGİA kombinələşdirilmiş tsikldə və qismən yüklənmə rejimlərində f.i.ə. artmasını təmin edir. Girişdə tənzimləyici istiqamətləndirici qurğu ilə təchiz edilmişdir. Yanma üçün verilən havanın miqdarı istiqamətləndirici qurğunun kürəklərinin dönmə bucağını dəyişdirməklə tənzimlənir.

Yanma kamerası daxildə qoyulmuş həlqəvaridir. Yanma kamerasının 18 ekoloji sadə olduqları var. Onlar əvvəlcədən hazırlanmış qaz hava qarışığı və NO_x –in çox kiçik qiymətləri və quru külləmə ilə işləyir.

ABB firmasının istehsalı olan GT8C2 turbini yüksək keyfiyyətli üç pilləli qaz turbinindən və səs tezlikli 12 pilləli kompressordan ibarətdir. Yanma kamerası vintvari axında əvvəlcədən qarışdırılmış sabit tərkibli qaz qarışığının yanmasını təmin edir ki, bu da quru yanmada NO_x-in miqdarını minimuma endirir.

Beləliklə qaz turbininin yükü yanma kamerasına verilən hava və yanacağın miqdarının dəyişdirilməsi ilə tənzimlənir.

Qaz turbinini işə buraxan zaman turbinin və generatorun valı hidravlik qaz nasosu vasitəsilə qaldırılır. Qaz turbini generatoru kompressor tərəfdən qoşulmuş reduktor vasitəsilə hərəkətə gətirir.

Tüstü qazlarının oxboyu çıxışı qazan utilizator ilə birgə işləməyə imkan yaradır. Düz axım təzyiq itkisini azaldır və bunun nəticəsində də axımın döndərilməsi üçün deflektora ehtiyyac qalmır.

İEM-in f.i.ə.-nı artırmaq,həmçinin də tələbatçılara buxarla təmin etmək üçün qaz turbin qurğusu istiliyi utilizasiya edən buxar generatoru ilə təchiz edilmişdir. Almaniyanın Stork firmasının istehsalı olan təbii sirkuyasiyalı bu qazan sabit təzyiqdə qızışmış buxar istehsal edir. Bu qazan iki pilləli ekonomayzerdən və buxar qızdırıcısından ibarətdir. İstilik mənbəyi kimi burada qaz turbinindən çıxan tüstü qazlarından istifadə edilir. Qazanda, həmçinin də əlavə qaz yandırmaq üçün qaz yolunun girişində qorelkalar qoyulmuşdur. Qazana ancaq qaz turbinindən çıxan istilik verildikdə onun məhsuldarlığı 110 t/saat olur.Əlavə yanacaq yandırmaqla qazanın məhsuldarlığını 220 t/saata qədər yüksəltmək olur.

Aşağıdakı cədvəldə (cədvə 2) qazan utilizatorun texnoloji parametrləri verilmişdir.

Qazanda suyun və buxarın keyfiyyətini normada saxlamaq üçün həm fasiləli, həm də fasiləsiz olaraq üfürülmədən istifadə edilir.

QTQ-İEM-dən istilik təchizatı sistemlərində istifadənin effektivliyinin qiymətləndirilməsi xalis cari dəyər (XCD), rentabellik indeksi, müddət meyarından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir [3].

Qaz turbinlərinin müxtəlif istismar rejimlərindəki göstəricilərinə görə effektivlikləri təhlil olunmuşdur.

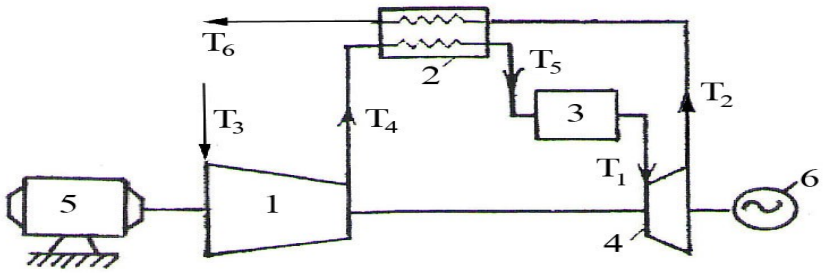
Cədvəl 2

Qazan utilizatorun texnoloji parametrləri

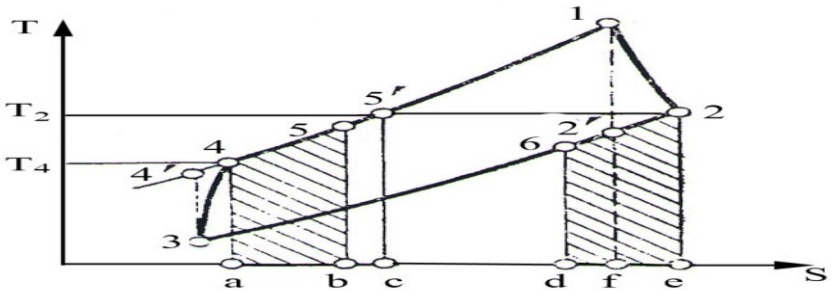
QT- nın çıxış gücü	53,3 MVt el.
İstiliyin əlavə sərfi	75,5 MVt ist.
Qazanın məhsuldarlığı	61,5 kq/san
Buxarın təzyiqi	20 bar
Buxarın temperaturu	280℃
Deaeratorun buxar sərfi	50 kq/san
Deaeratorda təzyiq	1,2 bar
Bəsləyici suyun temperaturu	105℃
Kondensatın temperaturu	40℃
Tüstü qazlarının çıxış temperaturu	129℃

QTQ-larının faydalılığını artırmaq üçün istifadə olunan üsullardan biri, yanma kamerasına verilən havanı turbindən çıxan işlənmiş qazların istiliyi hesabına qızdırmaq hesab olunur (şəkil 1). Bu sxemlərdə kompressordan (1) sonra hava əvvəlcə regeneratora (2) verilir. Regenerator – səthli tipli istilikdəyişdirici aparatdır, burada hava turbinini tərk edən qazların istiliyi hesabına qızdırılır. Regeneratorda qaz öz istiliyini havanın qızdırılmasına sərf edib, atmosferə atılır. Qızdırılmış hava isə yanma kamerasına (3) verilir.

Şəkil 2-də T,S koordinat sistemində regenerasiyalı OTQ-nın tsikli göstərilmişdir: 3-4 kompressorda havanın sıxılması; 4-5 regeneratorda sabit təzyiqdə havanın qızdırılması; 5-1 yanma kamerasında sabit təzyiqdə yanacağın yandırılması və tsiklə istiliyin verilməsi; 1-2 turbində yanma məhsulunun genişlənmə prosesi; 2-6 regeneratorda sabit təzyiqdə yanma məhsullarından istiliyin alınması; 6-3 sabit təzyiqdə yanma məhsullarından istiliyin alınması və tsiklin şərti qapanmasıdır. Ştrixlənmiş a-4-5-b sahəsi 1 kq havanın aldığı istiliyə ekvivalentdir. d-6-2-e sahəsi isə 1 kq qazın verdiyi istiliyə ekvivalentdir.



Şəkil 1. *Regenerasiyalı qaz-turbin qurğusu:1 – kompressor; 2 – regenerator; 3 – yanma kamerası; 4 – qaz turbini; 5 – elektrik generatoru; 6 – işəburaxma mühərriki*



Şəkil 2. *Regenerasiyalı qaz-turbin qurğusunun T,S diaqramında tsikli*

Bu sahələr o vaxt bərabər olar ki, ətraf mühitə istilik itkisi olmasın. Yanma məhsullarının istiliyindən o vaxt tam istifadə olunardı ki, regeneratorda hava $T_5^{'} = T_2$ qədər, yəni turbindən çıxan qazların temperaturuna qədər qızdırılaydı. T,S diaqramında $a-4-5^{'}-c$ sahəsi bu istilik miqdarına ekvivalentdir. Maksimum istilik miqdarı ölçüləri sonsuz böyük olan regeneratorda verilə bilər. Regenerasiya dərəcəsi

$$R = \frac{q_h}{q_{max}} = \frac{a-4-5-b}{a-4-5^{'}-c}\frac{sah}{sah}, \tag{1}$$

ifadəsi ilə tapılır. Burada q_h - regenertorda 1 kq havanın qəbul etdiyi həqiqi istiliyin miqdarı; q_{max} - regeneratorda havanın qaz turbinindən çıxan qazların temperaturuna qədər qızdırıla bilməsi halı üçün verilə biləcək istiliyin miqdarıdır.

q_h və q_{max} qiymətlərini T-S diaqramındakı (şəkil 7.3) həqiqi tsiklin parametrləri ilə ifadə edək:

$$q_h = C_p(T_5 - T_4), \tag{2}$$

burada T_4, T_5 - regeneratordan əvvəl və sonra havanın temperaturudur.

$$q_{max} = C_p(T_2 - T_4) \tag{3}$$

burada T_2 – turbindən sonra qazların temperaturudur.

Onda regenerasiya dərəcəsi

$$R = \frac{T_5 - T_4}{T_2 - T_4} \tag{4}$$

ifadəsi ilə təyin olunar.Əgər regeneratorda qazın və havanın təzyiq itkiləri nəzərə alınmasa, hesab etmək olar ki, regenerasiyanın tətbiqi QTQ-də faydalı işə (ℓ_i-yə) təsir göstərmir. Lakin regenerasiyalı qurğularda yanma kamerasından işçi cismə verilən istiliyin miqdarı (q_r) azalır.

$$q_r = q_{yk} - q_h, \tag{5}$$

burada q_{yk} -regenerasiyasız qurğularda yanma kamerasında sıxılmış havaya verilən istilikdir və

$$q_{yk} = C_p\left(T_1 - T_4\right)\left(\frac{1}{\eta_{yk}^{i}}\right) \tag{6}$$

ifadəsi ilə təyin edilir. Burada η_{yk}^{i} - yanma kamerasının istilik f.i.ə.-dır və (10.2.2)-ni nəzərə alsaq, q_h üçün yanma kamerasındakı itkiləri η_{yk}^{i}-nın köməyilə nəzərə ala bilərik. Beləliklə regenerasiyalı qurğularda yanma kamerasında sıxılmış havaya verilən istilik miqdarı

$$q_r = \frac{C_p\left(T_1 - T_4\right)}{\eta_{yk}^{i}} - \frac{C_p\left(T_5 - T_4\right)}{\eta_{yk}^{i}} = \frac{C_p\left(T_1 - T_5\right)}{\eta_{yk}^{i}} = \frac{C_p T_1\left(1 - \frac{T_5}{T_1}\right)}{\eta_{yk}^{i}} \tag{7}$$

ifadəsi ilə təyin edilir.

Regenerasiyalı QTQ-lərin daxili f.i.ə. isə aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$\eta_{ir} = \frac{\ell_i}{q_r} = \frac{\left(1 - \frac{1}{\beta^m}\right)\eta_{ni} - \frac{1}{\eta_k \tau}\left(\beta^m - 1\right)}{1 - \frac{T_5}{T_1}} \cdot \eta_{yk}^{i} \tag{8}$$

(4)-dən T_5 – i təyin edib

$$T_5 = R\left(T_2 - T_4\right) + T_4 \tag{9}$$

(8)-də nəzərə alsaq regenerasiyalı QTQ-nin daxili f.i.ə.

$$\eta_{ir} = \frac{\ell_i}{q_r} = \frac{\left(1 - \frac{1}{\beta^m}\right)\eta_{ni} - \frac{1}{\eta_k \tau}\left(\beta^m - 1\right)}{1 - \frac{RT_2 + (1-R)T_4}{T_1}} \cdot \eta_{yk}^{i} \tag{10}$$

ifadəsi ilə təyin edilir.

Regenerasiyanın tətbiqi faydalı iş əmsalını (φ) artırır. $R < 0{,}5$ qiymətlərində regenerasiyanın QTQ-nin f.i.ə.-na təsiri az olur. Regenerasiya dərəcəsinin qiyməti praktiki olaraq regeneratorun qızma səthlərinin sahəsi ilə təyin olunur.Müasir QTQ-lərdə $R = 0{,}6 - 0{,}8$ olur, regenerasiya hesabına yanacaq sərfində alınan qənaət 22-28% təşkil edir. $R > 0{,}8$ olanda regeneratorun qızma səthi və onun ölçüləri adətən böyük olur.

Buna görə R -in əlverişli qiyməti texniki-iqtisadi hesabatlar nəticəsində QTQ-nin sxemi və təyinatından, T_1, η_{ni} və η_k nəzərə alınmaqla təyin olunur. Regeneratorun qurulması hava və qaz yolunda əlavə hidravlik müqavimətlər yaradır, bunun da nəticəsində QTQ-nin f.i.ə.-ı azalır. Böyük hidravlik itgilərdə regenerasiyadan alınan faydalılıq sıfra enir.

Regenerasiyanın tətbiqi qaz-turbin qurğularının faydalılığına həm də qismən yüklənmə rejimlərində təsir göstərir, çünki regenerasiyalı qurğularda turbinin gücü azalanda f.i.ə.-nın azalması regenerasiyasız qurğulara nisbətən daha az olur. Regenerasiya nəinki birvallı QTQ-lərdə, eyni zamanda mürəkkəb çoxvallı qurğularda da, faydalılıqda qazanc alınan bütün hallarda tətbiq olunur.

Qaz turbinlərinin işinin tədqiqindən alınan nəticələr qaz turbinləinin layihə hesabatında istifadə edilir.

Nəticə.

1. Müəyyən edilmişdir ki, regenerasiyanın tətbiqi faydalı iş əmsalını (φ) artırır. $R < 0{,}5$ qiymətlərində regenerasiyanın QTQ-nin f.i.ə.-na təsiri az olur. Regenerasiya dərəcəsinin qiyməti praktiki olaraq regeneratorun qızma səthlərinin sahəsi ilə təyin olunur.
2. Müəyyən edilmişdir ki, müasir QTQ-lərdə $R = 0{,}6 - 0{,}8$ olanda, regenerasiya hesabına yanacaq sərfində alınan qənaət 22-28% təşkil edir. $R > 0{,}8$ olanda regeneratorun qızma səthi və onun ölçüləri adətən böyük olur.
3. Müəyyən edilmişdir ki, R -in əlverişli qiyməti texniki-iqtisadi hesabatlar nəticəsində QTQ-nin sxemi və təyinatından, T_1, η_{ni} və η_k nəzərə alınmaqla təyin olunur.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, K.M. İstilik elektrik stansiyasının buxar və qaz turbinləri / K.M.Abdullayev, F.İ. Kəlbəliyev, C.P. Məmmədova, Ş.N. Nəsirov. – Bakı: «Zaman – 3». - 2013. - 531s.
2. Григорьева, И.А. Тепловые и атомные электрические станции / Справочник под редакцией И.А.Григорьева и В.М.Зорина. – Москва: Энергоатомиздат, - 2009. - 608 с.
3. Канаев, А.А. «Парогазовые установки» / А.А.Канаев, М.И. Корнеев. - Ленинград: Машиностроение, – 2004. - 285 с.
4. https://www.britannica.com/technology/gas-turbine-engine
5. Григорьева, О.К. Расчет тепловых схем теплофикационных паротурбинных установок: учеб.-метод. пособие / О.К. Григорьева, О.В. Боруш. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, - 2014. – 63 с.
6. ГОСТ Р 52200-2004 (ИСО 3977-2:1997). Установки газотурбинные Нормальные условия и номинальные показатели (дата введения 01.08.2004). – Москва: Изд-во стандартов, - 2004. - 7 с.
7. Трухний, А.Д., Современная теплоэнергетика: учебник для вузов. [в 2-х частях] / А.Д. Трухний, А.А.Макаров, В.В. Клименко, – М.: Изд-во МЭИ, - ч. 1. - 2003. – 376 с.
8. Ольховский, Г.Г. Газотурбинные и парогазовые установки за рубежом // Теплоэнергетика. – 1999. № 1. – с. 71-80.
9. Ольховский, Г.Г. Масштабы и особенности применения газотурбинных и парогазовых установок за рубежом // Теплоэнергетика. – 2002, № 9. – с. 72–77.
10. Боруш, О.В. Эффективность применения парогазовых установок в условиях топливно-энергетического баланса региона: дис.канд. техн. наук. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 160 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 330.341.1

İNNOVATİV TEXNOLOGİYALARIN DƏNİZ NƏQLİYYATININ MÜASİRLİYİNDƏ ROLU

[1]Həsənov V.H., [1]Ömərov A.S., [1]İbrahimli E.N., [2]Zeynalova A.B.

[1]Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
[2]Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: vgasanov2002@yahoo.com

Xülasə. *Dəniz nəqliyyatının mövcud problemlərinin sistemli analizi onun innovasiya inkişafının konturlarını təyin etməyə imkan vermişdir. Kükürd birləşmələrinin ətraf mühitə gəmilərdən tullantıların azaldılmasının mümkün variantlarına baxılmışdır.*

Gəmilərdə külək, dalğa və günəş enerjisinin istifadə imkanları tədqiq olunmuşdur ki, bu da iqtisadi effektivliyin yüksəlməsinə və gəmi nəqliyyatında neft yanacağının azaldılmasına, gəmi yanacağı yandırıldıqda atmosferə atılan zərərli tullantıların azalmasına imkan verəcəkdir. Konstruktiv və texniki həllər yanacağın qənaətinə imkan yaradacaq: gəminin ön sferik formalı hissəsi, gəminin çəkisinin azaldılması, "hava yağlanması" metodunun istifadəsi, gəmi korpusunun islanan hissəsinə nano örtüyün çəkilməsi.

Abstract. *A systematic analysis of the existing problems of maritime transport made it possible to determine the contours of its innovative development. Possible options for reducing the content of sulfur compounds in waste emissions from ships into the environment are considered.*

The use of wind, wave and solar energy on ships has been studied, which will improve economic efficiency and reduce fuel oil consumption in shipping, reduce emissions of harmful waste into the atmosphere during fuel combustion. Structural and technical solutions will save fuel: the bow spherical part of the ship, reducing the weight of the ship, using the "air lubrication" method, applying a nanocoating to the sinking part of the hull.

Аннотация. *Системный анализ существующих проблем морского транспорта позволил определить контуры его инновационного развития. Рассмотрены возможные варианты снижения содержания соединений серы в выбросах отходов из судов в окружающую среду*

Изучено использование энергии ветра, волн и солнца на судах, что позволит повысить экономическую эффективность и уменьшить расход мазута в судоходстве, снизить выбросы вредных отходов в атмосферу при сжигании топлива. Конструктивно-технические решения позволят сэкономить топливо: носовая сферическая часть судна, снижение массы судна, использование метода «воздушной смазки», нанесение нанопокрытия на смоченную часть корпуса.

Açar sözlər: *hava yağlanması, gəmi külək energetikası, gəmi hidrodalğa energetikası, günəş enerjisi*

Key words: *air lubrication**,** ship wind power, ship hydraulic power, solar energy*

Ключевые слова: *воздушная смазка, корабельная ветровая энергия, гидравлическая энергия корабля, солнечная энергия*

Giriş. Dünya okeanı Yer kürəsinin səthinin ¾ hissəsini tutur və əhəmiyyətli nəqliyyat arteriyası kimi xidmət edir. Dünyanın bütün ölkələrinə yüklərin çox hissəsi bu nəqliyyat vasitəsilə daşınır.

Ümumdünya yük dövriyyəsində 62% dəniz daşınmaları ilə həyata keçirilir. Dəniz nəqliyyatının çox hissəsi yüklərin (90%) beynəlxalq daşınmalarıyla məşğuldur [1].

Hal-hazırda dəniz nəqliyyatıyla yüklərin çatdırılması bir sıra üstünlüklərə malikdir:

• başqa nəqliyyat növləriylə müqayisədə daşınmanın daha ucuz başa gəlməsidir. İxtisaslaşdırılmış gəmilərdən istifadə, limanlarda yükləmə-boşaltma işlərinin təşkili üçün ən yeni nailiyyətlərin tətbiqi yükün son qiymətində nəql xərclərin payını 2%-ə qədər azaldır.

• yüklərin qabaritlərinə (hansı ki, dəmiryolla yüklərin göndərilməsi vaxtı tez-tez mane olur) və dəniz nəqliyyatının keçirtmə qabiliyyətinə məhdudiyyətlər praktik olaraq yoxdur. Hətta əgər limanların parametrləri gəmiyə sahilə daha yaxın yaxınlaşmağa icazə vermirsə, onda açıq dənizdə yüklənmənin müasir texnologiyalarından istifadə olunur.

• gəmilərin tikintisinin vahid normativləri yükləmə/boşaltma prosesini sürətləndirməyə imkan verir.

• yüklərin çatdırılmasının kifayət qədər yüksək təhlükəsizliyi təmin olunur.

Bir halda ki, iqtisadiyyatın qloballaşması şəraitində aktual olan dəniz nəqliyyatı uzaq məsafələrə yüklərin yerdəyişməsinin ən qənaətli üsullarından biri kimi istifadə olunur, onda onun inkişafının istiqamətlərini izləmək məqsədəuyğundur. V.E Leonov və başqaları ətraf mühitin çirklənməsinin səbəblərininin növlərini təsvir edir və məsələni gəmilərin istismarı zamanı ətraf mühiti zərərli tullamalardan qorunmasının texniki üsullarını təklif edir. Şurlyak V.K. diqqəti enerjinin alternativ növlərindən istifadəyə cəlb etdi. Nastasenko V.A. gəmi hidrodalğalı energetikasının üstünlüklərini və çatışmazlıqlarını, onun istifadəsinin şərti və xüsusiyyətini təhlil edir və həmçinin sarkaç tipli hidrodalğalı elektrogeneratorlu sistemlərin perspektivliliyini sübut edir. Bundan başqa, küləyin enerjisindən istifadənin xüsusiyyətlərinə diqqət ayırır [2]. Amma müəlliflər, bir qayda olaraq, dəniz nəqliyyatının mövcud problemlərinin sistemləşdirməsi və gəmiçiliyin innovasiya inkişafının qanunauyğunluqlarının üzə çıxardılması üçün heç bir cəhd etmir. Belə ki, gəmilərdə tətbiq edilən texniki yeniliklərlə ayaqlaşmaq üçün dənizçinin peşəkar biliklərinin səviyyəsini və həcmini daim yüksəltmək lazımdır.

Buna görə dəniz nəqliyyatının mövcud problemlərini təhlil etmək və onun innovasiya inkişafının trendlərini qurmaq lazımdır, hansı ki, bu bilik dəniz zabitlərinə və həmçinin təhsil müəssisələrinə və sahibkarlığa gələcək transformasiyalara müvəffəqiyyətlə uyğunlaşmağa imkan verəcək.

Əsas hissə.

Texnologiyanın sürətli inkişafı, bazarların qloballaşması, beynəlxalq transmilli korporasiyaların yaradılması bütün biznes proseslərinin daimi təkmilləşdirilməsini tələb edir. Məhz innovativ inkişaf dəniz nəqliyyatı üçün digər nəqliyyat növləri ilə müqayisədə güclü rəqabət mövqeyini təmin edəcək.

İnnovativ inkişaf dedikdə, bazar iqtisadiyyatı şəraitində rəqabət üstünlükləri əldə etmək məqsədilə gəmiçilik şirkətlərinin potensialının reallaşdırılmasının yeni yollarının və sahələrinin daimi axtarışına və həyata keçirilməsinə əsaslanan kəmiyyət və keyfiyyət dəyişiklikləri prosesi başa düşülür [3].

İnnovativ inkişaf yeni prioritetlərin yaranması ilə xarakterizə olunur: istehsal fəaliyyətinin intellektuallaşdırılması, yüksək texnologiyalardan istifadə, ekoloji təmizlik və s.

Dəniz nəqliyyatı əvvəlki kimi müxtəlif yüklərin qitələrarası daşınmasının ən effektiv və qənaətli üsullarından biri olaraq qalır. Bu halda xarici mühitdə yaranan çağırışlar dəniz nəqliyyatının innovativ inkişafının istiqamətini diktə edir. Onlardan əsaslarına baxaq.

Dəniz donanması hava və okean çirklənməsinin əhəmiyyətli mənbəyidir. Bunun səbəbi, gəmilərin yüksək kükürd tərkibli yanacaq istehlak edən güclü mühərriklərlə təchiz edilməsi və avtomobillərdən və ya elektrik stansiyalarından fərqli olaraq, işlənmiş qazların təmizlənməsi sistemləri ilə təchiz edilməməsidir.

Avropa Birliyinin ekoloqları gəmi energetik qurğularından (GEQ) kükürd, azot və karbon oksidlərinin daim artan emissiyalarından, atmosferin çirklənməsinə və iqlim dəyişikliyinə səbəb olan istixana effektinin yaranmasından narahatdırlar. Qeyd etmək lazımdır ki, yeni gəmilərin tikintisi zamanı enerji səmərəliliyi yükün hər ton-milinə düşən dioksid emissiyalarının miqdarı kimi hesablanan CO_2-in konstruktiv əmsalı üzrə qiymətləndirirlər. Bununla bağlı Beynəlxalq Dəniz

Təşkilatının tələbləri sərtləşdirilib, belə ki, zərərli maddələrin emissiyasının ciddi şəkildə tənzimləndiyi emissiyaya nəzarət zonaları (SECA) yaradılıb.

Bunlar Şimal və Baltik dənizləri, eləcə də La-Manş boğazı ərazilərində istifadə olunan dəniz yanacağının keyfiyyət parametrlərinə aiddir. 2015-ci il yanvarın 1-dən Avropa Birliyi limanlarında dəniz yanacağında kükürdün maksimal miqdarı 0,1%-dən çox olmamalıdır. Oxşar qaydalar 2012-ci ilin yayında ABŞ-da (Şimali Amerikanın 200 millik sahil zonasında) tətbiq edilib. Ekspertlər yaxın gələcəkdə Aralıq dənizi üçün oxşar qanunun qəbulunu proqnozlaşdırırlar. Buna görə də dəniz sənayesində innovativ sahibkarlığın inkişafının prioriteti ekoloji və iqtisadi diqqətə malikdir.

Xüsusilə, ətraf mühitə kükürd birləşmələrinin emissiyalarını azaltmaq üçün aşağıdakı strateji alternativlər mümkündür:

1) Tənzimləndiyi emissiyaya nəzarət zonalarında (SECA) GEQ-nin aşağı kükürdlü dizel yanacağına keçirilməsi rahatdır, az investisiya tələb edir, lakin yüksək əməliyyat xərcləri ilə müşayiət olunur, belə ki, bazarda lazımi keyfiyyətdə yanacaq və sürtkü yağlarının kifayət qədər olmaması;

2) Aşağı kükürdlü dizel yanacağı (MGO) üzərində gəminin davamlı işləməsi. Bu alternativin üstünlükləri emissiyaya nəzarət zonasına daxil olarkən GEQ-nın keçidə ehtiyacı yoxdur. Çatışmazlığı - yüksək əməliyyat xərcləri, yanacağın aşağı viskozitesi quru sürtünmənin artmasına səbəb olur.

Qeyd edək ki, mazut və ya dizel yanacağının tərkibində kükürd birləşmələrinin miqdarının azalması ilə onun qiyməti kəskin şəkildə artır. Yükdaşıma maya dəyərinin 70%-ə qədəri yanacağa xərcləndiyindən, gəminin səfərdə istismarının iqtisadi göstəriciləri əhəmiyyətli dərəcədə azalır;

3) Mayeləşdirilmiş təbii qazla (LNG) işləmək üçün dizellərin təkmilləşdirilməsi, həmçinin NO_x -i azaldır (yeni gəmilər üçün faydalı ola bilər) və bu böyük investisiyalar tələb edir. Mayeləşdirilmiş təbii qazın (LNG) qiyməti bu gün dizel yanacağının qiymətindən 1,5 dəfə aşağıdır. Mayeləşdirilmiş təbii qazın (LNG) gəmi yanacağı kimi istifadəsi AB-nin Baltikyanı regionun inkişafı strategiyasının bir hissəsidir.

Mayeləşdirilmiş təbii qazın (LNG) dəniz yanacağı kimi istifadəsinin problemləri arasında aşağıdakıları qeyd etmək olar: kriogen saxlama ehtiyacı (mayeləşdirilmiş qaz-163°C temperaturda saxlanılır), gəmi heyətinin müvafiq təliminin olmaması, adi bunkerlərlə müqayisədə yerin sayının artırılması (konteyner gəmiləri üçün gəmini bunkerə çevirərkən 3% itirilir), mayeləşdirilmiş təbii qazın təchizatı üçün lazımi infrastrukturun olmaması, qazın mayeləşdirilməsi üşün müəssisələrin olması, yəni kiçik terminallar, paylayıcı şəbəkələr, saxlama qurğuları, mayeləşdirilmiş təbii qazın (LNG) yanacaq doldurucuları və s.

4) Yüksək kükürdlü yanacağın tələb olunan parametrlərə gətirilməsi ilə gəmilərdə hidrotəmizləmə sistemlərinin quraşdırılması rahatdır, keçidə ehtiyac yoxdur, lakin belə emalın dəyəri gəmi yanacağının maya dəyərinin əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olacaqdır;

5) İşlənmiş qazların kükürd və azot dioksiddən təmizlənməsi üçün skrubberlərdən istifadə etməklə sistemlərin quraşdırılması istənilən ərazidə yüksək kükürdlü ağır yanacaqdan istifadə etmək imkanı, gəmini sadə idarə etmə; investisiyanın gəliri yüngül və ağır yanacaqlar arasındakı qiymət fərqindən, habelə yüksək kapital və əməliyyat xərclərindən asılıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, tükənən yanacaq ehtiyatlarının istehlakı durmadan artır, ona görə də onların hasilatı durmadan azalır, daha mürəkkəb və vaxt aparan prosesə çevrilir [4].

Alternativ yanacağın istifadəsi iqtisadiyyatın səmərəliliyinin yüksəldilməsinə, dəniz nəqliyyatının neftdən asılılığının azaldılmasına, dəniz yanacağının yandırılması zamanı atmosferə atılan zərərli tullantıların azalmasına kömək edəcək [5-12].

Yuxarıda göstərilənlərlə əlaqədar olaraq, dəniz nəqliyyatının innovativ inkişafının aşağıdakı istiqamətləri mümkündür:

1) Gəmi külək energetikasından istifadə. Xüsusən yelkənlərdən istifadə hava axınlarını götürməyə və gəminin hərəkətini asanlaşdırmağa imkan verir.

İndi dünyada ən çox diqqət gəmi külək energetikasından istifadəyə verilir. Xatırladaq ki, Beluga SkySails dünyada yanacağa qənaət etmək üçün uçan yelkəndən istifadə edən, yüzlərlə metr yüksəkliyə buraxılan və kompüter tərəfindən idarə olunan ilk yük gəmisidir [13]. Konstruktorların

hesablamalarına görə, mühərrik daha az yüklənərək tam sürəti artırdiqda gəmi yanacaq sərfiyyatını 10-14% azaldıb, bu da yanacağa gündəlik 1-1,5 min dollara qədər qənaət deməkdir və beləliklə, mütəxəssislərin fikrincə, atmosferə atılan zərərli emissiyaların miqdarını 20% azalda bilər.

Bundan əlavə, uçan yelkən, əvvəllər mövcud olan yelkən-dirək sistemləri ilə eyni istiqamətli iş prinsipinə, keçid iş prinsipinə malikdir, lakin yüklərin daşınması üçün gəminin göyərtəsindən istifadə etməyə imkan verir, yük əməliyyatlarının yerinə yetirilməsinə mane olmur. İndi Yaponiyanın, ABŞ-ın, İsveçin və digər ölkələrin aparıcı gəmiqayırma şirkətlərində səmərəli işləyə bilən və ətraf mühitə zərər verməyən ekoloji cəhətdən təmiz gəmilər konsepsiyası var. Belə inkişaflardan biri də 2030-cu ildə inşa edilməsi planlaşdırılan NYK Super Eco Ship 2030 konseptidir.

O, innovativ struktura və alternativ enerji mənbələrindən istifadəyə əsaslanan mütərəqqi texnologiyaya malik ekoloji cəhətdən təmiz gəmi olacaq [13, 14].

Ümumiyyətlə, fikrimizcə, NYK Super Eco Ship 2030 unikal və son dərəcə vacib bir konsepsiyadır, çünki o, bir çox innovativ həlləri ehtiva edir: azaldılmış gövdə çəkisi, onun formasının optimallaşdırılması, hərəkət sisteminin səmərəliliyinin artırılması, günəş və külək enerjisindən istifadə, bərpa olunan enerji mənbələrinin istifadəsi karbon dioksid emissiyalarını 69% azalda bilər ki, bu da onu həqiqətən yaşıl və ekoloji cəhətdən təmiz bir gəmiyə çevirir.

Xüsusi halda, bu gəmidə yelkənlər gəminin korpusunda yerləşirlər, hava şəraitindən asılı olaraq açılır və yığılır. Məsələn, hər biri 500 m^2 olan səkkiz yelkən, 2.5 MVt hərəkət gücünü təmin edirlər [14];

2) Dalğa enerjisindən istifadə. Gəmidə əsas korpusun və yan sponsonların arasından maşın yelkənlərin altında gedəndə və ya lövbərdə duranda dalğa enerjisini istifadə edən 12 üfüqi hərəkətli üzgəc-qanad keçir. Amma həmin qanadlar hərəkətverici rolunda çıxış edə bilər– bu halda onların güc qurğusu gəmi enerji şəbəkəsindən qidalanır. Beləliklə, üzgəclərin rəqsləri hesabına gəmi balıq kimi hərəkət edir [14].

Ekspertlərin rəyinə görə Baltikdə, yay dövründə dalğaların hündürlüyü 1 m təşkil etdiyi halda, üzgəc və poplavok tipli məlum hidrodalğalı energetik qurğuların f.i.ə.-ı 0,35 təşkil edəcək, buda yalnız gəminin baza daxili yanma mühərriklərinə əlavə kimi istifadə edilmiş ola bilər. Bundan başqa, üzgəclərin xaricdə yerləşməsi yüksək dalğalarla zədələnməyə, həmçinin gəminin dayazlığa oturmasına gətirib çıxara bilər;

3) Günəş enerjisinin alternativ bərpa olunan mənbələrindən istifadə. Korpusun çox hissəsini örtən günəş batareyalarının hazırlamaları aparılır, hansılar ki, limanda boşaldılma vaxtı yığışdırılmış ola bilərlər. Onların ümumi sahəsi 31 000 m^2 təşkil edə bilər. Üzmə rayonundan və havadan asılı olaraq 1 m^2 istehsal edən gücü [14, 15] 250-dən 1400-ə Vatta qədər dəyişir. Bütün qurğunun orta gücü 1-2 MVt diapazonda olur. Akumulyasiya olunmuş günəş enerjisi böyük gücə malik olan litium batareyalarında saxlanılır və istənilən vaxt istifadə edilmiş ola bilər. Bu batareyalar gəminin elektroenergetik sisteminin bir hissəsini təşkil edir, hansına ki, mənbə və enerji istehlakçıları daxildir.

Bundan başqa, yanacağın qənaətinə konstruktiv və texniki qərarlar imkan yaradacaqlar.

Gəminin qabaq hissəsinin sferik forması yanacağa qənaət etməyə kömək edəcək. Məsələ ondadır ki, burun hissəsinin belə forması müasir gəmilərin korpusunun standart formasıyla müqayisədə daha çox aerodinamikdir. Beləliklə, City of St. Petersburg gəmisi ildə yanacağa 800t-a qədər qənaət edə bilər ki, bu da öz növbəsində CO_2 tullantılarının təxminən 2,5 min t azalmasına [1] gətirib çıxaracaq. Mühəndislər ən böyük qənaəti daim güclü küləklərin olduğu Şimal dənizinin sularında gözləyirlər. Gəminin çəkisinin azaldılması yeni, yüksək davamlı polad, müxtəlif ərintilər və kompozitlər kimi daha yüngül materialların tətbiqi yolu ilə təmin olunur, (gəmilərin çəkisi 3000t-a qədər azala bilər); qapalı korpus şəklində yeni konstruktiv həllər (5000t-a qədər); yanacaq elementləri ilə əvəzetmə hesabına maşın avadanlığının sadələşdirilməsi (3000t-a qədər) [13].

Sürtünmə müqavimətinin azalması gəminin korpusunun sualtı hissəsinə proqressiv örtüklərin çəkilməsi, həmçinin "hava yağlaması" metodundan istifadə hesabına ola bilər.

Uzun müddətli dayanacaqlar zamanı limanlarda gəminin korpusunun sualtı hissəsi mollyuskların və yosunların müxtəlif növləriylə örtülür ki, bu da sürtünmənin müqavimətinin 15%-ə

qədər artımına gətirir və mühərriklərin istilik və qüvvət yüklənməsinə, həm də yüksək yanacaq sərfiyyatına aparır. Korpusun canlı orqanizmlərlə ortülməsinin qarşısını almaq üçün tərkibində orqanizmlərin artımına mane olan maddələr olan yeni növ rənglər işlənib hazırlanır [4].

Sürtünmə müqavimətinin azalması üçün lotosun yarpaqlarının superqidrofobluğundan, nanoörtüklər işlənib hazırlanır. Belə səth korpusun sürtünməsini azaldaraq suyun molekullarını itələyəcək [16, 17].

"Mitsubishi" şirkəti "hava yağlaması"-nın yeni texnologiyasını Mitsubishi Air Lubrication System (MALS) hazırlayıb. MALS gəminin aşağı hissəsinə havanın verməsi yolu ilə xırda qabarcıqlar qatını yaradaraq sürtünməni aşağı salır ki, bu da gəmiyə suyun altında korpusun və dəniz suyunun arasında daha kiçik sürtünməylə sürüşməyə imkan verir [18].

İşlənib hazırlanmış "hava yağlaması" texnologiyası böyük gəmilərin daha qənaətli istismarını təmin edərək tullantıları 10% azaldır, korpusun yeni dizaynıyla birlikdə, dizel mühərrikini elektron idarə etməklə, yeni ikimühərrikli və ikivallı hərəkət sistemində 35%-ə qədər tullantıları azalda bilər.

"Mitsubishi" şirkəti geniş korpuslu və kiçik çökməyə malik olan MALS-14000CS böyük quru yük gəmisinin eskiz layihəsini yekunlaşdırdı, hansı ki, suyun aşağı təzyiqini yaradır, gəminin altında havanın verilməsinə imkan verir və hava nasosunun işi üçün elektrik enerjisinin çox sərfi tələb olunmur. Bundan başqa, gəminin geniş korpusu hava qabarcıqlarına sürüşməyə imkan vermədən onları asanlıqla saxlayır.

Yanacaq elementləri böyük itkilərlə bağlı səmərəsiz yanma proseslərindən yan keçərək yanacağın kimyəvi enerjisini elektrik enerjisinə çevirir. Bu elektrokimyəvi quruluş yanacağın (hidrogen, metanol, mayeləşdirilmiş qaz və s.) yüksək səmərəli "soyuq" yanması nəticəsində birbaşa elektrik enerjisi istehsal edir. Kimyəvi reaksiyanın istiliyi ilə təyin olunan mühərriklərin səmərəliliyi (f.i.ə.-ı) ətraf mühitin istiliyinin də işə çevrilə bilməsi səbəbindən 100%-i keçə bilər [13].

Bununla belə, burada istilik mühərriklərinin səmərəliliyinə (f.i.ə.-na) dair məhdudiyyətlərlə heç bir ziddiyyət yoxdur, çünki yanacaq elementləri qapalı dövrədə işləmir və reagentlər ilkin vəziyyətinə qayıtmır. Yanacaq elementində kimyəvi reaksiya zamanı elektrik enerjisinə reagentlərin istiliyi deyil, onların daxili enerjisi və ola bilsin ki, ətraf mühitdən gələn müəyyən miqdarda istilik çevrilir. Havaya yalnız su buxarı buraxılır ki, bu da ətraf mühitə zərər vermir.

Nəticə. Beləliklə, dəniz nəqliyyatının yuxarıda baxılmış innovasiya inkişafının tendensiyalarının monitorinqi indiki və gələcək dənizçilərə əmək bazarında tələb edilmiş yeniliklərə uyğunlaşmağa imkan verəcək. Məsələn, elektromexanikə günəş panellərinin iş prinsiplərini bilmək, onlara xidmət və təmir edə bilmək lazımdır; körpü kranlarıyla və litium-ion batareyalarıyla iş artacaq; gəmi yanacaq elementlərilə işləyən elektrik hərəkətinə malik olacaq və beləliklə, o onları istismar edə bilməlidir. Mexanikə isə gəminin külək, hidrodalğalı və günəş energetik sistemlərinin xidmət bacarıqlarına malik olmaq lazımdır.

Ədəbiyyat

1. Morskoj transport. wikipedia.org. Retrieved from https://ru.wikipedia.org/wiki/.
2. Nastasenko V.O., Blah I.V. Sychasnyi stan sudnovoi gidrohvylovoi energetyky ta yogo analiz // Naukovyy visnyk Khersonskoyi derzhavnoyi morskoyi akademiyi. -2015, 1 (12), -p. 56-65.
3. Blah I.V., Nastasenko V.O. Analiz sychasnyh vitrovyh system // Sychasni informatsiyni ta innovatsiyni tehnologiyi na transporti: Mizhnarodna nauk. -praktych. konf. Kherson. Vyd-vo KDMA, Ukraina, -2014, p. 228-230.
4. Stovba T.A. Innovatsiynyy rozvytok yak nova vitchyznyana promyslova relihiya // Tavriyskyy naukovyy visnyk, -2007, 48, -p. 184-197.
5. Гасанов В.Г., Абдуллаева А.Р., Гасанова Л.А. Снабжение судов горячей водой с ис-пользованием солнечной энергии//«Актуальные научные исследования в современном мире» ISCIENCE.IN.UA, Переяслав, Ukraina, -2021, вып. 1(69), ч. 1, с.117-123.

6. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Регулирование влияния конструкции перегородки на тепловые процессы труб судовых теплообменных аппаратов // - Bакı: ADDA-nın Elmi əsərləri, -2021. № 1, -s.114-117.
7. Həsənov V.H., Həsənova L.A., İmanova A.Y. Alternativ enerji mənbəyindən istifadə etməklə gəmilərin isti su təminatı // - Bакı: ADDA-nın Elmi əsərləri, -2021. № 1, -s.183-187.
8. Həsənov V.H., Kəlbiyev F.M., Bayramova F.İ., Hacıbalazadə C.R. Gəmiçilik sənayesin-də innovativ texnologiyalarla tökmə tərtibatlarının hazırlanma üsulları // - Bакı: ADDA-nın Elmi əsərləri, -2021. № 2, -s.177-181.
9. Həsənov V.H., Quliyeva R.A., Muxtarova G.S. Yüksək keyfiyyətli dizel yanacağının alınması // - Bакı: ADDA-nın Elmi əsərləri, -2021. № 2, -s.181-186.
10. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Исследование оптимальных условий эксплуатации труб судовых теплообменых аппаратов // Материалы I Международной научно-практичес-кой конферен ции «Проблемы устойчивого развития морской отрасли», - Херсон, Украина: - 3 - 5 ноября, -2021, -с. 211-214.
11. Salamov O.M., Həsənov V.H., ÖmərovA.S., Salamov Ə.A. Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin perspektivləri // ADDA, "Texniki və təbiət elmlərinin innovativ inkişaf perspektivləri" beynəlxalq elmi-texniki konfransının materialları, - Bakı: -25 - 26 noyabr, -2021, -s.44-55.
12. Гасанов В.Г., Ибрагимли Э.Н. Оптимальный режим нанесения силикатного покры-тия на поверхность теплообменной трубы // ADDA, "Texniki və təbiət elmlərinin innovativ inkişaf perspektivləri" beynəlxalq elmi-texniki konfransının materialları, - Bakı: - 25 - 26 noyabr, -2021, -s.130-133.
13. www.youtube.com. Retrieved from https://www.youtube.com/watch? v=f7lpb-lvBE0.
14. www.nyk.com. Retrieved from http://www.nyk.com/english/release/31/NE_090422.html.
15. www.ecomarinepower.com. Retrieved from http://www.ecomarinepower.com/en/products/ 99-marine-solar-panels.
16. Babik V.V., Stovba T.A. Sovremennye napravleniya razvitiya morskogo transporta // Suchasni problemy morskogo transportu ta bezpeka moreplavstva: IV Vseukr. studentska naukova konf. Kherson. Vyd-vo KDMA. -2014, p.24-28.
17. inhabitat.com. Retrieved from http://inhabitat.com/new-mitsubishi-technology-makes-ships-more - # ixzz3E9K9J44s/efficient-by-blowing-tiny-air-bubbles/
18. Vorohobin I.I. Issledovaniye avariynosty I sposoby uluchsheniya lotsmanskogo obespecheni-ya v zonah stesnennogo plavaniya // Sudovozhdenie, Odessa, -2009, 17, p. 28-36.

Məqalə qəbul olunub: 16.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

УДК 697.94

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

[1]Гасанов В.Г., [2]Мамедов Н.Я., [2]Алиев Я.Ш.

[1]Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
[2]Азербайджанский Архитектурно-строительный Университет
AZ1073, г. Баку, ул. Айны Султановой, 5
E-mail: vgasanov2002@yahoo.com, nurmammad.mammadov@azmiu.edu.az, yasharholding@gmail.com

Аннотация. *Действовавшая система хозяйствования в бывшем Советском Союзе до его распада характеризовалась невосприимчивостью к научно–техническому прогрессу, носила энерго- и ресурсорасточительный характер.*

Однако после распада прежней социально – экономической системы негативные явления не исчезли и даже усилились в последние годы. Зарождающиеся рыночные отношения не ускорили, а замедлили процессы модернизации теплоснабжения Азербайджана.

Следует отметить, что топливно - энергетический комплекс представляет собой основу народного хозяйства республики. Надежное функционирование топливно-энергетических систем, внедрение новой техники и технологий, передовые научные достижения - важные условия для прогрессивного развития государственной экономики.

Учитывая важность эффективного развития топливно-энергетического комплекса и для успешного функционирования экономической системы республики, проблемы этой отрасли должны быть под особым контролем государства.

Xülasə. *Keçmiş Sovet İttifaqının süqutundan əvvəl idarəetmənin əməliyyat sistemi elmi-texniki tərəqqiyə uyğunsuzluq, enerji və resurs israfçılığı ilə xarakterizə olunurdu.*

Lakin keçmiş sosial-iqtisadi sistemin dağılmasından sonra neqativ hallar aradan qalxmadı, hətta son illərdə daha da gücləndi. Yaranan bazar münasibətləri sürətləndi, lakin Azərbaycanda istilik təchizatının modernləşdirilməsi prosesini ləngitdi.

Qeyd etmək lazımdır ki, yanacaq-energetika kompleksi respublikanın xalq təsərrüfatının əsasını təşkil edir. Yanacaq-energetika sistemlərinin etibarlı işləməsi, yeni texnika və texnologiyaların, qabaqcıl elmi nailiyyətlərin tətbiqi dövlət iqtisadiyyatının mütərəqqi inkişafı üçün mühüm şərtdir.

Yanacaq-energetika kompleksinin səmərəli inkişafının və respublikanın təsərrüfat sisteminin uğurlu fəaliyyətinin vacibliyini nəzərə alaraq, bu sahənin problemləri dövlətin xüsusi nəzarətində olmalıdır.

Abstract. *In the article were investigated available thermal energy supply problems of the recreation areas and resorts in the Republic of Azerbaijan.*

For the solving of the mentioned problems and for the operative management of thermal energy supplying of facilities are given proposals and are determined the effect of solving of the problem.

Ключевые слова: *режим потребления тепловой энергии, аварийные ситуации, оперативное управление, статистические информации, математическая модель*

Açar sözlər: *istilik enerjisi istehlakı rejimi, fövqəladə hallar, operativ idarəetmə, statistik məlumat, riyazi model*

Key words: *heat energy consumption mode, emergency situations, operational management, statistical information, mathematical model*

Введение. Анализ состояния теплового хозяйства отдельных населенных пунктов республики показал массу насущных и перспективных проблем. Сложившаяся ситуация в тепловом хозяйстве этих населенных пунктов характеризуется технической, технологической и организационной отсталостью и, как следствие, низкой экономичностью [1, с.214]. Отметим, что характерные особенности этих объектов совершенно отличаются от современных жилых массивов и если не будут вовремя разработаны и осуществлены мероприятия, укрепляющие их кризисное состояние, то оно усугубиться, и проявится в аварийных ситуациях, отказах и остановках оборудований.

Применяемые в системах теплоснабжения этих объектов методы регулирования, управления и эксплуатации перестали быть эффективными, соответственно произошло резкое возрастание непроизводительных материальных и теплоэнергетических ресурсов, снижение качества бесперебойного обеспечения и степени удовлетворения потребителей [2, с.198].

С точки зрения современной теории систем режим потребления тепловой энергии таких объектов можно представить в виде сложной системы взаимодействия большого числа подсистем (элементов) трех типов: источники тепловой энергии, теплопроводы и потребители. Подсистемы, как правило, также обладают своей сложной структурой и могут рассматриваться как совокупность взаимодействующих подсистем. Каждая подсистема характеризуется двумя переменными величинами (расходом и перепадом давления) и рядом эксплуатационных параметров.

Основная часть. Централизованные системы теплоснабжения развиваются как во времени, так и в пространстве. Поэтому они относятся к классу непрерывно эволюционирующих систем. Режим потребления тепловой энергии является нестационарным стохастическим процессом, который содержит монотонно возрастающие детерминированные тренды. Кроме того, на расход тепловой энергии влияет огромное количество неконтролируемые внешние (метеорологические, хронологические, эксплуатационные, организационные и т.д.) факторы, которые приводят к появлению в них периодических компонент, параметры которых изменяются во времени [3, с.211].

Наличие в режиме потребления тепловой энергии трех основных компонент (полиномиального тренда, полигармонических компонент и случайного шума) приводит к необходимости построения трехуровневой схемы управления системой теплоснабжения:

- управление развитием системы потребления тепловой энергии заключается в целенаправленном развитии структуры и параметров системы, обеспечивающем отслеживание полиномиального тренда;
- планирование транспортировки и распределения тепловой энергии обеспечивает целенаправленное отслеживание полигармонических трендов за счет изменения структуры и параметров системы;
- стабилизация режимов обеспечивает компенсацию влияния шумовой составляющей в процессах потребления тепловой энергии.

Для реализации управляющих воздействий на рассмотренных этапах управления требуется определенные затраты, поэтому необходимо использовать дискретный способ управления на каждом из этих этапов. Таким образом, весь интервал управления разбивается на дискреты, определяемые как точность аппроксимации соответствующих компонент (полиномиальных, полигармонических, шумовых) для режима потребления тепловой энергии, так и продолжительностью реализации управления на каждом из этапов [4, с.56].

Математическая постановка такой задачи достаточно сложна. Это связано с тем, что на начальном этапе проектирования нет информации для выбора оптимального варианта. Отсутствуют конкретные данные о возможной структуре системы и о местоположении некоторых ее подсистем. Неизвестны особенности работы этих подсистем и т.д.

Выбор рационального решения значительно упрощается, если в процессе проектирования применять системный подход. При таком подходе процесс проектирования системы можно разбить на следующие этапы или уровни детализации:

1. На основании обработки статистических данных определить (уточнить) возможные местоположения потребителей, их усредненные параметры или нагрузочные характеристики о нормах потребления тепловой энергии с учетом их перспективного развития.

2. Выбор местоположения активных источников питания на основании результатов обследования по определению расхода тепловой энергии с учетом расположения потребителей.

3. Определение связей между потребителями и источниками тепловой энергии для различных режимов работы системы (в том числе аварийные).

4. Параметрическая оптимизация системы, т. е. выбор из заданного сортамента таких параметров линий связи, которые обеспечивают требуемые расходы тепловой энергии при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

5. Проверка работоспособности системы для различных режимов путем моделирования распределения тепловой энергии при стохастическом характере режима и различных вероятностных отказов элементов системы.

Непрерывное увеличение числа потребителей и изменение их параметров приводит к непрерывному росту требований, предъявляемых к этим системам, и, следовательно, к изменению критериев их функционирования и управления. Управляемыми переменными для режима потребления тепловой энергии являются ее параметры и структура отдельных подсистем. Об изменении параметров и структуры потребителей можно судить по изменению параметров режима потребления тепловой энергии [5, с.137].

Таким образом, задача оперативного управления всей системой заключается в том, чтобы с помощью изменения структуры и параметров тепловой энергии в управляемых подсистемах необходимо компенсировать изменения структуры и параметров потребителей.

Структура процесса оперативного управления распределением тепловой энергии может быть представлена в виде двух основных этапов или уровней управления:

1. Оперативное управление распределением тепловой энергии с учетом превалирующего влияния некоторого критерия на данный плановый период (минимум эксплуатационных затрат, максимум подачи тепловой энергии потребителям и т.п.).

2. Стабилизация всех или хотя бы некоторых фазовых координат (расход, температура), обеспечивающая минимум дисперсии этих координат относительно расчетных или плановых установок.

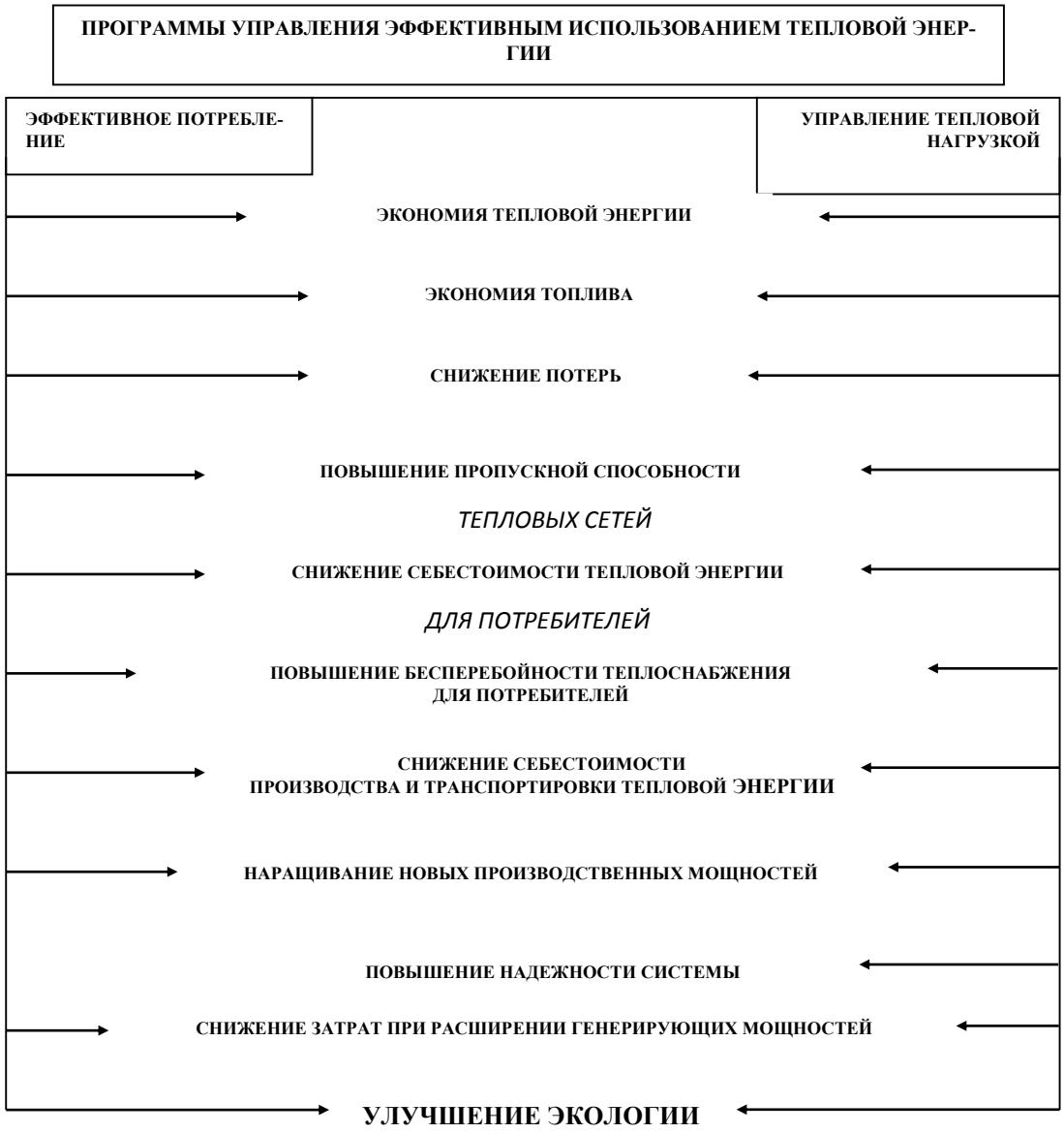
Решение этих задач, как правило, разнесено во времени и пространстве, требует различного объема и характера оперативной информации, математических моделей, описывающих объект управления (здания или помещения), различных методов или критериев.

При дискретном принципе управления процесс принятия решений в текущий момент времени для каждого уровня может быть в свою очередь представлен в виде пяти последовательных этапов или уровней управления:

1. Сбор и обработка статистической информации. На этом этапе определяются параметры, характеризующие состояние тепловой энергии, а также текущие значения фазовых координат зданий, т.е. решаются задачи сбора, хранения и оптимальной фильтрации статистической информации, необходимой для решения задач управления.

2. Прогнозирование расхода тепловой энергии. Изменение расхода тепловой энергии проявляется в изменении числа источников и потребителей, а также параметров и стохастической структуры процессов распределения и потребления тепловой энергии. На данном этапе решаются задачи идентификации, грубой и точной оценок параметров математических моделей потребления тепловой энергии, проверки адекватности полученных моделей и собственно

прогнозирования будущих значений тепловой энергии. При этом вычисляются также дисперсии прогнозов и доверительная область возможных значений реализации потребления тепловой энергии в будущие моменты времени при заданном уровне значимости.



3. Прогнозирование фазовых координат объекта управления (здания) в будущие моменты времени и определение значений управляющих переменных объекта в новом состоянии. На этом этапе решаются задачи идентификации, грубой и точной оценок параметров математических моделей объекта, проверки их адекватности, прогнозирования фазовых координат объекта при заданных оценках состояния тепловой энергии, а также расчета значений управляющих переменных, соответствующих этим значениям фазовых координат здания. Если для решения задач оперативного планирования режима распределения тепловой энергии адекватной математической моделью объекта является модель установившегося распределения, то для решения задач стабилизации фазовых координат адекватные математические модели удается построить только в классе динамических моделей. Построение таких моделей и математическая постановка задач управления такими системами в рамках классической теории управления приводят к серьезным математическим проблемам и практически не позво-

ляют получить решение. Это связано с тем, что режимы потребления тепловой энергии являются системами с распределенными параметрами, а математическая модель режима транспортирования тепловой энергии даже на простом линейном участке описывается системой нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Анализ специфических свойств конкретных классов этих систем дает возможность найти эффективные способы упрощения динамических моделей рассматриваемых систем и синтезировать реализуемое управление распределением тепловой энергии.

4. Расчет траектории перевода объекта из одного состояния в другое с учетом технологических ограничений на характер переходных процессов. Если динамика объекта известна, то решение данных задач может быть также сведено к решению оптимизационной задачи. Если известны только некоторые оценки динамики переходных процессов в системе, то расчет траектории осуществляется в виде «последовательности стационарных состояний» путем расчета шага приращения по каждой управляемой переменной и продолжительности выдержки для выдачи нового приращения переменных, которые определяются временем «окончания» переходных процессов.

5. Выполнение расчетной траектории. Неопределенность исходных данных для решения задач на всех предыдущих этапах управления может привести к значительному отличию фактической территории фазовых координат объекта от расчетной, поэтому при автоматизированном управлении распределением тепловой энергии между разными потребителями подразумевается, что задача пятого этапа управления решает оператор системы.

Составляющие эффекта от решения проблемы управления эффективным использованием тепловой энергии для населенных пунктов приведены на рисунке.

Выводы.

1. Анализированы проблемы, возникающие при оперативном управлении режимом потребления тепловой энергии для населенных пунктов.
2. Предложены рекомендации для повышения уровня оперативности управления режимом потребления тепловой энергии для указанных объектов.

Литература

1. Комков, В. А., Тимахова Н.С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве - М.: ИНФРА-М, 2019. - 320 с.
2. Протасевич, А. М. Энергосбережение в системах теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха - М.: Инфра-М, Новое знание, 2013. - 288 с.
3. Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. Технология энергосбережения / - М.: Форум, 2012. - 352 с.
4. Пивкин В.Я., Бакулин В.П., Кореньков Д.И. Нечеткие множества в системах управления. – Новосибирск: изд-во НГУ, 1998. –75 с.
5. Самарин, О. Д. Теплофизические и технико-экономические основы теплотехнической безопасности и энергосбережения в здании. М.: МГСУ, 2014. - 160 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 629. 4

W-20V34SG MARKALI QAZ MÜHƏRRİKİNİN İŞ REJİMİNİN TƏDQİQİ

Nəsirov Ş.N., Babazadə İ.F.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 34.
E-mail: sh.nasirov62@inbox.ru,ibrahimbabazade20@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə W-20V34SG markalı qaz mühərriklərinin iş rejimi tədqiq edilərək, dizel - generatorun soyutma sistemində soyuducunun faza keçidlərindən istifadə etmək imkanı nəzərdən keçirilir. Bu istiqamətin üstünlükləri, çatışmazlıqları və perspektivləri müəyyən edilir. Soyuducunun faza keçidlərinin istifadəsi ilə bir dizel - generatorun soyutma sisteminin dövrə diaqramı təsvir edilmiş və soyuducu agentin rasional fiziki xüsusiyyətləri və kimyəvi xassələri müəyyən edilmişdir. Nominal rejimdə qaz mühərrikinin sistemlərinin işinin nəzəri və təcrübi tədqiqatları zamanı istilikötürmə prosesinin riyazi modelləşdirilməsi də təsvir edilmiş, eksperimental məlumatların reqressiya təhlilinin nəticələri təqdim edilmişdir.*

Abstract. *The article examines the operation of W-20V34SG gas engines and considers the possibility of using the phase transitions of the refrigerator in the cooling system of the diesel generator. The advantages, disadvantages and prospects of this direction are identified. A circuit diagram of the cooling system of a diesel generator using the phase transitions of the refrigerant is described and the rational physical properties and chemical properties of the refrigerant are determined. Mathematical modeling of the heat transfer process during the theoretical and experimental studies of the operation of gas engine systems in nominal mode is also described, the results of regression analysis of experimental data are presented.*

Аннотация. *В статье исследуется работа газовых двигателей W-20V34SG и рассматривается возможность использования фазовых переходов холодильника в системе охлаждения дизель-генератора. Выявлены преимущества, недостатки и перспективы данного направления. Описана принципиальная схема системы охлаждения дизель-генератора с использованием фазовых переходов хладагента и определены рациональные физические свойства и химические свойства хладагента. Также описано математическое моделирование процесса теплообмена при проведении теоретических и экспериментальных исследований работы газодвигательных систем на номинальном режиме, представлены результаты регрессионного анализа экспериментальных данных.*

Açar sözlər: *qaz mühərriki, dizel - generator, soyutma sistemi, yağlama sistemi, nominal rejim, soyuducu agent, faza kecidləri*

Key words: *gas engine, diesel generator, cooling system, lubrication system, rated mode, refrigerant, phase transitions*

Ключевые слова: *газовый двигатель, дизель-генератор, система охлаждения, система смазки, номинальный режим, хладагент, фазовые переходы*

Müasir dövrdə inkişaf etmiş ölkələrdə modul tipli elektrik stansiyaları geniş istifadə edilir. Modul tipli elektrik stansiyalarındakı mühərriklər qaz porşenli mühərriklər sinfinə daxil olub uzun illərdən bəri təkmilləşdirilərək sənaye miqyaslı enerji istehsalında geniş yer tutmaqdadır.Hazırda bu cür aqreqatlar daha da təkmilləşdirilərək böyük energetikada, o cümlədən respublikamızın enerji sistemində özünə geniş yer tutmuşdur.Eyni zamanda belə aqreqatlar gəmi energetikasında, gücündən asılı olaraq baş və köməkçi aqreqat kimi istifadə olunmaqdadır. Bu qurğuların üstün cəhəti, stasionar şəraitdə yüksək faydalılıq göstəriciləri ilə istifadə olunmalarıdır. Bu aqreqatlarda yanma zamanı əmələ gələn tüstü qazlarında zəhərli maddələrin miqdarı xeyli azdır. Bunların istismarı etibarlı və

uzun müddətlidir. Modul tipli stansiyaların F.İ.Ə. 40-46% həddində olur.Ölkəmizin hər birinin gücü təqribən 87-92 MVt olan xeylı modul tipli elektrik stansiyaları istismar edilir. Onlar ən müasir avadanlıqlarla təchiz edilmiş və Finlandiyanın Wartsila firmasında hazırlanmışdır. Məhz bu səbəbdən də bu cür avadanlıqların istismarı və iş rejiminin tədqiqi aktual hesab olunur.

Bakı modul tipli Elektrik Stansiyası Finlandiyanın "Wartsila" şirkəti tərəfindən layihələndirilmışdir. 2006-cı il 15 iyul tarixində Bakı şəhərində gücü 104,4 MVt olan modul tipli Bakı Elektrik Stansiyasının tikintisinə başlanmış və Ölkə Prezidenti cənab İlham Əliyev tərəfindən 2007-ci il 22 fevral tarixində stansiya istifadəyə verilmişdir.

Bakıda tikilmiş ən güclü modul elektrik stansiyası olan Bakı Elektrik Stansiyası bakının iri sənaye rayonunun mərkəzində yerləşir və yaxınlıqdakı müəssisələri, o cümlədən neft emalı zavodunu, 8-ci Kilometr və Əhmədli yaşayış massivlərini də elektrik enerjisi ilə fasiləsiz olaraq təmin edir.

Hazırda Bakı Elektrik Stansiyası normal iş rejimində fəaliyyətini davam etdirir. Enerji obyekti istismara verildiyi gündən dispetçer cədvəlinə uyğun işləyir. Stansiyada payız-qış mövsümündə energetika sisteminin sabitliyinin təmin edilməsi və istehsal olunan enerjinin istehlakçılara yüksək səviyyədə çatdırılması məqsədilə bir çox tədbirlər kompleksi həyata keçirilmişdir.Hazırda modul tipli Bakı Elektrik Stansiyasında hər birinin gücü 8,7 meqavat olan 12 aqreqat işləyir.

Stansiyada istifadə edilən yanacağ qaz yanacağıdır. Burada istifadə edilən mühərrik 4 taktlı mühərrikdir. Bu mühərrik turbokompressor ilə işləyir və aralıq soyudulması vardır. Burada maşını işə salan akkumlyator yox, sıxılmış havadır. Maşın sexinin əsas avadanlıqları daxili yanma mühərrikləri, köməkçi avadanlıqları isə maşının işini təmin edən sistemlərdir.

Maşını soyutmaq üçün sudan istifadə edilir. Su korroziyaya səbəb olduğu üçün maşında yumşaldılmış sudan istifadə edilir. Su şəffaf və təmiz olmalıdır. Kimyəvi təmizlənmiş suya maddələr əlavə olunur. Suya əsasən antifiriz qatılır. Qlikol suya əlavə olunur. Suya $NaNO_2$ 5 kq - $1m^3$ – a qatılır (soyutma suyuna). Turşuluq varsa korroziya baş verə bilər. Ona görə də PH = 9 olmalıdır. Nitrit çox zəhərli maddədir. Sistemdə adətən su itir. Bərpa üçün adətən kimyəvi təmizlənmiş sudan istifadə edilir. Sistemdəki suyun tərkibi 3 aydan bir yoxlanılmalıdır (labaratoriya analizləri aparılır).

Maşında əsasən təbii qazdan istifadə edilir. Bu qaz zəhərli qaz deyildir, ancaq yüksək dozada olduqda insanı yatırdır və ya boğur. Qazla işləyən qurğuda təhlükələr yarana bilər. Sızıntı, yanma, partlama tullantı borusunda partlayışa səbəb ola bilər. Bunu qarşısını almaq üçün qazın təzyiqi azaldılır, nümunəyə gedən qazı atmosferə atirlar. Qazla zəhərlənmə baş verdikdə mühafizə vasitələrindən istifadə edilir.

Maşında valçevirici qurğu var. Təmir vaxtı dişli çarx vasitəsilə val çevrilir. Maşının valı 4,8 m/san sürəti ilə fırlanır.

Maşını qoşmamışdan qabaq yağını yoxlamaq lazımdır. Qidalanması düzgün olmalıdır. Su üçün qızdırıcılar var. Bunlar işlək vəziyyətdə olmalıdır. Maşını qoşmaq üçün 20 bar təzyiq olmalıdır. 15 bar olsa işə qoşulmur. Burada işə qoşmazdan əvvəl, kondensatı da boşaltmaq lazımdır.. 750 dövr/dəqiqə - dən sonra generatorun rotoru fırlanır və 11 KW gərginlik alınır. Maşında işəsalma hava klapanı VEX sisteminin alt hissəsində yerləşir. İşəsalma hava kompressorları porşen tipli, 2 silindirlidir. Alçaq təzyiqli və Yüksək təzyiqli silindir. İntiqalı elektrik mühərriklidir və mühərriklərin gücü 28 KW–dır. İşəsalma hava kompressoru elektrik mühərriki ilə hərəkətə gələrək havanı sorur, alçaq təzyiqli silindirdə sıxaraq (6 – 7 bar), soyuducuya verir. Soyuducudan çıxan hava yüksək təzyiqli silindirə daxil olur. Burada 25 – 30 bara qədər sıxılaraq, soyuducuya verilir. Soyuducuda hava ventilyasiya vasitəsi ilə soyudulur. Soyudulmuş hava, zalda yerləşən 3 ədəd hava balonlarına verilir. İşəsalma hava kompressorları təzyiq releləri vasitəsi ilə avtomatik işə qoşulur və dayanır.

İdarəetmə hava bütün elektropnevmatik klapanların idarə olunması üçün istifadə olunur. İdarəetmə hava təzyiqi 6 – 7 bar həddində olur.Əvvəlcə maşın hava ilə işə düşür. Sonra maşın yanacağ vasitəsilə idarə edilir. WECS 8000 maşını ümumi idarə edən sistemdir.

Maşın mexanizmlərin yağlanmasında məqsəd detalların yeyilməsi, qızmasının qarşısını almaq üçündür. Wartsila-20V34SG mühərriklərində MgSela40 yağlarından istifadə edilir (40 yağın

özlülüyü). Karterin həcmi 4680 litr–dir. Karter daimi ventilyasiya olunur. Əgər karterdə təzyiq 3 MPa olarsa, 5 MPa mühərrik işləyərək aqreqatı və yaxud sistemi işdən açır. Maşın işdən saxlanılır. Bundan başqa karterin qoruyucu membranları var (10 ədəd). Onların vəzifəsi karterdə təzyiqi artıqda artmış təzyiqi çölə buraxır. Karterdə təzyiq 1,8 – 2 bar olur. Karterdə təzyiqə daima nəzarət olunur. Karter daxilində səviyyə vericisi quraşdırılmışdır. Maşında yağlamanı təmin etmək üçün elektrik mühərrikli köməkçi yağ nasosu və mexaniki intiqallı yağ nasosu vardır.

Yağlanmada yağın temperaturu 60℃, təzyiqi 5 MPa–dır. Yanğın təzyiqi 3,5 MPa–a düşdükdə siqnal, 2,5 MPa–a düşəndə isə mühafizə sistemi işə düşür. Və avtomatik olaraq açar açılır, maşın işdən saxlanılır. Temperatur 70℃ siqnal, 80℃-də isə mühafizə siqnalıdır.

Modul tipli Bakı Elektrik Stansiyasında yağlama sistemində yağı sürtünən hissələrin arasına təzyiq altda vermək üçün dişli çarxı olan mərkəzdənqaçma nasoslarından istifadə edilir. Yüklənmə üçün klapan qoyulub. Yastıqlar bronzodan ibarətdir.

Maşının ilkin (elektrik) yağlama nasosu filtirlidir və tənzimləmə klapanı ilə təchiz olunmuşdur. Bu nasos işlədiyi zaman 2 MPa təzyiq yaradır. Bu təzyiq vasitəsilə yağlanması vacib olan yerlər yağlanır. Maşın işə qoşulan zaman ilkin (elektrik) yağlama nasosu dayanır, mexaniki (əsas) yağ nasosu ilə işləyir.

Bakı Elektrik Stansiyasında mühərrik 2 qapalı su sistemi ilə soyudulur:Yüksək temperatur konturu və alçaq temperatur konturu. Alçaq temperaturda su konturda yanmağa gedən havanı və yağı soyudur. Yüksək temperaturlu su konturunda isə silindir başlıqları soyudulur. Soyutma sistemində 2 ədəd mexaniki intiqallı su nasosları vardır. Bu nasoslar hərəkətini dirsəkli valın sonunda yerləşən dişli çarxın yan hissəsindən alır. Soyutma sisteminin hər konturunun 3 yollu temperatur tənzimləyici klapanlar var. Alçaq temperaturlu su konturunun giriş temperaturu 38℃-dir. Yüksək temperaturlu su nasosunun giriş temperaturu isə 75℃-dir. Yüksək temperaturlu su konturunun giriş temperaturu 50℃ olarsa siqnal verilir. Hər iki konturda 1,8 MPa–a çatarsa siqnal, 1,5 MPa olarsa mühafizə aqreqatı açır.

Yüksək temperaturlu suyun çıxışında temperatur 85℃ olur. Əgər temperatur 105℃ olarsa siqnal, 110℃ olarsa mühafizə işləyərək aqreqatı işdən açır. Maşından çıxan su soyudulmaq üçün radiator sahəsinə verilir. Radiator sahəsi 2 sıra olmaqla hər aqreqat üçün 14 elektrik mühərrikinin ventilyatorundan ibarətdir. Elektrik mühərrikləri tezlik çeviriciləri vasitəsi ilə idarə olunur. Mühərriklərin gücü 7,5 KW–dir. Radiatorda soyudularaq, su alçaq temperaturlu 3 yollu temperatur tənzimləyən klapanda tənzimlənərək maşına verilir.

Çıxış qazları sistemi silindirlərdə yanma getdikdən sonra çıxış borusuna (kollektora) verilir. Hər bir silindirdən çıxan tüstü qazlar ümumi kollektora verilir. Ümumi kollektor sonunda turbokompressor quraşdırılır. Turbokompressor çıxış qazların hesabına işləyərək atmosfer havasını sıxaraq yanmaya verir. Turbokompressordan keçən tüstü qazların temperaturu azalır. Turbokompressordan sonra hər iki çıxış kollektoru birləşərək tüstü borusuna gedir. Çıxış qazları borusunda (300 mm) 2x100 mm–lik boru yan keçirilərək hava sərfini tənzimləyən tərtibatdan keçirərək A tərəf çıxış borusuna birləşir. Burada məqsəd turbokompressorun dövrlər sayını tənzimləməkdir. Belə ki, yan keçən borularda çıxış qazları çıxış borusuna verilir. Yük artıqca hava sərfini tənzimləyən tərtibat yan keçən borudakı klapanı bağlayır. Bunun nəticəsində çıxış qazları turbokompressordan keçərək onun sürətini artırır. Çıxış qazlarını temperaturu 500℃-dən yuxarı olmalıdır.

Çıxış qazları sistemində maşın dayanandan sonra kollektor hissədə olan tüstü qazlarını ventilyasiya etmək üçün ventilyasiya qurğusu nəzərdə tutulub. Ventilyasiya qurğusunda elektrik mühərrikli baraban tipli ventilyator və sərfölçən vardır. Ventilyasiya prosesi 6,45 dəqiqə davam edir. Çıxış qazları borusunda 2 ədəd qoruyucu membran nəzərdə tutulub. 1 ədəd qoruyucu membran tüstü borusunda da vardır. Yanmaya gedən hava turbokompressor vasitəsilə sovrularaq hava soyuducusuna verilir. Hava soyuducusunda soyudulan havanı təzyiq və temperaturu ölçülərək yanmaya daxil olur. Yanmaya verilən havanın temperaturu 45℃-də saxlanmalıdır. Əgər havanın temperaturu 70℃-yə çatarsa siqnal verilir.

Tullantı sistemi kollektor silindirlərin və başlıqların üzərində quraşdırılmışdır. Və hər birinin üzərində klapan və genişləndirici silfon vardır. Həmin bu kollektorun üzəri istilik izolyasiyası ilə örtülmüşdür. Bunun konstruksiyası qurğunun konstruksiyasından asılı olaraq dəyişir. Bu kollektorlar daimi təzyiqli və impluslu olur.

Multiklapanların özləri də soyudulur. Özünün izolyasiyası isə yoxdur. Multiklapanlar hava sistemi ilə birləşdirilmişdir. Bu multiklapanların qapaqları, boruları hamısı germetik bağlanmışdır. Həmin bu tüstü borusu kollektoru xüsusi dənəvari çuqundan hazırlanmışdır. Hər bir silindirin seksiyası var və çuqundan hazırlanmışdır. Silfonlar çoxtəbəqəli metaldan hazırlanmışdır.

AMG 1120 MM08DSE – generatorun adının pasport göstəriciləri:
Çıxışda – 10913 kVt;
İş rejimi – 51;
Gərginliyi – 11 V;
Cərəyan – 573 A;
Yük əmsalı – 0,8;
Fırlanma tezliyi – 750 dövr/dəqiqə;
Ən böyük fırlanma dövrü – 900 dövr/dəqiqə;
Fırlanma istiqaməti saatın əqrəbinin əksinə;
Fırlanma roseti ehtiyyat gücü – 0,6 Watt;
Çəkisi – 87000 kq;
Ətalət momenti – 2150 kq/m^2;
Gövdənin quruma dərəcəsi – 1P23;
Soyutma sistemi – 1C0A1;
Montaj selləri – İM1101;
Standartı:
Tətbiq olunan standart – 1EC;
Ətraf mühitin temperaturu - 50°C;
Dəniz səviyyəsindən 1000 metr yüksəklildə generatoru fırladan mexanizm -Wartsila-20V34SG
Təqribi maşın gücü – 8955 kVt;
20°C-də stator dolağının müqaviməti – 0,04920 Om;
Maqnitlənmə dolağının müqaviməti – 0,7206 Om;
Qısa qapanma əmsalı – 0,51;
Qoyulmuş qısa qapanma əmsalı – 1,5;
Anidən qısa qapanma - 2700 A (a>2,5);
Gərginliyin işəsalma rozetinin dəyişmə qiymətləri

Cədvəl 1

FİƏ	110%	75%	50%	25%
	97,2	97,51	97,21	95,21

Cədvəl 2

Gərginliyin maksimal dəyişməsi	Yük əmsalı	Yük
15%	0,1	4700 kVt
15%	0,4	5100 kVt
15%	0,8	8300 kVt
20%	0,1	6550 kVt
20%	0,4	7200 kVt

Reaktiv yük:
Nominal təsirlənmədə qoyulmuş reaktiv güc – 9300 Kvar;
Fırlanma momenti – 138900 Nm;
Təsirlənmənin cərəyan və gərginliyi:
yüksüzdə - 3,3 A, 23,8 V;

nominalda – 9,4 A, 68,7;

Generatorun hava ilə soyudulması

Generator işlədiyi zaman enerjinin alınma prosesi fırlanma və sürtünmə nəticəsində, dolağlarda yaranmış istiliyi uzaqlaşdırmaq (ləğv etmək) üçün generator valına ventilyator quraşdırılmışdır. Ventilyator xaricdən sovurduğu xarici havanın sayəsində yastıqlar soyudulur. Generator daxilində soyudulan hava qabaqcadan filtirlər vasitəsi ilə təmizlənmiş hava ilə təmin olunur ki, generatorun daxili səthləri çirklənməsin. Bundan başqa generatorun hava sovurma tərəfində 6 ədəd politron filtirləri quraşdırılmışdır. Bu filtirlər mikro toz hissəcikləri tutaraq özündə saxlayır. Generatora isə mikro toz hissəciklərindən təmizlənmiş təmiz hava daxil olur. Generatorun istismar qaydalarına əsasən bu filtirlər 5000 saatdan bir çıxardılaraq, isti su ilə yuyularaq yenidən yerinə quraşdırılır. Buna baxmayaraq daha kiçik zərrəciklər generatorun daxili səthinə keçə bilir. Bunun üçün 1000 saatdan bir generator texniki baxışa saxlanılır. Generatorun yan qapaqları açılaraq mexaniki üsulla (quru əski, xüsusi həlledici) ilə islanaraq daxili səthləri təmizlənir. Sonra həmin xüsusi həlledici hava axını ilə üfüdülərək, qurudulur. Bu neqativ tozlanma səbəbindən generatorun dolağları qızır. Yay aylarında bu qızma 90℃ - ni keçir. Generator 90℃ - da maşın tərəfindən siqnal verilir. 95 - 96℃ - də generatoru, dolağların qızması səbəbindən mühafizə maşını işdən saxlayır.

Yanacağ püskürdülməsi və yanma prosesi

Wartsila-34SG daxili yanma mühərriki qaz ilə işləyir və hava qaz qarışığını qığılcım vasitəsilə yandırır. Bu qarışığın 50%-i hava, 5%-i qazdan ibarətdir. Silindirlərdə hava qaz qarışığı sovrulur ki, havanın miqdarı qazın miqdarından qat – qat çoxdur. Belə qarışığı yandırmaq üçün silindir önlü yanma kamerasında miqdarı çox olan qarışığ yandırılır. Yanma prosesi həmin bu alışdırıcı şam vasitəsi ilə həyata keçirilir. Bunun nəticəsində güclü yanma prosesi həyata keçirilir. Kamera önü başlığın ortasında yerləşmişdir.

Yanma ardıcıllığı: Silindir işarələnməsi A tərəfdə A1–dən A10–a qədər,

B tərəfindəki isə B1 – B10 qədər işarələnmişdir.

A1 – B1 – A7 – B7 – A3 – B3 – A9 – B9 – A5 – B5 – A10 – B10 – A4 – B4 – A8 – B8 – A2 – B2 – A6 – B6

Nəticə. 1.Wartsila-34SG daxili yanma mühərriynin istismar rejimlərindən işə buraxma və dayandırma rejimləri tədqiq olunmuşdur.

2.Sistemdə faza keçidlərinin tətbiqi Wartsila-34SG daxili yanma mühərriyinin soyudulmasında mümkündür və perspektivlidir.

3. Müxtəlif en kəsikli formalı boruların daxilində buxarın kondensasiyası prosesini daha da öyrənmək və bu prosesi ümumi şəkildə təsvir edən kriteriya tənliklərini hazırlamaq lazımdır.

4.Wartsila-34SG daxili yanma mühərrikinin işinin tədqiqindən faydalılıq göstəriciləri alınmışdır. Qurğunun işinin tədqiqindən alınan nəticələr daxili yanma mühərrikli dizel generatorların layihə hesabatında istifadə edilir.

Ədəbiyyat

1. Хватов, О.С. Автономные генераторные установки на основе двигателей внутреннего сгорания переменной частоты вращения / О.С. Хватов, А.Б. Дарьенков, И.С. Самоявчев, И.С. Поляков // Н. Новгород: НГТУ, - 2016. - 172 с. Статьи в изданиях из перечня ВАК
2. Дарьенков, А.Б. Автономная дизельная электростанция с нейросетевым задатчиком экономичного режима / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов // Промышленная энергетика. – 2013, № 12. - с. 26-29.
3. Дарьенков, А.Б. Оценка топливной экономичности в единых электростанциях автономных объектов на базе двигателей внутреннего сгорания переменной скорости вращения / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов, И.С. Самоявчев // Инженерный вестник Дона, – 2013, № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1870

4. Дарьенков, А.Б. Определение экономической эффективности дизельгенераторных электростанций с переменной частотой вращения вала / А.Б. Дарьенков, О.С. Хватов, Ф.Ф. Юрлов, Н.В. Усов // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2014, № 3. - С. 64-68.
5. Соснина, Е.Н. Ресурсосберегающие технологии для автономных электростанций на основе ДВС / Е.Н. Соснина, О.В. Маслеева, А.Б. Дарьенков, Г.В. Пачурин // Современные наукоемкие технологии. – 2015, № 12 (ч. 5). - С. 823-831.
6. Quliyev, H.B. Elektrik stansiyalarının dizel qurğularının konstruksiyaları, istismarı, təmiri, texniki vəziyyətinə nəzarət üzrə kursların aparılmasına даир metodik göstəriş. [2 cilddə] / H.B. Quliyev. – Bakı, - c. 2. - 2012. -135 s.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 659.118

QEYRİ-SƏLİS MƏNTİQİ NƏTİCƏ ÇIXARMA SİSTEMİNİN TƏTBİQİ

Məmmədova K.A., Həsənquliyeva M.M., Abbasova İ.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr. 20
E-mail: k.a.mammadova@yandex.ru

***Xülasə**. Böyük verilənlərin təhlilinin həyata keçirilməsi tədqiqatın ən mühüm mərhələsidir. Bir sıra elmi - tədqiqat işlərinin araşdırılması nəticəsində şəbəkə performansının ölçülməsi üçün mövcud olan bir çox simulyasiya mühitləri və şəbəkə simulyatorları təhlil edilmişdir. Tədqiqat işində qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sistemini (QSMNS) yaratmaq üçün sadə və aydın həll üsuluna malik olduğuna görə alqoritmlərin işlənilməsi və verilənlərin vizuallaşdırılması, verilənlərin təhlili və rəqəmsal hesablama üçün yüksək səviyyəli texniki hesablama dili və interaktiv Matlab mühiti seçilmişdir. Matlab proqramından istifadə etməklə böyük həcmdə verilənləri ənənəvi üsullardan fərqli olaraq daha sürətli təhlil etmək olur.*

***Abstract**. The implementation of big data analysis is the most important stage of the research. As a result of a number of scientific studies, many existing modeling environments and network simulators have been analyzed to measure network performance. In the study, a high-level technical computing language and Matlab interactive environment for algorithm development and data visualization, data analysis and digital computing was chosen because they have a simple and straightforward solution to create a fuzzy logical reasoning system (QSMNS). For this it is very efficient to use the products of the Matlab environment.*

***Аннотация**. Внедрение анализа больших данных является наиболее важным этапом исследования. В результате ряда научных исследований было проанализировано множество существующих сред моделирования и сетевых симуляторов для измерения производительности сети. В исследовании был выбран высокоуровневый технический вычислительный язык и интерактивная среда Matlab для разработки алгоритмов и визуализации данных, анализа данных и цифровых вычислений, поскольку они имеют простое и понятное решение для создания системы нечетких логических рассуждений (QSMNS). И очень ефективно использовать продукты среда Matlaba.*

***Açar sözlər:** böyük verilənlər, qeyri-səlis çoxluqlar, məntiqi nəticəçıxarma, qaydalar sistemi, mənsubiyyət funksiyası, qeyri-səlis hesab*

***Ключевые слова:** большие данные, нечеткие множества, логический вывод, система правил, функция принадлежности, нечеткая арифметика.*

Key words: *big data, fuzzy sets, logical inference, system of rules, affiliation function, fuzzy arithmetic*

Giriş. Matlab-dan siqnal və təsvirin emalı, rabitə, idarəetmə dizaynı, sınaq və ölçmə, maliyyə modelləşdirməsi və təhlil, hesablama biologiyası daxil olmaqla geniş tətbiqlərdə istifadə etmək olur. Əlavə alət qutuları (xüsusi təyinatlı Matlab funksiyalar toplusu) müxtəlif tətbiq sahələrində problemlərin xüsusi kateqoriyalarını həll etmək üçün Matlab mühitini daha da genişləndirir.

Matlab mühitinə işin formalaşdırılması və paylaşılması üçün bir sıra funksiyalar daxildir. Matlab texniki hesablamalar üçün yüksək səviyyəli dilə, kod, fayl və verilənlərin idarə edilməsi üçün işlənmə mühitinə, iterativ axtarış, dizayn və problem həlli üçün interaktiv alətlərə, xətti cəbrə, statistikaya, Furye analizi funksiyalarına, filtrasiya, optimallaşdırma və ədədi inteqrasiya üçün riyazi funksiyalara, Məlumatların vizuallaşdırılması üçün 2-D və 3-D qrafik funksiyalara, Xüsusi qrafik istifadəçi interfeyslərinin qurulması üçün alətlər kitabxanasına malikdir. Matlab kodunu digər dillər və proqramlarla, məsələn, Matlab əsaslı alqoritmlərin C, C++, FORTRAN, Java™, COM və Microsoft Excel kimi xarici proqram və dillərlə inteqrasiyası funksiyalarına malik olması onun digər mühitlərdən üstünlüyünü təşkil edir [40].

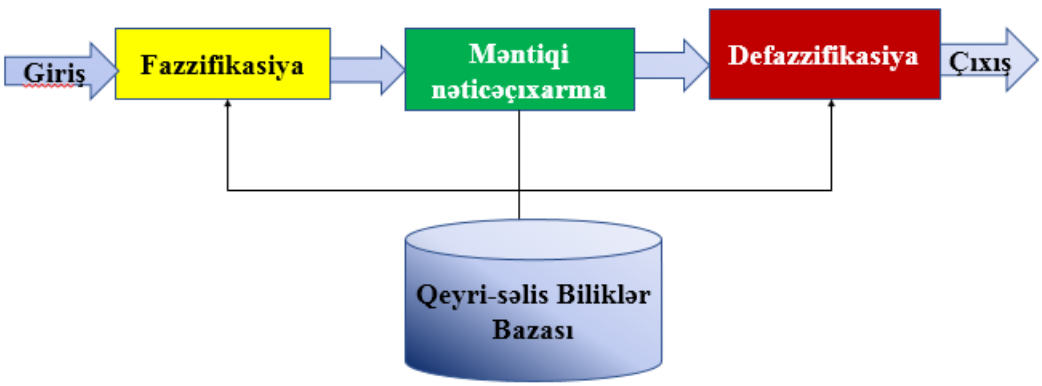
Tədqiqat işində qeyri-səlis məntiqin mühüm hissəsi olan qeyri-səlis nəticəçıxarma sisteminin təsviri, simulyasiyası və analizi məqsədilə Matlab mühitindən istifadə edilmişdir. Əksər praktik tətbiqlərdə belə sistemlər dəqiq qeyri-xətti təsviri həyata keçirir ki, bu da mövcud problem haqqında ekspert və ya ümumi mənada bilikləri kodlayan qeyri-səlis qaydalar şəklində təqdim edilir.

Tədqiqatda biz internet saytından yüklənən verilənlər coxluğundan istifadə edilmişdir [41]. Bu, son vaxtlar aktual olan bir mövzudur. O, yüksək verilənlər həcminə malikdir: 23 post və 10755 şərh. Facebook Graph API-dən istifadə edərək hər post üçün bütün şərhlər ilk 30000 saniyə ərzində toplanıb. Verilənləri paylanmış fayl sistemində saxlaq asan olduğu üçün düz cədvəl formatından (məsələn, CSV faylı) istifadə edilmişdir. CSV faylının başlığı aşağıdakı sütunlardan ibarət cədvələ malikdir: Verilənlərin daxil olma vaxtı, Mövzunun adı, Post, Şərh, Müsbət, Mənfi. Seçilmiş mövzu, şəkil 1-də göstərilən son vaxtlar aktual olan "2021-cı il ABŞ prezident seçkiləri"dir [42].

1. Qeyri-səlis məntiqi nəticə çıxarma sistemlərinin tətbiq texnologiyası

Qeyri-səlis nəticəçıxarma, qeyri-səlis məntiqdən istifadə edərək giriş/çıxış təsvirlərinin formalaşdırılması prosesidir. Fuzzy Logic Toolbox (Qeyri-səlis məntiqi alət qutusu) proqram təminatı Mamdani və Sugeno qeyri-səlis sistemlərinin yaradılması üçün əmrlər sətrinə və xətti funksiyalara malikdir [43].

Qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemləri avtomatik idarəetmə, verilənlərin təsnifatı, qərarların təhlili, ekspert sistemləri və kompüter görməsi kimi bir sıra sahələrdə uğurla tətbiq edilmişdir [44]. Qeyri-səlis nəticəçıxarma sistemləri aşağıdakı arxitekturaya malikdir (şəkil 1):

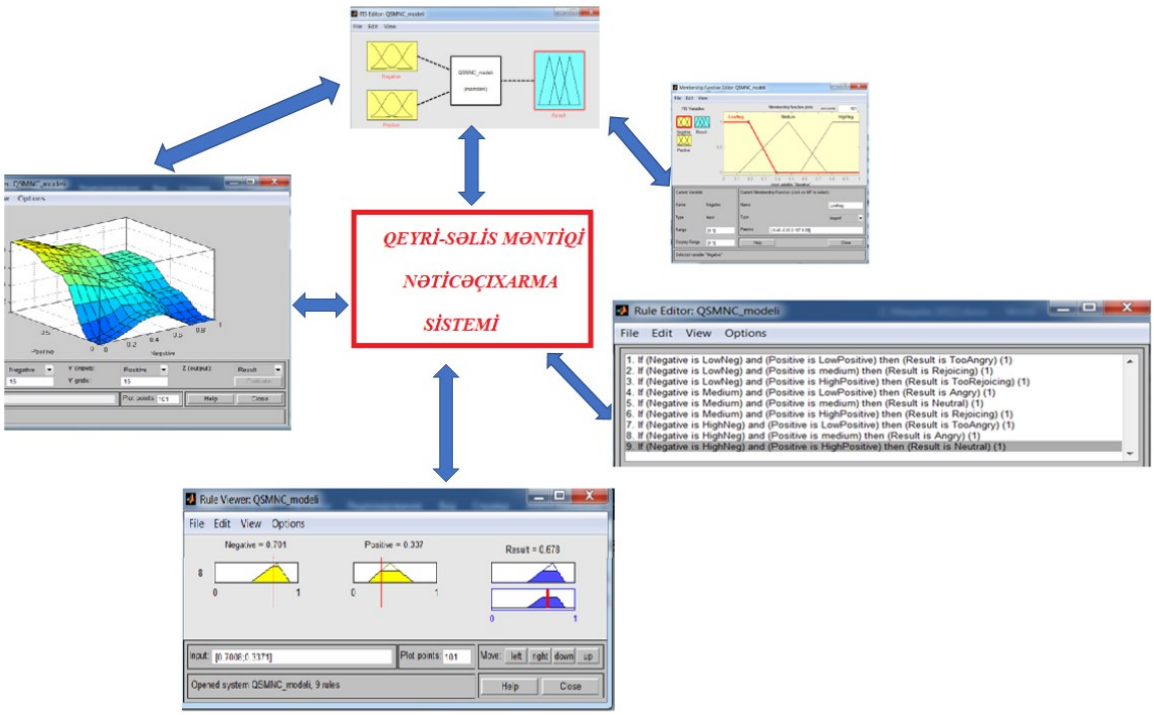


Şəkil 1. *Qeyri-səlis nəticəçıxarma sistemlərinin ümumi arxitekturası*

QSMNS-lərinin yerinə yetirdiyi qeyri-səlis əsaslandırma (qeyri-səlis IF–THEN qaydaları üzərində nəticəçıxarma əməliyyatları) aşağıdakı mərhələlər üzrə yerinə yetirilir:

1. Hər bir linqvistik dəyişənlərin seçilmiş mənsubiyyət funksiyalarına görə mənsubiyyət qiymətlərini əldə etmək. (Bu mərhələ çox vaxt fazzifikasiya adlanır.)
2. Hər bir qaydanın gücünü təyin etmək üçün əsas hissədəki mənsubiyyət qiymətlərini min və ya max məntiq əməllərinə görə birləşdirmək.
3. Yerinə yetirilmə dərəcəsindən asılı olaraq müvafiq nəticələr (qeyri-səlis və ya səlis (dəqiq)) və ya qaydalar yaratmaq.
4. Qeyri dəqiq (qeyri-səlis) nəticə əldə etmək üçün müvafiq nəticələri toplamaq.
5. Defazzifikasiya [44].

Qeyri-səlis məntiqi alət sistemlərinin qurulması. Qeyri-səlis məntiqi alət qutusunda qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemlərini qurmaq, redaktə etmək və müşahidə etmək üçün beş əsas Qİİ (qrafik istifadəçi interfeysi) aləti mövcuddur: qeyri-səlis nəticə çıxarma sistemi və ya QSMNS Editoru, mənsubiyyət funksiyası editoru, qayda görüntüləyicisi və səthi görüntüləyici. Bu Qİİ-lər bir-birindən dinamik şəkildə bağlıdır. Belə ki, onların birindən istifadə edərkən QSMNS-də edilən dəyişikliklər digər açıq Qİİ-lərin hər hansı birinə təsir edə bilər. Onların hər hansı birini və ya hamısını istənilən sistem üçün açıq etmək olar.



Şəkil 2. *Fuzzy Logic ToolBox ilə sistemin qurulması*

QSMNS Editoru sistem üçün yüksək səviyyəli məsələləri həll edir: Neçə giriş və çıxış dəyişəni var? Onların adı nədir? Fuzzy Logic Toolbox girişlərin sayını məhdudlaşdırmır. Bununla belə, girişlərin sayı maşınınızın mövcud yaddaşı ilə məhdudlaşdırıla bilər. Əgər girişlərin sayı çoxdursa və ya mənsubiyyət funksiyalarının sayı çox böyükdürsə, digər Qİİ alətlərindən istifadə edərək QSMNS-i təhlil etmək də çətin ola bilər.

Membership Function Editor (Mənsubiyyət Funksiyası Editoru)hər bir dəyişənlə əlaqəli bütün mənsubiyyət funksiyalarının formalarını müəyyən etmək üçün istifadə olunur.

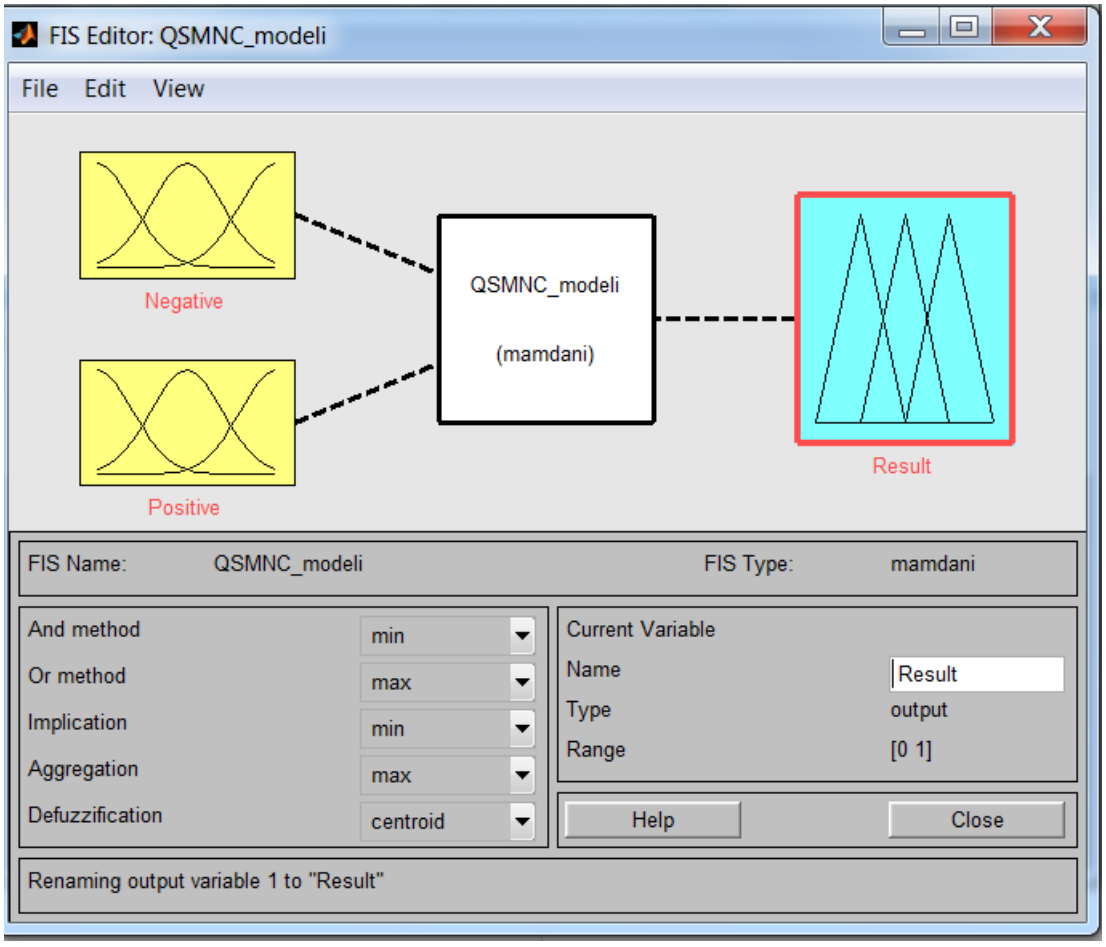
Rule Editor (Qayda Editoru) sistemin fəaliyyətini təyin edən qaydaların siyahısını redaktə etmək üçündür.

The Rule Viewer (Qaydalara baxış) və The Surface Viewer (Səthi baxış) redaktə etmədən fərqli olaraq QSMNS-nə nəzarət etmək üçün istifadə olunur. Onlar əsasən yalnız oxuna bilən alətlərdir. The

Rule Viewer qeyri-səlis nəticəçıxarma diaqramının Matlab əsaslı ekranıdır. Diaqnostika kimi istifadə olunaraq, o, hansı qaydaların aktiv olduğunu və ya ayrı-ayrı mənsubiyyət funksiyası formalarının nəticələrə necə təsir etdiyini göstərə bilər. The Surface Viewer, çıxışlardan birinin hər hansı bir və ya iki girişdən asılılığını göstərmək üçün istifadə olunur, yəni sistem üçün çıxış səthi xəritəsini yaradır.

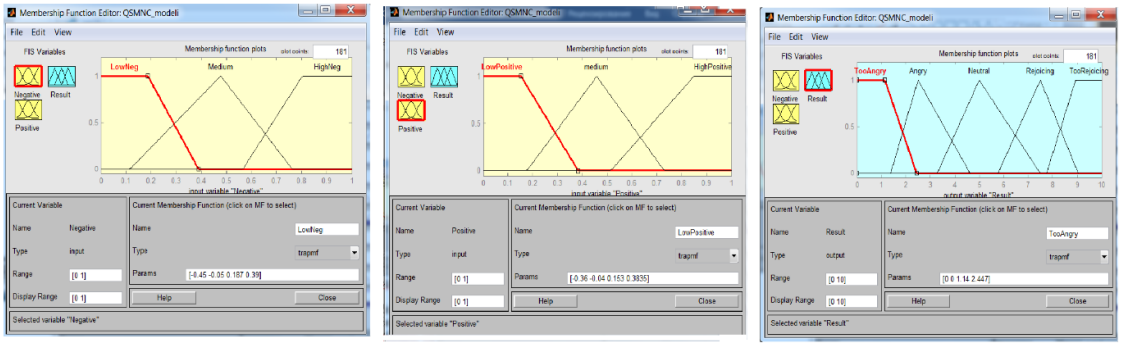
Qeyri-səlis məntiqi nəticəçıxarma sistemi ilə tətbiq texnologiyası. Tətbiqdə Matlab mühitindən istifadə edərək şəkil 2-də göstərildiyi kimi qeyri-səlis məntiqi nəticəçıxarma sistemi tətbiq etmək və simulyasiya etmək üçün yüklənə bilən verilənlər çoxluğundan Negative (mənfi) və Positive (müsbət) sütunların matrisini daxil etdik.

Girişlərin qeyri-səlisləşdirilməsi. Birinci mərhələ girişləri qəbul etmək və onların mənsubiyyət funksiyaları vasitəsilə müvafiq qeyri-səlis çoxluqların hər birinə aid olma dərəcəsini müəyyən etməkdir, giriş həmişə səlis ədədi qiymətdir. Çıxış isə müvafiq linqvistik çoxluqda qeyri-səlis mənsubiyyət dərəcəsinə malikdir [45].



Şəkil 3. *QSMNS-nin tətbiqi*

Qeyri-səlis nəticəçıxarma sistemində tətbiqimiz iki giriş üzərində qurulub: müsbət və mənfi (şəkil 4-də göstərildiyi kimi); doqquz qayda və bu qaydaların hər biri girişlərin bir neçə fərqli qeyri-səlis linqvistik çoxluqlarının həllindən asılıdır: aşağı müsbət hesab (Low Positive), orta müsbət hesab (Medium Positive), yüksək müsbət hesab (High Positive) və mənfi giriş üçün də analoji olaraq aşağı mənfi hesab (Low Negative), orta mənfi hesab (Medium Negative), yüksək mənfi hesab (High Negative) olacaq. Çıxış üçün beş qeyri-səlis linqvistik dəyişənlər çoxluğumuz var: Çox Sevinmək (Too Rejoicing), Sevinmək (Rejoicing), Neytral (Neutral), Hirslənmək (Angry), Çox hirslənmək (Too Angry). Qaydaları qiymətləndirməzdən əvvəl, giriş və çıxışlar bu linqvistik çoxluqların hər birinə uyğun olaraq fazziləşdirilməlidir.



Şəkil 4. *Mənsubiyyət funksiyasının redaktoru (Membership Function Editor)*

Qaydalar, min əməliyyatı əsasında aşağıdakı kimi qurulur:

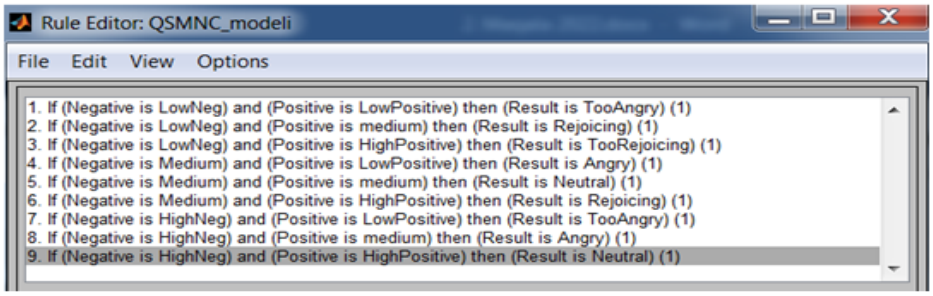
1. Əgər negative iz LowNegative (mənfi AşağıMənfidirsə) və positive iz LowPositive (müsbət AşağıMüsbətdirsə) olarsa, onda Result iz TooAngry (çıxış Çox hirslənmək) olacaq;
2. Əgər negative iz LowNegative (mənfi AşağıMənfidirsə) və positive iz MedPositive (müsbət OrtaMüsbətdirsə) olarsa, onda Result iz Rejoicing (çıxış Sevinmək) olacaq;
3. Əgər negative iz LowNegative (mənfi AşağıMənfidirsə) və positive iz HighPositive (müsbət YüksəkMüsbətdirsə) olarsa, onda Result iz Too Rejoicing (çıxış Çox Sevinmək) olacaq;
4. Əgər negative iz MediumNegative (mənfi OrtaMənfidirsə) və positive iz LowPositive (müsbət AşağıMüsbət) olarsa, onda Result iz Angry (çıxış hirslənmək) olacaq;
5. Əgər negative iz MediumNegative (mənfi OrtaMənfi) və positive iz MediumPositive (müsbət OrtaMüsbət) olarsa, onda Result iz Neutral (çıxış Neytral) olacaq;
6. Əgər negative iz MediumNegative (mənfi OrtaMənfidirsə) və positive iz HighPositive (müsbət YüksəkMüsbət) olarsa, onda Result iz Rejoicing (çıxış Sevinmək)
7. Əgər negative iz HighNegative (mənfi YüksəkMənfidirsə) və positive iz LowPositive (müsbət Aşağımüsbətdirsə) olarsa, onda Result iz TooAngry (çıxış Çox hirslənmək) olacaq;
8. Əgər negative iz HighNegative (mənfi YüksəkMənfi) və positive iz MediumPositive (müsbət OrtaMüsbət) olarsa, onda Result iz Angry (çıxış hisrlənmək) olacaq
9. Əgər negative iz HighNegative (mənfi YüksəkMənfi) və positive iz HighPositive (müsbət YüksəkMüsbət) olarsa, Result iz Neutral (çıxış Neytral) olacaq (cədvəl).

Cədvəl

Qaydalar cədvəli

Positive / Negative	LowPositive	MediumPositive	HighPositive
LowNegative	TooAngry	Rejoicing	Too Rejoicing
MediumNegative	Angry	Neutral	Rejoicing
HighNegative	TooAngry	Angry	Neutral

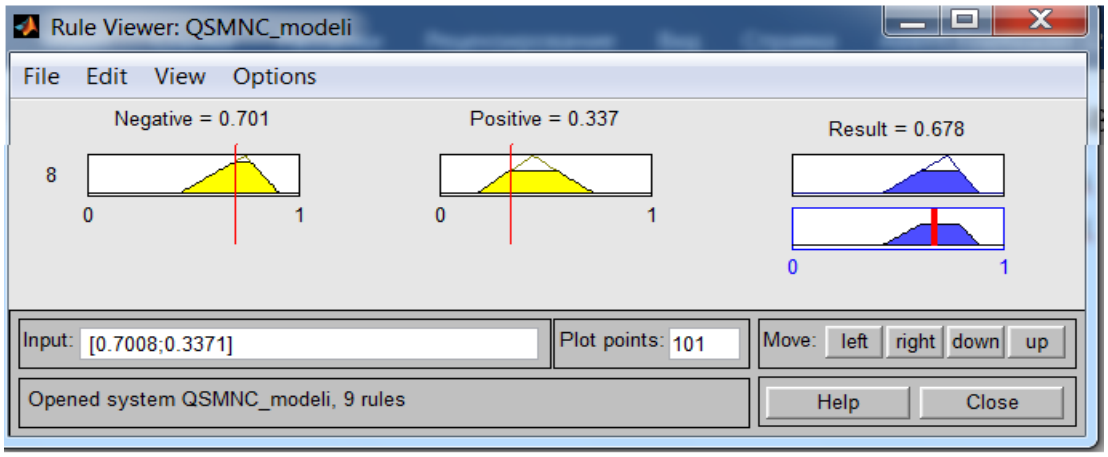
Qeyri-Səlis Operatorun tətbiqi. İstənilən sayda dəqiq müəyyən edilmiş metodlar AND və ya OR əməliyyatı üçün tətbiq edilə bilər (şəkil 4).



Şəkil 4. *Rule Editor (Qaydalar redaktoru)*

FIS-də istənilən funksiyanı yazaraq və seçdiyiniz metod kimi təyin etməklə AND və ya OR üçün müxtəlif metodları yaratmaq mümkündür.

Aşağıdakı şəkildə çıxışın hesablanması üçün 5-ci qaydanın təyinedənini qiymətləndirən *And operatoru min* göstərilir. Təyinedənin iki fərqli hissəsi (mənfi hesab aşağı və müsbət hesab ortadır) müvafiq olaraq 0.3 və 0.5 qeyri-səlis mənsubiyyət qiymətlərini təyin etdi. Qeyri-səlis And operatoru sadəcə olaraq iki qiymətdən minimumu, 0.5-i seçir və 5-ci qayda üçün qeyri-səlis əməliyyat tamamlanır. Ehtimal ki, And metodu yenə də 0,5 ilə nəticələnəcək. negative iz HighNegative =0.701 AND positive iz LowPositive=0.337, Result of implication



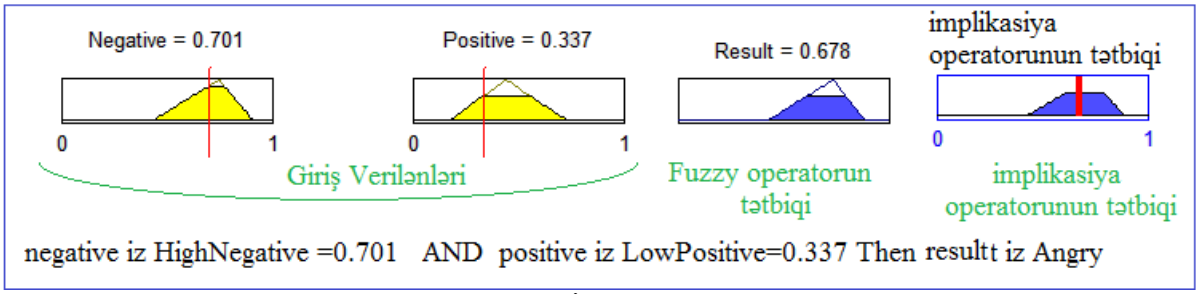
Şəkil 5. *Qeyri-səlis məntiqi operator*

Qayda 3.

Əgər negative iz LowNegative (mənfi AşağıMənfidirsə) və positive iz HighPositive (müsbət YüksəkMüsbətdirsə) olarsa, onda Result iz Too Rejoicing (çıxış Çox Sevinmək) olacaq.

2. İmplikasiya metodunun tətbiqi

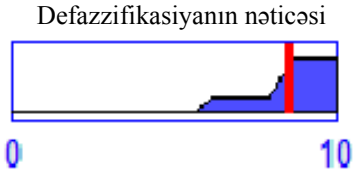
İmplikasiya metodunu tətbiq etməzdən əvvəl, qaydanın çəkisi təyin edilməlidir. Hər bir qaydanın *çəkisi* (0-dan 1-ə qədər qiymətlər ala bilər) var ki, bu da təyinedənin verdiyi ədədə tətbiq edilir. Ümumiyyətlə, bu çəki 1-dir və buna görə də implikasiya prosesinə heç bir təsiri yoxdur. Bununla belə, bir qaydanın çəki dəyərini 1-dən başqa bir ədədə dəyişdirərək digərlərinə nisbətən təsirini azaltmaq olar [45].



Şəkil 6. *İmplikasiya metodu*

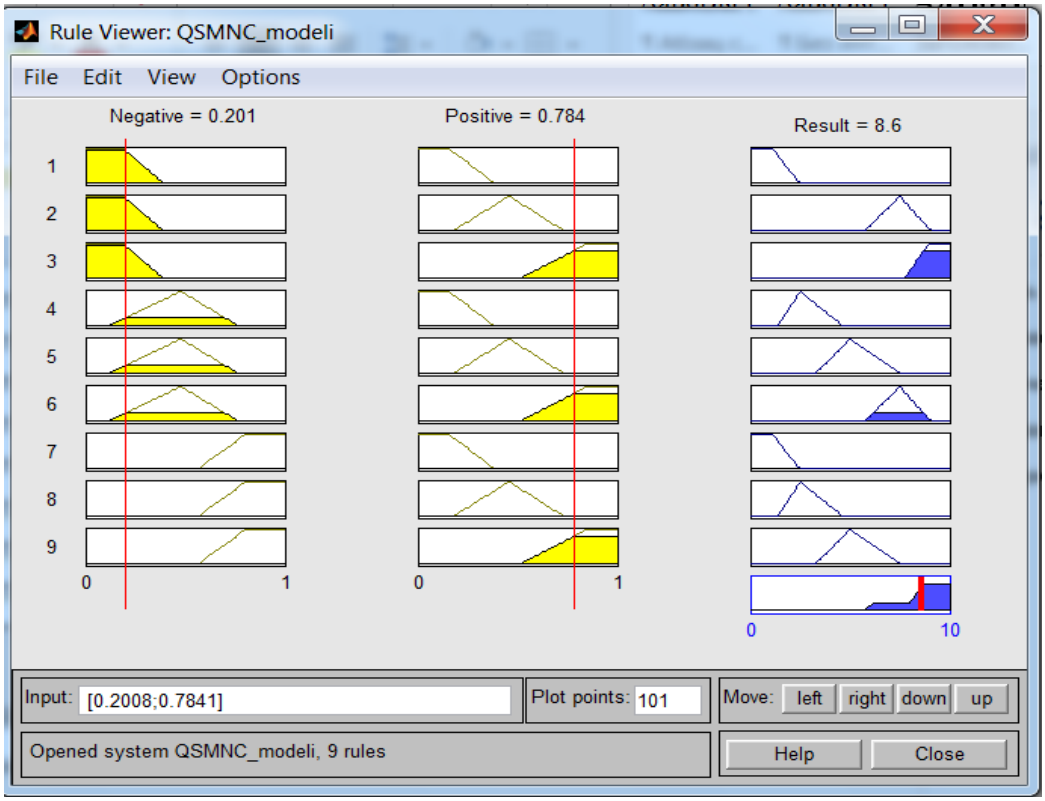
Defazzifikasiya. Defazzifikasiya toplanmış qeyri-səlis çoxluqların çıxışından səlis ədədin alınması prosesidir. Ondan qeyri-səlis nəticəni dəqiq (səlis) nəticəyə çevirmək üçün istifadə olunur [45].

Beş defazzifikasiya metodu mövcuddur: mərkəzi orta, bisektor, maksimumun orta (çıxış çoxluğunun orta maksimum dəyəri), maksimumun ən böyüyü və maksimumun ən kiçiyi. Ola bilsin ki, ən məşhur defazzifikasiya metodu aşağıda göstərildiyi kimi əyri altındakı sahənin mərkəzinə qayıdan mərkəzi ortanın hesablanmasıdır:



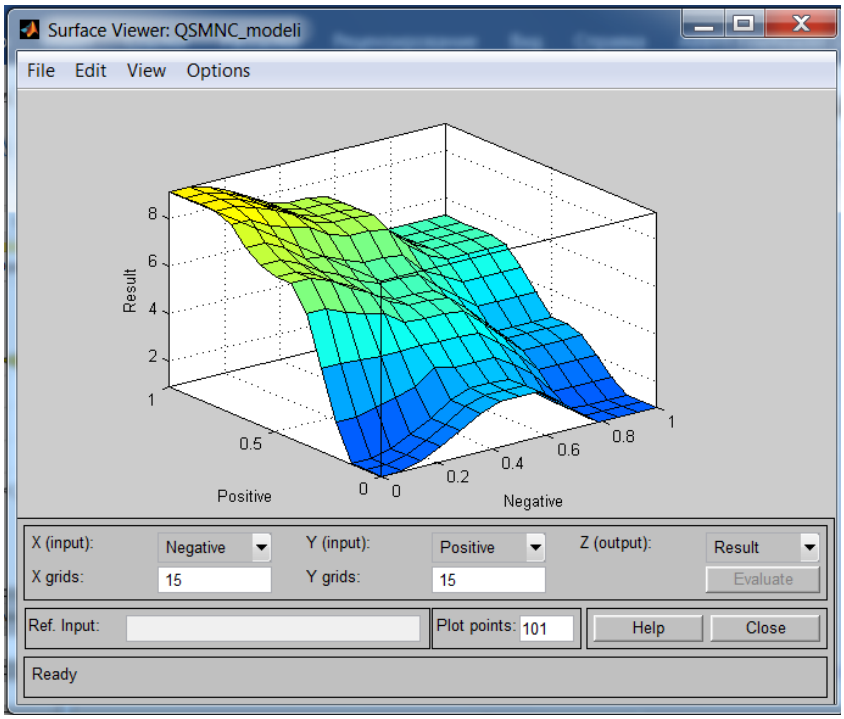
Şəkil 7. *Defazzifikasiya əməliyyatı*

Qeyri-səlis nəticəçıxarma diagramı. Qeyri-səlis nəticəçıxarma diaqramı indiyə qədər təqdim olunan bütün kiçik diaqramların birləşməsidir. O, eyni vaxtda araşdırdığınız qeyri-səlis nəticəçıxarma prosesinin bütün hissələrini göstərir. Aşağıdakı şəkildə göstərildiyi kimi, məlumat qeyri-səlis nəticəçıxarma diaqramından keçir:



Şəkil 8. *Qaydaların təsviri (Rule Viewer)*

Aşağıdakı şəkildə çıxış və girişlərin asılılığı təsvir edilən səthin diaqramı verilir.



Şəkil 9. *Editor Surface Viewer (Səthin təsviri)*

Nəticə.

Bu məqalədə qeyri-səlis məntiqin mühüm hissəsi olan qeyri-səlis məntiqi nəticəçıxarma sistemi təsvir edilmişdir. Əksər praktik tətbiqlərdə belə sistemlər dəqiq qeyri-xətti təsviri həyata keçirir ki, bu da mövcud problem haqqında ekspert biliklərini kodlayan qeyri-səlis qaydalar şəklində müəyyən edilir.

Ədəbiyyat

1. Mahesh G Huddar, A Survey on Big Data Analytical Tools, Hirasugar Institute of Technology, January, -2013. -pp.243-254
2. Dr Hemlata Chahal, Big Data Analytics, Maharshi Dayanand University, February,-2016. -pp. 66-79
3. R. Vatrapu, R. R. Mukkamala, and A. Hussain, "A set theoretical approach to big social data analytics: Concepts, methods, tools, and findings," in ECCS Satellite.Workshop, 2013. -201., -pp. 22–24.
4. S. A. Himi and A. Rahman, "Workers unrest in garment industries in bangladesh: An exploratory study," Journal of Organization and Human Behaviour, -2017. Vol.2, no.3, -pp. 49–55,
5. Big Data Visualization: Turning Big Data into Big Insights. //The Rise of Visualization-based Data Discovery Tools. White Paper. Intel IT Center. -March 2013. -pp. 472-484
6. M. J. Smithson and J. Verkuilen, Fuzzy Set Theory : Applications in the Social Sciences (Quantitative Applications in the Social Sciences). SAGE Publications, Feb. 2006. [Online]. Available: http://www.worldcat.org/isbn/076192986X

Məqalə qəbul olunub: 21.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UDC 662. 67. 061. 1 (479.24)

NEW PROCESSING TECHNOLOGY OF OIL SHALE WITH HEAVY OIL RESIDUES

Mukhtarova G.S., Alizadeh A.E.

Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes of ANAS
AZ1025, Baku, Khojaly ave., 30
E-mail: gulbenizmuxtarova@yahoo.com

Abstract. *The article presents the results of the tar hydrocracking process in the presence of oil shale, as an alternative source of crude oil, and the effect of pressure on the hydrocracking process is investigated. The effect of pressure the process was studied in the range of 1 -4 MPa at a 460 ° C temperature. It was found that, with increase of pressure from 1.0 to 2.0 MPa (at 450 ℃ temperature) the yield of light petroleum products increases from 56,0 to 60% (wt.). Then at the time of raising the pressure from 2.0 to 4.0 MPa the yield of light petroleum products increases from 60,0 to 63% (wt.).*

Xülasə. *Məqalədə qudronun neftə alternativ xammal mənbəyi olan yanar şistlərlə birgə hidrokrekinqi prosesinin nəticələri verilmiş, müəyyən edilmişdir ki, yanar şistlərin üzvi və mineral hissələri ağır neft məhsullarının termiki çevrilmələrinə aktivləşdirici təsiri göstərir. Yanar şistin qudronla birgə hidrokrekinq prosesinə təzyiqin təsiri tədqiq edilmişdir. Təzyiqin prosesə təsiri 450°C temperaturda, 1-4 MPa təzyiq intervalında öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, təzyiq 1.0 MPa-dan 2 MPa-ya qədər yüksəldikdə (450 ℃ temperaturda), açıq rəngli neft məhsullarının çıxımı 56%-dən 60%-ə qədər artır. Təzyiqin sonrakı 2 MPa-dan 4 MPa-ya qədər yüksəlməsində açıq rənglı məhsullarının çıxımı 63 %-ə qədər artır. Təzyiqin 1 MPa-dan 4 MPa-ya qədər artması nəticəsində (450°C temperaturda) benzin fraksiyasının çıxımı 26.5%-dən 29.5%-ə qədər, dizel fraksiyasının çıxımı 29.5%-dən 33.5 %-ə qədər artır.*

Аннотация. *В статье представлены результаты процесса гидрокрекинга гудрона со сланцем, который является альтернативным источником сырья для нефти, и установлено, что органическая и минеральная части сланца оказывают активирующее действие на термическое превращение тяжелых нефтепродуктов. Исследовано влияние давления на процесс гидрокрекинга. Влияние давления на процесс изучено в интервале 1- 4 МПа, при температуре 450 °С. Выявлено, что с увеличением давления от 1,0 до 2 МПа (при 450 °С) выход светлых нефтепродуктов увеличивается от 56 до 60 % мас., с дальнейшим увеличением давления с 2 МПа до 4 МПа выход светлых нефтепродуктов увеличивается от 60 до 63 % мас.*

Key words: *oil shale, tar, hydrocracking, pressure, gasoline fraction, diesel fraction*
Açar sözlər: *yanar şist, qudron, hidrokrekinq, təzyiq, benzin fraksiyası, dizel fraksiyası*
Ключевые слова: *горючий сланец, гудрон, гидрокрекинг, давление, бензиновая фракция, дизельная фракция*

Introduction. The main trend of development of oil refining industry is an increase of oil refining extent with involvement of heavy petroleum residues into refining with the purpose of enlargement of motor fuels production.

The lack of technologies which are used in the existing productions is the lacking of deep complex processing of heavy oil residues (HOR). Practically, in many countries including the Refinery of Russia, goudron is underwent to the process of viscosity breaking and used for production of boiler fuel. In many Refineries, the production of oil bitumens is realized by oxidation of oil residues [1-2]. The disadvantage of this process is the significant air consumption and the generation of hardly used (utilized) wastes.

The current level of development of scientific research and technological processes allows to obtain large quantities of commercially available petroleum products from oil residues, as well as carbon products from high-quality carbon coke.The leading role in the solution of this problem is given to hydrogenation catalytic processes, which are allow to prepare the oil residues for further processing by the processes of metal decontamination, sulfur removal, saturation with hydrogen.Such processes are characterized by high flexibility and good quality of products.However, the necessity to high investments (hard conditions of the process, complexity in the design of the apparatus, the presence of hydrogen and complicated catalyst systems) can be noted as shortcoming.

In the economically developed countries(USA, Japan), where the oil is refined for import, certain successes have already been achieved in industrial implementation of such processes [3-4].

However, currently in internal oil refining and in industrial scale there are no qualified catalytic systems for processing of fuel oil and goudron to high-yield and high-quality products.The desulphurization process(equipped with reactor and compressor equipment) of fuel oil and goudron has not been developed.The adsorption-catalytic cracking and thermodeasphalting processes of HOR are at the stage of pilot studies.

Increase in global energy consumption is accompanied by a rapid depletion of the main energy sources, primarily petroleum and gas. Inevitable depletion of traditional fuel resources leads to the search for new sources of raw materials for fuel and energy production. This feature needs to develop the technologies for production of energy and motor fuels on the basis of non-petroleum based raw material, as well as various monomers for petrochemical industry. Therefore, possibility of obtaining the products from non-petroleum based raw materials with the composition and properties identical to natural gas and petroleum products is important for petrochemical industry.

The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC) forecasts depletion of oil reserves in the next 40-50 years, and some countries in a shorter time according to the limited oil reserves in subsoil, increase in production and transport costs, current rate of consumption growth.

The modern world balance of oil consumption shows an increase in the demand for engine fuel. Increasing the part of total processing of heavy and high-sulfur oils at the same time leads to a reduction in the yield of light and medium distillates and worsening their quality. Therefore, development of oil refining industry requires deep processing and rational use of oil residues.

As one of organic raw material resources alternative to petroleum, the volume of oil shale resources is 500 million tons in our republic that is significantly important due to energetic properties and technological parameters.

The resin properties obtained on the basis of oil shale allow to accept it as an alternative source of natural hydrocarbons to petroleum and it's practical advantage of oil shales. Currently, the ways for use are intensively developed in Russia on the basis of application of deep processing technologies for the purpose of obtaining liquid fuel, high-calorie gas, semi-coke and chemical raw materials from solid fuels, especially from oil shale. Experts in this field around the world [5] unanimously believe that all types of oil shales have great potential for any country as a whole, both now and in the future, as an alternative source of petroleum. Therefore, the most important way to use oil shale in our country is obtaining liquid fuels from the organic matter of oil shale by processing via various technological processes.

One of the processing technologies of oil shale is hydrocracking process with heavy oil residue. The world leading companies are investing heavily in complex processing technology for heavy oil residues - thermal (flexicoking, deasphalting, coking) and catalytic (FCC catalytic cracking, high pressure hydrocracking H-Oil, LC-Fining, T-Star, Isocracking) [6].

Hydrocracking is one of the effective processes for obtaining motor fuels of high quality from heavy oil residue. For example, Chevron Lummus Global's recirculated two-stage hydrocracking process [7] allows for 100% conversion of raw materials, obtaining the required products with the highest quality, minimizing hydrogen consumption and processing more complex raw materials.

Shale deposits were discovered in Azerbaijan in the early twentieth century. As this period coincided with the discovery and development of large oil and gas reserves, oil shales were neglected. This, in turn, has led Azerbaijan's fuel and energy complex to rely entirely on traditional liquid and gaseous hydrocarbon fuels. For this reason, the assessment of the suitability and expediency of oil shale has not been studied until recently.

Oil shale is organic-mineral sedimentary rock belonging to the group of solid caustobiolites, that provides the separation of resin close to petroleum by dry distillation. The mineral content in oil shales (calcites, dolomite, montmorillonite, kaolinite, feldspar quartz, pyrite, etc.) predominates over the organic content consisting mainly of kerogen. The organic content of oil shale is composed of the remains of primitive seaweed, zoo- and phytoplankton undergone biochemical and geochemical transformations.

The largest source of hydrocarbon reserves in Azerbaijan after petroleum and natural gas is oil shale, a lack of studies on physicochemical and performance properties, suitability for processing, as well as the use as energy fuel and petrochemical raw materials is one of the most pressing issues of our time.

Shale deposits in Azerbaijan are located mainly in the east of the country, northern and southern foothills of the Greater Caucasus. In general, there are about 80 oil shale deposits and manifestations in Azerbaijan. The Guba, Dially and Jangichay deposits have been explored to some extent [8].

The most energetically interesting part of oil shale is its organic component - kerogen. Kerogen (or kerobitum) is generally the organic part of rocks that is insoluble in solvents. Kerogen has a very complex structure and the chemical composition consists mainly of the elements C, H, O, N and S. The C/H mass ratio in oil shale varies from 7.5 to 10. As this indicator is between the C/H ratio in coal and petroleum, the kerogen structure also occupies an intermediate position between coal and petroleum.

The mineral content in oil shale usually consists of quartz, feldspar (albite), clay, carbonates (dolomite, calcite), as well as pyrite and some mineral salts [9].

Carbonate, aluminosilicate-carbonate-based shales are distinguished according to the colorful chemical composition of inorganic content. Inorganic content of oil shale contains valuable chemical elements, including germanium, yttrium, scandium, and other metals [10].

Energetic direction is the first of the main directions for the use of oil shale. Thus, oil shale is burned as solid fuel in the furnaces of power plants [11].

The second one is the technological direction. In this case, oil shale is subjected to thermal decomposition in special aggregates to obtain gas and liquid products: resin, natural gasoline, gas and pyrogenetic water. Heavy resin fraction (about 50% of the total resin) is used as a raw material for the production of road bitumen.

Numerous studies have been carried out in the direction of thermocatalytic cracking of heavy oil residues together with oil shale. It has been established that organic and mineral content of oil shale have an activating effect on thermal conversion of heavy oil products [12].

The authors [13] have developed the principal fundamentals for a new process of thermochemical processing of oil residues based on the experiments on thermal solubility of oil shale. The basis of the process is the unique properties of oil shale, which are natural generators of radicals, catalysts of cracking and donors of hydrogen. The process occurs at 390-440 °C temperature and 3-8 MPa pressure. The peculiarity of the Baltic's shales used in the process is the high level of hydrogen in the organic mass. Other sapropelite fuels may also be used in this process: Povolj sulfur shales, Kuzbas sapro-mixed or far east sapropelite.

During the thermochemical processing of goudron in the presence of shale, along with the destructionof high-molecular hydrocarbons of goudron, it is possible that destruction of asphaltenes contained in it also occur. The main part (up to 90 %wt.) of organic mass of shale converts to liquid and gaseous products [14]. In the developed process, the shale oil and its conversion products are

activated, as mentioned, the destruction reactions of goudron are the source for the components of liquid products of the process.

Experimental Section

Recently, in the Institute of Petrochemical Processes many scientific-research works are being conducted towards the hydrocatalytic processing of shale oils with tar. The studies about the effect of pressure on hydrocracking process of tar together with shale oils carried out directly and without additional preparation processes (distillation under vacuum, desulphurization, deasphalting, etc.) were given in this article. At the beginning, oil shale additives are crushed to a size of 10-50 microns, added to tar in an amount of 2.5-10%, homogenized at a temperature of 80 - 90^{0}C, and then mixed until became an uniform state; thus, a suspension is prepared, which is then immersed to autoclave.

The liquid product obtained from the hydrocracking process is easily filtred and the residue in the filter is dry enough.It is washed with benzene, dried, weighted and the coke output is determined.The non-ashy liquid product obtained from the process distillated to gasoline (o.p.-200^{0}C), diesel fuel (200-360 ^{o}C) and residue> 360 ^{o}Cin an atmospheric vacuum unit.

The physico-chemical properties of the goudron obtained from Baku's petroleum and used as a raw material are given in Table 1,

Table 1

Physical-chemical properties of goudron

Name	Indices
Density 20 °C, kg/m^3	959,0
Fractional composition, % mas.:	
450 ^{o}C	5
475 ^{o}C	19.4
500 ^{o}C	30
Kinematic viscosity, mm^2/s , 20 ^{o}C,	61.70
Cokeability, % mas.	5,7
Freezing temperature, °C	+22
Flash-point (°C)	200
Hydrocarbon content, % mas.:	
paraffin-naphthenes	29,7
light aromatics	9,5
middle aromatics	4,8
heavy aromatics	18.0
Content of sulphur, % mas.	0,8

Results and Discussion

The influence of pressure on hydrocracking process of tar together with suspended, high dispersed shale oils was investigated at 450 ^{o}C temperature and 1.0-4.0 MPa pressure interval (table2). With increasing of pressure from 1 to 2 MPa (temperature – 450 °C) the yield of light oil products increased from 56,0 to 61% (wt.). So that, the yield of gasoline fraction increase from 26.5 % to 28.5 %, the yield of diesel fraction increased from 29.5% to 31,5% (wt.). Further, at the increasing pressure from 2 MPa to 4 MPa the yield of light oil products increased 3%. With increasing of pressure from 1 to 4 MPa the yield of gasoline fraction increase from 26.5 % to 29.5%, the yield of diesel fraction increased from 29.5 % to 33,5 %. amount of cock is decrease from 8.5% to 5% (wt.)

Table 2

Influence of pressure on hydrocracking process of goudron together with shale oils and the material balance of the process (goudron + 7.5 % shale oils)

Indices	P_{H_2} = 1.0 MPa t = 450°C	P_{H_2} = 2,0 MPa t = 450°C	P_{H_2} = 4,0 MPa t = 450°C
Yield of products, % wt.:			
Gas C_1-C_4	8	7	8
gasoline fraction b.p.-200 °C	26.5	28.5	29.5
fraction 200-360°C	29.5	31,5	33.5
fraction<360 °C: %wt.	56.0	60.0	63.0
residue>360 C	27.5	26.5	24
Coke	8.5	6.5	5.0

The change of pressure also influence to the quality characteristics of obtaining products. In the Table 3 is shown the quality characteristics of gasoline and diesel fractions obtained by the hydrocracking of goudron goudron together with shale oils. As seen from the table 3 with increasing of pressure from 1.0 MPa to 4.0 MPa (temperature – 450 °C) amount of aromatic hydrocarbons containing in the gasoline decrease from 10.21 to 5.0 %, amount of unsaturateds from 5.52 to 1.458 %, amount of sulfur from 840 ppm to 640 ppm, iodine number from 10 to 6 g J_2/100 g. Amount of iso-paraffins increased from 35.79 to 43.94 % octane number makes 69 points according to the research method. The change of pressure also influence to the quality characteristics of obtained diesel fractions. So that, with increasing of pressure from 1.0 MPa to 4.0 MPa (temperature – 450 °C) amount of sulfur decrease from 0.19 to 0,12 %, iodine number from 19 to 16 g J_2/100 g, amount of aromatic and unsaturated hydrocarbons decrease and cetane number makes 50-51p.

Table 3

Influence of pressure to the qualitative characteristics of products of hydrocracking process of goudron together with shale oils (goudron + 7.5 % shale oils)

Indices	P_{H_2} = 1.0 MPa; t = 450°C	P_{H_2} = 2,0 MPa; t = 450°C	P_{H_2} =4,0 MPa; t = 450°C
Gasoline fraction			
Density at 20 °C, kg/m^3	0.702	0.673	0.665
Paraffins	35.08	38.7	37.932
iso- paraffins	35.79	40.46	43.94
unsaturateds	5.52	4.026	1.458
Naphthenes	13.4	8.694	11.56
Aromatics	10.21	8.12	5.0
Octane number	67	68	69
Content of sulphur, % mas..,.	0.084	0. 076	0. 064
Iodine number, g J_2/100 g	10	8	6
Diesel fraction			
Density at 20 °C, kg/m^3	0.840	0.8393	0.8346
Content of sulphur, % mas.	0.19	0.16	0.12
Iodine number, g J_2/100 g	19	18	16
Freezing temperature, °C	-30	-28	-32
Flash point	+46	+48	+50
cetane number	46	46	46

Conclusion. Thus, the possibility of obtaining of 60-63% (wt.) additional light oil products and also deepening oil refining through hydrocracking process of fuel oil togethet with suspended, high-

dispersed shale oils was shown in article. The gasoline fraction produced at hydrocracking of goudron with shale oil is characterized by a good colour, a low content of unsaturated hydrocarbons and octane number 68-69 points according to the research method. Diesel fraction is also characterized by the low content of aromatic hydrocarbons, what defines its high cetane number of 46 point. The analysis of the quality of gasoline and diesel fractions shows that after the additional light hydrotreatment the obtained products can be recommended as component to fuels.

As a result of the studies carried out by us we suggest a new technology for hydrocracking of goudron with shale oil with the production of fuel distillates (to 60%), having a number of advantages compared with the known techniques: the process is carried out at a lower pressure (1-4 MPa) than in the conventional hydrocracking process (20-30 MPa), pre-preparation of crudes isn't required (vacuum distillation, demetallization, hydrodesulfurization, deasphaltization), natural zeolites are used instead of expensive special catalysts. These above-listed factors lead to a reduction in capital and exploitative expenses and energy efficiency and they prove economical expediencies of the process.

References

1. Khavkin V.A, Gulyayeva L.A. Perspective development of hydrocracking process on the Refinery of Russia // - Moskow: - Refining and Petrochemistry, - 2016. № 2, - p. 8-15.
2. Shmelkova O.I. Development of destructive processes for oil residues treatment in Russia and abroad / O.I. Shmelkova, L.A. Gulyayeva, V.A. Khavkin [et al] // - Moskow: - World of petroleum products, - 2013. №9, - p.15-19.
3. Kotov A.S., Gorlov E.G. Thermolysis of fuel oil and goudron with activating additives for obtaining of light oil fractions // - Moskow: - Chemistry of solid fuel, - 2009. №3, - p. 30-36.
4. Zhukov V.Y. "T-Star LLC hydrocracking device" Lukoil-Permoilorgsynthesis / V.Y. Zhukov, V.I. Yakushin, Kapustin V.M. [et al] // - Moskow:- Chemistry and technology of fuels and oils, - 2009, №.1, p. 17.
5. Gorlov E.G. Processing of heavy oil residues in the presence of oil shale / E.G. Gorlov., B.K. Nefedov, S.E. Gorlova [et al] // - Moskow: - Solid Fuel Chemistry, - 2006. № 6, - p. 43-56.
6. Kerimov Kh.M. Study of Azerbaijan oil shales // - Baku: - Azerbaijan Chemical Journal. - 2007. № 1, - p.162-173.
7. Kerimov Kh.M. Study of physicochemical properties of oil shales // - Moskow:- Chemistry of solid fuel, - 2004. № 1, - p. 18-25.
8. Blokhin A.I., Nikitin A.N., Frayman G.B. Oil shale – alternative fuel and raw material for chemistry // Fuel-Energetic Complex., - 2000. № 2, - p. 19-25.
9. Kerimov Kh.M. Fast pyrolysis and determination of kinetic parameters oil shale decomposition // Journal of Applied Chemistry, - 2004. V. 77. Iss. 1, - p. 158-162.
10. Maloletnev A.S., Yulin M.K., Vol-Epstein A.B. Thermal cracking of heavy oil residues mixed with shale oil // - Moskow: - Chemistry of solid fuel, - 2011. №.4, - p. 20-25.
11. Vol-Epstein A.B. A method for producing liquid products from heavy oil products and solid fossil fuels, Patent No. 2024577, Russia / Vol-Epstein A.B., Shpilberg M.B., Gorlov E.G. et al. - 1992.
12. Vol-Epstein A.B., Shpilberg M.B., Gorlov E.G. Production of fuel products by thermal dissolution of enriched Baltic oil shale // - Moskow: - Chemistry of solid fuel, - 1983. №2, - p.59-68.

Məqalə qəbul olunub: 11.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBİ QAYDALARI

1. Əlyazma A4(210x297mm) formatlı, yuxarı və aşağıdan 25 mm, soldan və sağdan 20 mm boş yer saxlamaqla çap olunur. Əlyazmanın həcmi **8-10 səhifədən** çox olmamalıdır.
2. Hər bir məqalədə **UOT indekslər** və ya PACS tipli kodlar göstərilməlidir.
3. **Məqalə üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis** dillərində çap oluna bilər. **Məqalədə xülasə 3 dildə və 100-150 söz aralığında verilməlidir**. Müxtəlif dillərdə olan xülasələrin mətnləri eyni və məqalənin məzmununa uyğun olmalıdır. Açar sözlər üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis dillərində verilməlidir (5 sözdən az olmamaqla).
4. Məqalənin mətni azərbaycan dilində - latın, rus dilində - kiril, ingilis dilində - ingilis əlifbası ilə Times New Roman versiyasında 12 şrift ilə, bir intervalla yığılmalıdır.
5. Tənliklər və düsturlar mətndən bir boş sətirlə ayrılmalıdır.
6. Düsturları, ardıcıl olaraq, sətrin sağ tərəfində dairəvi mötərizələrdə yerləşdirilmiş ərəb rəqəmləri ilə nömrələmək lazımdır.
7. Simvolların və ədədi əmsalların izahı bilavasitə düsturun altında, onların düsturda rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir.
8. Məqalənin nəticələrində, elm sahəsinin və məqalənin xarakterinə uyğun olaraq, işin elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti, iqtisadi səmərəsi və alınan əsas nəticələr aydın şəkildə verilməlidir.
9. Məqalənin sonunda verilən ədəbiyyat siyahısı istinad olunan ədəbiyyatların mətndə rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir. Onlara istinad [1] və ya [1, s.119] kimi işarə olunmalıdır. Ədəbiyyat siyahısında son 5-10 ilin elmi məqalələrinə, monoqrafiyalarına və s. istinadlara üstünlük verilməlidir.
10. Məqalədə müəllif(lər)in işlədiyi müəssisə və onun ünvanı, müəllifin elektron poçt ünvanı göstərilməlidir.
11. Məqalənin sonunda məqaləni çapa tövsiyə edən müəssisənin elmi şurasının müvafiq iclas protokolunun nömrəsi və tarixi qeyd olunmalıdır.
12. Müəllif(lər) məqalənin çap olunması üçün yazılı surətdə razılıq verməlidir(lər).
13. Səhifələr vərəqin sağ tərəfdəki aşağı küncündə karandaşla nömrələnməlidir.
14. Əlyazmada aşağıdakı ardıcıllıq gözlənməlidir:

- UOT indeks (qalın, 11 ölçü, böyük hərflərlə, məqalənin yuxarısında, sol hissədə abzasdan yazılmalı);
- məqalənin adı (qalın, 12 olçü, böyük hərflərlə yazılmalı, UOT indeksilə məqalənin adı arasında iki interval buraxılmalıdır);
- müəllif(lər)in soyadı, adı, atasının adı (qalın, 12 olçü, kiçik hərflərlə yazılmalı, məqalənin adı ilə müəllif(lər)in soyadı arasında bir interval buraxmalıdır);
- təşkilatın adı, ünvanı, e-mail (12 olçü, kursiv, kiçik hərflərlə yazılmalı, müəllif(lər)in soyadı ilə təşkilatın adı, ünvanı, e-mail arasında bir interval buraxılmalıdır);
- **Xülasə**
- **Abstract**
- **Аннотация**
- **Açar sözlər**
- **Key words**
- **Ключевые слова**
- **Giriş**
- **Məsələnin qoyuluşu**
- **Alınmış nəticələrin analizi**
- **Nəticə**
- **İstifadə olunmuş ədəbiyyat**

15. Əlyazmalar 2 nüsxədə və elektron variantda təqdim olunur.

PREPARATION RULES ARTICLES

1. Handwriting is published leaving 20 mms space from right and left, 25 mms from top and bottom in A4 (210 x 297 mm) form. The volume of handwriting must not exceed **8 – 10 pages.**
2. In each article indexes of **UOT** and/or PACS types codes must be shown
3. **The article can be published in three languages: Azerbaijani, Russian and English.** The texts of abstracts in different languages must be the same and must conform to the content of the article. Key words must be given in three languages: Azerbaijani, Russian and English.
4. The texts of the article in Azerbaijani must be typed in Azerbaijani language in Latin, in Russian language in Cyrillic and in the English language in Latin alphabets with one interval, with the size of 12 in Times New Roman version.
5. Equations and formulae must be separated from the text by one empty line.
6. Formulae must be systematically numbered in Arabic figures given in round brackets on the right side of the page.
7. Explanation of symbols and literary coefficient must directly be given under the formulae with the succession they are met in the equations.
8. Scientific innovation and importance of the application, economic benefit of the work must be given in accordance with the character of the article and field of science in the summary of the article.
9. The list of literature given at the end of article must be given by succession as they are referred to in the article. The reference to them must be noted like [1] or (1, p.119). Advantage must be given to the references to the scientific articles, monographs of the last 5- 10 years in the literature list.
10. The place of work of the author(s), their addresses, and e – mail address must be shown in the article.
11. At the end of the article the number of the protocol of the appropriate meeting and date of scientific council of the institution advising the article for printing must be noted.
12. The author(s) must give written consent for the printing of the article.
13. The pages must be numbered by pencil in the right corner of the bottom of the paper.
14. The following succession must be observed.
    - UOT index (bold, size 11, big letters, on the top of the article, on the left side from the new line);
    - Title of the article (bold, size 12, big letters, Two-unit space must be between the title of the article and UOT index);
    - Surname and initials of the author(s), e-mail, name of the organization, its addresses must be in bold, size of 12, with the small letters. Two-unit space must be between the name of the article and the author(s)
    - Name of the organization and its address and e-mail must be in italics of 12 size in small letters. One-unit interval must be between the name of the article.
    - **Abstract**
    - **Key words**
    - **Introduction**
    - **Formulation of the issue**
    - **Analysis of the results achieved**
    - **Result**
    - **The literature used**
15. Handwritings must be presented in two copies and electronic version

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Рукопись печатается в формате А4 (210х297 мм), отступ сверху и снизу – 25 мм, слева и справа – 20 мм. Объём рукописи не должен превышать **8-10 страниц.**
2. В каждой статье должны быть указаны индексы **УДК или коды типа PACS**.
3. Статья может быть написана на одном из трёх языков: азербайджанском, русском или английском. Аннотация представляется на 3 языках. Тексты аннотации на этих языках должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть на трёх языках: азербайджанском, русском и английском (не менее 5 слов).
4. Текст статьи должен быть набран с интервалом 1, шрифтом 12 версии Times New Roman: на азербайджанском языке - латиницей, на русском - кириллицей, на английском - английским алфавитом.
5. Уравнения и формулы должны быть отделены от текста одной пустой строкой.
6. Уравнения необходимо последовательно нумеровать с правой стороны строки в круглых скобках.
7. Пояснения и числовые коэффициенты даются непосредственно под уравнением в той же последовательности, что и в уравнении.
8. В выводах статьи должны в ясной форме указаны соответствующие характеру статьи научная новизна работы, прикладное значение, экономическое значение.
9. В конце статьи необходимо указывать использованную литературу в той последовательности, в которой она встречается в статье. Ссылки на источники должны обозначаться как [1] или [1, с. 119]. В качестве использованной литературы нужно отдавать предпочтение источникам, опубликованным за последние 5-10 лет.
10. В статье необходимо указывать место работы автора (авторов), его адрес и адрес электронной почты.
11. В конце статьи необходимо указывать номер и дату заседания учёного совета предприятия, рекомендующего статью к печати.
12. Автор (авторы) должны в письменной форме дать согласие на публикацию.
13. Страницы должны быть пронумерованы карандашом с правой стороны внизу страницы.
14. В статье должна быть информация в следующем порядке:
    - Индекс УДК (жирно, размер 11, прописными буквами и набраны в левой части с абзаца).
    - Название статьи (жирно, размер 12, прописными буквами, между индексом УДК и названием статьи должно быть два интервала).
    - Фамилия и инициалы строчными буквами, жирно, размер 12. Между названием статьи и информацией об авторах должен быть пробел в один интервал.
    - Название организации, адрес, e-mail авторов строчными буквами, курсив, размер 12. Между фамилиями авторов и информацией о них должен быть пробел в один интервал. Статья должна иметь следующую структуру:
    - **Аннотация**
    - **Ключевые слова**
    - **Введение**
    - **Постановка задачи**
    - **Анализ полученных результатов**
    - **Выводы**
    - **Литература**
15. Статьи необходимо представлять в двух экземплярах и в электронной версии.

Yığılmağa verilib: 05.07.22. Çapa imzalanıb 15.07.22.
Format 60x84 1/8. F.ç.v.19,5. Sifarış №101
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi