“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI

ISSN 2220-1025

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASININ

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

AZERBAIJAN STATE MARINE ACADEMY

№2

BAKI-2020

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. V. V. Panin
Dövlət İnfrastruktura və texnologiya
Universitetinin (Ukrayna) rektoru

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. Q.V. Yeqorov
Odessa Dəniz Mühəndisliyi Bürosunun
(Ukrayna) baş direktoru

t.e.d., prof. A.S. Vaskov
Uşakov 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: sciencejournal@acsc.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, 2020

MÜNDƏRİCAT

Şərifov Z.Z., Həsənov V.H., Sadıqov V.B., İbrahimli E.N. Distant təhsilin inkişafı: texnologiyalar, pedaqogika və təşkilatlar..... 7

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 11
Гафаров А.М., Садыгов В.Б., Калбиев Ф.М. Анализ методов и выбор технических средств при проведении экспериментальных исследований по определению надёжности и долговечности машин и механизмов..... 11
Фатьянова Н.В. Определение ущерба, наносимого окружающей среде от судовых ЛКМ..... 15
Qafarov A.M., Orucov S.Ş. Hidravliki sükan maşınlarının etibarlılığını və uzunömürlülüyünü şərtləndirən əsas elementlər..... 22
Qurbanov F.N. Müxtəlif boridlərin iştirakı ilə poladların elektroqığılcım legirlənməsi..... 26
Малышко С. Б., Тарасов В.В. Исследование влияния режимов электромеханической обработки на шероховатость поверхности..... 31
Yusubov N.D., Xankişiyev İ.A., Cabbarov R.C., Şəmilzadə E.V. RPİ dəzgahlarında detalların hazırlanması zamanı tələb olunan dəqiqliyin təmin edilməsi mərhələləri..... 35

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 44
Abbasov E.O., Nəbiyev H.N. ECDİS-dən istifadə zamanı naviqasiya avadanlıqlarının işinə nəzarət..... 44
Беседина Е.Л., Кузнецов И.А. Основные тендеции развития и анализ рисков современного рынка крупногабаритных перевозок..... 49
Казимиренко Ю. А. Егольников А. А. Повышение эффективности технического обслуживания ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожно-паромных сообщений..... 54
Лаврентьева Е.А. Подготовка экипажей судов «река-море» плавания: Опыт Российской Федерации..... 61
Липин А.А., Рустамова Н.З. Влияние движения судов на работу поверхностного телескопического водозабора..... 67
Мазуренко О. И., Русинов И. А. Состояние современного рынка морских контейнерных перевозок..... 73
Мехтиев А.И., Степанов Д.В., Гафарлы А.М. Оценка технико-экономических показателей работы контейнерного терминала…….. 80
Panaliyev Ə.V. Dəniz ticarət limanlarında nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsində innovasiyanın əsas istiqamətləri..... 84
Соколов П.В., Гасанов Р.Р., Мамедов Э.Д. Аналитическая модель для формирования стратегии управления грузовым флотом..... 92
Сибилев В.А., Козик С.В., Золотов В.Д. Измерение высоты навигационного светила по фотографии небосвода..... 95
Шило С.Г., Хижняк И.А., Руденко В.Н., Могилатенко А.С. Формализация знаний о процессе распознавания ситуаций обстановки лицом, принимающим решения, в автоматизированной системе управления движением судов..... 101
Уами А., Берсенев А.И. Современное состояние и перспективы международного морского судоходства..... 110

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 119
Горбов В.М., Митенкова В.С. Оценка эксплуатационных характеристик судовых топливных систем сжиженного природного газа..... 119
Герасимов С.В., Гречка А.В., Рощупкин Е.С., Рощупкина А.Е., Кукобко С.В. Адаптивный метод технической диагностики системы разнесенных радиотехнических устройств..... 129
Məmmədov L.V., Məmmədova F.V. Eninə impuls modulyasiyalı üçfazalı tezlik çeviricilərinin parametrlərinin yaxşılaşdırılması üsulları..... 138
Рак А.Н. Определение генерирующих возможностей системы утилизации тепла главных двигателей морских судов 143
Рак А.Н., Яковлев В.М. Определение параметров подруливающих устройств с электрогидравлическим приводом..... 153
Sultanov E.F., Məmmədov E.M., Həsənov E.A. Yırğalanmanı kompensasiya edən sistemə malik olan gəmi yükqaldırıcı mexanizmləri..... 159
Туринский А.В., Певцов Г.В., Крючков Д.Н., Рощупкин Е.С. Методы повышения достоверности и эффективности контроля технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов..... 166

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ..... 173
Алиева И.К., Алиев Х.М. Температурная зависимость электрической долговечности полимерных композиций..... 173
Həbibov İ.Ə., Həmidov F.M. Sagmill dəyirmanlarında qaldırıcı astarların optimal konstruktiv ölçülərinin təyini..... 180
Məmmədov İ.R., Hüseynov E.M. Regional yerüstü mobil rabitə şəbəkələrinin qurulmasının praktiki məsələləri..... 186
Павленко М.А., Тристан А.В., Осиевский С.В., Борозинец И.А., Бердник П.Г. Метод отбора информационных признаков для информационных моделей систем управления сложными динамическими объектами..... 193
Semenova S. Ecological accounting in the management of marine transport enterprises in Ukraine…….. 200

CONTENT

Sharifov Z.Z., Hasanov V.H., Sadigov V.B., Ibrahimli E.N. Development of distance education: technologies, pedagogy and organizations..... 7

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY..... 11
Gafarov A.M., Sadigov V.B., Kalbiyev F.M. Analysis of methods and selection of technical means for conducting experimental studies to determine the reliability and longevity of machines and mechanisms..... 11
Fatyanova N.V. Determination of damage to the environment caused by marine coatings..... 15
GafarovA.M.,Orujov S.Sh. Key elements that guarantee the reliability and long life of hydraulic steering machines..... 22
Kurbanov F.N. Electrospark alloying (EIL) steels with participation various borides..... 26
Malyshko S.B., Tarasov V.V. Investigation of the efect of the electromechanical treatment modes on the surface roughness..... 31
Yusubov N.D., Khankishiyev I.A., Jabbarov R.C., Shamilzadeh E.V. Stages of ensuring the required accuracy during the preparation of details in RPI tolerances..... 35

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT..... 44
Abbasov E.O., Nabiyev H.N. Control over the operation of navigation equipment while using ECDIS..... 44
Besedina E.L., Kuznetsov I.A. Main development trends and risk analysis of the modern large-size transportation market..... 49
Kazimirenko Y.A., Yegolnikov A.A. Improving the efficiency of technical maintenance of the roller transport and technological system of railway and ferry communications..... 54
Lavrentieva E.A. Training of crews of “river-sea” navigation vessels: Experience of the Russian Federation..... 61
Lipin A.A., Rustamova N.Z. Influence of ship traffic on the operation of surface telescopic water intake..... 67
Mazurenko O.I., Rusinov I.A. The current state of the market of sea container transportations.. 73
Mekhtiev A.I., Stepanov D.V., Gafarly A.M. Evaluation of technical and economic indicators of the container terminal..... 80
Panaliyev A.V. The main directions of innovation in the management of transport processes in sea trade ports..... 84
Sokolov P.V., Gasanov R. R., Mamedov E.D. Analytical model for the formation of a strategy for the management of truck fleet..... 92
Sibilev V.A., Kozik S.V., Zolotov V.D. Measuring the height of a navigation star from a photograph of the sky..... 95
Shilo S.G., Khizhnyak I.A., Rudenko V.N. Mogilatenko A. S. Formalization of knowledge about the process of recognizing situations by a decision-maker in an automated ship traffic control system..... 101
Uami A., Bersenev A.I. The current state and prospects of International Maritime Navigation... 110

SHIPPING TECHNOLOGY..... 119
Gorbov V. M., Mitenkova V. S. Estimation of operational characteristics of ship fuel systems of liquefied natural gas..... 119
Gerasimov S.V., Grechka A.V., Roshchupkin E.S., Roshchupkina A.E., Kukobko S.V. Adaptive method of technical diagnostics of a system of distributed radio engineering devices..... 129

Mammadov L.V., Mammadova F.V. Methods of improving parameters of three-phase frequency converters with transverse impulse modulation..... 138
Rak A.N. Determinating the generating ability of the heat disposial system of the main engines of marine vessels…… 143
Rak A.N., Yakovlev V.M. Determination of parameters of thrusters with electrohydraulic drive 153
Sultanov E.F., Mammadov E.M., Hasanov E.A. Ship shippers with a system of compensating tear..... 159
Turinsky A.V., Pevtsov G.V., Kryuchkov D. N., Roshchupkin E. S. Methods for improving the reliability and efficiency of monitoring the technical condition of radio engineering systems of mobile objects..... 166

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION…… 173
Aliyeva I.K., Aliyev H.M. Temperature dependence of the electrical durability of polymer compositions..... 173
Habibov I.A., Hamidov F.M. The determination of optimal constructive dimensions of lifting linings in Sagmill Mills..... 180
Mammadov I.R, Huseynov E.M. Practical issues of establishment of regional land-based mobile networks..... 186
Pavlenko M.A.,Tristan A.V., Osievsky S. V., Borozinets I. A., Berdnik P.G. Method of selecting information features for information models of control systems for complex dynamic objects.. 193
Semenova S. Ecological accounting in the management of marine transport enterprises in Ukraine…….. 200

UOT 370.18

DİSTANT TƏHSİLİN İNKİŞAFI: TEXNOLOGİYALAR, PEDAQOGİKA VƏ TƏŞKİLATLAR

Şərifov Z.Z., Həsənov V.H., Sadıqov V.B., İbrahimli E.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
Az1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: vgasanov2002@yahoo.com, vuqar.mirsadiq@asco.az

Xülasə. *Illər keçdikcə distant təhsilin forma və metodları inkişaf edərək tez-tez müzakirə olunur. Çox vaxt məsafədən təhsilin təkmilləşdirilməsi tədrisdə istifadə olunan dominant texnologiyalar baxımından müzakirə edilir. Xüsusilə, uzun müddətli səfərlərdə olan dənizçilərin təhsilinin təşkilində distant tədris böyük önəm daşıyır. Bu məqalədə distant təhsilin pedaqogika baxımından inkişaf etdirilməsi, yəni məsafəli təhsil üçün iş bölgüsünün qurumlar arasında yeni bir təşkilati strukturu təklif edilir.*

Аннотация. *Поскольку формы и методы дистанционного обучения развиваются с годами, они часто обсуждаются. Часто улучшение дистанционного образования обсуждается с точки зрения доминирующих технологий, используемых в обучении. Дистанционное обучение особенно важно при организации обучения моряков, находящихся в море. В данной статье предлагается педагогическое развитие дистанционного образования, то есть новая организационная структура, в которой можно наблюдать разделение труда между учебными заведениями.*

Abstract. *As forms and methods of distance learning have evolved over the years, they are often discussed. Frequently, the improvement of distance education is agitated in terms of the dominant technologies used in teaching. Distance learning is especially important when organizing training for sailors on long journeys. This article proposes the pedagogical development of distance education, that is, a new organizational structure in which the division of labor between educational institutions can be observed.*

Açar sözlər: *distant təhsil, texnologiya, dənizçi, pedaqogika*
Ключевые слова: *дистанционное образование, технология, моряк, педагогика*
Key words: *distance education, technology, sailor, pedagogy*

Giriş. Azərbaycan Respublikasının "Təhsil haqqında" qanununda distant təhsil forması nəzərdə tutulsa belə, indiyə qədər onun hüquqi-normativ bazası formalaşmamışdır. Azərbaycan universitetlərində distant təhsilin ayrı-ayrı elementləri pilot layihələr olaraq TEMPUS, Erasmus+ proqramları çərçivəsində məsafədən (onlayn) təhsil xidmətləri kimi tətbiqini tapmışdır. Bu baxımdan AzTU-nun regional koordinatorluğu ilə son illər icra edilmiş Avropa layihələri, xüsusilə "Rusiya Federasiyası, Çin və Azərbaycanda binaların enerji səmərəliliyi və ekolojiliyi üzrə distant və açıq təhsil formatında peşə bakalavrı" Erasmus+LPEB №561732-EPP-1-FR-EPPKA2-CBHE-JP layihəsi çox xarakterikdir. Layihənin beynəlxalq pilot qrupuna distant təhsil platformasına malik aparıcı Avropa universitetləri - Fransanın CNAM və Grenobl Akademiyası, İtaliyanın UNINETTUNO-TELEMATIKA, Almaniyanın Leypsiq Texniki Universiteti və digər universitetlər daxildirlər [1].

Dünyada distant təhsil proqramı təklif edən ali təhsil müəssisələrinin sayı son 20 ildə xeyli artmış və əksər ölkələrdə distant təhsil qəbulları aparılmaqdadır.

Müasir dövrümüzün texnologiyalarında olduğu kimi "distant təhsil" termini bir qədər köhnəlmiş görünə bilər. Hazırda bu sistem vacib olan texnologiyalardan istifadə edilərək inkişaf

etdirilir. Lakin hələ də "məsafədən təhsil" bir tədqiqat və təcrübə sahəsi olaraq mövcuddur və bir çox təhsil işçiləri, praktiklər özlərini "distant təhsil" sahəsindəki kimi müəyyənləşdirirlər.

Müasir dövrdə distant təhsili təkmilləşdirmək üçün çoxsaylı cəhdlər edilmişdir. Onların əksəriyyəti distant təhsili istifadə olunan dominant texnologiyalar baxımından araşdırmışlar. Distant təhsil və texnologiyalar bir-birindən ayrılmaz hesab olunur, çünki tələbələrə məsafədən çatdırmaq üçün müəyyən alətlərdən və ya texnologiyalardan istifadə etmək lazımdır. Təlimat texnologiyaları yaxından araşdırılsa da, bu texnologiyaların təşkilati çevrilməsinə diqqət yetirilməsinə ehtiyac duyulur.

Tədris rejimi və ya distant təhsilin təhsil modeli dəyişdirilərkən, müəssisə bu cür dəyişiklikləri təmin etmək və həyata keçirmək üçün təşkilati strukturunu yenidən qurmalı və ya dəyişdirməlidir. Əslində bir çox məsafəli təhsil müəssisəsi yeni texnologiyalara uyğunlaşmaq, tədris və öyrənmə metodlarını mənimsəmək üçün geridə qala bilər.

Distant təhsilin inkişaf mərhələləri:

1. Texnoloji inkişaf

Distant təhsilin tarixi bizə inkişaf edən texnologiyalardan xəbər verir. Bates [2] və Peters [3] distant təhsilin üç mərhələdən keçdiyini qeyd etmişlər.

Birinci mərhələ məsafədən təhsil, əsasən mətnləri kitab, məqalə və s. şəklində çatdırmaq üçün yazılı və çap olunmuş mətnlərdən və e-poçt xidmətlərindən istifadə edənlərə aiddir. Bu çap əsaslı qiyabi təhsildir. Birinci mərhələdə müəllimlər və tələbələr arasındakı qarşılıqlı əlaqə ümumiyyətlə poçt ilə göndərilən əl yazılı mətnləri nəzərdə tutan yazışmalarla məhdudlaşır. Tələbənın qiymətləndirməsi, ümumiyyətlə ümumiləşdirici və kursun sonuna qaldığına görə bu rejimdə tələbənin öyrənmə dərəcəsini dəyərləndirmək çətindir.

İkinci mərhələ radio və televiziyanın təlimat vasitəsi kimi istifadəsi ilə çap materiallarına əlavə xarakterizə olunur. Bu mərhələ tez-tez məsafənin "sənaye rejimi" adlandırılır. Yəni tədris materiallarının hazırlanması və çatdırılması ilə yüksək ixtisaslı kadrlar və eyni anda minlərlə tələbə yetişdirmək potensialı başa düşülür. Dünyada bir çox universitetlər, o cümlədən İngilis Açıq Universiteti, Türkiyədəki Anadolu Universitetinin, Qiyabi Təhsil Fakültəsi, Koreya Milli Qiyabi Universiteti və Yaponiyanın Qiyabi Universiteti ikinci inkişaf mərhələli təşkilatlar olaraq başladı.

Bu sistem qurulduqda, televiziya və radio kimi yayım vasitələri kütləvi auditoriyaya asanlıqla çatdıqları üçün tədris vasitələri olaraq seçildi və açıq (qiyabi) universitetlərin təhsil imkanlarını genişləndirmək missiyasına uyğun gəldi. Bu universitetlərin hamısı milli təşəbbüslər kimi başladı və müvafiq hökumət qurumları tərəfindən yaxından dəstəkləndi . Yaponiyanın Açıq Universitetində (YAU) vətəndaşları ömür boyu təhsil imkanları ilə təmin etmək üçün hökumət tərəfindən bir televiziya və radio stansiyası ayrıldı.

Üçüncü mərhələ distant təhsildə informasiya və kommunikasiya texnologiyalarından (İKT) istifadə edilir, yəni məzmunun çatdırılmasına əlavə olaraq qarşılıqlı əlaqəni təmin edir. İKT-nin istifadəsində interaktivliyin iki cəhəti var: interaktiv multimedia təlimində öyrənən ilə məzmun arasındakı interaktivlik, multimedia öyrənmə materiallarının (CD-ROM və Veb) vasitəsilə təmin edilir; ikinci cəhət isə müəllimlər və tələbələr arasındakı qarşılıqlı əlaqə və tələbələrin öz arasındakı interaktivliyi özündə əks etdirir. Sonuncu interaktivliyi, fikrimizcə, axırıncı mərhələ distant təhsil adlandırmaq olar.

Üçüncü mərhələ distant təhsil, öyrənənlərdən asılı olaraq məzmunun fərdiləşdirilməsinə imkan verir.

Taylor [5] beş mərhələli məsafədən təhsil təklif edir:

1) Çap texnologiyasına əsaslanan "Yazışma Modeli";
2) Çap, audio və video texnologiyalarına əsaslanan "Multi-Media Modeli";
3) "Tele-öyrənmə modeli". Telekommunikasiya texnologiyalarının tətbiqetmələrinə əsaslanan "Tele-öyrənmə modeli" sinxron rabitə üçün imkanlar təmin edir;
4) Onlayn əsaslı "Online Öyrənmə Modeli". Onlayn vasitəsilə öyrənmə məzmunlu materialların çatdırılmasını təmin edir;

5) İnteraktiv təbiətə əsaslanan "Ağıllı Öyrənmə Modeli" (internet uzərindən). Bu model əvvəlki modellə müqayisədə sosial media və Web 2.0 yaranmadan əvvəl təklif edildiyi üçün, yeni yaranmaqda olan bu model distant təhsil mərhələsini əvvəl tam əhatə etmirdi. Hazırda Web 2.0 adlanan (sosial şəbəkələr) texnologiyasından geniş şəkildə istifadə edilir.

2. Pedaqoji inkişaf

Anderson və Dron [4] dominant pedaqogikası baxımından üç mərhələli distant təhsil təklif edir:

1) İdrak-davranışçı pedaqogika,
2) Sosial-yaradıcı pedaqogika,
3) Distant təhsil pedaqogikası.

Anderson və Drona görə, birinci mərhələ, idrak-davranışçı pedaqogikası, kompüter və İKT-dən istifadə edərək düşünmənin və öyrənmənin məqsədyönlü dəyişməsini xarakterizə edir.

Distant təhsil pedaqogikasının ikinci mərhələsi, sosial-yaradıcı pedaqogika, Viqotski və Dyuinin əsərlərində meydana gəldi və tədris əvəzinə daha çox öyrənməyə yönəldi. Bu pedaqogikada insanın qarşılıqlı təsiri (tələbə-müəllim və tələbə-tələbə) vurğulanır ki, bu da bir müəssisənin mənimsəməsinə baha başa gəlir.

Üçüncü mərhələ, distant təhsil pedaqogikası, şəbəkə əlaqələri ətrafında qurulur və tələbələrin seçdikləri şəbəkə icmalarında fəal iştirak etmək qabiliyyətinə əsaslanır.

Anderson və Dronun dedikləri kimi, "Ünsiyyətçilik təkçə hər hansı bir mərkəzdə müəyyən kollektivlə öyrənməkdə deyil, həm də tələbənin özünün qabiliyyəti və bacarığı əsasında formalaşır. Distant təhsil və içtimai-yaradıcı pedaqogika arasında elə də böyük fərq yoxdur, lakin tələbələrin öyrənməsinə nəzarətdə, öyrətmə və öyrənmə prinsipində müəyyən qədər fərq var. Əvvəlki məsafədən təhsil paradiqmalarında, tələbələrin öyrənməsinin dizaynında və qiymətləndirilməsində qurumların rolu olduqca böyükdür.

3. Təşkilati inkişaf

Distant təhsilin təkamülü indiyə qədər dominantlığı baxımından mərhələli formada öyrənilmişdir. Burada məsafəli təhsilin üç təşkilati modelə bölünməsi təklif olunur. Distant təhsilin ilk təşkilati modeli distant təhsilə ənənəvi və ya tamamlayıcı "əlavə modeldir", bəzi səbəblərdən ənənəvi təhsildən kənarda qalanları hədəfə alan və təhsilə əlavə olduğundan "internet şəbəkə və kapital" tələb edir [6]. Distant təhsil proqramları kampus proqramlarına əlavə olduğundan, distant təhsil proqramları təqdim etmək üçün institutun investisiyası minimaldır, "xarici proqramlar" və "xarici təhsil" adlanan xüsusi bir ofis tərəfindən idarə olunur.

"Müstəqil təhsil" və ya, "sərbəst öyrənmə", distant təhsildə başqa cür "qeyri-ənənəvi və açıq təhsil" adlanır [7]. İnternetin distant təhsildə tətbiqindən sonra bir çox mövcud təhsil müəssisəsi bu əlavə modeli əsas götürmüş, tədris və təlimin ikili üsulunu (onlayn və oflayn) tədrisini təklif etməyə başlamışdır. Bu cür qurumların bir çoxunda məktəb və şöbələrə kömək etməkdə ixtisaslaşmış bir şöbə, məsafədən təhsil sinifləri və kursları yaradıldı, məktəblər və şöbələr tələbə bazalarını kampus içərisindəki şagirdlərdən daha da genişləndirməyə başladılar. Distant təhsilin ikinci mərhələsi əvvəllər müzakirə olunan sənaye modelidir. Sənaye modeli yüzlərlə və ya minlərlə tələbənin eyni proqramda eyni məzmundan və eyni metoddan istifadə edərək öyrəndiyi kütləvi təhsil ilə əlaqələndirilmişdir. Bunu təmin etmək üçün qurumun daxilində əmək bölgüsü olmalıdır; xülasə, bu da kursların çatdırılma "sənaye" modeli olur. Radio, televiziya, telekommunikasiya peykləri və kabel televiziyası kimi təhsil yayımından istifadə edən qurumlar özlərini bu modelə uyğunlaşdırmalıdırlar, çünki bu cür yayım proqramlarının hazırlanması çox əmək tələb edir və bunun üçün fərqli bacarıq və təcrübə tələb olunur. Bu təşkilati modelin çatışmazlıqları bunlardır: öyrənənlərin dəyişən ehtiyaclarına cavab vermək çətinliyi, yeni metodlar və məzmunun tətbiq edilməsinin çevik olmaması və böyük təşkilati xərclərin olmasıdır.

Üçüncü və yeni ortaya çıxan distant təhsil modeli, qurumların tətbiq edə biləcəyi "müvəqqəti modeldir". Bu modeldə müasir texnologiyalardan istifadə, fərdiləşdirilmiş təlim proqramları və strukturlarının təmin edilməsi həyata keçirilməlidir. Bununla yanaşı, bir qurumun müxtəlif

tələbələrin ehtiyaclarından asılı olaraq bütün müxtəlif proqramları və sistemləri təklif etməsi çox baha başa gəlir. Beləliklə, bir müəssisə bir tələbənin bütün öyrənmə prosesinin bir hissəsini əhatə edən xidmətlər təklif edə bilər.

Məsələn, bir qurum öyrənmə məzmunu təklif edə bilər, digər bir qurum isə dərslik və tələbə dəstəyi verə bilər. Bununla yanaşı, bəzi digər qurumlar tələbələrin nə öyrənib və mənimsədiyini biliklərin qiymətləndirilməsini təklif edə bilər. Bu, tələbələrin tələblərini ödəmək üçün müəssisələr arasında əmək bölgüsüdür. Tələbələrin nail olmaq istədikləri öyrənmə hədəflərinə əsaslanan müvəqqəti bir qurum tərəfindən təşkil edilir. Bu üçüncü təşkilati model hələ də ortaya çıxmaqdadır və hələ eksperimental əsaslardan kənarda görünməmişdir. Yuxarıda bəhs edildiyi kimi, bir çox fərqli məsafədən təhsil modeli var və ümumiyyətlə bir təşkildən digərinə keçmək və ya özünü bir modeldən digərinə çevirmək üçün böyük universitetlərdən səylər tələb olunur. Bir qurumu fərqli bir təşkilat və ya model quruluşuna çevirmək əvəzinə yeni bir işə başlamaq çox asandır.

Nəticə. Müasir dünyada zaman keçdikcə əlavə xüsusiyyət və texnologiyalarla məsafədən təhsil daha mürəkkəb və çoxşaxəli hala gəldi. Bu gün texnoloji mövcudluq dövründən əvvəl yaradılan təhsil müəssisələri bu texnoloji inkişafdan faydalanmaq üçün özlərini yenidən qurmalıdırlar. Hazırda yeni müasir texnologiyalarla bir tələbə üçün fərdi tələbat və istəklərinə görə fərdiləşdirilə bilən ideal bir öyrənmə mühitinə nail olmaq mümkündür. Bunun üçün təhsil müəssisələri, tələbələri bu gün və yaxın gələcəkdə tələb olunan bacarıqlarla təchiz etmək üçün öz fəaliyyətlərini yenidən nəzərdən keçirməlidirlər.

Ədəbiyyat

1. Hüseynov, H.Ə. Distant təhsil elmi-texnoloji və sosial inkişafın tərkib hissəsidir //“Təhsil” qəzeti. -2019. -23 oktyabr.
2. Technology, e-learning and distance education: Routledge Falmer/ T. Bates, Books. -Germany: -2005. -482 pp.
3. Peters, O. Distance education and industrial production: A comparative interpretation in outline. -1994. -p.107- 127.
4. Anderson, T. Three generations of distance education pedagogy/ T. Anderson, J. Dron// The International Review of Research in Open and Distance Learning, -2010. 12(3), -p. 80-97.
5. Taylor, J. C. Fifth generation distance education//e-Journal of Instructional Science and Technology (e-JIST), -2001, 4(1), -p.1-14.
6. David Murphy (Ed.) International Handbook of Distance Education / M. H. Terry Evans. -Bingley: Emerald Group Publishing Limited. -2008. -568 pp.
7. Distance Education in the United States: Past, Present, Future. Educational Technology (2011)/ F. Saba. -2011. 51(6), -p.11.

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

УДК:630.36

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАДЁЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Гафаров А.М., Садыгов В.Б., Калбиев Ф.М.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: fmkelbiyev@mail.ru

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы, связанные с анализом методов и выбора технических средств для определения надёжности и долговечности машин и механизмов. Обсуждаются разные режимы проведения экспериментов.*

Xülasə. *Məqalədə maşın və mexanizmlərin etibarlılığını təyin etmək üçün istifadə olunan metodların analizi və texniki vasitələrin seçilməsi məsələlərinə baxılır. Təcrübələrin aparılmasının müxtəlif rejimləri müzakirə olunur.*

Abstract. *The issues related with the analysis of methods and choosing technical means for determining the reliability durebility of machines and mechanisms are considered in the article. The various regimes of holding experiments are discussed.*

Ключевые слова: *методы, анализ, технические средства, надёжность, долговечность, машины, механизмы, режимы*

Açar sözlər: *metodlar, analiz, texniki vasitələr, etibarlılıq, uzunömürlülük, maşınlar, mexanizmlər, rejimlər*

Key words: *methods, analysis, technical means, reliability, durability, machines, mechanisms, regimes*

Введение. Анализ методов и выбор технических средств при осуществлении экспериментов имеет существенную роль при оценке надёжности и долговечности машин и механизмов.

Экспериментальные исследования по испытанию деталей, узлов машин и оборудования необходимо проводить в условиях, близких к эксплуатационным, при ускоренных и увеличенных нагрузках, в зависимости от поставленной задачи.

Основная часть. Износостойкостные и прочностные испытания можно выполнять на различных средствах по существующим или вновь разработанным методикам [1], [2], [3], [4], [5], 6], [7], [8]. В связи с этим проанализированы и использованы следующие известные режимы испытания.

Эксплуатационный режим. Например, программные испытания двигателя при переменном режиме с чередованием остановок и пусков, изменением нагрузок и чисел оборотов для воспроизведения типичного эксплуатационного режима работы. В условиях эксплуатации - испытания в выбранных типичных условиях эксплуатации у потребителей.

Режим учащенных нагрузок. Например, испытание двигателя на коррозию и износ при частых пусках в холодном состоянии; испытания фрикционных дисков сцепления на износ при двух-трех выключениях в минуту; испытания механизмов выключения сцепления при пяти-семи выключениях в минуту; испытания износостойкости торцов зубьев шестерен редуктора при двух-трех переключениях в минуту; аналогичные испытания синхронизаторов редуктора.

Режим увеличенных нагрузок. Испытание детали с перегрузкой или при максимальных эксплуатационных нагрузках. В условиях эксплуатации - испытание судовых двигателей с предельной нагрузкой.

Специальный режим. Определение статической нагрузки деталей редукторов при нагружении ведущего вала чрезмерно большим крутящим моментом. В условиях эксплуатации - испытание на прочность осуществлено при резких остановках и включениях редукторов.

Режим замедленного действия. Исследования жесткости элементов двигателя с записью деформаций по показаниям индикаторов.

Более напряженный режим ускоренных испытаний значительно сокращает сроки исследований, но следует иметь в виду, что чрезмерные форсированные режимы могут привести также к неточности результатов экспериментов. Например, существенное различие в стойкости между цементированными и цианированными зубчатыми колесами, изготовленными из различных металлов, проявляется в полной мере только при значительных удельных давлениях [2].

Повышение числа оборотов двигателя ускоряет разрушение деталей, а износ цилиндров существенно снижается из-за возрастания температуры цилиндров. При наличии упрочняющих сжимающих напряжений значительные перегрузки резко уменьшают эффект наклепа [6].

Все подобные случаи следует учитывать при ускоренных испытаниях, в противном случае сравнительные испытания под увеличенной нагрузкой дают нехарактерный для эксплуатационных условий результат [2].

Согласно [3], учитывая скорость и допустимый износ, можно определять долговечность Т сопряженных деталей по формуле

$$\mathbf{T} = \frac{\Delta_д}{J} \qquad (1)$$

где $\Delta_д$ предельно допустимый износ в мкм;

J - интенсивность износа в м/час.

Все машины, стенды и установки, применяемые при износных испытаниях, по кинематическому показателю подразделяются на средства, имеющие вращательное и возвратно-поступательное движения. Кроме того, эти средства имеют и другие подвиды [8].

И. В. Крагельский подразделяет машины трения на восемь типов. В качестве примера можно указать некоторые из них.

Наибольшее распространение получила машина И-47-К-54, которая применяется при определении износа и коэффициента трения металлических и неметаллических деталей.

Машина трения АЕ-5 используется для осуществления экспериментов при выполнении торцового трения с поступательным движением.

Для проведения износовых испытаний часто используются машины типа МИ и МН-ІМ. Испытания на этих машинах основываются на прижатии роликов, имеющих возможность вращения в разные стороны. Вращение роликов можно осуществлять разными скоростями. К роликам прижимаются вкладыши. В первом случае получается скольжение различной величины, во втором – 10 %-ное скольжение. На ролики или вкладыши прикладываются нагрузки, изменяющиеся в пределах от 20 до 200 кг. Указанные машины позволяют учитывать влияние многочисленных параметров внешних и внутренних факторов [3].

При выполнении испытаний на этих машинах в качестве параметра износа могут быть приняты относительный и абсолютный износ в граммах, а также измерения размеров испытанных образцов [8].

На Санкт-Петербургском машиностроительном заводе разработана специальная конструкция устройства для износовых испытаний, которая в 4 раза производительнсе при сопоставлении с машиной МИ.

Б. И. Костецким создана машина модели КЕ-1, КЕ-2. КЕ-3 и КО-4 для становления осповидного, окислительного и абразивного износа. В Московском Авиационном институте разработано динамометрическое устройство для установления коэффициента трения и характера износа.

Конструкторами Ивановского завода измерительных приборов создана машина МДП-1, МФТ-1, МАСТ-1 для установления коэффициента трения, износа и теплостойкости материалов смазки и без нее.

В Институте нефтехимического синтеза в условиях высоких скоростей трения, при больших напряжениях, в газовых и вакуумных средах используются многошариковые устройства для определения свойств смазочных материалов [8].

Существуют и многочисленные машины, стенды, установки, устройства, методы и методики, которые используются при проведении конкретных экспериментальных исследований [1], [3], [4], [5], [7], [8].

Все способы установления износа подразделяются на дифференциальные и интегральные, Применяются также периодические и непрерывные способы установления результатов экспериментов [8].

При микрометрических измерениях контрольные параметры деталей подвергаются периодическим измерениям. Измерения осуществляются высокоточными измерительными инструментами и приборами.

Для осуществления измерения параметров износа могут быть использованы различные модели оптиметров, микроскопов, датчики, профилометры, профилографы мод. 202, НЗП-5, НСП-17, НТП-21 с записью профилограмм обработанных поверхностей.

При износовых испытаниях используется метод искусственных баз. При использовании этого метода на измеряемую поверхность наносится небольшое углубление, которое в дальнейшем принимают за базу. Изменение углубления до и после проведения экспериментов измеряют с помощью оптиметров или микроскопов.

Измерение износа методом вырезания лунок рекомендованы М.М.Хрущевым. Лунки врезаются с помощью специальных резцов. По изменению параметров лунка до и после экспериментов судят о величине износа [8].

Когда величину износа невозможно определить методом искусственных баз или отпечатками лунок, применяется метод слепков. При этом методе на измеряемую поверхность наносится стиракрил, гипс или какой-нибудь другой быстротвердеющий материал, с которого потом снимаются слепки или оттиски. Величина износа определяется по изменению размеров слепков.

Выявляя износ в зависимости от потери массы, взвешиваются детали до и после эксперимента. В качестве измерительных средств используются высокоточные весы модели ПР-500, ВЛА-200, ВНЗ-2. Точность этих весов находится в диапазоне $(0{,}05\text{-}5)\text{x}10^{-6}$ г.

Способ определения износа с учетом параметров деталей соединений осуществляется как по величине потери массы и объема детали, так и по изменению зазора между их контактирующими поверхностями. При этом методе можно использовать средства, применяемые при микрометрических измерениях.

При необходимых случаях используется метод определения износа по составу материалов износа в жидкостях. Метод применяется для установления износа деталей, изготовленных из металлов и сплавов. Этот метод может быть рассмотрен как частный случай весового износа, и его можно использовать в условиях эксплуатации и при испытаниях.

Для определения износа радиоактивных деталей применяется радиометрический способ измерения. При этом способе радиоактивность создается при помощи нанесения специальных радиоактивных веществ на поверхность деталей или добавления изотопов в плавку.

Метод активизации представляет собой комбинацию спектральных и радиометрических методов. Материалы изнашивания устанавливаются методом спектрального анализа.

Применение оптико-физических методов при определении износа позволяет установить и автоматически регистрировать механические частицы в масле или в других жидкостях [8].

Феррографический метод установления износа позволяет установить вид, количество частиц в жидкости, их размеры и формы. Для этой цели применяются специальные оптические приборы и устройства.

Методика измерения износа по изменениям параметров утечек, давления, угловых и линейных размеров деталей соединений, возникновение вибраций и уровня шума обычно применяется при проведении специальных исследований. Для этой цели используются автоматические регистраторы, расходомеры, манометры и другие приборы, которые имеют высокую чувствительность [8].

Одним из способов, применяемых при проведении износных испытаний, является способ тензометрического микрометрирования. При этом методе деталь имеет контакт с упругим элементом, на который наклеены датчики. В процессе износа упругий элемент деформируется и отправляет сигналы посредством тензодатчиков на гальванометр и осциллограф.

При определении износа методом электромагнитной индукции на деталь устанавливается индуктивный датчик. При износе деталей якорь датчика перемещается на величину износа. Перемещение якоря фиксируется специальным прибором.

Увеличение зазора в результате изнашивания деталей ведет к повышению интенсивности шума и вибраций при работе оборудования. Показатели указанных параметров используются для определения интегрального износа [5]. Этот метод применяется для оценки состояния сборочных единиц машин и оборудований во время эксплуатации.

При определении износа методом радиоактивности проверяется величина износа в различных режимах. С учетом используемой технологии применяют способ активации и вставок. Износ оценивается изменением радиоактивности на глубине 0,04-0,5 мм.

Анализ существующих способов определения износа показывает, что нет единого метода их установления с достаточной точностью. В связи с этим необходим выбор метода определения износа в зависимости от поставленной задачи.

Выводы. В настоящее время одним из проблемных вопросов является время проведения испытании. Время испытания для некоторых видов оборудования может быть 2-3 года или десятки тысяч часов. Поэтому часто используются ускоренные способы испытаний, которые позволяет получать достоверную информацию о надежности машин и оборудования за период меньше их средней наработки [1], [2], [3], [5], [7], [8].

Основными видами ускоренных испытаний являются нормальные, форсированные и комбинированные способы испытаний. Испытания без интенсификации процессов к отказам, называются сокращенными. Испытания проводящие к отказам, называются сокращенными [5].

В настоящее время нет единого метода ускоренных испытаний. Для каждого конкретного случая используются различные методики и способы.

Литература

1. Кугель, Р. В. Долговечность автомобилей/ Р.В. Кугель. -М: Машгиз, -1961, -212 с.
2. Заславский, Ю.С., Заславская Р.Н. Механизм действия противоизносных присадок к маслам / Ю.С. Заславский, Р.Н. Заславская. -М.: Химия, -1978, -224 с.

3. Елизаветин, М. А. Технологические способы повышения долговечности машин/ М. А. Елизаветин, Э. А. Сатель. -М.: Машиностроение, -1979. -483 с.
4. Неврозов, В. Н. Надёжность машин и оборудований / В. Н. Неврозов, Е. В. Сугак 4.1. - Красноярск: СГТУ, -1998, -400 с.
5. Гафаров, А. М. Прогрессивные методы механический обработки: [в 2-х томах] / А. М. Гафаров. -Баку: Наука, -т.1. -2001. -286 с. т.2 -310 с.
6. Ахмедов, С. Ф. Анализ работоспособности нефтепромы с лового оборудования при нестанционарном нагружении // –Баку: Вестник Азербайджанской Инженерной Академии. - 2011. т.3. N1, -с. 44-51.
7. Джаханмедов, А.Х. Нефтяная трибология /А.Х. Джаханмедов. -Баку: Наука. -2013. -326 с.
8. Сулейманов, П. Г. Повышение надёжности машин и оборудований эксплатируемых в экстремальных условиях/ П. Г. Сулейманов. -Баку: Наука, -2018. -308 с.

Məqalə qəbul olunub: 18.05.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УЩЕРБА, НАНОСИМОГО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ОТ СУДОВЫХ ЛКМ

Фатьянова Н.В.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З. Алиевой, 18
E-mail: nice.natali92@mail.ru

Аннотация. *В данной статье определены предельно допустимые концентрации и классы опасности компонентов судовых ЛКМ, приведена характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных покрытий. Приводятся формулы для расчета количества аэрозоля краски, выделяющегося при нанесении ЛКМ на поверхность корпуса судна, количества летучей части ЛКМ, выделяющейся при окраске, количества летучей части ЛКМ, выделяющейся при сушке. Произведен расчет выбросов загрязняющих веществ от окрасочных работ в судоремонте.*

Xülasə. *Məqalədə gəmi lak-boya materiallarının tərkib hissələrinin icazə verilən maksimum konsentrasiyaları və təhlükə sinifləri müəyyənləşdirilir, lak-boya örtükləri tətbiq edərkən atmosferə çirkləndirici maddələrin atılmasının xarakteristikası təmin edilir. Boya işlərinin materialları gəmi gövdəsinin səthinə tətbiq edildikdə sərbəst buraxılan boya aerozolunun miqdarını, rəngləmə zamanı buraxılan boya işləri materialının uçucu hissəsinin miqdarını, qurutma zamanı buraxılan boya materialının uçucu hissəsinin miqdarını hesablamaq üçün düsturlar verilir. Gəmi təmirində rəngləmə işlərindən çirkləndirici tullantıların hesablanması aparılmışdır.*

Abstract. *This article defines the maximum permissible concentrations and hazard classes of components of ship paint and varnish materials, provides a characteristic of the emissions of pollutants into the atmosphere when applying paint and varnish coatings. Formulas are given for calculating the amount of paint aerosol released when paintwork materials are applied to the surface of the ship's hull, the amount of the volatile part of the paintwork material released during painting, the amount of the volatile part of the paintwork material released during drying. The calculation of emissions of pollutants from painting works in ship repair has been made.*

Ключевые слова: *лакокрасочные материалы, судоремонт, вредные летучие вещества, предельно допустимая концентрация, аэрозоль, эмаль, растворитель, наполнитель*

Açar sözlər: *lak-boya materialları, gəmi təmiri, zərərli uçucu maddələr, icazə verilən maksimum konsentrasiya, aerozol, emal, həlledici, doldurucu*

Key words: *paint materials, ship repairing, harmful volatile substances, maximum allowable concentration, aerosol, enamel, solvent, filler*

Введение. Производство лакокрасочных материалов (ЛКМ), а также их компонентов, в том числе пигментов, наполнителей, пленкообразующих, растворителей, пластификаторов и отвердителей неизбежно сопровождается некоторым загрязнением окружающей среды. Поскольку продукция любого лакокрасочного производства включает в себя использование химических веществ, способных нанести вред здоровью человека и вызвать определенные нарушения экологического баланса [1,2].

Судостроительная и судоремонтная промышленности являются крупными потребителями лакокрасочной продукции, и поэтому предприятиями отрасли уделяется особое внимание вопросам экологической безопасности ЛКМ.

ЛКМ безусловно являются одним из весьма распространенных и вредных для здоровья человека видом токсичных промышленных продуктов. Компоненты ЛКМ, особенно летучие выбросы растворителей представляют собой смесь различного состава и свойств органических и неорганических веществ, которые выбираются в зависимости от ассортимента и назначения выпускаемой лакокрасочной продукции. Применение отвердителей также сопровождается выбросом в атмосферу вредных летучих веществ [3].

Наибольшую опасность для человека представляют летучие органические соединения, входящие в состав растворителя, выделяющиеся в атмосферу при нанесении и высыхания лакокрасочного покрытия.

Тяжелые металлы, содержащиеся в аэрозоле, образующемся при нанесении ЛКМ, в том числе, ангидриды, формальдегид, жирные кислоты и другие соединения, выделяющиеся при высыхании ЛКМ, особенно при высокой температуре наносят ощутимый вред окружающей среде и рабочей зоне.

Основная часть. Согласно существующим нормативным документам (ГОСТы, ТУ и паспорта безопасности) концентрации летучих веществ и тяжелых металлов в воздухе при нанесении и сушке ЛКМ не должны превышать предельно допустимых в воздухе рабочей зоны, а при эксплуатации покрытий — предельно допустимых в атмосферном воздухе [3].

Большая часть потребности ЗАО «Каспийское Морское Пароходство» покрывается за счет импорта ЛКМ. Однако на заводе «Биби-Эйбат» осваивается производство ЛКМ с применением нанонаполнителей, в том числе минерального нанотолька. Но это производство находится на этапе освоения. Сейчас на заводе в основном производят и используют для окраски корпусов судов, плавающих в Каспийском море, пентафталевые эмали марки ПФ-115.

Как известно, проблема предотвращения загрязнения Каспийского моря является важнейшей задачей прикаспийских государств, так как Каспийское море является одним из самых уникальных закрытых водоемов, которое к сожалению подвергается сильному антропогенному загрязнению, в том числе из-за применения синтетических органических лакокрасочных материалов. ЗАО «Каспийское Морское Пароходство» потребляет более 100 тонн лакокрасочных материалов и покрытий различного назначения.

Для рассмотрения экологических аспектов, анализируем особенности пентафталевых эмалей, их состав и свойства, а также способы приготовления. Краска ПФ-115 – это суспензия пигментов и наполнителей в полуфабрикатных пентафталевых алкидных лаках. Для производства эмали на заводе в основном применяется полуфабрикатный пентафталевый алкидный лак марки ПФ-060.

Для высыхания покрытия в состав эмали ПФ-115 обязательно вводят сиккативы, которые служат катализатором процесса полимеризации (отверждения) пленкообразующего, в данном случае лака ПФ-060.

Сиккативы – это соли монокарбоновых кислот, различающиеся содержанием в них металла и солеобразующей кислоты. Наиболее перспективными и эффективными являются трехметальные сиккативы, в частности: свинцово-марганцево-кобальтовые, свинцово-марганцево-кальцевые и пр.

В качестве основных растворителей, на судоремонтном заводе «Биби-Эйбат» ЗАО «Каспийское Морское Пароходство» при изготовлении эмали ПФ-115 применяются ксилол, уайт-спирит, сольвент и толуол.

Для улучшения качества покрытий, а также для увеличения срока хранения в состав эмали ПФ-115 вводят различные функциональные добавки, а также различные диспергаторы, облегчающие процесс диспергирования (распределения, измельчения) пигментов и наполнителей в лаке.

Популярность эмали ПФ-115 также объясняется ее универсальностью, и не высокой стоимостью. К тому же эмаль ПФ-115 высыхает достаточно быстро, а запах краски выветривается по мере высыхания [3,4]. Эмали ПФ-115 предназначаются для окраски корпусов судов металлических и деревянных поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям.

Покрытие, состоящее из двух слоев эмали ПФ-115, нанесенных на подготовленную загрунтованную поверхность, в умеренном климате сохраняет защитные свойства в течение четырех лет до балла не более А31 и декоративные свойства в течение одного года до балла не более АД2 по ГОСТ 9.401 [4].

Производство ПФ -115 до сих пор регламентируется ГОСТ-ом 6465-76, однако в 2001 году в стандарт внесены некоторые изменения кардинально не меняющие состава и применения эмали. Основой краски являются лак ПФ-060 и двуокись титана, остальную часть занимают различные пигменты, присадки и растворитель.

Эмаль ПФ-115 по ГОСТ 6465-76 на основе пентафталевого лака относится к малоопасным композициям 4 класса опасности по ГОСТ 12.1.007 и легковоспламеняемым жидкостям с температурой вспышки - 39^{o}С и температурой воспламенения - 49^{o}С по ГОСТ 12.1.044. Высушенное покрытие не оказывает вредного воздействия на организм человека [3,5].

Эмаль ПФ-115 считается безвредной ЛКМ, так как для ее производства используются только те пигменты, которые соответствуют современным экологическим нормам. Эмаль ПФ-115 сертифицирована не только для наружных, но и для внутренних работ. Это означает, что по содержанию вредных летучих компонентов ПФ-115 соответствует санитарным нормам.

Эмаль ПФ-115 относится к классу эмалевых красок, для приготовления которых используется пять основных компонентов. Одним из них является плёнкообразующее вещество, которое в более привычной вариации позиционируется как лак. За пигментацию материала отвечает двуокись титана. Также в состав эмали ПФ-115 входят разные растворители — скипидар, уайт-спирит, сольвент. К названным компонентам добавляют наполнители и функциональные добавки, отвечающие за обеспечение высоких защитных и декоративных свойств. Состав представлена на рынке достаточно широкой палитрой цветов.

Эмали ПФ-115 различных цветов являются умеренными пожароопасными и токсичными материалами, что обусловлено свойствами компонентов, входящих в их состав [3,6].

Предельно допустимые концентрации, классы опасности компонентов по ГОСТ 12.1.005-88 и характеристики пожарной опасности по ГОСТ 12.1.044-89 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации, классы опасности компонентов судовых ЛКМ

Наименование компонента	Предельно допустимая концентрация паров в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м^3	Класс опасности	Температура, С		Концентрационные пределы воспламенения, % (по объему)	
			вспышки	самовоспламенения	нижний	верхний
Ксилол	50	3	Не ниже 23	Выше 450	1,0	6.0
Скипидар	300	4	34	300	0,8	6.9
Уайт-спирит	300	4	Не ниже 33	270	1,4	6.0
Сольвент	50	3	22-36	464-535	1,02*	-
Соединения свинца	0,01/0,005	1	-	-	-	-
Соединения хрома	0,01	1	-	-	-	-

** Нижний предел воспламенения при температуре 25 °С и давлении 101325 Па (760 мм рт. ст.).*

В качестве исходных данных для расчета выбросов загрязняющих веществ при различных способах нанесения ЛКМ принимают: фактический или плановый расход окрасочного материала, долю содержания в нем растворителя, долю компонентов лакокрасочного материала, выделяющихся из него в процессах окраски и сушки.

Процесс нанесения покрытия может быть различным, но преимущественно осуществляется методом пневматического распыления.

Расчет выделений загрязняющих веществ выполнен в соответствии с «Методикой расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей)» (с учетом дополнений НИИ Атмосфера 2005 г.) [7,8].

Количественная и качественная характеристика загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферу при нанесении ЛКМ приведена в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Характеристика выделений загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющего вещества	Максимально разовый выброс (г/с)
Диметилбензол –код (616)	0,0205
Уайт-спирит –код (2752)	0,0205
Взвешенные вещества –код (2902)	0,0344

Таблица 3

Выделение загрязняющих веществ при нанесении лакокрасочных покрытий

Способ окраски	Аэрозоли (% от производительности при окраске	Пары растворителя (% от общего содержания растворителя в краске	
	При окраске	При окраске	При сушке
Распыление безвоздушное	2,5	23	77

Количество аэрозоля краски, выделяющегося при нанесении ЛКМ на поверхность корпуса судна, определяется по формуле:

$$П^{а}_{н.ок} = m_k \cdot \delta_a \cdot (100 - f_p) \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

где m_k- масса краски, используемой для покрытия, кг;

δ_a - доля краски, потерянной в виде аэрозоля, %;

f_p- доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, %;

Количество летучей части ЛКМ, выделяющейся при окраске, рассчитывается по формуле:

$$П^{пар}_{ок} = \frac{m_k \cdot f_p \cdot \delta'_p}{10^4} \quad (2)$$

где m_k - масса краски, используемой для покрытия, кг;

f_p - доля летучей части растворителя в ЛКМ, (%, мас);

δ'_p - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при нанесении покрытия, (%, масс)

Количество летучей части ЛКМ, выделяющейся при сушке, рассчитывается по формуле:

$$П^{пар}_{с} = \frac{m_k \cdot f_p \cdot \delta''_p}{10^4} \quad (3)$$

где m_k - масса краски, используемой для покрытия, кг;

f_p - доля летучей части растворителя в ЛКМ, %, мас.

δ''_p - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при сушке покрытия, %, мас.

Максимально разовое количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, определяется за единицу времени в наиболее напряженное время работы, когда расходуется наибольшее количество окрасочных материалов. Такой расчёт производится для каждого компонента отдельно по формуле:

$$G_{ок(суш)} = \frac{P \cdot 10^6}{n \cdot t \cdot 3600}, \text{ г/с} \quad (4)$$

где P - валовый выброс аэрозоля краски и отдельных компонентов растворителей за месяц, выделившихся при окраске и сушке, кг/мес.;

n – число дней работы участка в этом месяце;

t - число рабочих часов в день в наиболее напряженный месяц, час.

При этом принимается m - масса краски и m - масса растворителя, израсходованного за самый напряженный месяц.

Валовый выброс аэрозоля краски (в зависимости от марки) при окраске производится по формуле (5):

$$П^{а}_{н.ok} = m'_k \cdot \delta_a (100 - f_p) \cdot 10^{-4}, \quad (5)$$

где m'_k - фактический годовой расход ЛКМ, кг;

δ_a - доля краски, потерянной в виде аэрозоля (%, мас.);

f_p - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, (%, мас.).

Валовый выброс индивидуальных летучих компонентов рассчитывается по формуле

$$М^{х}_{общ} = М^{х}_{окр} + М^{х}_{с}, \quad (6)$$

где $М^{х}_{окр}$ - валовый выброс компонента при окраске, т/год;

$М^{х}_{с}$ - валовый выброс компонента при сушке, т/год.

Валовый выброс компонента при окраске рассчитывается по формуле:

$$М^{х}_{окр} = m'_k \cdot f_p \cdot \delta'_p \cdot \delta_x \cdot (1 - j) \cdot 10^{-9} \quad (7)$$

где m'_k - фактический годовой расход ЛКМ, кг;

f_p - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, %, мас.,

δ'_p - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при нанесении покрытия, %, мас.,

δ_x - содержание компонента «х» в летучей части ЛКМ, %, мас.,

j - степень очистки воздуха газоочистным оборудованием (в долях единицы).

Валовый выброс компонента при сушке рассчитывается по формуле:

$$M^x_{окр} = m'_k \cdot f_p \cdot \delta''_p \cdot \delta_x \cdot (1 - j) \cdot 10^{-9} \quad (8)$$

где m'_k - фактический годовой расход ЛКМ, кг;

f_p - доля летучей части (растворителя) в ЛКМ, %, мас.,

δ''_p - доля растворителя в ЛКМ, выделившегося при сушке покрытия, %, мас.,

δ_x - содержание компонента «х» в летучей части ЛКМ, %, мас.,

j - степень очистки воздуха газоочистным оборудованием (в долях единицы).

При расчете выделения конкретного загрязняющего вещества учитывается в виде дополнительного множителя в формулах (1-3) массовая доля данного вещества в составе аэрозоля либо отдельных компонентов растворителей [7,8,9].

Так как в рассматриваемом случае окраска и сушка производится в одном месте, то мощность выбросов загрязняющих веществ при проведении грунтовки, окраски и сушки суммируются и сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные для проведения расчета выбросов

Название использованного материала	Расход краски, кг	Состав красок и растворителей													
		Ксилол		Уайт-спирит		Толуол		Сольвент		Бутилацетат		Ацетон		Скипидар	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Антипас для подводной части	36450	-	-	30	10935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Эмаль для подводной части	25730	-	-	35	6755	15	965	-	-	5	322	15	965	-	-
Эмаль для надстроек	4290	-	-	19	815	-	-	19	815	-	-	-	-	-	-
Эмаль для палубы	4290	3,9	167	28	1201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Эмаль для кают	15000	-	-	36	5400	-	-	-	-	-	-	-	-	4	600
Краска	2150	-	-	35	752	-	-	-							
Растворители: Сольвент	3900	-	-	-	-	-	-	-	3900	-	-	-	-	-	-
Уайт-спирит	500	-	-	-	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ксилол	5450	-	5450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Всего			5617		26358		965		4715		322		965		600

Таблица 5

Расчет выбросов загрязняющих веществ от окрасочных работ в судоремонте

Краска			Растворители			Выделяемые выбросы						Всего
						Краска аэрозольная		Пары растворителя				
								При окраске		При сушке		
Общий расход	Потери	Факт. расход	Название	Расход	Факт. расход	Формула расчета	Кол-во, т/г	Формула расчета	Кол-во, т/г	Формула расчета	Кол-во, т/г	
87910	13187	74723	Ксилол	39542	33611							33,611
			Сольвент Толуол									
			Ацетон	5617	4775	$P_b^a = M_b \cdot \delta_a \cdot 10^{-2}$	2,1292	$P_b^a = M_b \cdot f \cdot \delta_a$	7,5373	$P_b^b = M_b \cdot f \cdot \delta_a$	25,551	4,775
			Скипидар	4715	4008							4,008
			Бутил-ацетат	965	820							0,820
			Уайт-спирит	965	820							0,820
				600	510							0,510
				322	274							0,274
				26358	22404							22,404

Выводы. Таким образом, согласно ГОСТ Р 52362-2005 безопасность лакокрасочного материала - состояние лакокрасочного материала в течение его жизненного цикла, характеризуемое отсутствием недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью граждан и окружающей среде. Безопасность лакокрасочного материала обеспечивается оптимальным балансом компонентов лакокрасочного материала, позволяющим понизить до приемлемого уровня риск нанесения ущерба здоровью потребителей и окружающей среде.

Литература

1. Яковлев, А.Д. Лакокрасочные покрытия функционального назначения / А.Д. Яковлев, С.А. Яковлев. -Санкт-Петербург: Химиздат, -2016. -272с.
2. Мюллер, Б. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур. / Б. Мюллер, У. Пот. -Санкт-Петербург: Химия, -2007. -237 с.
3. ГОСТ 6465-76. Эмали ПФ-115. Технические условия. -Москва: -1977. -14с.
4. ГОСТ 9.401. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. -Москва: Стандартинформ. -2005. -164с.
5. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. -М.: Стандартинформ, -2007. -14 с.
6. Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. .Гротеклаус, П. Мишке. –Москва: Пэйнт-Медиа, -2015. -548 с.
7. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (по величинам удельных выделений)». -Санкт-Петербург: Интеграл, -1999. -16 с.
8. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. –Ленинград: Гипрометеоиздат, -1986. -142 с.
9. ГОСТ Р 52362- 2005 Безопасность лакокрасочного материала. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, -2005. -12 с.

Məqalə qəbul olunub: 18.05.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT629.5:656.6

HIDRAVLİKİ SÜKAN MAŞINLARININ ETIBARLILIĞINI VƏ UZUNÖMÜRLÜLÜYÜNÜ ŞƏRTLƏNDİRƏN ƏSAS ELEMENTLƏR

Qafarov A.M., Orucov S.Ş.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: said.orucov.1990@mail.ru

Xülasə. *Bu məqalədə hidravliki sükan maşınlarının etibarlılığını və uzunömürlülüyünü şərtləndirən əsas elementlərə baxılmışdır.*

Abstract. *This article has looked at the key elements that determine the reliability and longevity of hydraulic steering machines.*

Аннотация*. В этой статье рассмотрены ключевые элементы, определяющие надежность и долговечность гидравлических рулевых машин.*

Açar sözlər: *gəmi, sükan maşını, etibarlılıq*

Key words: *ship, stearing gear, reliability*
Ключеые слова: *судно, рулевая машина, надежность*

Giriş. Etibarlılıq elmi-texniki quruluşların fiziki halının dəyişilməsinin qanunauyğunluğunu və onların dayanmadan işləməsinin davamiyyətinə lazım olan vaxtın, vəsaitin daha az sərf olunmasını təmin etmək metodlarını öyrənir. Hazırda gəmi mexanizmlərinin, qurğularının işlənməsi və onların yaradılmasına olan bütün texniki tapşırıqlar etibarlılığa görə kifayət miqdarda tələblərə malikdirlər. Bunlar da gəminin növündən, təyinatından, eləcə də onun istismarının rejim və şəraitindən asılıdır. Gəmi mexanizmlərinin etibarlılığı onların hazırlanması zamanı təmin olunur. Etibarlılıq haqqındakı tələblər gəminin tikilməsinin bütün etaplarında yerinə yetirilməlidir. Layihə olunan zaman mexanizmlərin əvvəlki etaplarında hesablanmış etibarlılığının əsas parametrləri düzgün seçilməlidir. Bu zaman mexanizmlərin detallarının ayrı-ayrı hissələrinin mühafizə metalları, mühitin təsiri, yağlama formaları, təmirə mümkünlüyü və onların xidməti keyfiyyəti nəzərə alınır [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

Əsas hissə. Etibarlılıq səviyyəsi istismar şəraiti, gəmi mexanizmilərinin texniki xidməti, vaxtaşırı təmirin ümumi həcmi ilə və digər faktorlarda müəyyən edilir. Etibarlılıq haqqındakı elmin riyazi əsasını ehtimal nəzəriyyəsi və riyazi statistika təşkil edir. Bu da gəmi mexanizmlərinin yaradılması və işlənilməsi zamanı meydana çıxan təsadüfü faktorların hesabatının lazım olması ilə əlaqədardır. Belə təsadüfü hallara – faktorlara istehsalatda, şəraitin dəyişilməsi, gəminin istismarı zamanı, dəniz dalğalanması şəraitində gəmi mexanizmlərinə təsadüfü təsirləri göstərmək olar.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinin müasir ehtimal metodlarının inkişafı gəmi güc qurğularının və sistemlərinin mürəkkəb funksional sxemlərinin etibarlılığını qiymətləndirmək kimi məsələlərin həlli üçün lazımi şəraitin olması, yəni verilən sınaqların və eləcə də gəmi mexanizmlərinin istismarının statiki qiymətləndirilməsini göstərmək olar. Burada elə fiziki proseslərin öyrənilməsi vacibdir ki, onlar mexanizmlərin əvvəlki halının dəyişilməsinə gətirib çıxarır. Bunlara fiziki-kimyəvi dağılma prosesləri, materialın köhnəlməsi və xassəsinin dəyişilməsi, yəni gəmi mexanizmlərinin dayanmalarının fiziki əsasının əmələ gəlməsi aiddir.

Dayanmanın fizikası dönməyən prosesləri öyrənir, o prosesləri ki, mexanizmlər işləyən zaman meydana gəlir və mexanizmlərdə əvvəlcədən qoyulmuş xassələrinin itirilməsinə gətirib çıxarır. Beləliklə, gəmi mexanizmlərinin etibarlılıq nəzəriyyəsi, problemlərin həlli üçün dayanmanın əmələ gəlməsi momentlərinin təyini üçün ehtimallıq metodlarının tətbiqi lazımdır. Bu metodları köhnəlmə və dağılma proseslərinin qanunauyğunluqlarının təsirini nəzərə alaraq etmək lazımdır.

Doğurdan da istismar müddətində sükan maşını işləyən zaman sıradan çıxması təsadüfü hadisədir, belə ki sükan maşınının bu vəziyyətə gəlib çıxma prosesinin intensivliyi detalların möhkəmlik ehtiyatından, nasosların, elektrik mühərriklərinin yastıqlarının iş qabiliyyətindən, sürtünən detalların yeyilmə intensivliyindən və digər faktorlardan asılıdır. Bütün bunlar fiziki qanunauyğunluğa tabe olaraq və zamandan analitik asılılıqla ifadə edilir və aşağıdakı diaqramda (şəkil) sükan mexanizminin etibarlılığını təşkil edən elementlər göstərilmişdir.

Gəmi sükan mexanizmlərinin etibarlılığını təmin etmək üçün lahiyə zamanı aşağıdakı şərtləri nəzərə almaq lazımdır:

-Texniki tapşırığın razılaşdırılması zamanı etibarlılığın göstəricilərinin nomenklaturalarının seçilməsini və eləcə də dayanma anlayışının göstərilməsini;

-Eskizlərin və texniki layihənin hazırlanması mərhələsində məlumatların dayanmanın əmələ gəlməsi prosesinin qanunauyğunluğunun təyin edilməsini;

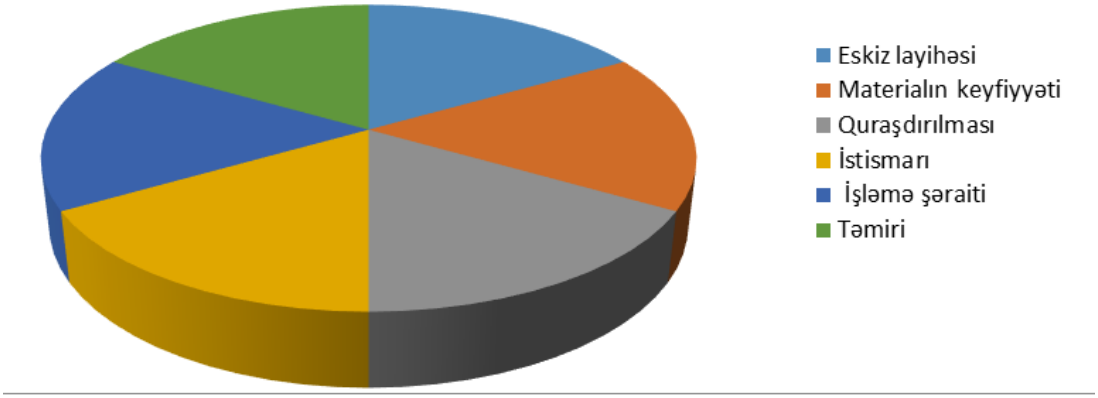
-İşçi layihənin hazırlanmasının daha etibarlı üsulunun seçilməsini və etibarlılığın hesablanmasının dəqiqləşdirilməsini.

İstehsalatda və sınaq zamanı etibarlılığın təmin olunmasına aid olan əsas məsələlərə aşağıdakılar aiddir:

-Detalların hazırlanması zamanı istehsalat proseslərinə texniki nəzarət metodlarının işlənməsi;

-Mexanizmlərin sınaq planının hazırlanması və seçilməsi.

Mexanizmin istismar mərhələsində işləməsi vaxtını müəyyən etməklə etibarlılığın faktiki göstəricilərini təyin edirlər. Bununla əlaqədar olaraq texniki xidmətin aparılmasının optimal vaxtının və ehtiyat hissələrinin faktiki səhvini müəyyənləşdirmək olar. Hazırda etibarlılıq nəzəriyyəsi əsasında gəmi sükan maşınqayırmasında müasir dəniz donanmasinin tələbatını ödəyən və etibarlılığın əsas göstəricilərinə malik olan hissələr və qurğular hazırlanır.



Şəkil. *Sükan mexanizminin etibarlılıq elementlərinin diaqramı*

Mexanizmlərin etibarlılığının təmin olunması onun istismar nəticələri haqqında yığılan informasiyalardan çox asılıdır. Ona görə də təzə mexanizm yaradılan zamanı onun istismarı haqqındakı informasiyaların yığılmasına, statiki yolla qaydaya salınmasına və eləcə də etibarlılığın göstəricilərinə diqqət yetirilməlidir.

Sənayedə informasiyaların yığılması sistemləri ГОСТ16468-70, ГОСТ17526-72 dövlət standartlarında hazırlanaraq göstərilib. Bu standartlar bazası əsasında gəmilərdə də informasiyaların yığılmasına nəzarət edilir. Mexanizmlərin informasiyalarının yığılması zamanı aşağıdakı tələblərin qoyulması ortaya çıxır:

-Dayanma baş verən kimi onun haqqında tam dolğun, kifayət həcmdə, dayanma intervalı vaxtını ardıcıllıqla qeyd etməklə sistemə daxil etmək lazımdır.

-Daxil olan informasiya obyektiv olaraq mexanizmin işləmə şəraitini və zədələnmənin, dayanmanın dəqiq səbəbini müəyyən etməlidir.

Yığılan informasiyaların həcmi və dolğunluğu aşağıdakı məsələlərin həllinin mümkün olduğunu müəyyənləşdirir:

1. Dayanmanın və iş pozulmasının səbəbini müəyyən etmək;
2. Etibarlılığı hesablayan göstəriciləri təyin etmək;
3. İstismar şəraitinin etibarlılıq göstəricilərinə təsirini təyin etmək;
4. Ehtiyat hissələrinin sərfi normasını optimalaşdırmaq;
5. Texniki xidmət və planlı təmir sistemlərinin işlənib hazırlanmasını göstərmək.

Birbaşa göndərilən informasiyalar daha effektli olur. ГОСТ16468-70 standartına əsasən etibarlılıq haqqında yığılan informasiya seriyalı istehsalat üçün istismarın əvvəlindən aparılmalıdır. Bunlara əsas etibarı ilə aşağıdakılar aiddirlər:

- Gəmi mexanizmlərində zədələnmələrin və dayanmaların vaxtının qeydiyyat jurnalı hazırlanır;
- Mexanizmlərin texniki xidməti və təmirin qeydiyyatı jurnalı hazırlanır;
- Mexanizmlərin dayanmaları haqqında məlumatlar çatdırılır;
- Mexanizmlərin dayanmaları haqqındakı məlumatlar ГОСТ20307-74 standartına əsasən cədvəl halında hazırlanır.

Mexanizmlərin dayanmaları haqqındakı hesabatı aşağıdakı ardıcıllıqla hazırlanır:

1. Aparılan tədqiqatın məqsədi;
2. Mexanizmlərin istismar yerləri haqqında məlumat;

3. Hər bir mexanizm növünə görə tədqiqatın nəticələri;

4. Hər bir mexanizmin növünün işi haqqında xülasə və son təkliflər.

Mexanizmlərin ilkin istismar informasiyalarının yığımı nəticəsində alınan məlumatları zədələnmələrin və dayanmaların növlərinə görə səbəbləri sistem halına salınaraq analiz edilir. Belə bir proses mexanizmin etibarlılığının keyfiyyətli olduğunun qiymətləndirilməsini göstərir.

Sükan qurğularının etibarlılığının artırılması məsələsində bir sıra amilləri nəzərə almaq lazımdır. Bunlar qurğunun hazırlanmasında, istismarında, onun konstruktiv quruluşunda, hazırlanma materiallarında, texniki xidmətində, təmir prosesində və işlədiyi vaxt göstərilən qulluqda nəzərə alınmalıdır:

- Hazırlayan zavodun göstərdiyi təlimata əsasən texniki nəzarət etmək;
- Hazırlayan zavodun göstərdiyi təlimata əsasən texniki istismar etmək;
- Hazırlayan zavodun göstərdiyi təlimata əsasən texniki təmir etmək.

HATLPA sükan maşınlarında ehtiyat hissələri 5 il saxlamaq mümkündür və saxlanılan hissələrə (şlanqlar və bərkidicilər) aiddir:

- Saxlama temperaturu + 15°C- dən + 50°C qədər, quru, bağlı bölmədə saxlanmalıdır.

-Çirklənməməlidir və birbaşa günəş şüaları düşməməlidir.

Elastik detalları illik saxlama qaydaları aşağıdakı normalarda göstərilib:

1. DİN 7716 «Kauçuk və rezin məmulatlarının saxlanılması, təmizlənməsi və texniki qulluq əsasları».

2. İSO 2230 «Rezin məmulatlarının saxlanılmasının əsasları».

Nəticə. Materialların saxlanma qaydaları aşağıdakı şərtlərlə müəyyən edilir:

- Komplekt şlanqların maksimal saxlanma müddəti 2 il və rezin materiallarının maksimal saxlanılma müddəti 4 il olmalıdır.
- Elastik materialların maksimal saxlanma müddəti 5 il və sonraki texniki baxışı 2 il olmalıdır.
- Saxlama temperaturu 25°C-dən yuxarı olmamalı və saxlama zamanı nisbi rütubət 65%-dən çox olmamalıdır.
- Birbaşa günəş şüaları ilə təması olmamalı və istilikdən qoruyucu ekrandan istifadə olunmalıdır.
- Təmizləyici, kimyəvi, mis və manqan materialları ilə birgə saxlanılmamalıdır.
- Horizontal vəziyyətdə yüksüz saxlanılmalıdır.

Maksimal saxlama müddəti zamanı detalların deformasiyaya davamlılığını, mexaniki zədələnməsini, çatların olmasını, keyfiyyətni və rənglənməsini yoxlamaq lazımdır.

Ədəbiyyat

1. Харин, В.М. Судовые гидравлические рулевые машины/ В.М. Харин. –Одесса: ФЕНИКС, -2005. -280 с.
2. Методическое указание по расчету годового экономического эффекта на предприятиях ММФ. РД31.01.91 – Ленинград: Судостроение, -1993. -257 с.
3. Трунин, С.Ф. Надежность судовых машин и механизмов/ С.Ф. Трунин, Л.А. Промыслов, О.Р. Смирнов. –Ленинград: Судостроение. -1980. -187 с.
4. Валдаев, М.Н. Диагностика технического состояния гидравлических приводов судовых механизмов// -Судостроение, -2003. №1, - с.65.
5. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике (для инженеров и учащихся втузов)/ И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. –Москва: Издательства "Наука", -1965. -608 с.
6. Инструкция завода изготовителя судов проекта 19619. -1986. -113 с.
7. Brocken E.M. Improving the reliability of ship machinery. -2016. -118 p.
8. Marvin Rausand, Arnljot Hoyland. System Reliability Theory. -2004. -636 p.

Məqalə qəbul olunub: 19.05.2020

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

UOT: 621.762.8

MÜXTƏLİF BORİDLƏRİN İŞTİRAKI İLƏ POLADLARIN ELEKTROQIĞILCIM LEGİRLƏNMƏSİ

Qurbanov F.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: f.gurbanov@caspmarine.com

Xülasə. *Məqalədə çətinəriyən metalların boridlərinin polad 35-in səthlərinə elektroqığılcım emal ilə çəkilmə prosesinə baxılır. Bu halda NbB_2+Ti ərintisi ilə möhkəmləndirilmiş katodun səthinin mikrostrukturu, anodun eroziyası və kütlə köçürmə əmsalı tədqiq olunmuşdur. Eyni zamanda, anodun işçi səthinin görünüşü və katodun artımının emal vaxtından asılılığı öyrənilmişdir.*

Аннотация. *В статье рассматривается процесс нанесения боридов тугоплавких металлов на поверхность стали 35. В этом случае исследованы микроструктура поверхности катода, упрочненной сплавом NbB_2+Ti, эрозия анода и массоперенос. Одновременно изучены вид рабочей поверхности анода и зависимость привеса катода от времени обработки.*

Abstract. *The process of applying borides of refractory metals to the surface of steel 35 is considered in this paper. In this case, the microstructure of the cathode surface hardened by the NbB_2 + Ti alloy, anode erosion and mass transfer is investigated. At the same time, the shape of the anode working surface and the dependence of the cathode weight on the processing time.*

Açar sözlər*: çətinəriyən metallar, boridlər, keçid metalları, elektroqığılcım emal, möhkəmləndirmə, eroziya.*

Ключевые слова: *тугоплавкие металлы, бориды, переходные металлы, электроискровая обработка, упрочнение, эрозия*

Key words: *refractory metals, borides, transition metals, electric spark treatment, hardening, erosion*

Giriş. Çətinəriyən metalların boridləri polad səthlərin elektroqığılcım möhkəmləndirilməsi üçün elektrod materialları kimi tədqiq olunur [1-3]. Belə münasibətdə əsas marağı V və VI qrup keçid metalları ilə IV qrup keçid metallarının ərintiləri doğurur, bunlar artırılmış plastikliyə, möhkəmliyə və termiki dözümlülüyə malikdirlər [4]. Alnmış eksperimental məlumatlar ona dəlalət edir ki, Ti-Nb-B sistemi ərintilərinin abraziv yeyilmə şəraitlərində yeyilməyə dözümlüyü 8-10 dəfə ШХ15 poladının yeyilməyə dözümlüyündən yuxarıdır və səthlərin intensiv yeyilmədən mühafizə üçün istifadəsi çox perspektivlidir.

Əsas hissə. Məqalə Ti-Nb-B sistemi ərintilərin eroziyaya dözümlülüyünün dəyişmə xarakterinin sistematik tədqiqinə və habelə polad katodun möhkəmlənmiş qatının formalaşmasına həsr edilmişdir. Ti-Nb-B sistemi ərintilərini NbB_2+Ti ərintilərinin qarışıqlarının qızmar preslənməsi metodu ilə və sonrakı homegenləşdirici tabalma ilə hazırladıq. Rentgen və metalloqrafik analiz göstərdi ki, tərkibində 0-60 kütlə% titan olan ərintilər ikifazalıdır. Aşağı Ti konsentrasiyalı ərintilər Nb B_2–də Ti-nın məhlulunu və (Ti Nb) B-nun və ya Nb B_2 ünsürlərini əks etdirirlə. Titanın miqdarını artırdıqca (Ti,Nb) B fazasının miqdarı artır, bu faza monoborid titanda niobiumun bərk məhlulunu özündə əks etdirir, eyni zamanda niobium diobridi əsasında (Nb, Ti) B_2 fazanın miqdarı azalır. NbB_2 - 60kütlə%Ti ərintisinin əsas fazası (Ti,Nb) B-dur. Mikrodyumetrik analizin məlumatlarına əsasən bu faza ən böyük mikrobərkliyə 30000±2200MPa malikdir.

Polad 35 altlığın elektroqığılcım möhkəmləndirilməsini ЭФИ-46A qurğusunda I rejimdə (J_{qq}=3,5-4,5A, U_{bg}=15-20V, E=0,06C) apardıq. Elektro-qığılcım legirləmə prosesində anodun

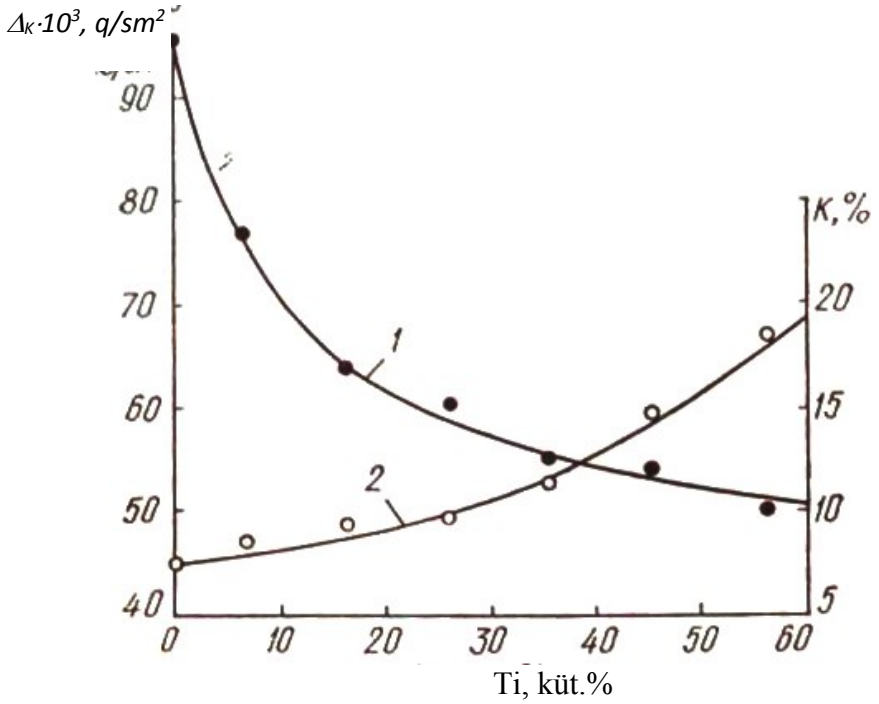
materialının kütlə yeyilməsinin L_a, katodun materialının artımını Δ_k emal vaxtından və köçürmə əmsalından $K=(\Delta_k/\Delta_a)\cdot 100\%$ asılı olaraq ölçdük.

EQL prosesinin effektivliyini möhkələndirilmiş qatın xassələri - onun qalınlığı, bütövlüyü, kələkötürlüyü, əsasla rabitənin möhkəmliyi, bərkliyi ilə təmin edilir. Ti-Nb-B sistemi ərintiləri ilə poladın legirləmə prosesinin tədqiqi göstərdi ki, xüsusi davamiyyəti 7 dəq/san^2 –dək legirləmədə möhkəmləndirilmiş qatın qalınlığı ərintinin tərkibindən asılıdır və tərkibində 18 kütlə%-dək Ti olan ərintilər üçün 6-9mkm və tərkibində 30-50kütlə% Ti olan ərintilər üçün isə 8-12 mkm təşkil edir. Lakin qatın keyfiyyəti çox əhəmiyyətli dərəcədə anodun materialının tərkibindən asılıdır. Məsələn, legirləyici elektrod kimi təmiz niobium boridi və ya az miqdarlı Ti ərintiləri istifadə etdikdə qatın bütövlüyü 22% -i ötmür, onda çoxlu çatlar var, kələkötürlük yüksəkdir. Bir sıra hallarda çatlar, qatlar və altlıq arasında müşahidə olunur, bu onlar arasında aşağı ilişmə möhkəmliyinə dəlalət edir və aydındır ki, anod materialı kimi Nb B_2-ni və az miqdarlı Ti (0÷22 kütlə%) Ti – Nb-B sisteminin istifadəliyinin perspektiv olmasını göstərir. Eyni zamanda bu məqsədlər üçün 40+60 kütlə% Ti-nin miqdarı ilə ərintilərin istifadəsi möhkəmləndirilmiş qatın daha yüksək keyfiyyətini təmin edir: Bütövlük – 55%-dən az olmadan, çatlar və qopmalar praktiki olaraq yoxdur, kələkötürlük 2,4-ə uyğun gəlir. Ən keyfiyyətli qat poladı Nb B_2 +60 kütlə % Ti ərintisi ilə legirlədikdə alınır (şəkil 1).



Şəkil 1. *Nb B_2 +60 kütlə% Ti ərintisi ilə möhkəmləndirmədən sonra katodun səthinin mikrostrukturu (x 600)*

EQL prosesinin məhsuldarlığı anodun materialının eroziyaya davamlılığı, qığılcım araboşluğu vasitəsilə keçiddə arzuolunan istiqamətdə onun xassələrini dəyişmək və ya dəyişməmək qabiliyyəti, eroziya məhsullarının isə altlıqda bərkiməsi ilə təyin olunur. Ərintilərdə Ti miqdarından asılı olaraq onların eroziyasını və kütlə köçürməsini K təyin etdik (şəkil 2). Ərintilərdə Ti miqdarı artdıqca anodun eroziyası monoton azalır, kütlə köçürmə əmsalı isə artır.



Şəkil 2. *Ti-nın konsentrasiyasından asılı olaraq tədqiq olunan ərintilərin eroziyası (1) və kütlə köçürmə əmsalı (2)*

Məlumdur ki, kifayət qədər yüksək plastikliyə malik olan metallarla və materiallara elektroqığılcım boşalmanın təsirində madənin kənarlaşdırılması əasasən maye və buxar fazalarda baş verir. Bununla əlaqədər olaraq [5,6] müəllifləri hesab edir ki, belə materialların eroziyası Δ_e aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\Delta_e=\Delta_{eb}+\Delta_{em}\ , \qquad (1)$$

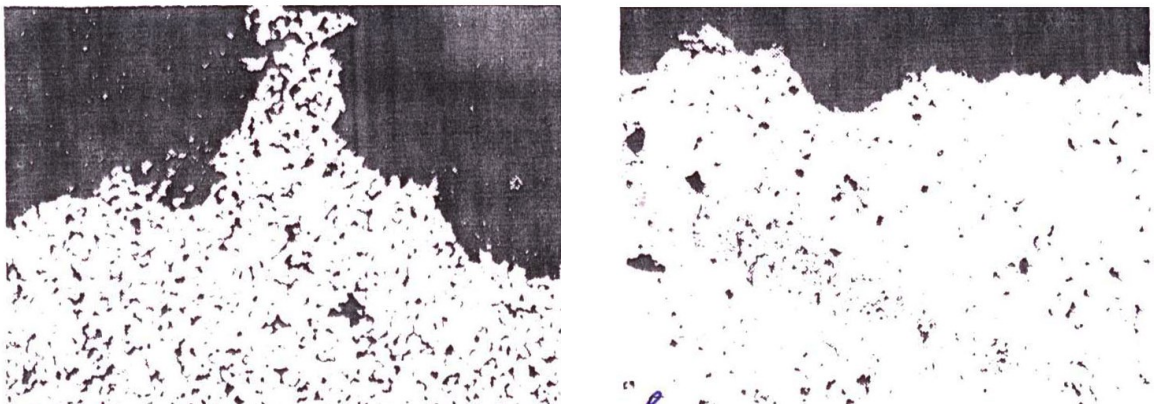
burada Δ_{eb}, Δ_{em} -uyğun olaraq buxar və maye fazalarda anodun materialının eroziyasıdır

Lakin yüksəkkövrək materiallar üçün, hansılaraki çətinəriyən birləşmələr və onlar əsasında ərintilər aiddir, elektrodun səth qatının kövrək dağılması Δ_{ek} hesabına eroziya əhəmiyyətli, əksər hallarda materialın ümumi eroziyasına təyinedici töhfə verir [7].

$$\Delta_e=\Delta_{eb}+\Delta_{em+}\Delta_{ek} \qquad (2)$$

Elektrod - anodun işçi səthlərinin metalloqrafik analizi göstərdi ki, diborid niobiumla və ya titanın az miqdarı olan ərintilərlə möhkəmləndirmədə anodun 0,8mm-dək cırılmalar və qopmaların aşkarlanması ilə müşayət olunan əhəmiyyətli kövrək dağılması müşahidə olunur (şəkil 3,a). Ti-nin böyük miqdarlı ərintilərinin emalında qopmalar əhəmiyyətli dərəcədə az rast gəlinir, onların ölçüləri on dəfə azdır (şəkil 3.,b) və səthdə ərimiş sahələr aşkarlanır.

Ti-Nb-B sisteminin materiallarının [8] metodikası üzrə ərintilərin deformativ xassələrini öyrənmək məqsədilə aparılmış sklrometrik tədqiqatlar göstərdi ki, NbB_2+60küt%Ti ərintisini və təmiz NbB_2-nin mikrokövrəklik göstəricisi uyğun olaraq 0,8 və 5,0-dir. Bu və şəkil 2-nin məlumatları ona dəlalət edir ki, elektroqığılcım boşalmasının təsiri şəraitlərində eroziya məhz kövrəklik NbB_2 və onun titanın 18 küt %-dək miqdarı olan ərintilərində eroziyaya aşağı dözümlüyü şərtləndirir.



a *b*

Şəkil 3. *Anodun işçi səthin görünüşü (x200) a-NbB_2; b- NbB_2+60küt%Ti*

Titanın müxtəlif miqdarı ilə olan Ti-NB-B sistemi ərintilərin dağılma mexanizminin spesifikası yeyilmə məhsullarının məhz növünü təyin edir. Müəyyən olunmuşdur ki, tərkibində 40-60 kütlə%Ti olan ərintilərlə polad 35 katodun möhkəmləndirilməsində eroziyanın məhsullarının əksər zərrəcikləri kürəyə bənzərə (10-18mkm diametrli) yaxın formaya malikdir. Həm də ərimiş zərrəciklərə rast gəlinir, onların görünüşü ona dəlalət edir ki, onlar bərk halda anodun səthindən eroziya etmişlər və qığılcım araboşluğu vasitəsilə keçiddə ərimişlər.

O haldakı əgər elektrod - anod kimi NbB_2 və Ti-nin kiçik miqdarı ilə Ti-Nb-B sistemi ərintiləri istifadə olunmuşdur, eroziya məhsulları içərisində kürəyəbənzər zərrəciklərlə yanaşı ölçüləri 0,4-1,1mm olan qırma formalı zərrəciklərədə rast gəlinir.

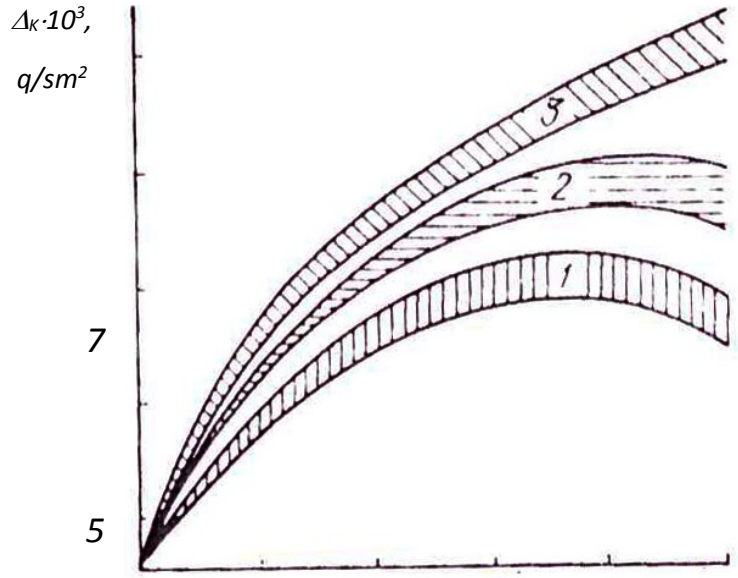
Beləliklə, titanın müxtəlif miqdarı ilə ərintilərin müxtəlif dağılma mexanizmi onlarda elektrik boşalmasının təsirində müxtəlif növ eroziya məhsullarının yaranmasını çağırmışdır. Tərkibində 40-60küt% Ti olan ərintilər belə dağılırlar ki, eroziya məhsulları - maye və ya əriyənədək qızdırılmış-asanlıqla altlıqda bərkiyirlər. Bunula da nisbətən yüksək kütlə köçürmə əmsalı və möhkəmləndirilmiş qatın yaxşı keyfiyyəti izah olunur. Onlardan fərqli olaraq tərkibində 30 küt %-dək Ti olan ərintilər elektriqığılcım boşalmanın təsirində qırma formalı iri zərrəciklərin yaranması ilə dağılırlar, bu zərrəciklərin altlıqda bərkiməsi çətindir. Nəticədə belə ərintilərlə legirləmədə köçürmə əmsalı əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır, möhkəmləndirilmiş qatın bütövlüyü və kələkötürlüyü isə azdır.

Ti-nın müxtəlif miqdarı ilə materialların dağılma mexanizmində və eroziya məhsullarının növündə müxtəliflik möhkəmləndirilmiş qatın formalaşmasının spesifikasını da şərtləndirilir. EQL-nin xarakterik xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, elektrod materialının və altlığın tipindən asılı olmayaraq müəyyən bir momentdən başlayaraq möhkəmləndirilmiş qatın qalınlığı böyümür, hətta tam itənədək azalır. Sonuncu, anodun və katodun materillarınım mexaniki möhkəmliyini üstələyən gərginliklərin möhkəmləndirilmiş qatda yaranması ilə əlaqədardır. Eyni vaxtda elektrod materiallarının altlığa köçürülməsi və qatın dağılması ilə əlaqədər olaraq müəyyən bir momentdən sonra möhkəmləndirmə prosesi nəinki kəmiyyət üzrə, hətta işarə üzrə katodun artımının dövri dəyişməsilə səciyyələnir (şəkil 4).

Periodun o momentinədək davamiyyəti, o haldakı ilk dəfə mənfi artım T_x müşahidə olunur, materialın qatının gərginliyi relaksasiya etmək qabiliyyətindən, yəni onun plastikliyindən asılıdır. Katodun kütləsinin dəyişmə kinetikasının tədqiqi nəticəsində göstərilmişdir ki, legirləyici elektrod kimi təmiz NbB_2 istifadə etdikdə T_x=*6-8 dəq*-dir, ərinti də titanın miqdarını artırdıqca o artır və NbB_2+60kütlə%Ti ərintisi ilə möhkəmləndirmədə 12 dəq təşkil edir.

Beləliklə, Ti-Nb-B sistemi ərintiləri ilə polad altlığı möhkəmləndirdikdə, onda 12-15 mkm qalınlıqlı, bütövlüyü 60% və bərkliyi 27000 MPa qat alına bilər. Tərkibində 40-60 kütlə % Ti olan ərintilərlə möhkəmləndirilmiş poladın abraziv yeyilmə şəraitlərində yeyilməyə dözümlüyü möhkəmləndirilmiş polad 35-in yeyilməyə dözümlüyünü üç - dörd dəfə üstələyir. Bu ərintilər

perspektiv elektrod materialları hesab oluna və gəmi mexanizmlərinin detallarının mühafizəsi üçün istifadə oluna bilərlər.



Şəkil 4. *Aşağıdakı ərintilər üçün katodun artımının Δ_k emal vaxtından τ asılılığı*
1-NbB_2;2- NbB_2+10küt%Ti;3- NbB_2+60küt%Ti

Nəticə. Ti-Nb-B sistemi ərintilərilə EQL ilə polad 35 altlığın səth qatlarının möhkəmləndirmə prosesi tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ərintinin tərkibində 40-60 küt. %Ti olduqda poladın səthində möhkəmləndirilmiş qatın yeyilmə dözümlüyü adi polad 35-in yeyilməyə dözümlüyündən üç-dörd dəfə yüksək olur. Tədqiqat nəticəsində tərkibi keçid metallarının boridlərindən ibarət olan ərintilərdən istifadə etməklə EQL prosesinin maşın və mexanizmlərinin yeyilməyə dözümlüyünün artırılmasında perspektiv proses olması təsdiqlənmişdir.

Ədəbiyyat

1. Ковальченко, С.М. и др. Электроискровое легирование стали сплавами на на основе борида вольфрама//Электронная обработка металлов. -1997, №1/2, -с.19-22.
2. Ковальченко, М.С. Исследование свойств горячелегированного сплава на основе борида вольфрама/ М.С. Ковальченко, Р.А. Альфинцева. В кн.: Горячее пресование. -Киев: -1997. -с. 120-128.
3. Сафронов, И.И. Исследование возможности применения карбидных и боридных соединений титана, ниобия, циркония, хрома в качестве электродов для электроискрового легирования:/ автореф. дисс. канд. техн. наук/- Киев, -1987. -30с.
4. Самсонов, Г.В. Бор, его соединения и сплавы/ Г.В. Самсонов, Л.Я. Марковский, А.Ф. Жигач, М.Г. Валюшко. –Киев: Изд-во АНУССР, -1990. -560с.
5. Афанасьев, Н.Д., Капыльян, С.Н., Филипов, Л.П. Некоторые особенности электрического разрушения электродов при разрядах в газовых и жидких средах// Электронная обработка материалов. -2000. №1, -с.3-8.
6. Волченкова, Р.А. Связь между теплосодержанием и физико-механическими и эрозионными характеристиками металлов// -2003. №4, -с.58-62.

Məqalə qəbul olunub: 13.04.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

УДК 621.789

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОСТИ

Малышко С.Б., Тарасов В.В.

Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского
Российская Федерация, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а
E-mail: malyshko_svetlan@mail.ru, tarasov@msun.ru

Аннотация. *Описаны закономерности влияния технологических параметров электромеханической обработки на шероховатость поверхности деталей. Сделаны выводы об оптимальных значениях этих параметров.*

Abstract. *The regularities of the influence of the technological parameters of the electromechanical treatment on the surface roughness of parts are described. Conclusions about the optimal values of these parameters are drawn.*

Xülasə. *Elektromexaniki emalın texnoloji parametrlərinin detalların səthinin kələ-kötürlüyünə təsir qanunauyğunluqları təsvir edilmişdir. Bu parametrlərin optimal ölçüləri haqqında nəticələr verilmişdir.*

Ключевые слова: *электромеханическая обработка, шероховатость поверхности, технологические параметры*

Key words: *electromechanical treatment, surface roughness, technological parameters*

Açar sözlər: *elektromexaniki emal, səthin kələ-kötürlüyü, texnoloji parametrlər*

Введение. Работоспособность деталей судового энергетического оборудования в значительной степени связана с геометрическими характеристиками микронеровностей, которые оказывают большое влияние на эксплуатационные свойства сопряженных деталей: износостойкость, усталостную прочность и другие.

Основная часть. При электромеханической обработке (ЭМО) шероховатость поверхностей зависит от многих параметров режима: значений силы и рода тока, подачи, давления, скорости обработки, числа проходов, а также исходной шероховатости деталей и геометрии применяемого инструмента [1].

Режимы ЭМО, которые выбирают в соответствии со служебным назначением деталей, подразделяют на упрочняющий и чистовой.

При поверхностной плотности тока от 700 до 1500 А/мм^2 в точке контакта инструмента с деталью и скорости обработки от 0,5 до 5 м/мин реализуется жесткий упрочняющий режим, для которого характерна значительная глубина закаленного слоя. Однако значения параметров шероховатости могут завышать требуемые для упрочняемых деталей, поэтому необходима дополнительная механическая обработка.

Среднему упрочняющему режиму соответствует поверхностная плотность тока менее 800 А/мм^2. Скорость обработки может быть равна или быть выше используемых при жестком режиме. После ЭМО шероховатость поверхности уменьшается, а глубина закаленного слоя достигает 0,2 мм.

Чистовой режим проводится с незначительной поверхностной плотностью тока в зоне контакта инструмента и изделия.

В работе [2] был использован средний упрочняющий режим ЭМО образцов из стали 45 с целью создания закаленного поверхностного слоя на глубину до 0,2 мм и уменьшения исходной шероховатости. Перед электромеханическим обкатыванием, которое производилось роликом из твердого сплава, образцы подвергались предварительной токарной обработке.

Поверхности, обрабатываемые металлорежущими инструментами, имеют шероховатость продольную – в направлении главного движения резания и поперечную – в направлении движения подачи. Для большинства способов характерно то, что поперечная шероховатость всегда больше продольной. При ЭМО так же, как при обработке резанием, поперечная шероховатость превышает продольную. Поэтому поперечная шероховатость была использована в качестве основного критерия микрогеометрии поверхности, полученной после электромеханического обкатывания.

Отдельные технологические параметры ЭМО изменялись в следующих пределах: сила тока от 0 до 750 А, усилие прижатия ролика от 245 до 980 Н, скорость обкатывания от 3,5 до 60 м/мин, подача от 0,13 до 0,46 мм/об и число проходов от 1 до 4. Оценка шероховатости поверхности осуществлялась по ГОСТ 2789–73 измерением среднего арифметического отклонения профиля Ra.

На рисунке 1 показаны зависимости шероховатости поверхности от силы тока при усилиях прижатия ролика 294 и 735 Н, полученных при одном проходе. Скорость обработки при этом составляла 28,1 м/мин, продольная подача 0,2 об/мин.

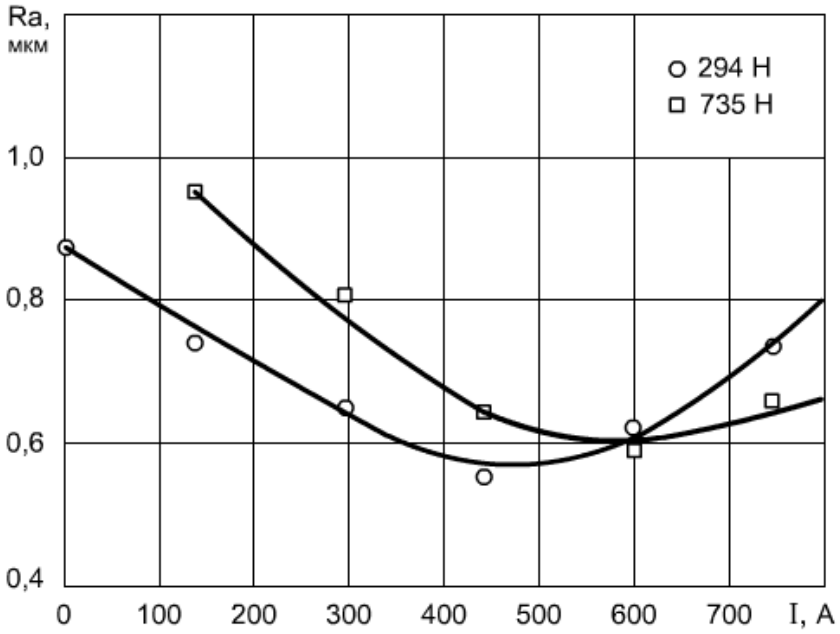


Рис. 1. *Зависимость шероховатости поверхности от силы тока*

Из рисунка видно, что каждому усилию прижатия ролика соответствует оптимальное значение силы тока, при котором шероховатость поверхности получается минимальной. Причем, увеличения усилия прижатия ролика приводит к некоторому смещению оптимальной величины тока в сторону ее увеличения. В то же время необходимо отметить, что при выбранных усилиях прижатия ролика в интервале силы тока от 380 до 630 А получена практически одинаковая шероховатость поверхности. При этих значениях силы тока шероховатость поверхности уменьшилась по сравнению с исходной в 1,5 раза.

На рисунке 2 показано влияние усилия прижатия ролика на шероховатость поверхности. Электромеханическое обкатывание проводилось за один проход по следующему режиму: сила тока 500 А, скорость обработки 28,1 м/мин, подача 0,2 мм/об.

Наблюдается увеличение шероховатости поверхности при увеличении усилия прижатия ролика. Это можно объяснить увеличением площади контакта, приводящее к уменьшению тепла, выделяемого проходящим током, что приводит к неэффективному сглаживанию неровностей при электромеханической обработке.

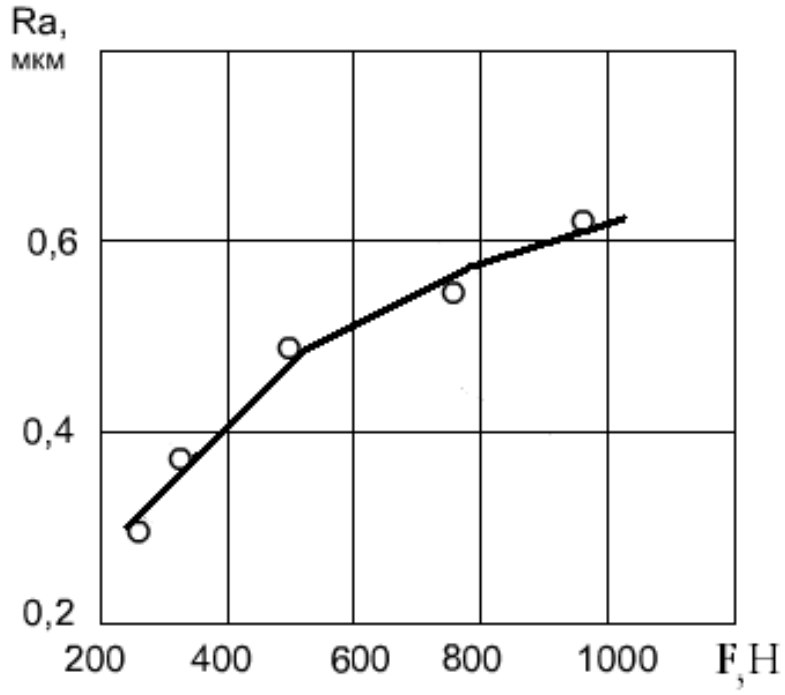


Рис. 2. *Влияние усилия прижатия ролика на шероховатости поверхности*

Влияние числа проходов на шероховатость поверхности показано на рисунке 3.

Основное уменьшение шероховатости поверхности происходит за первый проход. Второй проход также способствует уменьшению микронеровностей обрабатываемой поверхности. Третий проход шероховатость поверхности практически не уменьшает. Четвертый проход резко увеличивает параметры шероховатости.

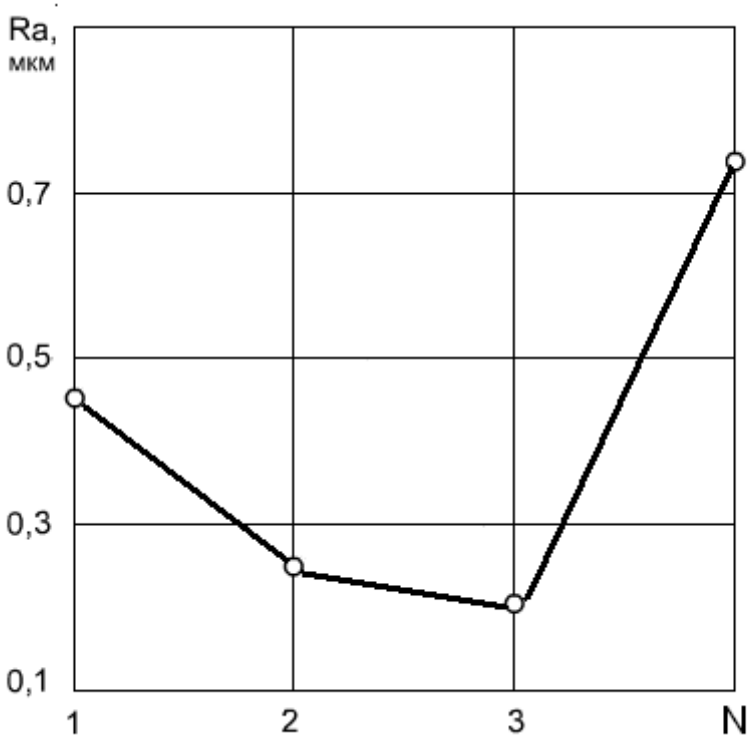


Рис. 3. *Влияние числа проходов на шероховатости поверхности*

Влияние скорости обработки на шероховатость поверхности исследовали при электромеханической обработке по режиму: сила тока 500 А, усилие прижатия ролика 294 Н, подача 0,2 мм/об, число проходов – 1. Применяли два вида предварительной механической обработки: точение и шлифование. После точения параметр Ra составлял 4,1 мкм, а после шлифования – 0,67 мкм. При низких скоростях обкатывания (менее 10 м/мин) значительно снизилась шероховатость поверхности. На образцах с предварительной токарной обработкой среднее арифметическое отклонение профиля Ra уменьшилось примерно в 10 раз, а на образцах с предварительной обработкой шлифованием – в 3 раза. Такие результаты объясняются повышенным временем электронагрева. Дальнейшее увеличение скорости обработки до 60 м/мин привело к незначительному повышению шероховатости поверхности.

Кроме того установлено, что увеличение продольной подачи при ЭМО от 0,13 до 0,46 мм/об ухудшает качество поверхностного слоя.

В работе [3] изучали влияние основных технологических параметров плотности тока и давления ролика при электромеханической обработке образцов из стали 45 и 40ХН на шероховатость поверхности. Кроме того определяли глубину упрочненного слоя. Плотность тока изменялась в пределах от 500 до 1125 А/мм^2 давление на ролик от 6 до 38 Н/мм^2 . Скорость обработки составляла 3 м/мин.

В рассматриваемой работе использовались два режима упрочнения ЭМО: жесткий и средний. Оптимальные параметры шероховатости (Ra= 0,6 – 1,2 мкм) получены при плотности тока 875 А/мм^2, давлении 18 Н/мм^2 и скорости обработки 3 м/мин, что соответствует жесткому режиму упрочнения. Глубина упрочнения h = 1,3-1,6 мм.

В работе [2] минимальные параметры шероховатости (Ra= 0,55 – 0,65 мкм) наблюдались при силе тока 380 – 630 А, усилии прижатия ролика 294 – 735 Н и скорости обработки 28,1 м/мин, что соответствует среднему режиму упрочнения. Глубина упрочнения около 0,2 мм.

Учитывая то, что параметры режима в этих работах разные: плотность тока [3] и сила тока [2], давление ролика [3] и усилие прижатия ролика [2], а также используются разные режимы упрочнения (жесткий [3] и средний [2]) результаты исследований сложно сравнивать.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что ЭМО позволяет одновременно уменьшить шероховатость поверхности и создать закаленный слой, что обеспечивает долговечность работы деталей. При назначении технологических параметров ЭМО необходимо учитывать полученные в результате представленных исследований закономерности, с учетом условий эксплуатационных требований работы детали по степени и глубине упрочнения, а также шероховатости поверхности.

Литература

1. Горленко, А. О. Электромеханические методы обработки [Текст] / А. О. Горленко // Машиностроение: энциклопедия. В 40 т. / отв. ред. К. Ф. Фролов. – М.: Машиностроение, -2000. – Т. 3 кн. 3. Технология изготовления деталей машин. / Под общ. ред. А. Г. Суслова. -с. 366–361.
2. Тарасов, В. В. Теория и практика упрочнения судовых деталей ЭМО [Текст] / В. В. Тарасов. – Владивосток: Дальнаука, -1994. -70 с.
3. Суслов, А. Г. Электромеханическая обработка деталей машин [Текст] / А. Г. Суслов, А. Г. Горленко, С. О. Сухарев // Справочник. Инженерный журнал. -1998. № 1. -с. 15–18.

Məqalə qəbul olunub: 20.04.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayılov

UOT 621.7

RPİ DƏZGAHLARINDA DETALLARIN HAZIRLANMASI ZAMANI TƏLƏB OLUNAN DƏQİQLİYİN TƏMİN EDİLMƏSİ MƏRHƏLƏLƏRİ

Yusubov N.D., Xankişiyev İ.A., Cabbarov R.C., Şəmilzadə E.V.

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

Xülasə. *Məqalədə RPİ dəzgahlarında mürəkkəb profilli maşın hissələrinin kontur emalının həm idarəetmə proqramının işlənmə mərhələsində, həm də əməliyyatın yerinə yetirlməsi zamanı formaəmələgətirmə prosesinin və kəsmə rejimlərininin idarəedilməsi yolu ilə səmərəliliyini artırmaq məqsədilə tələb olunan dəqiqliyin təmin edilməsi mərhələləri araşdırılmışdır. Bu zaman RPİ dəzgahlarında emalın sapmalarının meydana gəlməsi və məhsuldarlığının aşağı düşməsinə səbəb olan amillərin müəyyən edilməsi, səthlərin yerləşdirmə, texnoloji sistemin statik və dinamik sazlanması mərhələlərində baş verən sapmalarının yaranma mexanikasının öyrənilməsinə xüsusi diqqət yetirilmişdir. Nəticədə, proqram-texnoloji həlləri müəyyənləşdirmək və həm idarəetmə proqramlarının işlənməsi mərhələsində, həm də adaptiv idarəetmə sistemləri də daxil olmaqla korreksiyaedici sistemlər tətbiq etməklə mürəkkəb həndəsəli gəmi detallarının konturlarının emalının dəqiqliyinə və məhsuldarlığına nail olunması prosesini idarə etməyə imkan verən tövsiyələrin işlənməsi üçün nəzəri baza yaradılmışdır.*

Abstract. *The article discusses the stages of achieving the required accuracy in order to improve the efficiency of contouring of complex shaped machine parts on CNC machines by controlling the shaping process and cutting modes, both at the stage of developing the control program and during the operation. At the same time, special attention was paid to identifying the factors that determine the causes of the formation of deviations and the loss of processing productivity, the study of the mechanics of the formation of surface deviations arising at the installation stages, static and dynamic adjustment of the technological system on CNC machines. As a result, a theoretical basis was created for defining software and technological solutions and developing recommendations for managing the process of achieving accuracy and productivity of complex geometric parts of vessel, both at the stage of developing control programs and in the cutting process by applying corrective correction systems, including adaptive control systems.*

Аннотация. *В статье рассматриваются этапы достижения требуемой точности с целью повышения эффективности контурной обработки сложных профильных деталей машин на станках с ЧПУ путем управления процессом формообразования и режимами резания, как на этапе разработки управляющей программы, так и в процессе выполнения операции. При этом особое внимание было уделено выявлению факторов, определяющих причины формирования отклонений и потери производительности обработки, изучению механики формирования отклонений поверхностей, возникающих на этапах установки, статической и динамической настройки технологической системы на станках с ЧПУ. В результате была создана теоретическая основа для определения программно-технологических решений и разработки рекомендаций, создающих возможность управления процессом достижения точности и производительности обработки сложных геометрических контуров деталей судна, как на этапе разработки управляющих программ, так и с применением корректирующих систем, включая адаптивные системы управления.*

Açar sözlər: *çoxməqsədli RPİ dəzgahları, emal dəqiqliyi, yerləşdirmə xətası, statik sazlama, dinamik sazlama, ümumi emal xətası*

Key words: *multi-purpose CNC machines, machining accuracy, placement error, static adjustment, dynamic adjustment, total machining error*

Ключевые слова: *многоцелевые станки с ЧПУ, точность обработки, погрешность установки, статическая настройка, динамическая настройка, суммарная погрешность обработки*

Giriş. Məmulların keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq və metal həcmini azaltmaq meyli ilə müasir texnologiyaların inkişafı bahalı RPİ çoxməqsədli dəzgahlarında və RPİ dəzgahlarında hazırlanan mürəkkəb həndəsi formalı maşın hissələri tərkibini və sayını genişləndirir. Buna görə də, belə avadanlıqların istifadəsinin səmərəliliyini artırmaq problemi aktualdır [1-16]. Mürəkkəb həndəsəli çox elementli hissələrin - aerokosmik texnologiyanın yanacaq və hidravlik sistemlərinin gövdələri, ştamp və press-formaların örtükləri, şablonlar, yumruqlar, turbin kürəklərinin və başqalarının RPİ dəzgahlarında istehsalı mürəkkəb texnoloji məsələni təşkil edir. Pəstahın giriş parametrləri (emal payı, bərklik, sərtlik) və alət (yeyilmə, kütləşmə) giriş parametrləri həm hissədən hissəyə, həm də eyni hissə daxilində dəyişir [8-16]. Bu parametrlər əksər hallarda təsadüfi olur, bu zaman proqramlaşdırılma zamanı yalnız bu amillərin sistematik komponentlərinin nəzərə alınması heç də asan deyiuldir. Bütün bu məsələlər mürəkkəb həndəsəyə malik hissələri aşağı sərtliyi olan barmaq (uc) frezləri ilə emal edərkən və ya sərt olmayan pəstahları emal edərkən daha da ağırlaşır.

Kontur emalı zamanı trayektoriyanın və kəsmə rejimlərinin proqramlaşdırılması qonşu bitişik səthlərin birləşmə bucaqlarının, dərinliklərin dəyişikliklərinin, frezləmə enininin və emal olunan səth ilə frezin kontakt bucağının nəzərə alınmasının mürəkkəb olduğuna görə çətindir. Bir neçə təmiz gedişləri yerinə yetirən zaman elastik deformasiyaların təsirini azaltmaqla tələb olunan emal dəqiqliyinə nail olmaq dəzgahın məhsuldarlığını əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Əgər universal dəzgahda işçi emal payının, frezləmə eninin, alətin kütləşmə dərəcəsi və pəstah ilə onun kontakt bucağının nəzərə ala bilirsə, RPİ dəzgahında operatorun belə bir imkana yoxdur.

Konturun qonşu bitişik səthlərin birləşmə bucaqlarının çatdırma emalı lazım olduqda məhsuldarlıqda əhəmiyyətli bir itki baş verir. Bəzi hallarda bu işləri RPİ dəzgahlarında deyil, adi universal frez dəzgahlarında yerinə yetrimək lazım gəlir. Beləliklə, RPİ dəzgahlarında istehsal olunan mürəkkəb profilli hissələrin formalaşması prosesi üçün effektiv proqram və texnoloji təminatın yaradılması məsələsi aktualdır və həm elmi, həm də praktik əhəmiyyətə malikdir.

Məsələnin qoyuluşu. Aparılan işin məqsədi RPİ dəzgahlarında mürəkkəb profilli maşın hissələrinin kontur emalının həm idarəetmə proqramının işlənmə mərhələsində, həm də əməliyyatın yerinə yetirlməsi zamanı formaəmələgətirmə prosesinin və kəsmə rejimlərininin idarəedilməsi yolu ilə səmərəliliyini artırmaqdır.

Verilmiş dəqiqliyə nail olmaq üçün detal texnoloji sistemin – dəzgah, tərtibat, alət, pəstahın kinematik və ölçü zəncirlərinə daxil edilir. Detalda əldə olunan ölçülər - xətti və bucaq (səthlərin nisbi dönmələri) ölçüləri dəzgahın müvafiq texnoloji ölçü zəncirlərinin qapayıcı bəndləridir [1,2].

Dəzgahlarda xətti ölçülərin tələb olunan dəqiqliyi, bir qayda olaraq, tənzimləmə üsulu ilə əldə edilir. Bu məqsədlə dəzgahların konstruksiyalarında kompensator - bəndlər, məsələn stolların, karetkaların və ya konsolların hərəkəti üçün vintlər, tərtibatların konstruksiyalarında isə tənzimlənən dayaqlar nəzərdə tutulur.

Beləliklə, emal olunan hissələrin xətti ölçülərinin verilmiş dəqiqiliyini dəzgahlarda ölçmə sistemlərinin – xətkeşlərin, limblərin, indikatorların və s. köməyi ilə təmin etmək nisbətən asandır. Bucaq ölçülərinin dəqiqliyni təmin etmək üçün isə fərqli sxemdən istifadə olunur. Nisbi dönmələrin dəqiqliyinin əldə edilməsini dəzqah qovşaqlarının həndəsi dəqiqliyi – onun yönəldicilərinin dəqiqlyi müəyyənləşdirir. Bu vəziyyətdə tənzimləmələr etmək imkanı praktik olaraq yoxdur. Bu hal, ilk növbədə, bucaq ölçülərinin dəqiqliyni əldə etmək üçün texnoloji bazaları müəyyənləşdirməyi və sonra xətti ölçülərin dəqiqliyini əldə etmək üçün bazaları seçməyi zəruri edir.

Dəzgahlarda hazırlanan detalların dəqiqliyinin əldə edilməsi üç mərhələnin yerinə yetirilməsini tələb edir:

- pəstahın və tərtibatın yerləşdirilməsi mərhələsini;
- sistemin statik sazlanması mərhələsini;
- texnoloji sistemin dinamik sazlanması mərhələsini.

Birinci mərhələnin yerinə yetirilməsi zamanı detal (pəstah) dəzgahın kinematik və ölçülü zəncirlərinə daxil edilir və bərkidilir. Bu zaman $\boldsymbol{A_y}$ yerləşdirmə ölçüsü $\boldsymbol{\omega_y}$ xətasına malik olur.

İkinci mərhələnin yerinə yetirilməsi zamanı dəzgahın icra orqanları funksional yüklənmə olmadan, alətin kəsici tilləri hissənin bazalarına nisbətən və ya dəzgahın işçi səthlərinə nisbətən statik sazlamanın tələb olunan $\boldsymbol{A_s}$ ölçüsünün aldığı vəziyyətdə müəyyən edilir. Bu mərhələdə meydana gələn sapmalar $\boldsymbol{\omega_s}$ statik sazlama xətasını doğurur.

Üçüncü mərhələdə dinamik sazlama - yəni kəsmə qüvvəsinin, elastik və istilik deformasiyalarının, həmçinin vibrasiya və alətin yeyilməsi ilə kəsmə prosesi baş verir. Bu zaman pəstahın və alətin göstərilən mövqedən kənarlaşması (sürüşməsi, yerdəyişməsi) həyata keçir, burada $\boldsymbol{A_d}$ dinamik sazlama ölçüsü formalaşır. $\boldsymbol{A_d}$ dinamik sazlama ölçüsünün dəyişməsi ölçünün $\boldsymbol{\omega_d}$ dinamik sazlama xətasını doğurur. Nəticədə, emaldan sonra detalda əmələ gələn $\boldsymbol{A_\Delta}$ ölçüsü baxılan ölçülərin cəbri cəmi kimi təyin edilir:

$$\boldsymbol{A_\Delta = A_y + A_s + A_d} \qquad \textbf{(1)}$$

Dəzgahın qapayıcı bəndinin xətası texnoloji zəncirin bəndlərində meydana gələn sapmalar (ölçünün meyli) nəticəsində yaranır. Burada bir məsələyə xüsusi diqqət vermək lazımdır: qapayıcı bənddə bir məmul üçün xətanın meydana gəlməsinə və bir qrup məmul üçün xətanın meydana gəlməsinə.

Birinci variantda bir zəncirin reallaşması baş verir. Bu zaman bənddə müəyyən bir Δ_i sapması meydana gəlir. Nəticədə qapayıcı bənddə Δ_Δ xətası formalaşır. Bu xətanın qiyməti bəndin işarəsini (yəni onun xarakterini) nəzərə alınmaqla bənlərin hər birindəki Δ_i sapmaların cəbri cəmi təşkil edir:

$$\Delta_\Delta = \sum_{i=1}^{i=k} \vec{\Delta}_i - \sum_{i=k+1}^{i=m-1} \overleftarrow{\Delta}_i \qquad \textbf{(2)}$$

Bir qrup məmul üçün $\boldsymbol{\omega_\Delta}$ xətanın meydana gəlməsi variantında ölçü zənciri bir neçə dəfə reallaşdırırlır. Buna görə də bəndlərdəki Δ_i sapmalar yuxarı Δ_i^y yuxarı hədd qiymətindən Δ_i^a aşağı hədd qiymətinə qədər dəyişə bilər. Təşkilediici bəndin $\boldsymbol{\omega_i}$ xətası $\boldsymbol{\omega_i}$ səpələnmə sahəsini müəyyən edir və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\boldsymbol{\omega_i = \Delta_i^y - \Delta_i^a}$$

Beləliklə, bir dəstə məmum üçün qapayici bəndin xətası, ümumiyyətlə, sistemin bəndlərində yaranan sapmaların səpələnmə sahələrinin cəmi kimi hesablanan səpələnmə sahəsidir:

$$\omega_\Delta = \sum_{i}^{i=m-1} \omega_1 \quad , \qquad \textbf{(3)}$$

burada $\boldsymbol{m}$ – texnoloji zəncirin bəndlərinin sayıdır.

Ümumiyyətlə, təşkiledici bəndlərin müxtəlif təsirini nəzərə almaq üçün (3) ifadəsi aşağıdakı formada yazılmalıdır:

$$\omega_{\Delta} = \sum_{i}^{i=m-1} \xi_i \cdot \omega_1 \ , \qquad (4)$$

burada ξ_i – bəndin ötürmə nisbətidir.

ξ_i ötürmə nisbətləri xüsuis törəmələrdən ibarət olur.:

$$\xi_1 = \frac{\partial A_{\Delta}}{\partial A_1}; \ \xi_2 = \frac{\partial A_{\Delta}}{\partial A_2}; \ \dots\dots\dots\dots\dots\dots, \xi_{m-1} = \frac{\partial A_{\Delta}}{\partial A_{m-1}}$$

Yuxarıda göstərilənlərə uyğun olaraq bir detal üçün Δ_{Δ} sapmasını dəqiqliyin təmin edilməsi mərhələlərində yaranan sapmaların cəbri cəmlənməsi ilə tapmaq olar:

$$\Delta_{\Delta} = \Delta_y + \Delta_s + \Delta_d \quad , \qquad (5)$$

bir qrup hazırlanan məmul üçün ölçü xətasını isə səpələnmə sahələrinin cəmi kimi tapmaq olar:

$$\omega_{\Delta} = \omega_y + \omega_s + \omega \quad , \qquad (6)$$

Bu zaman məmulun əldə edilmiş keyfiyyət xarakteristikasının Δ_{Σ} ümumi sapması, məsələn, detalın ölçüsünün, dönmə və ya həndəsi formasının nominaldan sapması bu anda müxtəlif amillərin təsiri nəticəsində sapmaların cəbri və ya vektor cəmlənməsi ilə formalaşır:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{sab} + \Delta_{sis} + \Delta_{təs} \ , \qquad (7)$$

burada Δ_{sab} – daimi (sabit) amillərin təsirindən yaranan sapmalar;

Δ_{sis} - dəyişiklikləri müəyyən bir qanuna görə baş verən sistematik amillərin təsirindən yaranan sapmalar;

$\Delta_{təs}$ - təsadüfi amillərin ümumi təsiri nəticəsində yaranan sapmalar.

$k-ci$ detaldan $l-ci$ detala qədər bir dəst detalların emalının yerinə yetirildiyi müəyyən bir $(t_1; t_2)$ müddəti ərzində məmulun baxılan keyfiyyət parametrinin Δ_{Σ}^{y} ən böyük sapması toplama yolu ilə hesablanır:

$$\Delta_{\Sigma}^{y} = \Delta_{sab}(t_1) + \omega_{sis}(t_2) + 0{,}5 \cdot \omega_{təs}(t_2),$$

burada $\Delta_{sab}(t_1)$ – emalın t_1 başlanma anında sistematik və sabit amillərin təsiri nəticəsində yaranan xəta;

$\omega_{sis}(t_2)$ - emalın t_2 son anında sistematik dəyişən amillərin təsiri nəticəsində yaranan xəta;

$\omega_{təs}(t_2)$ – emal t_2 son anında təsadüfi amillərin birgə təsiri nəticəsində yaranan ani səpələnmə sahəsidir.

Bir dəst detal istehsal etmək üçün məmulun tədqiq olunan dəqiqlik parametrinin $(t_1; t_2)$ müddəti üçün ən kiçik sapmasını belə hesablamaq olar:

$$\Delta_{\Sigma}^{y} = \Delta_{sab}(t_1) + \omega_{sis}(t_1) - 0{,}5 \cdot \omega_{təs}(t_1),$$

burada $\omega_{sis}(t_1)$ - emalın t_1 başlanma anında sistematik amillərin təsiri nəticəsində yaranan xəta;

$\omega_{təs}(t_1)$ – emalın t_1 başlanma anında təsadüfi amillərin birgə təsiri nəticəsində yaranan ani səpələnmə sahəsidir.

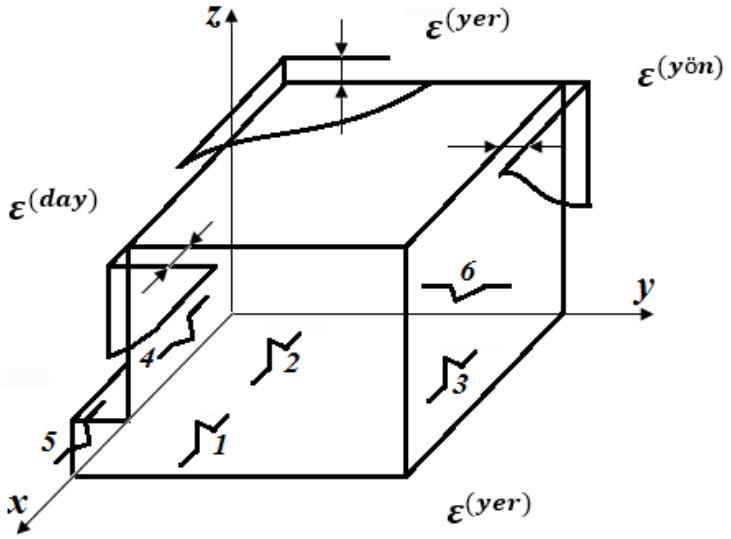
Ümumi halda yerləşdirmə xətası emal olunan detalın texnoloji bazalarının dəzgahın və ya

tərtibatın icraedici səthlərinin $(x.y,z)$ koordinat sistemlərinə nisbətən (X,Y,Z) vəziyyətini xarakterizə edən ω_y vektorudur [3].

$$\omega_y = (a_y, b_y, c_y, \lambda_y, \beta_y, \gamma_y) \ , \tag{8}$$

burada a_y, b_y, c_y - xətti yerdəyişmə və $\lambda_y, \beta_y, \gamma_y$ – dönmə bucaq təşkiledicilərdir.

Alınmış nəticələrin analizi. Yerləşdirmə ölçülərinin bazaların normalları üzrə (şəkil 1) formalaşan $\varepsilon_x^{(yön)}, \varepsilon_y^{(yer)}, \varepsilon_z^{(day)}$ sapmaları (səthlərinin vəziyyətlərinin sapmaları) yerinə yetirilən yerləşdirmə xətasını özündə ehtiva edir. Bu sapmalar ω_y vektorunun parametrlərindən və baxılan səthin detalın bazalarına nisbətən vəziyyətinin x, y, z koordinatlarından asılıdır.



Şəkil 1. *Üç müstəvi üzrə bazalaşdırma zamanı yerləşdirmə ölçüsünün sapmasının formalaşması sxemi*

Baxılan bazalaşdırma sxemi üçün $\varepsilon_x^{(yön)}, \varepsilon_y^{(yer)}, \varepsilon_z^{(day)}$ sapmaları matris düsturu ilə hesablanılır:

$$\begin{vmatrix} \varepsilon_x^{(day)} \\ \varepsilon_y^{(yön)} \\ \varepsilon_z^{(day)} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_y^{(day)} \\ b_y^{(yön)} \\ c_y^{(yer)} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 0 & z & y \\ z & 0 & x \\ y & x & 0 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \lambda_y^{(yer)} \\ \beta_y^{(yer)} \\ \gamma_y^{(yön)} \end{vmatrix}$$

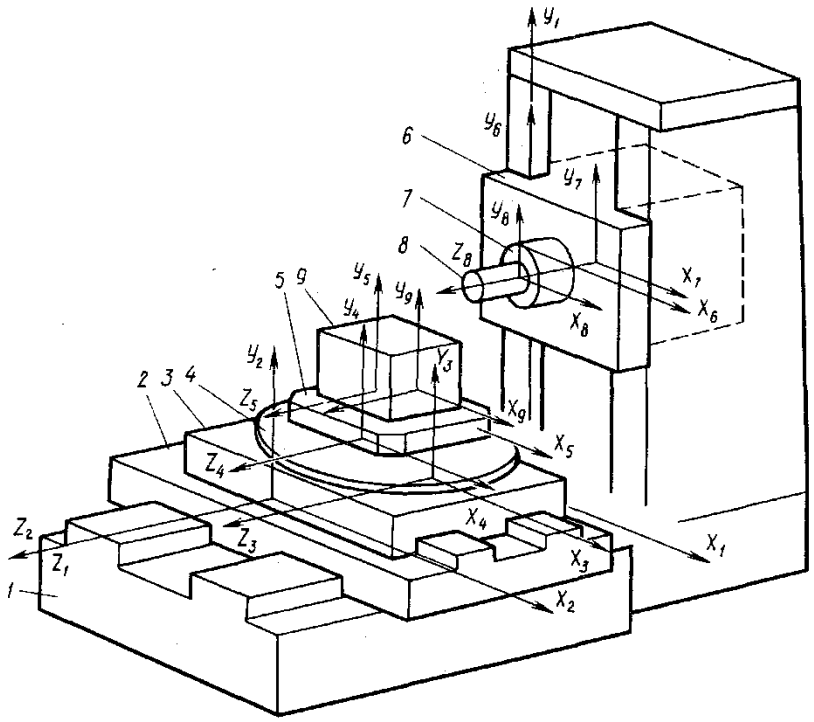
ω_y vektorunun təşkiledicilərində işarələnmə yerləşdirmə xətasının parametrlərinin formalaşdığı bazanı göstərir: (yer) - yerləşdirmə; (yön) – yönəldici; (day) – dayaq.

Dəzgahın fəza texnoloji ölçülü zəncirlərinin müəyyənləşdirməsi məsələsi onun qovşaqları və detallarınının koordinat sistemləri arasındakı ölçü əlaqələrini müəyyənləşdirməkdən ibarətdir. Şəkil 2-də çoxməqsədli frez-işyonuş dəzgahının hissələri və qovşaqlarının koordinat sistemləri göstərilmişdir. Dəzgahın yönəldiciləri üzərində qurulmuş koordinat müstəviləri dəzgahın baş (əsas) $O_1X_1Y_1Z_1$ koordinat sistemini təşkil edir. Bu koordinat sisteminə nəzərən texnoloji sistemin digər qovşaqlarının $(i = 1 \ldots 9)$ və detallarının $O_iX_iY_iZ_i$ koordinat sistemləri bazalaşdırma ardıcıllığı üzrə yerləşir.

Fəza ölçü zəncirlərinin təşkiledici bəndləri $\boldsymbol{k_1}$ vektorlardır ki, bunların da hər biri müvafiq olaraq köməkçi bazaların və ya dəzgahın müəyyən detal və ya qovşağlarının icraedici səthlərinin $(\boldsymbol{oxyz})_I$ koordinat sistemlərinin vəziyyətlərini onun $(\boldsymbol{OXYZ})_i$ əsas bazalarına nisbətən təyin edir.

Beləliklə, fəza təşkiledici bəndlər aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

nominal üzrə: $$\boldsymbol{k_i = (A_i, B_i, C_i, \lambda_i, \beta_i, \gamma_i)} \quad \textbf{(9)}$$



Şəkil 2. *Çoxməqsədli dəzgahın qovşaqlarının və detalların koordinat sistemləri [3]: 1-dəzgahın çatısı; 2 – uzununa stol; 3 – eninə stol; 4 - dönən stol; 5 – sputnik; 6 – şpindel aşığı; 7 – dəzgahın şpindeli; 8 – kəsici alət; 9 – emal olunan pəstah*

sapmalar üzrə: Δ_{ki}^{Y} yuxarı sapma - $\Delta_{ki}^{Y} = (\Delta_{Ai}^{Y}, \Delta_{Bi}^{Y}, \Delta_{Ci}^{Y}, \Delta_{\lambda i}^{Y}, \Delta_{\beta i}^{Y}, \Delta_{\gamma i}^{Y})$,

Δ_{ki}^{A} aşağı sapma - $\Delta_{ki}^{Y} = (\Delta_{Ai}^{Y}, \Delta_{Bi}^{Y}, \Delta_{Ci}^{Y}, \Delta_{\lambda i}^{Y}, \Delta_{\beta i}^{Y}, \Delta_{\gamma i}^{Y})$,

müsaidələr üzrə:

$$\boldsymbol{T_{ki} = \Delta_{ki}^{Y} - \Delta_{ki}^{A}} \quad \textbf{(10)}$$

$$\boldsymbol{T_{ki} = (T_{Ai}, T_{Bi}, T_{Ci}, T_{\lambda i}, T_{\beta i}, T_{\gamma i})} \quad \textbf{(11)}$$

Texnoloji ölçü zəncirinin qapayıcı bəndi $\boldsymbol{k_\Delta}$ vektorudur. Bu vektor detalın alınan səthinin və onunla bağlı olan $\boldsymbol{oxyz}$ koordinat sisteminin onun texnoloji bazalarına nisbətən ($\boldsymbol{OXYZ}$ sisteminə nisbətən) vəziyyətlərini xarakterizə edir.

$$\boldsymbol{k_\Delta = (A_\Delta, B_\Delta, C_\Delta, \lambda_\Delta, \beta_\Delta, \gamma_\Delta).} \quad \textbf{(12)}$$

$\boldsymbol{k_\Delta}$ vektorunun elementləri detalın $\boldsymbol{A, B, C}$ xətti ölçülərini $\boldsymbol{X, Y, Z}$ oxları istiqamətində və onların səthlərinin üç koordinat müstəvisində $\boldsymbol{\lambda, \beta, \gamma}$ nisbi dönmələrini təyin edən altı müstəvi ölçü zən-

cirinin qapayıcı bəndlərini təmsil edir. Bu zəncirlərin təşkiledici bəndləri detalın xətti və bucaq ölçülərinin alınmasını müəyyənləşdirən dəzgah detallarının və alətin ölçüləri və nisbi dönmələridir [4].

$k_1, k_2, k_3, \dots, k_i, \dots, k_n$ matrislər dəsti bloklarının sayı texnoloji zəncirin n bəndlərinin sayına uyğun olan texnoloji sistemin $K = |k_i|$ blok matrisini meydana gətirir.

Qovşaqların və detalların dəzgahın baş koordinat sistemində vəziyyətlərini matris düsturu üzrə hesablamaq olar:

$$D = H \cdot K, \tag{13}$$

Bu düsturu açıq şəkildə belə yazmaq olar:

$$\begin{vmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_7 \\ D_8 \\ D_9 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} H_{11} & & & & & & & & 0 \\ H_{21} & H_{22} & & & & & & & \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} & & & & & & \\ H_{41} & H_{42} & H_{43} & H_{44} & & & & & \\ H_{51} & H_{52} & H_{53} & H_{54} & H_{55} & & & & \\ H_{61} & 0 & 0 & 0 & 0 & H_{66} & & & \\ H_{71} & 0 & 0 & 0 & 0 & H_{76} & H_{77} & & \\ H_{81} & 0 & 0 & 0 & 0 & H_{86} & H_{87} & H_{88} & \\ H_{91} & H_{92} & H_{93} & H_{94} & H_{95} & 0 & 0 & 0 & H_{99} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \\ k_6 \\ k_7 \\ k_8 \\ k_9 \end{vmatrix}$$

Burada,

Çatı	D_1
Karetka	D_2
Stol	D_3
Dönən stol	D_4
Sputnik	D_5
Şpindel aşığı	D_6
Şpindel	D_7
Alət	D_8
Detal	D_9

H - elementləri H_{ij} blok çevrilmə matrisləri olan qovşaq və hissələrin $O_iX_iY_iZ_i$ koordinat sistemlərinin dəzgahın $O_1X_1Y_1Z_1$ əsas koordinat sisteminə gətirilməsini təmin edən operator matrisidir.

Qovşaq və hissələrin bazalaşdırma ardıcıllığının təhlili göstərir ki, sputnikin pəstah ilə mövqeyi bir bəndlər qrupu tərəfindən müəyyən edilir:

$$i = 1, 2, \dots, d, (d = 5),$$

Kəsici alətin mövqeyi isə başqa bir bəndlər qrupu tərəfindən müəyyən edilir:

$$i = 6, \dots, p, (p = 8).$$

Beləliklə, (13) ifadəsinin hər bir sətri müəyyən bir bəndin mövqeyini (vəziyyətini) xarakterizə edən əmələ gətirici vektorların cəmidir. Məsələn, kəsici alətin (barmaq frezinin) işçi

səthlərinin vəziyyəti aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$D_8 = H_{81}k_1 + H_{86}k_6 + H_{87}k_7 + H_{88}k_8 ,$$

Emal olunan detalın vəziyyəti isə belə hesablanılır:

$$D_9 = H_{91}k_1 + H_{92}k_2 + H_{93}k_3 + H_{94}k_4 + H_{95}k_5 + H_{96}k_6,$$

Əgər i bəndlərindən birinin mövqeyini digər bir j bəndə nərzərən vəziyyətini müəyyən etmək lazımdırsa, onda iki vektorun fərqini götürmək lazımdır:

$$D_{ij} = D_i - D_j \quad .$$

Detalın texnoloji bazalarının koordinat sisteminə nisbətən kəsən alətin işçi səthlərinin koordinat sisteminin vəziyyətini təyin edən statik tənzimləmə vektoru D_9 və D_8 vektorları arasındakı fərq kimi hesablanır:

$$k_s = D_9 - D_8 , \quad k_S = (A_s, B_s, C_s, \lambda_s, \beta_s, \gamma_s) , \tag{14}$$

burada A_s, B_s, C_s – kəsici alətin işçi səthlərinin $X_a Y_a Z_a$ koordinat sisteminin detalın $X_d Y_d Z_d$ bazalarına nisbətən vəziyyətini xarakterizə edən xətti koordinatlar;

$\lambda_s, \beta_s, \gamma_s$ - $X_a Y_a Z_a$ koordinat sisteminin $X_d Y_d Z_d$ sisteminə nəzərən dönməsini xarakterizə edən bucaq parametrləridir.

Qapayıcı bənddə statik sazlamanın sapması həm emal olunan detalın $\Delta k_s^{(d)}$ faktiki vəziyyətindən, həm də kəsici alətin $\Delta k_s^{(a)}$ faktiki vəziyyəti və nisbi hərəkətindən asılıdır:

$$\Delta k_s = \Delta k_s^{(a)} + \Delta k_s^{(d)} \quad .$$

Göstərilən $\Delta k_s^{(a)}$, $\Delta k_s^{(d)}$ vektorlarının statik sazlama dəqiqiliyinə təsiri yerləşdirmə növündən və dəzgahın idarəetmə proqramında verilən forma əmələ gətirmə hərəkətlərindən asılıdır.

Dəqiqliyinin təmin edilməsinin üş mərhələsini nəzərə almaqla dəzgahın fəza texnoloji ölçü zəncirinin qapayıcı bəndi yerləşdirmə $k_y = \omega_y$, dəzgahın k_s statik və k_d dinamik sazlanması mərhələlərində formalaşan ümumi sapmanı müəyyən edən $k_\Delta = k_y + k_s + k_d$ vektorudur.

Nəticə. RPİ dəzgahlarında səthlərin yerləşdirmə, texnoloji sistemin statik və dinamik sazlanması mərhələlərində baş verən sapmaların yaranma mexanikasının bazası müəyyən edilmişdir. Nəticədə, proqram-texnoloji həlləri müəyyənləşdirmək və həm idarəetmə proqramlarının işlənməsi mərhələsində, həm də adaptiv idarəetmə sistemləri də daxil olmaqla korreksiyaedici sistemlər tətbiq etməklə mürəkkəb həndəsəli gəmi detallarının konturlarının emalının dəqiqliyinə və məhsuldarlığına nail olunması prosesini idarə etməyə imkan verən tövsiyələrin işlənməsi üçün nəzəri baza yaradılmışdır.

Ədəbiyyat

1. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения/ Б.С. Балакшин. -М.: Машиностроение, -1982. Кн. 1, -288 с., Кн. 2, -268 с.
2. Основы технологии машиностроения: курс лекций / В. В. Морозов [и др.]; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. -Владимир: Изд-во ВлГУ, -2016. -200 с.
3. Проектирование технологии / Баранчукова И.М., Гусев А.А., Краморенко Ю.Б. [и др.]/ Под общей редакцией Соломенцева Ю.М. Учебник для машиностроительных спе-

циальностей вузов. -М.: Машиностроение, -1990. -415 с.
4. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения: /Под общей ред. Ю.М. Соломенцева. -М.: Высшая школа, -1999. -416 с.
5. Юсубов, Н.Д. Алгоритмизация аналитической модели полей рассеяния размеров, выполняемых в многоинструментных многосуппортных наладках // Вестник машиностроения, -2008. № 2. -с. 54-56.
6. Юсубов, Н.Д. Матричные модели точности обработки в одноинструментной токарной обработке // Технология машиностроения, -2009 г. № 1, -с. 41-45.
7. Yusubov, N.D. Matrix Models of the Accuracy in Multitool Two-Support Setup/ Russian Engineering Research 29, -2009. 3, -p. 268-271.
8. Юсубов, Н.Д. Многоинструментная обработка на многоцелевых станках с ЧПУ / Н.Д. Юсубов, Г.М. Багирова// Машиноведение, -2012. № 1, -с. 57-62.
9. Кошин, А.А. Элементы матричной теории точности многоинструментной обработки в пространственных наладках/ А.А. Кошин, Н.Д. Юсубов //Вестник машиностроения, -2013. №9, -с. 13–17.
10. Юсубов, Н.Д. Основы матричной теории точности многоинструментной токарной обработки (Принципы и структура теории, проектирования и управления процессами многоинструментной обработки). Саарбрюккен, Германия: Omni-Scriptum GmbH & Co. KG / LAP LAM-BERT Academic Publishing, -2013. -216 с.
11. Юсубов, Н.Д. Многоинструментная обработка на станках - автоматах токарной группы (Матричная теория точности многоинстументной обработки на современных станках с ЧПУ токарной группы). Саарбрюккен, Германия: AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, -2013. -256 с.
12. Yusubov, N.D. Full factorial matrix models of fields of dispersion of the carried out sizes in multi-tool two-carriage adjustments / N.D. Yusubov, H.M. Abbasova// Brandenburgische Technische Universitatet Cottbus – Senftenberg, Campus Senftenberq, Fakultat Ingenieurwissenschaften und Informatik, 1.Ingenieurtag 2014 am 19.11.2014. BTU.Cottbus-Senftenberq. 4s.
13. Ozturk, E. Tuning of tool dynamics for increased stability of parallel (simultaneous) turning processes / E. Ozturk, A. Comak, E. Budak // Journal of Sound and Vibration. -2016. vol. 360 -p. 17 – 30.
14. Юсубов, Н.Д. Полнофакторные модели точности выполняемых размеров многоинструментной обработки на станках-автоматах токарной группы/ Н.Д. Юсубов, Х.М. Аббасова //Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», -2019. №1, -с. 56–67.
15. Azvar, M. Multi-dimensional chatter stability for enhanced productivity in different parallel turning strategies / M. Azvar, E. Budak // International Journal of Machine Tools and Manufacture. -2017. vol. 123. -p. 116-128. DOI: 10.1016/j.ijmachtools. -2017.08.05.
16. Юсубов, Н.Д. Управление обработкой при многоинструментной двухсуппортной наладке/ Н.Д. Юсубов, Г.М. Аббасова// Вестник машиностроения, -2020. №3, -с. 67-73

Məqalə qəbul olunub: 14.04.2020
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

UOT. 656.6.052

ECDİS-dən İSTİFADƏ ZAMANI NAVİQASİYA AVADANLIQLARININ İŞİNƏ NƏZARƏT

Abbasov E.O., Nəbiyev H.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: abbasovelnur1980@mail.ru, hazi.nabiyev@asco.az

Xülasə. *Dünya okeanının bir çox rayonlarında gəmilərin əksəriyyəti üzmənin təmin olunması üçün Rusiya Federasiyasının Hidroqrafiya idarəsinin nəşr etdiyi dəniz naviqasiya xəritələrindən istifadə edir və tədris prosesində bu vəsaitlər ətraflı öyrənilir. Britaniya Hidroqrafiya İdarəsi rəsmi olaraq gəmilərdə istifadə edilmək üçün dünya okeanı və onun bütün dənizlərini əhatə edən 6000-dən çox İngilis Admirallıq xəritələri çap edir. Bu səbəbdən də məqalə aktual əhəmiyyət kəsb edir.*

Abstract. *In many parts of the world's oceans, most ships use marine navigation maps published by the Hydrographic Department of the Russian Federation to ensure safe navigation, and these publications are studied in detail during the teaching process. The United Kingdom Hydrographic Office officially publishes more than 6,000 British Admiralty maps covering the world's oceans and all its seas for use on ships. For this reason, the article is of actual importance.*

Аннотация. *Для обеспечения навигации во многих частях мирового океана большинство судов используют морские навигационные карты, публикуемые Управлением навигации и океанографии МО РФ и эти карты подробно изучаются в процессе обучения. Британское гидрографическое управление официально публикует более 6000 карт Британского адмиралтейства для использования на судах, охватывающих Мировой океан и все его моря. По этой причине статья является актуальным.*

Açar sözlər: *xəritə, naviqasiya, miqyas, axıntı, dəniz, dərinlik*
Key words*: map, navigation, scale, stream, sea, depth*
Ключевые слова: *карта, навигация, масштаб, течения, море, глубина*

Giriş. 1985-ci ildən başlayaraq gəmi sürücülərinin istifadəsi üçün kağız naviqasiya xəritələrini əvəz edən kompüter faylları şəklində proqram təminatları bazarlara çıxarıldı.

Bir müddət sonra bu qrafiki kompüter fayllarına Elektron naviqasiya xəritələri (ENX) adı verilmişdir. Bu xəritələr məzmununa, quruluşuna və formatına görə dəniz üzgüçülüyünün təhlükəsizliyini təmin edən kartoqrafiya məlumatları və naviqasiyaya aid olan əlavə məlumatlarla təmin olunur.

Format – daşıyıcı məlumatların göstərilməsi, ardıcıllığı və spesifikasiyasından ibarətdir.

İlk illərdə elektron naviqasiya xəritələrini şirkətlər özlərinə məxsus olan texnologiya və formatlarda hazırlayırdılar. Həmin dövrdə bir–birindən fərqlənən iki əsas texnologiya üstünlük təşkil edirdi.

Onlardan biri **Raster** üsulu ilə məlumatların çıxarılması idi. Üsulun əsas mahiyyəti kağız xəritələrdən skaner vasitəsilə məlumatların çıxarılması, tanınması, zəruri dəyişiliklərin edilməsi və elektron fayllar şəklində məlumat bazasının yaradılmasından ibarət idi. Bu üsulla alınan xəritələrə **Raster elektron naviqasiya xəritəsi (RENX)** deyirlər (RENC - Raster Elektronic Navigation Charts). Raster elektron xəritəsi kağız formatda olan dəniz naviqasiya xəritələrinin elektron şəklidir.

Eyni zamanda, kodlaşdırma prinsipindən istifadə etməklə başqa texnologiya inkişaf etməyə başladı. Kağız dəniz naviqasiya xəritəsindən analoq formatda çıxarılan məlumat rəqəmsal formata çevrilir, baza nöqtəsinə nisbətən vektor kimi xəritəyə salınır. Bu üsulla alınan xəritələrə Vektor Elektron xəritələr deyilir (VEX).

Elektron xəritə yaratmaqla bərabər eyni zamanda müxtəlif proqram təminatları hazırlanırdı ki, mövcud məlumatları ekranda təsvir etsin. Belə ki, yaradılan elektron naviqasiya xəritəsi üzərinə istənilən zəruri məlumatları: gəminin yerini, getdiyi kursu və məsafəni, təhlükəli rayonları və məntəqələri salmaq mümkün olsun. Bu cür proqramlara **Chart Plotter** – elektron xəritələrin qrafo quranları deyilir.

Elektron xəritələrdən başqa elektron kartoqrafiya sistemlərinin **(EKS) – Elektronic Chart System (ECS)** inkişafı başladı.

Əsas hissə. Elektron kartoqrafiya sistemlərinin növləri

Elektron kartoqrafiya sistemləri aşağıdakı növlərə bölünür: RCDS, ECD və ECDİS.

Əksər firmalar ECS və ECDİS avadanlıqlarını istehsal edir. Bu tipli avadanlıqlar Raster tipli xəritə rejimində işləyə bilir.

ECS – Electronic Chart Sistem gəmi avadanlığıdır və köməkçi naviqasiya avadanlığı kimi qəbul olunub. Bu elektron kartoqrafiya sistemində vektor tipli xəritələrdən istifadə olunur.

RCDS – Raster Chart Displey Sistemi gəmi avadanlığıdır. Elektron xəritə sistemidir. Gəmiçilikdə Raster tipli elektron xəritədən istifadə olunur.

ECDİS - Electronic Chart Displey and İnformation Sistem konvensiyanın tələblərinə uyğun gəmi avadanlığıdır. Elektron Xəritə Displeyi və Məlumat Sistemində rəsmi olaraq vektor xəritələrdən istifadə olunur.

Sistemlər texniki vasitələrdən və proqram təminatından ibarətdir. Elektron bazanın naviqasiya məlumatlarından istifadə etməklə həmin rayonda gəmi sürücülüyünün təhlükəsizliyinə dair müxtəlif məsələləri həll edir. Bu sistem SOLAS-74 Beynəlxalq Konvensiyasının tələblərinə cavab verir.

ENC – Elektronic navigational chart. Elektron naviqasiya xəritəsi rəsmi təşkilatlar tərəfindən S-57 standartın tələblərinə cavab verən elektron xəritədir.

VNC – Vector navigational chart. Vektor elektron xəritəsi ECS Database İSO 19379 standartın tələlərinə cavab verən elektron xəritədir.

SENC – System Elektronic navigational chart. Dənizçilər tərəfindən əlavə edilmiş o, cümlədən başqa mənbələrdən qəbul olunan məlumatları saxlayır və ECDİS formatında xəritələrə əlavə olunur.

Beynəlxalq tələblərə görə ECDİS blokunun əsas komponentinə mütləq aşağıdakı elementlər qoşulmalıdır:

- Gəminin yerini təyin edən sistem (GPS);
- Girokompas;
- Laq;

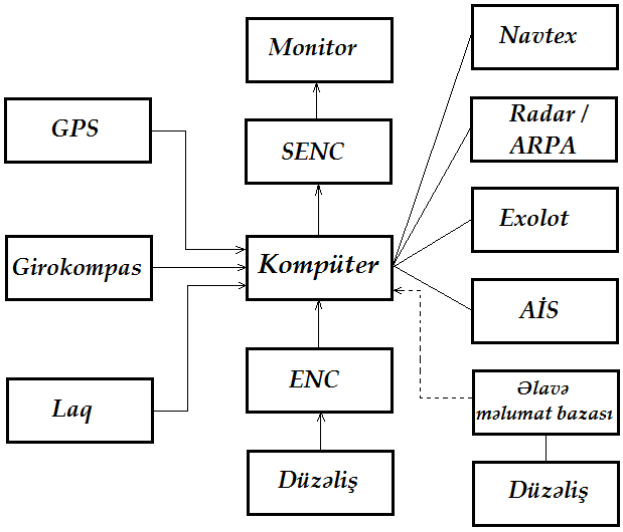
Digər vericilərin olması sifarişçi şirkətin istəyindən asılı olur.

ECDİS istehsal edən şirkətlər digər naviqasiya avadanlıqlarının sistemə qoşulmasını nəzərdə tutaraq əlavə girişlər qoyurlar.

Kartoqrafiya sistemləri əsasən müxtəlif məsələləri qısa müddətdə həll etmək qabiliyyətinə malikdirlər ki, bu da gəmi sürücülərinin işini asanlaşdırır.

Əlavə naviqasiya məlumatları (qabarma, axıntı, limanlar haqqında, meteoroloji məlumatlar, lotsiya və s.) ECDİS–də göstərilə bilər.

Gəmi dənizdə olan zaman gəmi sürücüləri lazımı naviqasiya məlumatlarının qəbul edilməsinə nəzarət etməlidirlər. Sistemin imkanlarını nəzərə almaqla gəmi sürücüləri lazımı məlumatları qeyd etməklə naviqasiya məsələlərini qeyd edirlər.

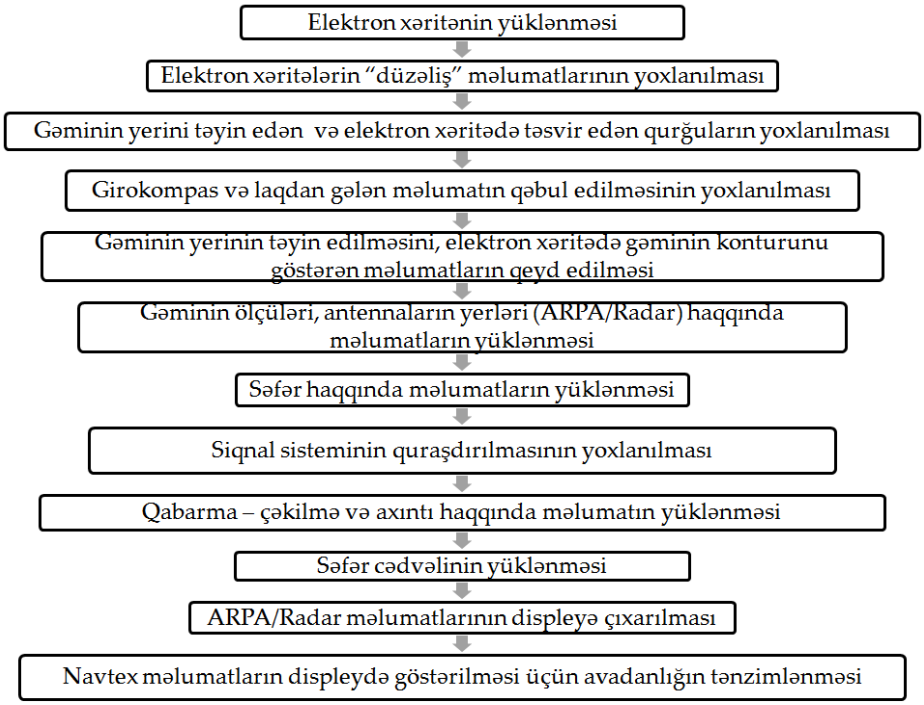


Şəkil 1. *ECDİS blokunun əsas komponentləri*

Naviqasiya məlumatlarını ötürən qurğuların yoxlanması və tənzimlənməsi.

Üzgüçülüyün təhlükəsizliyinin təmin edilməsində naviqasiya avadanlıqlarının yoxlanmasına və tənzimlənməsinə baxaq. Şəkil 2-də zəruri məlumatların yüklənməsi və əsas vericilərin yoxlama alqoritmi göstərilib.

Gəmi dənizdə üzdüyü zaman kurs və sürət haqqında məlumat GPS-dən alınmış məılumatla müqayisə olunmalıdır.



Şəkil 2. *Sistemə məlumatların yüklənməsi və əsas vericilərin yoxlama alqoritmi*

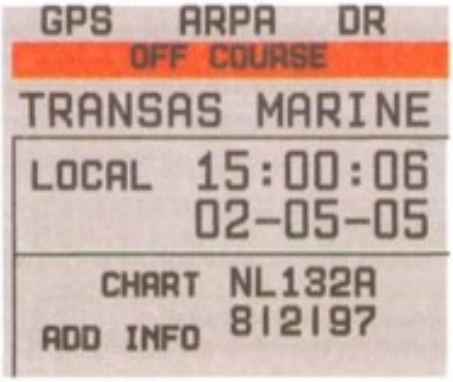
Naviqasiya vericilərinin işinə nəzarət.

Əvvəl qeyd olunmuşdur ki, tələblərə görə ECDİS-ə girokompas və laq qoşulmalıdır. Əlavə məlumatlar üçün ARPA, Radar, AİS, exolot və s. elektro naviqasiya cihazlarının vericilərinin

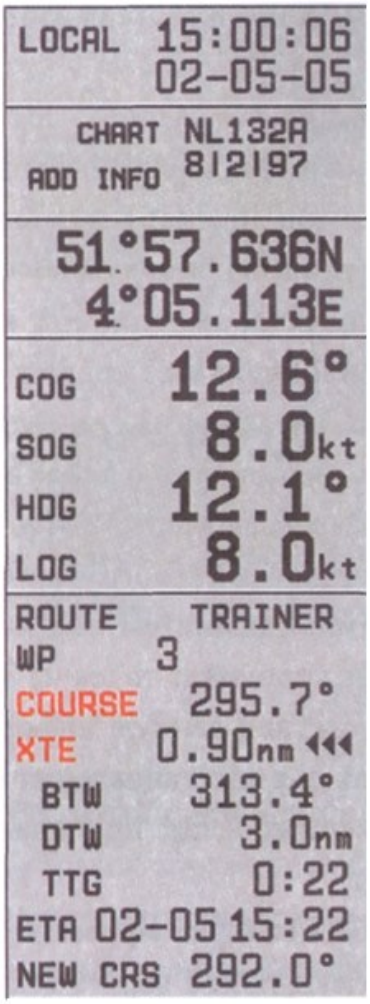
qoşulması isə sistemin işini çətinləşdirməməlidir. İES standartlarına görə ARPA, Radar və AİS qoşulmasına xüsusi tələblər qoyulur.

Naviqasiya məlumatları qəbul olunarkən ekranda görünməli, daxil olmadıqda isə siqnal sistemi işə düşməlidir və avadanlığın nasazlığı aşkar edildikdə, məlumatın düzgün olmaması qeyd olunmalıdır.

Gəmi sürücüləri naviqasiya avadanlıqlarından məlumatın sistemə daxil olmasına daima nəzarət etməlidirlər. Onlar texnika sıradan çıxarsa, zəruri tədbirlərin görülməsinə hazır olmalıdırlar. Belə halda təhlükəsizliyin təmin edilməsi üçün, klassik naviqasiya üsullarından istifadə etmək lazımdır.



Şəkil 3. *Gəminin təyin olunan kursdan çıxmasını xəbərdar edən siqnal edilməsi*



Şəkil 4. *Avtomatik rejimdə verilən məlumatlar*

Konvensiya tələb edir ki, sistematik səhvləri aradan qaldırmaq üçün gəminin yerinin təyin edilməsi müxtəlif üsullarla nəzərdə tutulur. Burada üstünlük Peyk Naviqasiya Sistemlərinə verilir. Lakin gəminin yerinin vizual üsullarla, Radardan istifadə etməklə, açıq dənizdə astronomik üsullarla təyin edilməsi, PNS-lərinin köməyi ilə təyin olunmuş yerin etibarlı olduğunu təstiq edilir.

Kartoqrafiya sistemi ancaq baş vermiş hadisəni qeyd edir, gəmi sürücüləri isə müxtəlif nasazlığı və ya hansı səhvlər buraxıla bilməsi, o cümlədən insan faktorunu nəzərə almaqla öncədən tədbirlər görə bilərlər.

Kartoqrafiya sistemləri naviqasiya cihazlarının işləməsinə, o cümlədən "kurs" və "sürət" parametrlərinə daim nəzarət edir.

Əsas və ehtiyat ECDİS sistemlərinin eyni zamanda işldilməsi, birinin digərinin işinə nəzarət etməsinə və çatışmamazlıqların vaxtında aşkar edilməsinə imkan verir.

Məcburi şərtlərdən biri gəminin yerini təyin etdikdən sonra əl üsulu ilə yerin qeyd olunmasıdır. Gəminin "kurs" və "sürət" parametrlərinin əl üsulu ilə çəkilməsindən sonra naviqasiya çəkilişin aparılması mümkün olmalıdır. Şəraitdən asılı olaraq "avtomatik" və ya "əl" üsuluna üstünlük verilir.

Səfər zamanı naviqasiya məsələlərinin həlli

Səfər zamanı real halda yüklənmiş marşrutun məsələlərini həll edir. Onları iki növə bölmək olar:

- kartoqrafik sistemlə avtomatik həll olunan məsələlər;
- sifarişlə həll olunan məsələlər;

Gəminin dönmə nöqtəsinə çatması, yeni kursa yatması və yol boyu məsləhətlər avtomatik olaraq həll olunur.

Şəkil 4-də Elektron xəritədə də avtomatik rejimdə təqdim olunan məlumatlar qeyd olunub. Bu məlumatlar sistemə əlavə sifariş olunmadan verilir. Belə məlumatlara gəminin kursu, sürəti, yeri və s. aiddir. Gəmi sürücülərinin diqqətini cəlb etmək üçün gəminin təyin olunmuş kursdan aralanması qırmızı rənglə göstərilir. Kurs xəttindən uzaqlaşmanın səbəbi təyin edildikdən sonra, bu problem aradan qaldırılmalıdır.

Sifarişə görə gəminin təyin olunmuş nöqtəyə gəlmə vaxtı təyin edildikdə hansı sürətlə getməsi hesablana bilər.

Səfərin planlaşdırılması və naviqasiya çəkilişinin aparılması imkanı ECDİS-ə qoyulan əsas tələblərdən biridir. Gəmi sürücüləri səfər zamanı gəminin yerinə nəzarət etməlidirlər və ehtiyac olarsa lazımı düzəlişlər edilməlidir.

Nəticə. Radardan qəbul olunan məlumat elektron xəritəyə salındıqda oriyentirlər üst-üstə düşmədikdə, gəminin yeri təyin olunmalıdır və fərqlənmənin səbəbi aradan qaldırılmalıdır.

Buna bir çox hallarda səbəb GPS-dən alınan məlumatların düzgün tənzimlənməməsi və ya GPS koordinatında differensial düzəlişlərin olmaması da ola bilər. Digər üsullarla gəmini yerinin təyin edilməsi mümkün olduqda lazımı düzəliş aparılır.

GPS-in koordinatorunda edilən düzəlişlər şəkil 5-də göstərilib. GPS-in koordinatorunun qarşısında qeyd olunan üçbucaq gəmi sürücüsü tərəfindən gəminin yerinə düzəlişin aparılmasını göstərir.



Şəkil 5. *GPS-in koordinatorunda edilən düzəlişlər*

Əgər hər hansı səbəbə görə cərəyan itərsə, 45 saniyə ərzində başqa mənbəyə qoşularaq səfər barədə bütün məlumat və həll olunan məsələlər sistemi yenidən işə salanda bərpa olunacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Əliyev, Ç.M. Dəniz naviqasiyasının texniki vasitələri. Dərslik. / Ç.M. Əliyev, E.O. Abbasov - Bakı: ADDA, -2014. -207s.
2. Əliyev, Ə.S. Gəmi sürücülüyü hidrometeorologiyası. / Ə.S. Əliyev -Bakı: -2007. -338s.
3. Морская навигационная техника. Справочник. /-Санкт-Петербург: "Элмор", -2012г. -с.220.
4. Abbasov, E.O. İstismar prosesində exolotlarda yaranan xətaların araşdırılması / E.O. Abbasov A.T. Rəhimov //ADDA-nın Elmi əsərləri, -Bakı: -2010. №1, -s.42-45.

Məqalə qəbul olunub: 05.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.614

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕЦИИ РАЗВИТИЯ И АНАЛИЗ РИСКОВ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Беседина Е.Л., Кузнецов И.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: besedinaconsulting@gmail.com ivan@supercargo.su

Аннотация. *В статье рассматриваются экономические и транспортные риски рынка крупногабаритных перевозок в 2018-2020 гг., приводится динамика изменения рынка, оценивается текущее состояние рынка. Исследуется изменение крупногабаритного рынка, в условиях появления новых грузопотоков и доминирующих регионов, данного рынка анализируется ожидаемые измерения. В заключении указываются потенциальные угрозы для рынка и прогноз его дальнейшего развития.*

Abstract. *The article examines the economic and transport risks of the large-sized transport market in 2018-2020, provides the dynamics of market changes, assesses the current state of the market. The change in the large-sized market is investigated, in the conditions of the emergence of new cargo flows and dominant regions, the expected measurements of this market are analyzed. In the conclusion, the potential threats to the market and the forecast of its further development are indicated.*

Xülasə. *Məqalədə 2018-2020-ci illərdə böyük nəqliyyat bazarının iqtisadi və nəqliyyat riskləri araşdırılmışdır, bazar dəyişikliklərinin dinamikası təhlil edilmişdir, bazarın mövcud vəziyyəti qiymətləndirilmişdir. Böyük ölçülü bazardakı dəyişiklik araşdırılmış, yeni yük axınlarının və dominant bölgələrin meydana gəlməsi şəraitində bu bazarın gözlənilən nəticələri təhlil edilmişdir. Sonda iqtisadiyyat üçün potensial təhdidlər və gələcək inkişaf proqnozu göstərilmişdir.*

Ключевые слова: *крупногабаритные грузы, морские порты, тенденции*
Key words: *oversized cargo, seaports, trends*
Açar sözlər: *böyük ölçülü yüklər, dəniz limanları, tendensiyalar*

Введение. В числе важнейших факторов определющих развитие рынка морских перевозок является международный экономический рост и рост рынка морских перевозок. Согласно данным Организации Объединенных Наций экономический рост в период 2017-2019 гг. составил 2-4% в год. С учетом прогнозируемого роста международной экономики на уровне 2-3% в год, в период 2020-2024 гг., можно прогнозировать рост рынка морских перевозок на 5-6 % в год. Морские перевозки крупногабаритных грузов составляют неотъемлющую часть рынка морских перевозок, в связи с чем рост рынка данных перевозок прогнозируется на уровне 3% в ближайшие годы. Основанием для данного прогноза является возросший спрос на энергетические станции возобновляемой энергии на рынках Средней Азии и Африки и, сохранившийся рост на Европейском и Американском рынках. Таким образом для обеспечения спроса важным фактором является развитие и расширение транспортной инфраструктуры, развитие флота и портов. По оценкам специалистов рост спроса на перевозку крупногабаритных грузов составил 5,5% в 2018 году и 6,4% в 2019 году.

При этом, несмотря на рост рынка крупногабаритных перевозок и рост потенциальной прибыльности данного сектора перевозок, в то же время возрастают и риски для всех участников. Это обусловлено политической ситуацией, к примеру торговая война крупнейших рынков поставок-Китай и крупнейшего рынка потребления-США. Дополняет трудности ра-

боты и развития рынка также трудоемкость каждой перевозки крупногабаритного груза и возрастающая нестабильность транспортных потоков, обусловленная быстрым развитием новых рынков и товаров, классифицируемых как негабаритный груз.

Методы и Материалы. При планировании и организации крупногабаритных морских перевозках клиент будет вынужден пользоваться услугами не только морских перевозчиков, но и морского, речного и автомобильного транспорта. В том числе, неотъемлимой частью данного вида перевозки будет перегрузочный комплекс, так как крупногабаритный груз трубует особого внимания со стороны экспедиторов и специально подготовленной инфраструктуры. В связи с вышеперечесленным, общая стоимость перевозки зависит от множества факторов, зависящих от стоимости и доступности услуг каждого элемента всей цепочки перевозок.

Для проведения оценки современного состояния рынка морских крупногабаритных перевозок в настоящей статье в качестве научного метода для проведения исследования выбран метод анализа данных, а также метод формализации результатов.

Результаты. 2019 г. является крайне удачным для рынка крупногабаритных перевозок. После значительного спада в период с 2014 до 2016 г. продолжились тенденции по восстановлению объемов перевозок, которые начались в 2017 г. В 2019 г. объем международных крупногабаритных перевозок показал наибольший рост с 2013 г., который составил 3,5%.

Несмотря на то, что данный уровень ниже роста в период 2010-2011 гг.(6,8%), показанный уровень роста внушает оптимизм и доказывает потенциал данной логистической отрасли. Рынок крупногабаритных перевозок неразрывно связан с инвестициями в основной капитал. Во многом это обусловлено тем, что основной грузопоток включает стратегические объекты. Ввиду сложности конструкций объектов инфраструктуры и ограниченности производственных мощностей энергетических комплексов, объекты такого вида неразрывно связаны с государственными инвестициями [1]. На рисунке 1 приведена динамика роста рынка крупногабаритных грузов в зависимости от инвестиций в данный сектор по оценке Росстата и M.A. Research:



Рисунок 1. *Зависимость роста рынка крупогабаритных перевозок от Инвестиций (2011-2019)*

Динамика ценообразования на рынке крупногабаритных перевозок впервые за многие годы показало рост. Рынок показывает постепенное восстановление после резкого падения в 2014 году. На рисунке 2 приведена динамика рыночного индекса рынка крупногабаритных перевозок по оценке Drewry forecast:

Катализатором к возобновлению роста рынка стал рост спроса и новые инвестиции в сферу чистой энергетики на Европейском рынке. Таким образом новая стратегия Германии,

Бельгии и Голландии по переходу на чистую и возобновляемую энергию до 2030 года подняло спрос на ветряные мельницы. Следовательно, это повлияло на рост импорта крупногабаритных грузов в Европе.



Рисунок 2. *Динамика рыночного индекса 2012-2021*

Основными экспортерами элементов для энергетической промышленности являются Индия и Китай, которые способствует развитию рынка крупногабаритных грузов. Очевидно, что рост спроса на данную продукцию в Европейской части мира оказывает влияет и на глобальный рынок перевозок. Рисунок 3 показывает подтверждение роста экспорта из портов Индии крупногабаритных грузов морем:

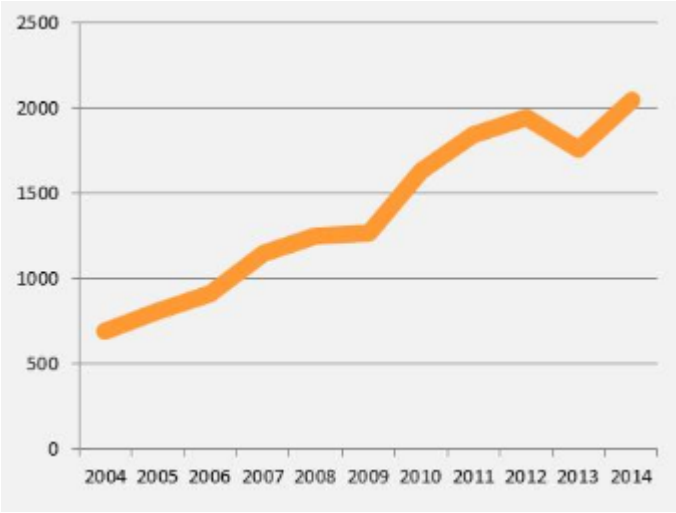


Рисунок *3. Рост экспорта крупногабаритных грузов в Индии (2004-2014)*

В свою очередь Индия, в отличие от других экспортеров является и крупнейшим импортером крупногабаритных грузов. За 2018-2019 гг. более 30 % общего рынка крупногабаритных грузов было доставлено в Индийские порты, такие как порт Ченнай, в которым было выгружено крупногабаритных грузов общей стоимостью более 100 миллионов долларов США. Наибольшую долю по негабаритным грузам было выгружено в порту Кришнапатнам,

что составило 400 миллионов долларов США, и показало удивительный рост в 10% по сравнению с 2017-2018 гг.

Главной причиной данного роста, является интересы США, и других стран в организации производственных центров в Индии, как альтернативы Китайскому рынку. Так, за последние годы своих крупнейшие заводы в Индии были построены такими компаниями, как Tesla, Amazon и Apple. Для ускорения строительства данных заводов использовалось технология модульного строительства, которое является как правило крупногабаритным и подразумевает перевозку крупных модулей и их дальнейшую сборку на месте.

Также важными игроками на рынке крупногабаритных перевозок в роли поставщиков играют США, Япония и Китай. В общей сложности за прошлый год отправивших грузов на общую стоимость более 600 миллионов долларов США. Что составляет около 40 % от общей доли рынка, и показывает прирост за 2019 календарный год на 3% [2]. Рост данных рынков на данный момент связан не только с энергетической промышленностью, но и с изменениями в судостроительной сфере, связанными с защитой окружающей среды, и изменениями в регулировании начиная с 2020 года [5].

Обсуждение. В данный момент весь международный рынок морских перевозок подвергается серьезному давлению. Это связанно в первую очередь с напряженностью на международной политической арене, к примеру санкции США по отшению к Китаю, что повлекло перенаправления грузопотоков как экспортного, так и импортного рынка. Таким образом, грузопоток между США и Китаем существенно снизился, как это показано на Рисунке 4.

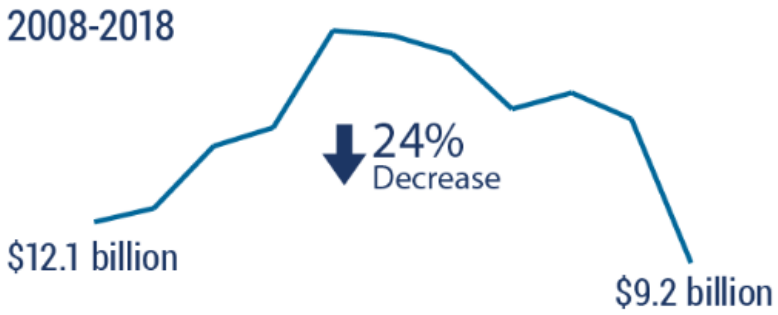


***Рисунок** 4. Изменение экспорта между США и Китаем 2008-2018 гг.*

Крупногабаритные перевозки, как неотьемлимая часть международных перевозок, безусловно также подверглись влиянию этого давления. В данной связи их направленность сильно изменилось от Китая в направлении Индии, что в свою очередь не повлияло на Европейский рынок.

Более стабильным к политической ситуации выглядит Европейский рынок, но в свою очередь он, как и мировой рынок может пошатнуться от новых правил по защите окружающей среды IMO 2020. Которые заключаются в ограничении на использование тяжелых видов топлива, к примеру IFO. Так как большая часть флота для тяжеловесных грузов было построено в 1990-2000 гг., флот требуется обновить или модернизировать для соответствия новым требованиям, что займет определенное количество времени и может существенно повлиять на ценообразование рынка.

Также значительную роль сыграет и политическая ситуация в мире. Рынок крупногабаритных перевозок будет сильно зависеть от рынков потребления и ограничений со стороны политики.

Заключение. В заключение необходимо сказать, что существенных изменений на рынке крупногабаритных перевозок в 2020 г. по сравнению с 2019 г. не ожидается. Существенное влияние на сложившуюся ситуацию оказывает долгосрочность большинства проектов,

связанных с крупногабаритными перевозками. В среднем продолжительность проектов составляет от 3 до 5 лет.

Также спрос на продукцию, которая осуществляется с помощью крупногабаритных перевозок, существует по всему миру и несмотря на давление, цепь поставок может менять грузопотоки, без существенных потерь для рынка.

Наиболее существенное влияние оказывает новые правила по защите окружающей среды, так как неизвестно в настоящее время насколько сильное влияние окажут новые правила на судовладельцев, экспедиторов и клиентов. Эти нововведения могут повлечь за собой существенные изменения в ценообразовании рынка логистических услуг в сегменте крупногабаритных перевозок, так необходимость обновления флота и переоборудования судов, (к примеру, установка скрубберов или новые установки для снижения выбросов) подразумевают под собой огромные финансовые вложения.

Литература

1. Исследование рынка крупногабаритного и тяжеловесного груза: [Электронный ресурс] /URL: https://content.sciendo.com/configurable/contentpage/journals$002fttj$002f13$002f1-$002farticle-p51.xml
2. Обзор морского транспорта за 2019 год ЮНКТАД.
3. Годовой отчет о развитии Морского транпорта. Класификационное сообщество DNV GL: [Электронный ресурс]/ URL: https://annualreport.dnvgl.com/2018
4. Обзор морского транспорта за 2018 год. ЮНКТАД.
5. План развития Международного транспорта IMO 2020-2030: [Электронный ресурс]/ URL: http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx
6. Скруг, В.С. Цифровая экономика и логистика // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. -2018. №5, -с.138-142.
7. Рукинов, М.В. Векторы технологических трансформаций и перспективы безопасного развития экономики России в условиях нового технологического уклада // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. -2020. с.7-15.
8. Карикова, Н.Г. Актуальность применения профессиональных стандартов в логистике. / Н.Г. Карикова, О.В. Матушевич // Экономика и бизнес: теория и практика. -2019. -3 с.
9. Бразовская, Я.Е. Правовое регулирование международной перевозки грузов в морском сообщении // Проблемы экономики и юридической практики. -2011. №5, -с. 42-45.
10. Владимирова, А.С. Логистика, виды логистики и глобальные системы / А.С. Владимирова, Ю.И. Василюк // Актуальные вопросы экономических наук. -2016. -5 с.
11. Галин, А.В. Выбор рациональной стратегии в оперативном управлении доставкой грузов: методическое указание к выполнению курсового проекта // ГМА им. адм. С.О. Макарова. -2012.
12. Данилов, Д.Ю. Инновационная логистика в России / Д.Ю. Данилов, П.Е. Трофимова, А.В. Агалакова // Решетневские чтения. -2018. -с.385-386.

Məqalə qəbul olunub: 09.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.212

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ РОЛКЕРНОЙ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-ПАРОМНЫХ СООБЩЕНИЙ

Казимиренко Ю.А., Егольников А.А.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Николаевский колледж транспортной инфраструктуры
Украина, г. Николаев, пр. Героев, 9
E-mail: u.a.kazimirenko@gmail.com

Аннотация. *В статье рассмотрено новое направление в решении научно-технической проблемы эксплуатации и технического обслуживания железнодорожно-паромных сообщений. Впервые разработана модель функционирования ролкерной транспортно-технологической системы для железнодорожного парома, реализованная с помощью новой информационной системы. Результаты работы могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ на объектах железнодорожно-водного сообщения, судостроительных и судоремонтных предприятиях.*

Abstract*. The article considers a new direction in solving the scientific and technical problems of operation and maintenance of railway and ferry connection. A new model of the functioning of the roller transport and technological system for a railway ferry has been developed; it has been implemented using a new information system. The results of the work can be used in carrying out of the research at the objects of railway and water communication, shipbuilding and ship-repair enterprises.*

Xülasə. *Məqalədə dəmir yolu-bərə əlaqələrinin istismarı və texniki xidmətlə bağlı elmi-texniki problemin həllində yeni bir istiqamət nəzərdən keçirilir. Məlumat sistemindən istifadə edərək dəmir yolu-bərə üçün rolker nəqliyyat və texnoloji sisteminin model funksiyasının hazırlanması həyata keçirilmişdir. Əldə olunmuş nəticələrdən dəmir yolu və su nəqliyyatı obyektlərində, gəmiqayırma və gəmi təmiri müəssisələrində tədqiqat işlərinin aparılmasında istifadə edilə bilər.*

Ключевые слова: *железнодорожные паромы, техническое обслуживание, ролкерная транспортно-технологическая система, информационная система*

Key words: *railway ferries, maintenance, roller transport and technological system, information system*

Açar sözlər: *dəmir yolu bərələri, texniki xidmət, rolker nəqliyyat və texnoloji sistemi, məlumat sistemi*

Постановка проблемы. Развитие государственной инфраструктуры основано на тесной взаимосвязи разных видов транспорта [1]. В работах [2, 3] авторами отмечены перспективы применения транспортно-технологических систем доставки грузов, развитие которых способствует дальнейшей интеграции Украины в Европейско-азиатском транспортном направлении. Несмотря на высокую стоимость организации морских паромных сообщений, применение железнодорожных паромов позволяет ускорить процесс грузооборота, существенно сократить стоимость погрузочно-разгрузочных работ и складских расходов.

Железнодорожные паромы (ролкеры или суда типа «Ro-Ro») – специализированные суда гражданского флота с горизонтальным способом погрузки и выгрузки, используются в линейном и трамповом судоходстве [2]. Технологии их обработки направлены на более эф-

фективное и широкое укрупнение грузов и включают в себя операции накатывания вагонов и их крепление при загрузке, раскрепление и выкатывание при выгрузке.

Повышению конкурентоспособности паромных перевозок в Украине посвящены работы [2-5], в которых решение проблемных вопросов рассматривается с использованием логистических подходов. Однако авторами не учитываются структура и интермодальность ролкерных транспортно-технологических систем, в состав которых входят паромные суда, подъездные железнодорожные пути, береговые устройства для подачи подвижного состава на паром и вывода его с парома [2, 6].

Особенностью эксплуатации объектов железнодорожно-водного сообщения (припортовых железнодорожных и паромных станций, железнодорожных паромов) является синхронизация управляющих действий железнодорожных подъездных путей и автоматизированной работы морских портов [7]. Анализ современного состояния припортовых транспортных узлов Украины [2-5, 7-9] показал необходимость усовершенствования работы устройств железнодорожной автоматики, внедрения систем технического диагностирования и мониторинга, что непосредственно связано с исследованиями объектов обмена информацией между железнодорожными подъездными путями и загрузкой паромов.

Цель работы – исследование возможности повышения эффективности технического обслуживания транспортно-технологических систем железнодорожных паромов на основании принципов синхронизации управляющих действий железнодорожных подъездных путей и автоматизированной работой паромных переправ. Для этого необходимо решить **задачи**, связанные с исследованиями процессов функционирования ролкерных транспортно-технологических систем железнодорожного парома, моделирования ситуации повышения их эффективности и разработкой новой информационной системы обмена информации при техническом обслуживании.

Исследование процессов функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожного парома. С позиций системного анализа [10] ролкерная транспортно-технологическая система (ТТС) представляет собой сложную систему с многозвеньевой структурой и их нелинейной обратной связью, где любое из звеньев (суда-паромы, береговые устройства для подачи подвижного состава, железнодорожные пути для обработки подвижного состава и его накапливания перед подачей на паром, подъездные железнодорожные пути) можно рассматривать как самостоятельную систему с принципиально новыми свойствами. Наряду с высокой скоростью погрузки/выгрузки вагонов, снижением себестоимости обработки грузов, отсутствием необходимости в использовании специально оборудованных механизированных причалов и проч., ролкерные ТТС ограничены в полезной загрузке паромов из-за большого веса железнодорожных вагонов. Кроме того, окупаемость паромных перевозок зависит от сокращения времени нахождения судна в порту (паромной станции), а следовательно, и от степени организации работ с подвижным составом на подъездных путях и их загрузкой на паром.

Одним из показателей эффективной эксплуатации ролкерной ТТС является *срок оборота вагонов* [11] – для паромных перевозок представляет собой время между окончанием приемосдаточных операций при приеме вагонов со станции примыкания и их окончанием при загрузке на паромное судно. Эффективность обслуживания ролкерных транспортно-технологических систем определяется *резервами ускорения оборота вагонов на железнодорожных паромах* – качественного показателя, зависящего от технического уровня обслуживания подвижного состава, электрификации, оснащенности средствами и системами автоматизации, уровня подготовки и квалификации кадров. Кроме того, на ускорение оборота вагонов влияет сокращение простоев вагонов в припортовой зоне, своевременная подача информации об их подходе и загрузке, что требует максимальной совмещенности во времени операций работы железнодорожной автоматики и работы диспетчера паромной переправы.

Моделирование ситуации повышения эффективности функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожного парома. Постановка задачи, характеристика, методы решения и краткое описание модели приведены в таблице 1.

В качестве целевой функции выбран срок оборота вагонов, для чего в ее математическом описании по формуле (1) учтены показатели норм нагрузки вагонов на палубу судна

$$t_{ов} = \sum_{j=1}^{m} t_n = \sum_{j=1}^{m} \frac{\sum_{i=1}^{i<n} X_{ji}}{N_{ji}} \to \min , \quad (1)$$

где $t_{ов}$ – срок оборота вагонов – целевая функция модели; t_n – время обработки палубы; x_{ji} – количество вагонов на палубе; N_{ji} – норма нагрузки каждого из вагонов на палубу судна; m – число палуб.

Таблица 1

Характеристика и описание модели

Характеристика модели	**Описание**
Название	Модель функционирования транспортно-технологической системы железнодорожного парома
Назначение	Повышение эффективности эксплуатации железнодорожных паромов за счет усовершенствования организационных работ и технического уровня обслуживания ТТС
Тип судов	Суда типа «Ro-Ro» дедвейтом до 50 т
Вид рейса	Линейный рейс небольшой протяженности, характеризующихся устойчивым грузопотоком
Гипотеза	Повышение эксплуатационной эффективности железнодорожных паромов достигается за счет сокращения срока оборота вагонов и максимальной загрузки железнодорожными вагонами паромных судов
Целевая функция	Минимизация срока оборотов вагонов
Требования к моделированию	Модель должна учитывать максимальную загрузку паромных судов с учетом особенностей рейса, автоматизации процесса загрузки и синхронизации обмена информацией
Реализация модели	Постановка и решение оптимизационной задачи с проектированием новой информационной системы обмена информацией при техническом обслуживании ролкерной ТТС
Методическое обеспечение и математический аппарат	
методы системного анализа [10]	Дискретная оптимизация, реализованная с помощью объектно-ориентированного подхода
принципы максимальной эксплуатационной эффективности судна [12]	Формирование граничных условий модели
Метод баланса масс и баланса площадей [13]	Статистическая задача оптимального планирования загрузки вагонами
Математический аппарат [14,15]	Математический аппарат генетических алгоритмов с постановкой оптимизационной задачи о ранце

В качестве граничных условий выбраны критерии повышения эффективности технического обслуживания ролкерных транспортно-технологических систем:

$$\Phi_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = true$$
$$\Phi_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \overline{P}$$
$$\Phi_3(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \overline{S} \quad (2)$$

$$\Phi_4(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \bar{\tau}$$
$$\Phi_5(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \bar{d}_{onm}$$
$$\Phi_n$$

где $\Phi_1\left(x_{1j}, x_{2j}, \ldots, x_{mn}\right)$ − критерий надежности устройств железнодорожной автоматики: параметрами функции являются показатели устройств железнодорожной автоматики (рельсовых цепей, стрелок, светофоров). Исправная работа устройств железнодорожной автоматики должна обеспечивать синхронизацию управляющих действий на подъездных путях и автоматизированную загрузку/выгрузку вагонов на судно;

$\Phi_2\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right)$ – функция, определяющая последовательность загрузки вагонов в соответствии с условиями рейса, что связано с эксплуатационными требованиями минимальных сроков пребывания паромов на стоянках;

$\Phi_3(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ – функция, характеризующая условия рейса: протяженность, глубину акватории, метеорологические условия. Так, например, непостоянный уровень воды и переменная осадка парома затрудняют переход от путей, расположенных на берегу, к путям на пароме;

$\Phi_4\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right)$ – функция синхронности действия, определяющих во времени передачу через информационную систему сведений о железнодорожных вагонах и работу диспетчера паромной станции;

$\Phi_5\left(x_1, x_2, \ldots, x_n\right)$ − функция проверки прочностных характеристик судна при его полной загрузке;

Φ_n – другие функции модели, определяющие особенности загрузки или эксплуатации судна, например, подачу вагонов на отдельные пути или боковой крен судна.

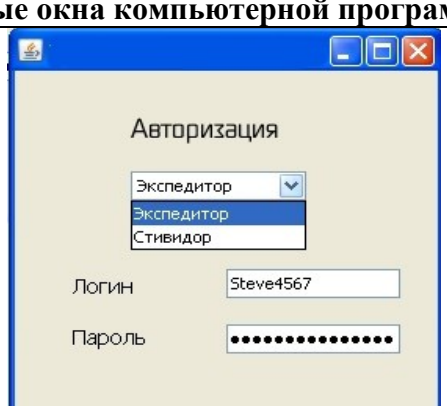
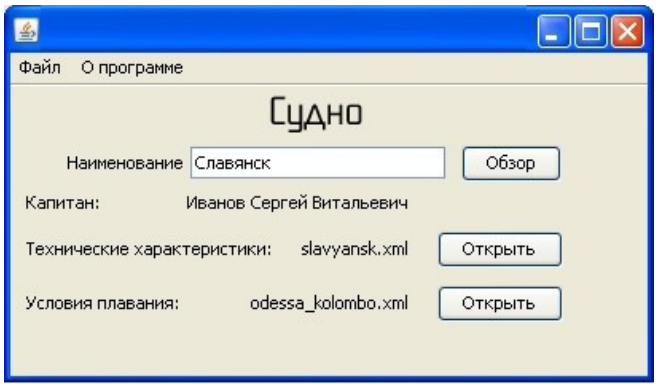
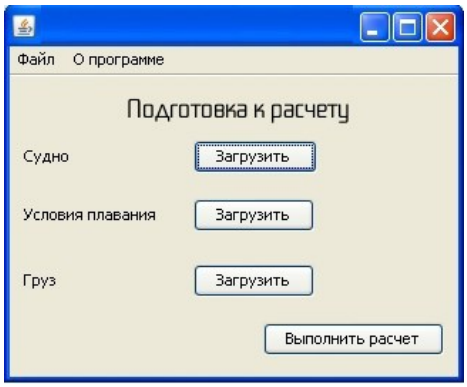
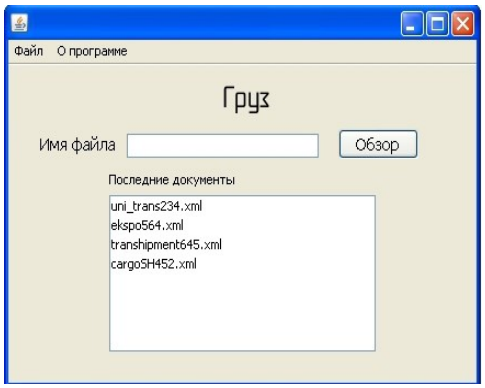
Разработка и реализация информационной системы. В основу проектирования информационной системы положены теория принятия решений [16] и объектно-ориентированный подход [17], позволяющие решать поставленные задачи на иерархическом уровне с использованием одного языка программирования, для чего авторами выбрана программная платформа Java [18]. Информационная система имеет блочную структуру, состоящую из блоков: сбора данных устройств железнодорожной автоматики на подъездных к причалу путях, а также информации о железнодорожных паромах, на которые загружаются вагоны; обработки информации; выполнения расчетов; формирования отчетов с графической интерпретацией информации; корректировки данных в ручном режиме. Теоретические основы проектирования информационной системы детально были рассмотрены авторами в работе [19]: в основу проектирования структуры положены принципы минимального дублирования данных и упрощения процедур их обработки и обновления, надежности и корректного реагирования на возможные нестандартные ситуации. Дальнейшие исследования связаны с ее апробацией и реализацией на практике. Клиентская часть системы управления базами данных (СУБД) связывает интерфейс пользователя с базой данных, как это наглядно показывает система окон (таблица 2).

Разработанная информационная система способствует внедрению гибких форм организации вагонопотоков и их загрузки на паром.

Перспективы дальнейших исследований связаны с апробацией разработанной модели функционирования ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожных паромов и новой информационной системы обмена информацией на объектах железнодорожно-водного сообщения.

Таблица 2

Главные окна компьютерной программы для работы с пользователями

Главные окна компьютерной программы	**Функциональная характеристика**
	***Окно авторизации*** **–** предоставляет каждому из пользователей возможность быстрого поиска данных, их сравнения, сортировки по датам, названиям документов, а также просмотра полной информации, представленной в виде электронного журнала. При этом ввод новой информации и ее редактирование выполняется только администратором.
	***Окно просмотра данных о судне*** – диалоговое окно, с помощью которого пользователь может получить информацию о железнодорожном пароме или другом какомлибо судне. Информация поступает из базы данных диспетчерской порта и содержит данные о технических характеристиках судна, условиях его плавания и капитане.
	***Окно подготовки к расчету*** – предназначено для выполнения быстрых расчетных операций по подбору железнодорожных вагонов для загрузки парома с учетом условий его плавания. В опции «выполнить расчет» реализована предложенная авторами модель, где пользователь имеет возможность выбирать тип расчета (преобразование массы в нагрузку, расчет деформаций и т.д.); при изменении исходных параметров расчет можно перезапустить.
	***Окно корректировки данных о загружаемых вагонах*** **–** предназначено для получения развернутого компьютерного анализа с целью принятия решений работниками службы движения, сигнализации и связи железнодорожной службы совместно с диспетчерской службой паромной переправы относительно поступления вагонов и их загрузки на паром.

** Названия судов и имена вымышлены.*

Научное и практическое значение полученных результатов.

Работа представляют собой новое направление в решении научно-технической проблемы эксплуатации и технического обслуживания транспортно-технологических систем железнодорожно-паромных сообщений и является междисциплинарным исследованием, направленным на развитие методологических подходов к систематизации и обмену информацией как необходимой составляющей мониторинга. Полученные результаты могут быть использованы при выполнении научно-исследовательских работ на объектах железнодорожно-водного сообщения (паромных переправах, припортовых железнодорожных станциях), а также на судостроительных и судоремонтных предприятиях.

Выводы

1. Проанализированы процессы функционирования ролкерной транспортно-технологической системы: отмечено, что повышения эксплуатационной эффективности железнодорожных паромов возможно за счет усовершенствования организационных работ и технического уровня обслуживания ТТС.

2. Предложена новая модель функционирования ролкерной транспортно-технологической системы, в основу разработки которой положена классическая задача о ранце, реализованная с помощью математического аппарата генетического алгоритма с минимизацией целевой функции, в качестве которой принято время оборота вагонов.

3. Разработана и реализована новая информационная система обмена информацией при техническом обслуживании ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожных паромов, в основу проектирования которой положены принципы синхронизации управляющих действий железнодорожной автоматики на подъездных путях и автоматизированной работы паромных переправ.

Литература

1. Кособокова, Е.Н. О моделировании работы станции обслуживания паромной переправы / Е.Н. Кособокова // Известия Петербургского университета путей сообщения. -2005. №1, -с. 11-18.
2. Ширяєва, Л. В. Аналіз можливостей використання залізничних поромів СК «УКРФЕРІ» для перевезення контейнерів / Л. В. Ширяєва, М. В. Шагіна // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. -2017. №1 (58), -с. 76-89.
3. Бутько, Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів в умовах зростання вантажопотоків/Т.В. Бутько, Т.В. Головко//Збірник наук праць ДонІЗТ.-2006.-с.5-13.
4. Головко, Т. В. Удосконалення процесу взаємодії залізничного та водного транспорту на основі вимог логістики / Т. В. Головко, О. О. Паровик // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, -2014, вип. 146. – с. 66-70.
5. Шелехань, Г. І. Застосування принципів системного аналізу для раціоналізації функціонування припортових вантажних станцій з обслуговування контейнерних потоків // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. –2013. – Вип. 137. -с. 130-134.
6. Милославская, С. В. Транспортно-технологические системы / С. В. Милославская, Ю. А. Почаев. -М.: Изд-во «Альтаир», -2004. -133 с.
7. Альошинський, Є. С. Дослідження етапів розподілу процесу переробки міжнародних вантажопотоків при змішаних перевезеннях / Є. С. Альошинський, С. О. Світлична, Ю. Ю. Виборкова // Технологический аудит и резервы производства: науч. журн. -Х.: Технологический центр, -2013. №4/1(12), -с. 27-33.
8. Шеховцов, О. І. Автоматизоване робоче місце диспетчера залізничних перевезень порту / О. І. Шеховцов // Збірник наук. праць Дон ІЗТ. -2010. №24, -с. 62-68.

9. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций [монография] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. -Днепропетровск, -2015. -269 с.
10. Згуровский, М. З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения: монография / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. Ин-т прикладного системного анализа НАН Украины. – [2-е изд., перераб. и доп.]. -К.: Наук. думка, -2011. -276 с.
11. Економіка залізничного транспорту: підручник / за ред. Ю. В. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. Дніпропетр. Нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. –Дніпропетровськ: -2014. -480 с.
12. Некрасов, В. А. Модель функционирования судна, работающего в режиме последовательных рейсов / В. А. Некрасов, О. В. Панкова // Зб. наук. пр. НУК. -Миколаїв: НУК, -2009. № 1 (424), -с. 57-69.
13. Жилин, П. А. Рациональная механика сплошных сред [Текст] / П. А. Жилин. СПб: Изд-во политехн. ун-та, -2012. -584 с.
14. Gladkov L. A., Kurejchik V. V., Kurejchik V. M. (2004). *Genetic Algorithms*. Rostov-na-Donu: OOO «Rostizdat».
15. Колпаков, Р. М. Верхняя и нижняя оценки трудоемкости метода ветвей и границы для задачи о ранце [Текст] / Р. М. Колпаков, М. А. Посыпкин // Труды ИСА РАН, -2008. Т.2. -с. 137-158.
16. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саатти. -М.: Радио и связь, -1993. -450 с.
17. Иванова, Г. С. Объектно-ориентированное программирование. Учебник. / Г. С. Иванова, Т. Н. Никишкина -М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, -2014. -456 с.
18. Сеттер, Р. В. Изучаем Java на примерах и задачах / Р. В. Сеттер. -М.: Наука и техника, -2016. -240 с.
19. Информационные управляющие системы и технологии. Проблемы и решения: монография // Інформаційна підтримка технічного обслуговування систем залізнично-водного сполучення / Ю.О. Казимиренко, О.В. Дрозд, О.О. Єгольников. -Одесса ОНПУ: «Экология», -2019. -151-161.

Məqalə qəbul olunub: 06.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК: 656.6: 37.09

ПОДГОТОВКА ЭКИПАЖЕЙ СУДОВ «РЕКА-МОРЕ» ПЛАВАНИЯ: ОПЫТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лаврентьева Е.А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: e_lavrentieva@mail.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены особенности подготовки экипажей судов смешанного (река-море) плавания. Показана значимость таких перевозок и состав флота для них, сложность соблюдения квалификационных требований для экипажей при пересечении морского и речного участков водных путей. Систематизированы отличительные особенности и структура образовательного процесса, выявлена взаимосвязь дипломирования при подготовке специалистов для судов смешанного плавания.*

Abstract. *The article discusses the specific qualities of training crews of river-sea ships. It shows the importance of such transportations and the composition of the fleet for them; the complexity of meeting the qualification requirements for crews when crossing sea and river sections of waterways. The distinctive qualities and structure of the educational process are systematized, and the connection relationship between certification and training of specialists for river-sea ship is revealed.*

Xülasə. *Məqalədə qarışıq (çay-dəniz) üzmə gəmilərinin heyətinin hazırlanmasının xüsusiyyətləri müzakirə olunmuşdur. Heyət üçün nəqliyyatın və donanmanın tərkibinin əhəmiyyəti, dəniz və su yollarının çay hissələrini keçərkən ixtisas tələblərinə uyğunluğunun mürəkkəbliyi göstərilmişdir. Qarışıq üzmə gəmiləri üçün mütəxəssislərin hazırlanması zamanı onların diplomlandırılmasında təhsil prosesinin fərqli xüsusiyyətləri və quruluşu sistemləşdirilmişdir.*

Ключевые слова: *судно смешанного плавания, экипаж, дипломирование, подготовка, образовательные стандарты*

Key words: *river-sea ship, crew, certificate of competency, training, educational standards*

Açar sözlər: *qarışıq üzmə gəmisi, heyət, diplom verilmə, təlim, təhsil standartları*

Введение. Суда смешанного (река – море) плавания закрепили свою устойчивую позицию в осуществлении национальных и международных перевозок. В соответствии с российским законодательством судно смешанного (река - море) плавания – это судно, которое по своим техническим характеристикам пригодно и в установленном порядке допущено к эксплуатации в целях судоходства по морским и внутренним водным путям [1].

В Российской Федерации суда смешанного смешанного плавания зарегистрированы в двух регистрах судоходства – морском и речном. В Российском речном регистре судоходства стоят на учете 1793 единицы таких судов, из которых 66% транспортные суда, в составе которых почти 2/3 самоходные. В Российском морском регистре судоходства - 730 судов «река - море» плавания. Таким образом, общее количество судов смешанного плавания составляет 2523 единиц. В стратегических документах развития внутреннего водного транспорта планируется построить еще 490 новых таких судов [2].

В официальной статистике России рассматриваемый вид перевозок отражается в общем объеме перевозок внутренним водным транспортом, при этом перевозки в заграничном сообщении выполняются только судами «река-море» плавания. Относительно небольшая доля международных перевозок (27%) в общем объеме не снижает их значимость, т.к. они обеспечивают специфический грузопоток доставки грузов относительно небольших партий в

порты внутренних территорий государств. В перспективе планируется рост транзитных перевозок грузов по внутренним водным путям и увеличение экспорта транспортных услуг судами смешанного (река - море) плавания, особенно в межнавигационный период.

Показательно использование таких судов в деятельности судоходной компании «Северо – Западное пароходство», которая является крупнейшим перевозчиком в системе водного транспорта России, специализирующимся на экспортно – импортных операциях.

Ежегодный объем перевозок составляет около 5,0 млн. тонн, который практически полностью выполняется судами смешанного плавания грузоподъемностью от 2,2 тыс. т. до 7,0 тыс. тонн [3].

Стремительные процессы технических и технологических изменений, усиливающая конкуренция оказывают существенное влияние на стандарты обучения и профессиональные требования в подготовке специалистов. Возникает пересечение интересов судовладельцев, как работодателей, так и образовательных организаций, осуществляющих подготовку для них персонала.

Судовладельцам необходимы работники, обладающие современными знаниями, практическими навыками и мотивированные на саморазвитие. А образовательные организации должны знать потребность и сроки подготовки специалистов.

Чтобы успешно интегрировать взаимные интересы государства, бизнеса и образования необходимо располагать гибкой современной методической базой, отвечающей вызовам времени и основанной на комплексном подходе.

Основная часть. В соответствии с устоявшейся структурой в судовых экипажах судов смешанного «река - море» плавания выделяется командный состав и судовая команда (рядовой состав). К командному составу относятся судоводители (капитан, помощники капитана), судовые механики (старший механик, механики), судовые электромеханики (старший электромеханик, электромеханики), судовые рефрижераторные механики. К рядовому составу - матрос, моторист, судовой электрик, судовой рефрижераторный моторист, судовой повар.

Особенность квалификационных требований к экипажам судов смешанного плавания тесно связана с условиями их использования, что систематизировано в табл.1.

Таблица 1

Квалификационные требования к экипажам судов смешанного (река-море) плавания

№пп	Условия рейса	Квалификационные требования
1	Международный рейс. Порты погрузки и выгрузки за пределами Российской Федерации	Экипаж судна должен иметь морские рабочие дипломы в соответствии с требованиями Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с действующими поправками.
2	Международный рейс. Один порт находится на территории Российской Федерации	В соответствии с действующими отраслевыми нормативными документами Российской Федерации судоводители могут работать на участках внутренних водных путей с морскими рабочими дипломами при наличии квалификационного свидетельства, подтверждающего их знания правил плавания на внутренних водных путях [4]. Для механиков и электромехаников действуют морские рабочие дипломы, как на морском, так и речном участках пути. На практике судовладельцы для обеспечения безопасности судоходства и снижения рисков аварийности могут привлекать на такие суда судоводителей, имеющих два рабочих диплома: морской и для внутренних водных путей. В отдельных случаях судовладельцы организуют стажировку судоводителей для работы на внутренних водных путях.
3	Судно эксплуатируется исключительно на внутренних водных путях Российской Федерации	Экипажи должны иметь рабочие дипломы в соответствии с Положением о дипломировании членов экипажей судов внутреннего водного транспорта [5].

Второй вариант использования судов (табл.1) вызывает определенные дополнительные затраты для судовладельцев. Например, российское судно выполняет рейс Турку – Петрозаводск, раздел морского участка и участка внутренних водных путей проходит в черте города Санкт – Петербург по Благовещенскому мосту (рис.1). До Благовещенского моста Санкт – Петербурга позиционируется морской участок пути и действует дипломирование для экипажей морских судов, а далее до Петрозаводска – участок внутренних водных путей России, который для судоводителей регламентируется дипломированием для экипажей судов внутреннего водного транспорта или дипломирование для экипажей морских судов с дополнительным сертификатом плавания по внутренним водным путям.

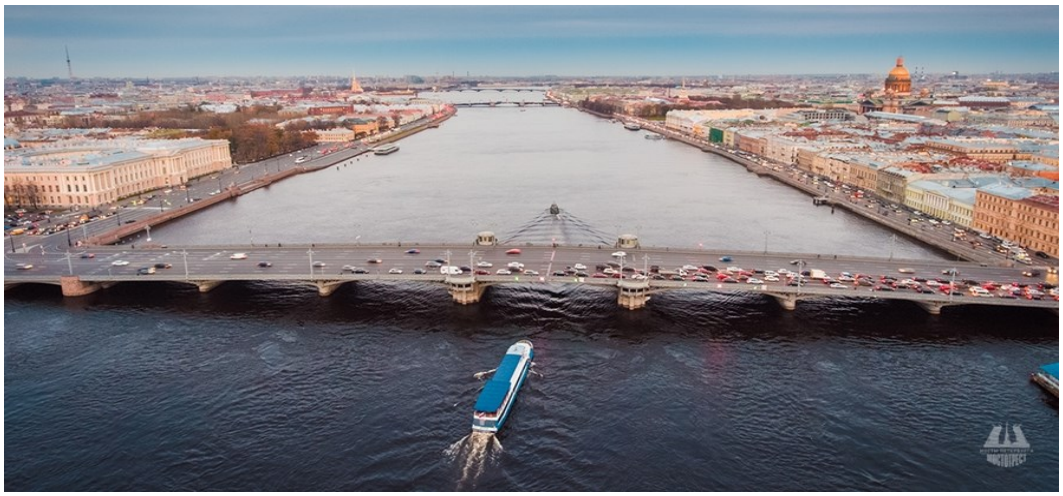


Рис. 1. *Граница морского и речного участка водных путей в г. Санкт – Петербург*

Выводы. Таким образом, объективно возникает необходимость гармонизации образовательного процесса с требованиями по дипломированию работников плавающего состава судов смешанного плавания. Важно подчеркнуть, что современное судоходство, как международное, так и внутреннее, подвержено интеграционным процессам, как в эксплуатации флота, так и в подготовке экипажей судов.

Подготовка экипажей для судов «река - море» осуществляется в Российской Федерации более 50 лет, последовательно и логично входит в общую систему обучения плавсостава, которая базируется на двух приоритетных взаимосвязанных основах: международных требованиях и национальном законодательстве.

Выстроенная на многие годы система подготовки включает три основных уровня образования: профессиональное обучение, среднее профессиональное образование и высшее образование (рис.2). Для всех приведенных уровней образования предусмотрено дополнительное профессиональное образование, которое позволяет получить работникам плавающего состава дополнительные компетенции и новые квалификации.

По общим правилам выпускники получают следующие квалификации:

- по профессиональному обучению - матрос, моторист, электрик судовой, повар судовой;
- по среднему профессиональному образованию - техника и старшего техника. Для судоводителей: техник-судоводитель и старший техник-судоводитель с правом эксплуатации судовых энергетических установок. Для судовых механиков: техник- судомеханик и старший техник – судомеханик. Для судовых электромехаников: техник – электромеханик;
- по высшему образованию - инженер-судоводитель, инженер – механик, инженер – электромеханик.

Кроме того, широко применяется дополнительное профессиональное образование, позволяющее получить новые квалификации для соответствующих должностей на судах.



***Рис. 2**. Система подготовки экипажей судов смешанного (река-море) плавания*

Реализуемые образовательные программы разработаны в соответствии с профессиональными стандартами, в которых с участием судовладельцев отражаются потребности рынка, необходимые трудовые функции [6]. Профессиональные стандарты являются основой для формирования компетенций, которые должны быть освоены в процессе обучения. Они указывают сфере образования на те знания и умения, которые обучающийся должен получить для достижения необходимых на современном рынке труда показателей [7]. Судовладельцам необходимо, чтобы работник обладал компетенциями, позволяющими ему быстро адаптироваться в производственном процессе и гибко реагировать на изменяющиеся технические и технологические условия. Поэтому бизнес настойчиво предъявляет требования к сфере образования по обеспечению кадрами с соответствующим уровнем профессиональных знаний [8].

Важно подчеркнуть, что для обеспечения единых методических подходов обучение осуществляется по государственным образовательным стандартам, в которых закреплены сроки обучения, позволяющие пройти необходимый курс теоретической подготовки и закрепить практические навыки (табл. 2). Под основным общим образованием понимается обучение в течение 9 классов, а под средним общим образованием – 11 классов общеобразовательной школы.

На уровне высшего образования для каждой специальности выделяются специализации, которые отражают особенности подготовки по определенным практико-ориентированным программам.

Для подготовки судоводителей судов смешанного «река-море» плавания в общем образовательном стандарте «Судовождение» предусмотрены специализации «Судовождение на морских и внутренних водных путях» и «Судовождение на внутренних водных путях и в прибрежном плавании с правом эксплуатации судовых энергетических установок». Образовательные программы по этим специализациям отличаются тем, что помимо общих судоводительских навыков курсанты осваивают компетенции работы на внутренних водных путях, включая правила плавания и радиосвязи на внутренних водных путях, гидротехнические сооружения и шлюзование и т.д. В процессе обучения широко применяются тренажеры, в том числе и специализированные для работы на внутренних водных путях.

Таблица 2

Сроки обучения по плавательным специальностям

№пп	Специальность	Квалификация	Базовое образование	Срок обучения
1. Среднее профессиональное образование				
1.1	Судовождение	Техник - судоводитель	Основное общее образование	3 года 10 месяцев
			Среднее общее образование	2 года 10 месяцев
		Старший техник - судоводитель	Основное общее образование	4 года 6 месяцев (проект)
			Среднее общее образование	3 года 6 месяцев (проект)
1.2	Эксплуатация судовых энергетических установок	Техник - судомеханик	Основное общее образование	3 года 10 месяцев
			Среднее общее образование	2 года 10 месяцев
		Старший техник - судомеханик	Основное общее образование	4 года 10 месяцев
			Среднее общее образование	3 года 10 месяцев
1.3	Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики	Техник - электромеханик	Основное общее образование	3 года10 месяцев
			Среднее общее образование	2 года 10 месяцев
2. Высшее образование				
2.1	Судовождение	Инженер-судоводитель	Среднее общее образование	5 лет 6 месяцев
2.2	Эксплуатация судовых энергетических установок	Инженер – механик		
2.3	Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики	Инженер – электромеханик		

При подготовке судовых механиков в образовательный стандарт «Эксплуатация судовых энергетических установок» включены специализации, отражающие компетенции для судов смешанного «река - море» плавания: «Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания» и «Эксплуатация главной судовой двигательной установки».

В образовательном стандарте «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» для подготовки судовых электромехаников используются специализации «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» и «Эксплуатация электрооборудования и средств автоматики объектов водного транспорта».

Морская составляющая образовательных программ интегрирована с положениями Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с действующими поправками, разработанной Международной морской организацией.

Составляющая внутреннего судоходства в образовательных программах тесно взаимосвязана с национальными требованиями по дипломированию экипажей судов внутреннего водного плавания.

Таким образом, образовательный процесс подготовки плавсостава для судов смешанного «река - море» плавания неразрывно связан с международной и национальной системой дипломирования, что обеспечивает, с одной стороны, признание российских дипломов плавсостава для работы международном фрахтовом рынке, с другой – востребованность выпускников у российских судовладельцев. При этом выпускники освобождаются от квалификационных испытаний для получения диплома в течение одного года после окончания обу-

чения, так как освоенные ими компетенции и практические навыки проверяются на выпускных испытаниях в образовательных организациях.

На площадке Комитета по внутреннему водному транспорту Европейской экономической комиссии ООН вопросам подготовки плавсостава судов смешанного «река-море» плавания уделяется большое внимание. Эти суда очень важны для обеспечения перевозок внутри Европы, в частности по рекам Дунай и Рейн. Со стороны государств Дунайского бассейна поступают предложения о необходимости разработки особых требований для экипажей судов. Такой подход требует очень внимательного рассмотрения и глубокой проработки. Важно не допустить избыточности таких требований.

В Российской Федерации, как и в других странах, накоплен значительный опыт подготовки экипажей судов смешанного «река - море» плавания, который будет полезен для выработки общих международных подходов и требований для обеспечения безопасности судоходства.

Литература

1. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации //Федеральный закон от 07.03.2001 N 24-ФЗ (ред. от 02.08.2019).
2. Распоряжение Правительства РФ// от 29.02.2016 N 327-р «О Стратегии развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года».
3. URL: https://www.nwship.com/press-center/news.
4. Приказ Минтранса России// от 15.03.2012 N 62 (ред. от 13.05.2015) «Об утверждении Положения о дипломировании членов экипажей морских судов».
5. Приказ Минтранса России// от 12.03.2018 N 87 «Об утверждении Положения о дипломировании членов экипажей судов внутреннего водного транспорта.
6. Лаврентьева, Е.А. Профессиональные стандарты – платформа для образовательных компетенций // Морское страхование -2014. №2 (17), с.72-73.
7. Лаврентьева, Е.А. Интеграция образовательных и профессиональных стандартов - на службу транспортной отрасли //Транспорт России. Морской и речной транспорта: приложение -2014. №1, -с.67-69.
8. Лаврентьева, Е.А Формирование человеческого капитала в судоходной деятельности //Сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»: 16 сентября –25 октября 2019 г. -СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, -2019. -224с., -с.136-138.

Məqalə qəbul olunub: 06.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК. 627.832

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ НА РАБОТУ ПОВЕРХНОСТНОГО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО ВОДОЗАБОРА

Липин А. А., Рустамова Н. З.

Азербайджанское НПО Гидротехники и Мелиорации
AZ1125, г. Баку, 8-й микрорайон, ул. И. Дадашова, 70A
E-mail: dorian.lipin@gmail.com

Аннотация. *В статье изучено влияние колебаний водной поверхности, вызванные движением судов, на работу поверхностных водозаборов. Обобщены формулы и зависимости для определения волновых колебаний вызванных ветром и движением судов. Рассмотрены типы волновых процессов. Установлено влияние волновых процессов на определение критической глубины.*

Abstract. *The influence of water surface fluctuations caused by the movement of ships on the operation of surface water intakes has been studied. Formulas and dependencies for determining wave oscillations caused by wind and ship traffic are generalized. The types of wave processes are considered. The influence of wave processes on determining the critical depth is established.*

Xülasə. *Məqalədə gəmilərin hərəkətindən yaranan su səthindəki dalğalanmaların yerüstü su anbarlarının işinə təsiri öyrənilmişdir. Külək və gəmi hərəkətinin səbəb olduğu dalğa salınımlarını təyin etmək üçün düsturlar və asılılıqlar ümumiləşdirilmişdir. Dalğa proseslərinin növləri nəzərdən keçirilir. Dalğa proseslərinin kritik dərinliyin müəyyənləşdirilməsinə təsiri müəyyən edilmişdir.*

Ключевые слова: *колебания водной поверхности, водяные волны, поверхностный водозабор, ветер и движение судна*

Key words: *water surface fluctuations, water waves, surface water intake, wind and vessel movement*

Açar sözlər: *su səthindəki dalğalanmalar, su dalğaları, səth suyunun qəbulu, külək və gəmi hərəkəti*

Введение. В практике вода забирается поверхностными водозаборами из динамических водных источников, таких как реки или каналы, на различные цели начиная с мелиорации и заканчивая бытовым водоснабжением и энергетикой. Как правило, водозабор погружен на определенную глубину для обеспечения непрерывного забора воды. Если же глубина погружения недостаточна или поверхность воды колеблется, то образуются вихревые потоки и кавитация. Данный феномен может негативно сказаться на работе водозаборного сооружения. Воздух попавший в систему водозабора может привести к уменьшению производительности, повреждению конструкции, повреждению насосов и увеличению частоты ремонтных работ.

Многочисленные эксперименты были проведены для предотвращения вихреобразования, помещая головную часть водозабора в ограждающую конструкцию, которая теоретически должна предотвращать волновые колебания водной поверхности. Эта ограждающая конструкция имеет форму прямоугольного и цилиндрического железобетонного кессона, который может быть устроен, как в пойме реки, так и возле берега. Однако в этих гидроузлах водозаборный оголовок располагается значительно ниже поверхности воды. Со временем это приводит к засорению оголовка взвешенными наносами. Следовательно, требуются частые очистки решеток и промывки системы, что также нарушает бесперебойность водозабора. Поэтому целесообразно размещать водозаборный оголовок непосредственно под водной поверхностью. При этом возникает вопрос, какая глубина будет достаточной для избежание вихревых процессов. Это зависит от магнитуды колебаний свободной поверхности воды.

Основная часть. Водяные волны и определение их параметров.

В соответствие с *Crapper* [2], *Mei* [10], *Dean and Dalrymple* [4], любое физическое описание водяных волн включает их поверхностную форму и течение ниже поверхности. Волна, которая может быть описана простым математическим условием называется простой волной. Волны, состоящие из нескольких компонентов сложные для описания по форме или движению, называются комплексными (сложными) волнами. Синусоидальные или монохроматические волны являются примером простых волн, так как их поверхность может быть описана простой синусной или косинусной функцией. Волна является периодической, если ее движение и поверхностный профиль повторяется в равные интервалы времени, называемые периодом волны. Форма волны, которая движется горизонтально относительно неподвижной точки называется прогрессивной волной, а направление, в котором она движется называется направлением прогрессии волны. Прогрессивные волны — это волны постоянной формы, если они распространяются без каких-либо изменений.

Рис. 1 отображает параметры простой, прогрессивной волны по мере его прохождения относительно неподвижной точки в реке. Простая, периодичная волна постоянной формы, распространяющаяся по горизонтальному дну, может быть полностью описана: высотой волны *H*, длиной волны *L*, глубиной *d*. Наивысшая точка волны считается гребень, а низшая в свою очередь желоб. Для линейных волн и волн маленькой амплитуды, высота гребня над уровнем поверхности воды и расстояние от желоба до поверхности воды в отдельности считаются равными амплитуде *a*. Поэтому *a=H/2,* где *H*-высота волны. Интервал времени прохождения двух гребней или двух желобов относительно неподвижной точки называется периодом волны *T*. Длиной волны *L* называется горизонтальное расстояние между двумя идентичными точками двух гребней или двух желобов волны.

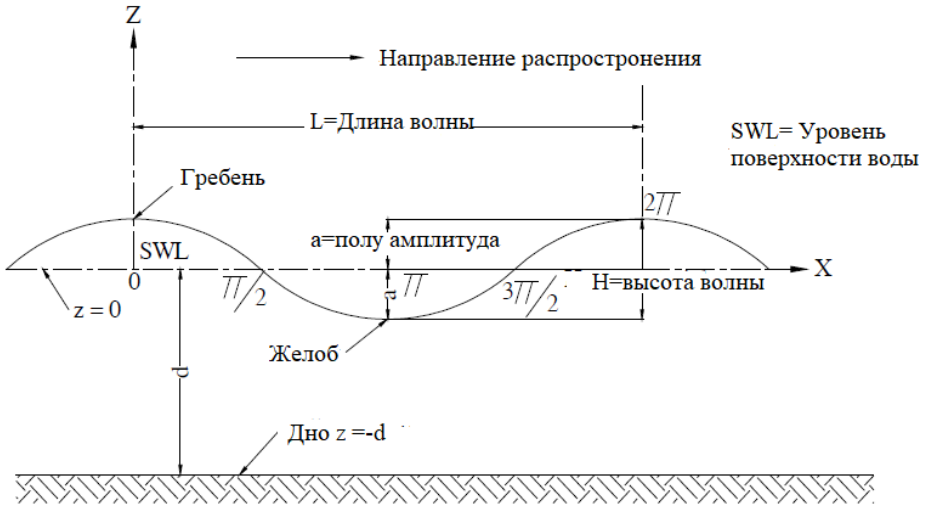


Рис. 1. *Определение параметров водяных волн*

Влияние волн на минимальную глубину погружения поверхностного водозабора (MSD).

Как было упомянуто ранее, водная поверхность всегда испытывает снижение ниже среднего уровня поверхности воды из-за волн, вызванных природными воздействиями и движением судов. Величина колебания может быть представлена как максимальная глубина желоба волны (полу амплитуда *a=H/2)*, прибавленной к критической глубине погружения для получения конечного значения MSD, которое полностью гарантирует избежание образования вихревых процессов. Поэтому критическая глубина погружения MSD_0 , которую необ-

ходимо учитывать при проектирование глубины погружения водозаборной воронки гидроузла, может быть вычислена по следующей формуле:

$$MSD_0 = MSD_i + a \quad (1)$$

где MSD_i- критическая глубина погружения, вычисленная для спокойной поверхности воды;

$$a = a_{(из\text{-}за\ движения\ судов)} + a_{(из\text{-}за\ ветра)} \quad (2)$$

где $a_{(из\text{-}за\ движения\ судов)}$ – полу амплитуда колебания вызванная движением судов; $a_{(из\text{-}за\ ветра)}$ - полу амплитуда колебания вызванная ветром.

Полу амплитуда волны a, приведенная выше, принимается максимальной для самого невыгодного случая, который может произойти в районе строительства водозаборного сооружения.

Прежде всего следует отметить что волны, вызванные движением судов, обычно классифицируются двумя системами: основной и второстепенной. *De Schipper* [3] заявлял, что когда объект (судно) движется по прямому каналу с постоянной скоростью V_s, то вода перемещается от начала объекта за его конец. Локальное ускорение скорости воды по краям корпуса судна, вызывает соответствующие колебания уровня воды вдоль объекта. Этот обратный поток и колебания водной поверхности называются основной системой волны от движущегося объекта.

Поток огибающий объект вызывает градиенты скорости и давления потока. Эти градиенты генерируют маленькие волны, которые распространяются по жидкости, напоминающие брошенный в воду камень. Так как точка возмущения движется, то волны будут пересекаться друг с другом позади судна. Результат результирующей интерференции и есть второстепенная система волны, и может наблюдаться позади судна или любого движущегося объекта в виде V-образной модели как показано на рис. 3.

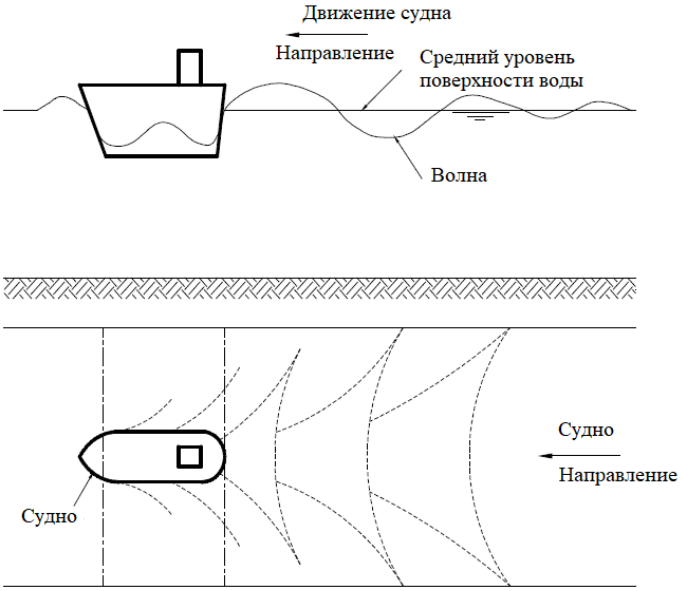


Рис. 2. *Основная и второстепенная система волн от двигающегося судна*

Расчет колебаний, вызванных основной системой волн.

De Schipper [3] утверждает, что основная система волн судна в канале описывается определением колебания уровня воды вдоль судна z_a и соответствующим обратным потоком U_r. Магнитуда этих колебаний может быть вычислена, используя сохранение массы и импульса. Для расчетов удобно использовать новую систему отсчета, в которой принято, что судно не имеет скорости и вода протекает вдоль со скоростью V_s. Это преобразование спра-

ведливо, так как никакой потери энергии не происходит в расчете. Уравнения баланса в этой системе приводят к группе уравнений (принимая не сжимаемость воды).

Баланс объёма:

$$A_c V_s=[A_c-A_s- z_a(B_c-B_s)] (V_s+U_r) \quad (3)$$

Баланс импульса:

$$\rho V_s^2 + \rho g h = \rho \alpha_u (V_s + U_r)^2 + \rho g (h - z_\alpha) \quad (4)$$

В формулах V_s – скорость корпуса (м/с); A_c – площадь поперечного сечения канала (м^2); A_s – площадь поперечного сечения судна (м^2); B_c – ширина канала (м); B_s – ширина судна (м); z_a – уровень колебания воды по бокам корпуса (м); U_r – средний обратный поток по бокам корпуса (м/с); h – глубина воды (м); g – ускорение свободного падения (м/с^2); ρ – плотность воды (кг/м^3); α_u – коэффициент распространения скорости ($\alpha_u = 1.4 - 0.4\frac{V_s}{\sqrt{gh}}$)

Из формулы (4) видно, что уровень колебаний водной поверхности по краям корпуса z_a может быть рассчитан, если известна величина обратного поток по краям корпуса U_r

Lap [8] вывел фундаментальное уравнение движения судна по каналу, определяющее U_r:

$$\frac{V_s}{\sqrt{gh}} = \frac{V_s+U_r}{\sqrt{gh}} \left\{ 1 - K - \frac{\alpha_u \beta}{2} \left[\left(\frac{V_s+U_r}{\sqrt{gh}} \right)^2 - \left(\frac{V_s}{\sqrt{gh}} \right)^2 \right] \right\} \quad (5)$$

где K – безразмерный коэффициент, определяющий геометрию канала и судна необходимый для расчетов $K = \frac{A_s}{Ac}$; β– безразмерный коэффициент, определяемый шириной свободной поверхности $B_{f.s}$ $\beta = \frac{B_{f.s}}{B_c}$

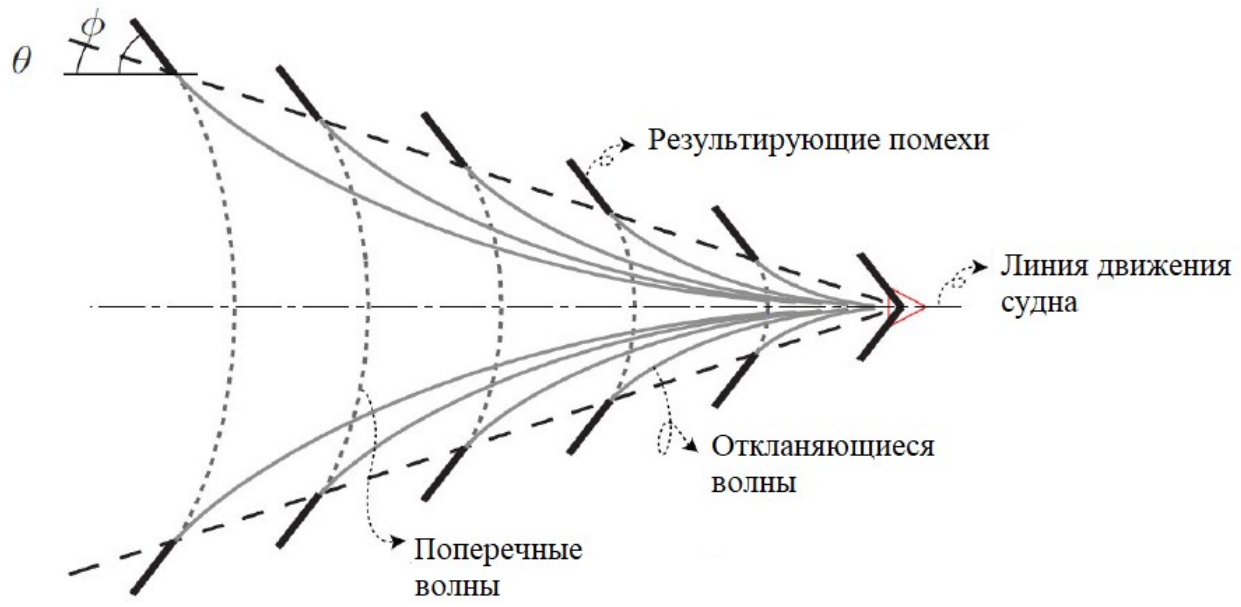


Рис. 3. *Модель второстепенных волн на глубокой воде*

Зная остальные параметры уравнения (5), методом проб и ошибок можно определить значение U_r, которое может быть использовано в уравнение (4) для определения величины колебаний z_a:

$$Z_a = \frac{\alpha_u}{2g}(V_s + U_r)^2 - \frac{V_s^2}{2g} \quad (6)$$

Расчет колебаний, вызванных второстепенной системой волн.

Точное описание модели второстепенных волн было впервые получено Лордом Келвином [14]. На глубокой воде, если число Фрудо $F_{r,d} = \frac{v}{\sqrt{gh}} \leq 0.6$, они имеют одинаковую форму не зависимо от формы и скорости судна. V- модель состоит из отклоняющихся и поперечных волн. Эти волны пересекаются на линии расположенной под $19^0\,\theta$ к линии движения судна, и результирующие помехи образуются на этой линии.

Расчет высоты волны. Расчет высоты результирующих помех был темой многих исследований. Однако не одно из этих исследований не дало конкретной теоретической зависимости между формой корпуса судна и скорость относительно высоты волны. Тем не менее, основываясь на экспериментальной информации, было получено несколько зависимостей. В общем виде высота волны *H* на расстояние *y* от судна является функцией геометрии судна, глубины воды *h* и скорости v.

$$H=f\,(L_s,\, B_s,\, D_s,\, h,\, v,\, y) \quad (7)$$

Результирующие помехи на глубокой воде пропорциональны $y^{-1/3}$, это было математически доказано *Havelock* (1908). Уравнение (8) дает определение результирующих помех, вызванных волнами от движения судна на глубокой воде.

$$\frac{H}{h} = \alpha_1 \left(\frac{y}{h}\right)^{-1/3} \left(F_{r,d}\right)^{\alpha_2} \quad (8)$$

где *H* – высота волны (м); *h* – глубина воды (м); *y* – расстояние до центра судна; $F_{r,d}$ – число Фрудо (должно быть <1 чтобы поток основался докритическим; α_1 – коэффициент формы; α_2 – безразмерный коэффициент отношения высоты волны к числу Фрудо.

В соответствие с уравнением (8) колебания волн на любом расстояние *y* от судна могут быть рассчитаны по формуле:

$$WD_s = \frac{H}{2} = \frac{h}{2}\,\alpha_1 \left(\frac{y}{h}\right)^{-1/3} \left(F_{r,d}\right)^{\alpha_2} \quad (9)$$

Расчет волновых колебаний, вызванных ветром. Имеются несколько формул для расчета высоты волн, вызванных ветром. Модель US Army Corps of Engineers (1984) наиболее широко используется для рек и каналов:

$$WD_w = \frac{H_s}{2} = \frac{1}{2}\text{x}\left[\frac{0.283\ U^2}{g}\right]\text{x tg}\left[0.53\left(\frac{gd}{U^2}\right)^{\frac{3}{4}}\right]\text{x tg}\left\{\frac{0.00565\left(gF/U^2\right)^{1/2}}{\text{tg}\left[0.53\left(\frac{gd}{U^2}\right)^{\frac{3}{4}}\right]}\right\} \quad (10)$$

где *U* – средняя скорость ветра в рассматриваемом районе (м/с); *g* – ускорение свободного падения (м/с^2); *d* – средняя глубина (м); *F* – длина выборки (м) (получаемая из прогноза погоды)

Сравнивая величины волновых колебаний от основных и второстепенных волн, было выявлено что значения второстепенных колебаний всегда выше. Они также имеют серьезное увеличение по сравнению с начальной критической глубиной, следовательно, ими нельзя пренебрегать при расчетах. Волновые колебания, вызванные ветровой нагрузкой должны быть учтены в расчетах не зависимо от их значения, так как они влияют на величину критической глубины.

Выводы. При расчетах критической глубины поверхностных водозаборов должны быть учтены волновые колебания водной поверхности и волны, вызванные ветром и движением судов. Приведенные выше зависимости показывают влияние волновых эффектов на образование вихревых процессов и кавитации при работе поверхностных водозаборов. Было установлено что эффект от второстепенных волн всегда больше чем от основных, следовательно, они всегда должны быть учтены при расчетах критической глубины водозаборных сооружений. Определение абсолютной критической глубины дает четкое представление о глубине установки поверхностного водозабора. В некоторых случаях могут потребоваться мероприятия по углублению дна для достижения необходимой глубины.

Литература

1. Anwar, H.O. *Prevention of vortices at intakes*, *Water Power*, -1968 (October). -pp. 393-401.
2. Crapper, G.D. *Introduction to Water Waves*, John Wiley & Sons, -New York: -1984.
3. de Schipper, M.A. *On the generation of surfable ship waves in a circular pool: Part I*. MSc. Thesis, Delft University of Technology; Delft. Faculty of Civil Engineering and Geosciences Section of Hydraulic Engineering and Environmental Fluid Mechanics. -2007.
4. Dean, R.G. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*// R.G. Dean, R.A. Dalrymple, World Scientific Pub. Co., Teaneck, NJ. -1991.
5. Havelock, T.H. *The Propagation of Groups of Waves in Dispersive Media with Application to Waves on Water Produced by a Travelling Disturbance*// Proceedings of the Royal Society, Series A, Vol. 81, –London: -1908. -pp 398-430.
6. Isbasoiu, E.C., Muntean, T., Safta, C.A. and Stanescu, P. 2005, *Swirling Flows in the Suction Sumps of Vertical Pumps, Theoretical Approach*// Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara, Transactions on Mechanics, Special *Fourteenth International Water Technology Conference, IWTC 14 2010, Cairo, Egypt* 1033 issue, Workshop on Vortex Dominated Flows – Achievements and Open Problems, Timisoara, -Romania: -2005 June 10 – 11.
7. Kocabas, F. 2000, *Effect of circulation on critical submergence of an intake pipe*/F. Kocabas, N. Yildirim //Journal of Hydraulic Research, Vol. 40, -2002. No. 6, -pp. 741-752.
8. Lap, A.J.W. 1954, "*Fundamentals of ship building and propulsion",* International Shipbuilding Progress; Rotterdam.
9. Maritime and Coastguard Agency MCA, 2001, Research Project 457, A Physical Study of Fast Ferry Wash Characteristics in Shallow Water. The Maritime and Coastguard Agency; Belfast.
10. Mei, C.C. 1991, "*The Applied Dynamics of Ocean Surface Waves*", World Scientific Pub. Co., Teaneck, NJ.
11. Stoker, J.J. 1957, Water waves; The mathematical theory with applications. Interscience Publishers. -New York.
12. Verheij, H.P. and Bogaerts, M.P. 1986, Sekundaire scheepsgolven en hun invloed op taludbekleding. Verslag modelonderzoek M1115 deel VI, Delft Hydraulics; Delft.
13. Whitesides, R.W. 2008, "*Practical Considerations in Pump Suction Arrangements*", PDH Course M134, www.PDHonline.org, 2003 – 2008.
14. Stoker J.J. 1957 The Mathematical Theory with Application.

Məqalə qəbul olunub: 06.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə. Rüstəmov

УДК 656.61

СОСТОЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Мазуренко О. И., Русинов И. А.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: mazurenko.olga@gmail.com, RusinovIA@gumrf.ru

Аннотация. *В статье проводится анализ состояния рынка морских контейнерных перевозок в 2017-2019 гг., приводится динамика изменения спотовых ставок фрахта, дается оценка изменению ситуации на рынке работы крупных контейнерных портов. Исследуется изменение контейнерного флота в 2018-2019 гг., анализируются ожидания на рынке, формируется перечень факторов влияния на рынке. В заключении указываются потенциальные угрозы рынка и оценивается степень их значимости.*

Abstract. *The article analyzes the state of the container shipping market in 2017-2019, provides the dynamics of changes in spot freight rates, assesses the changing situation in the market for large container ports. The change in the container fleet in 2018-2019 is studied, market expectations are analyzed, a list of factors influencing the market is formed. In the conclusion, potential market threats are indicated and the degree of their significance is assessed.*

Xülasə. *Məqalədə 2017-2019-cu illərdə dəniz konteyner nəqliyyatı bazarının vəziyyəti təhlil edilmiş, spot yükləmə dərəcələrində dəyişiklik dinamikası göstərilmiş, böyük konteyner limanlarının istismarı üçün mövcud vəziyyət qiymətləndirilmişdir. 2018-2019-cu illərdə konteyner donanmasında baş verən dəyişiklik öyrənilmiş, bazar gözləntiləri təhlil edilmiş, bazara təsir edən amillərin siyahısı formalaşdırılmışdır. Nəticədə bazar üçün potensial təhdidlər göstərilir və əhəmiyyət dərəcəsi qiymətləndirilir.*

Ключевые слова*: контейнеры, морские перевозки, фрахтовый рынок, морские порты, тенденции*

Key words: *containers, shipping, freight market, seaports, trends*

Açar sözlər: *konteynerlər, dəniz daşımaları, yük bazarı, dəniz limanları, tendensiya*

Введение. Основными факторами, которые сегодня определяют динамику рынка морских контейнерных перевозок, являются: рост международной экономики, постепенное расширение грузовой базы и контейнеризация (перевод грузопотоков на перевозку в контейнерах). С учетом сохранения текущего среднегодового темпа роста международной экономики в 1-2% процента, в горизонте 2019-2021 гг. можно прогнозировать рост рынка морских контейнерных перевозок на уровне 7-8% в год. Подробный прогноз возможен с учётом привлечения дополнительной грузовой базы для международных морских контейнерных перевозок. Важным фактором дополнительного привлечения грузов для морских контейнерных перевозок является расширение сервисов линий, складывающаяся экономическая конъюнктура и техническое перевооружение флота и портов. По оценкам международных специалистов доля грузов, которые дополнительно поступили для перевозки в контейнерах морем, составляла в 2017 г. – 6,6% и 7,2% в 2018 г.

Постановка задачи. Значимость контейнерной транспортной системы для клиента заключается в том, что при заказе контейнерной перевозки для организации экспортных или импортных отправок, он пользуется не только услугами морских контейнерных перевозчиков, но использует услуги и иных видов транспорта – автомобильного, железнодорожного,

речного **[6]**. В этой связи для клиента общая стоимость перевозки сильно зависит от стоимости и доступности услуг каждого из исполнителей на всей цепочке перевозки.

На ряде международных направление перевозок морской транспорт и сухопутный транспорт дополняют друг друга, являясь неотъемлемой частью общей перевозки. Для проведения оценки современного состояния рынка морских контейнерных перевозок в настоящей статье в качестве научного метода для проведения исследования выбран метод анализа данных, а также метод формализации результатов.

Анализ полученных результатов. 2018 г. для международного морского контейнерного рынка является достаточно удачным. Продолжились тенденции по восстановлению объемов перевозок, которые начались еще в 2016 г. В 2018 г. объем международного морского контейнера трафика увеличился на 4,7% по сравнению с уровнем 2017 г.

Однако этот уровень ниже темпов роста 2017 г. (+6,3%). Но, несмотря на снижение общих темпов роста объемов международных морских контейнерных перевозок, отрасль получила по итогам 2018 г. операционную прибыль в размере 1 млрд. долларов США. Правда, это всё же ниже прибыли 2017 года – 7 млрд. долларов США **[1]**. На рисунке 1 приведена динамика ставок морского фрахта по оценке Drewry Maritime Research:

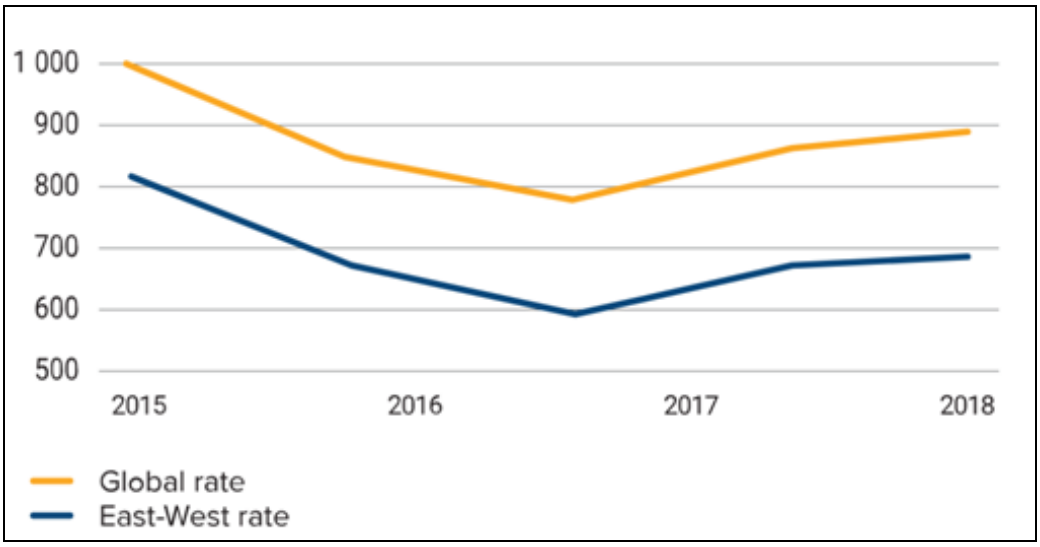


Рис. 1. *Динамика ставок морского фрахта (2015-2018)*

Что касается динамики цен на Морской фрахт, то согласно индексу спотовых ставок (ИСС) ставки на контейнерные перевозки за год увеличились на 2,5% по сравнению с данными за 2017 г. При этом год получился достаточно неравнозначным – первые 6 месяцев ставки были ниже уровня 2017 г., в начале второго полугодия уровень ставок сравнялся с показателями прошлого года, а начиная с середины III квартала 2018 г. уровень ставок вырос на 20% по сравнению с показателями 2017 г. [3] На рисунке 2 и рисунке 3 представлена динамика средневзвешенного спотового индекса:

При этом необходимо отметить, что ставки на перевозки по Тихому океану выросли по сравнению с уровнем 2017 г. ещё раньше, то есть в мае 2018 г.

Катализатором роста ставок стало введение США дополнительных ввозных пошлин на сталь и алюминий, а также внедрение первого пакета заградительных пошлины против Китая общей стоимостью порядка 50 млрд. долларов США в год.

Именно с конца мая по начало июля 2018 г. рынок морских контейнерных перевозок на плече Азия – США переживает значительный рост.

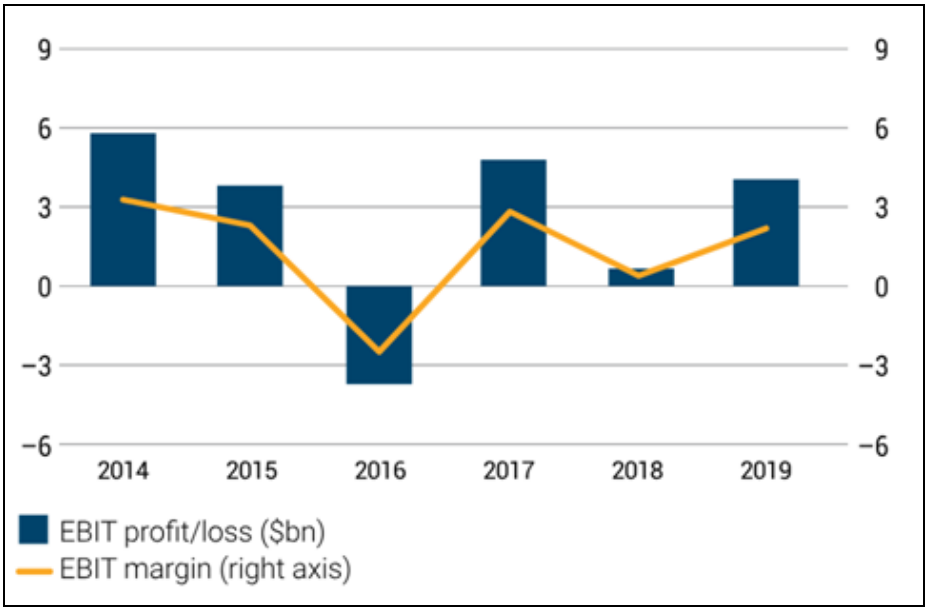


Рис. 2. *Динамика средневзвешенного спотового индекса (2014-2019)*

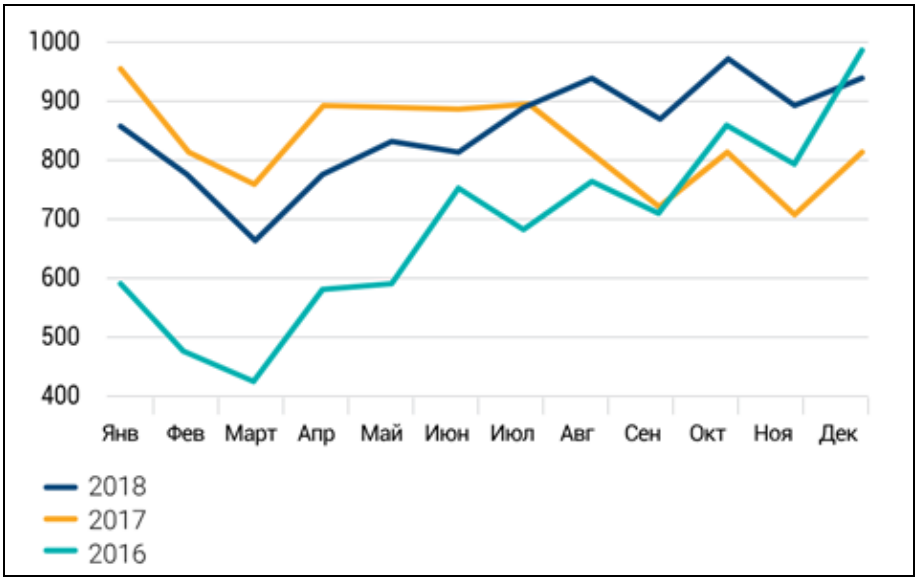


Рис. 3. *Динамика средневзвешенного спотового индекса (2016-2018)*

Что касается транспортных коридоров, связывающих Европу и Азию, а также Северную Европу и Средиземное море, то для них тенденции в 2018 г. были различными. Так на плече Северная Европа – Средиземное море ставки в 2018 г. были ниже, чем в 2017 г. Это хорошо иллюстрирует динамика цен представленной на рисунке 4 – следует отметить значительный перелом направленности в июле:

Требуется отметить еще одно значительное изменение – главным коридором, который связывал Европу и Азию, традиционно являлся маршрут на морские порты севера Европы. В этой связи ставки на морские контейнерные перевозки на этом плече всегда были выше. Однако в 2018 г. ставки на перевозки из Азии в порты Средиземного моря на протяжении 6 месяцев были существенно выше, чем перевозки на порты Северной Европы. Динамика цен на перевозки на плече Азия – Северная Европа представлены на рисунке 5:

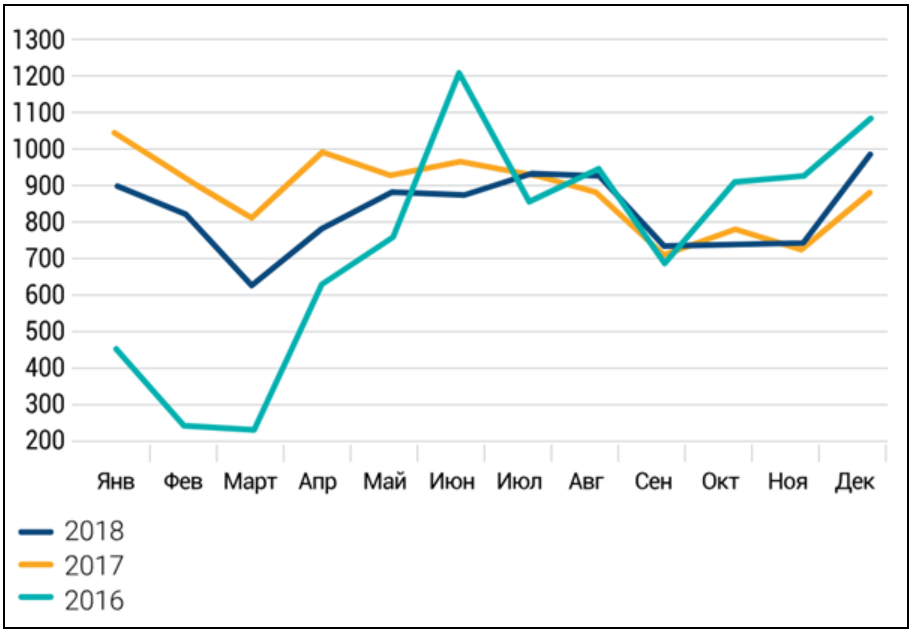


Рис. 4. *Динамика индекса спотовых ставок на порты Средиземного моря (2016-2018)*

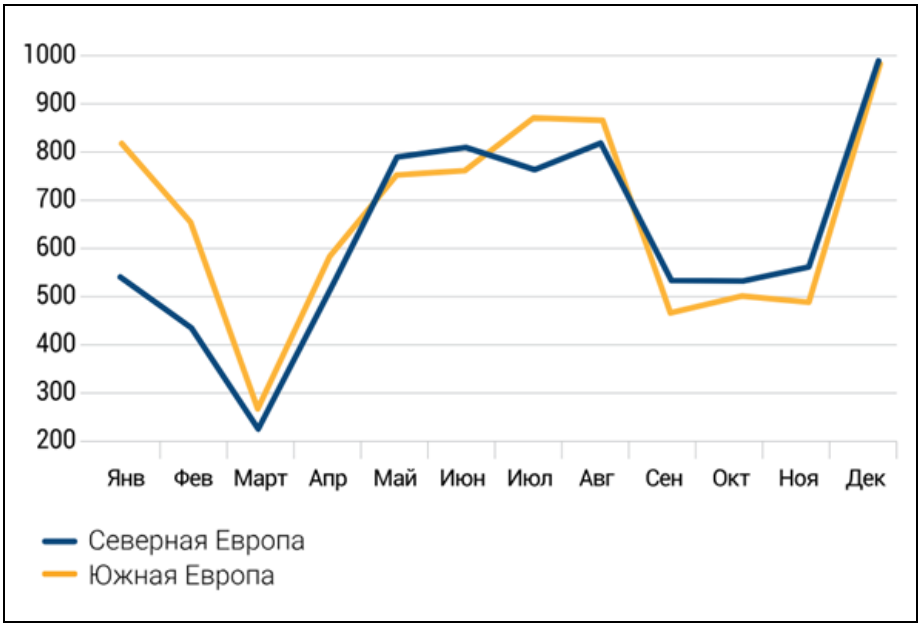


Рис. 5. *Динамика индекса спотовых ставок на порты Северной Европы*

Сложившаяся ситуация говорит о наличии высокого спроса на контейнерные перевозки на данном плече. В этой связи, очевидно, что морские порты Средиземного моря и юга Европы показали более высокие темпы роста по сравнению с традиционными лидерами рынка портовых услуг – портами севера Европы.

Так в 2017 г. самые высокие темпы роста показал морской порт Барселоны – 32%. Однако по итогам 2018 г. он утратил своё лидерство, при этом все же увеличив объемы перевалки на 16%. По итогам 2018 г. порт Барселоны вышел на 7 место в рейтинге крупнейших морских контейнерных портов Европы, при этом обогнав Феликстоу и мальтийский порт Марсашлокк.

Единоличным лидером по росту стал греческий порт Пирей. Контейнерооборот этого порта в 2017 г. увеличился на 20% до 4,4 млн. TEU. Контейнерооборот морского порта Рот-

тердам – самого крупного контейнерного порта Европы, через который проходит практически 1/3 всех контейнерных грузов, за 2018 г. вырос на 5,7% и достиг уровня в 10,8 млн. TEU. Таким образом, суммарный рост на протяжении первого полугодия 2018 г. находился в районе 6%. Достигнутая цифра является следствием замедление рынка к концу 2018 г. Суммарный скромный рост порта Роттердам, а также порта Антверпен летом 2018 г. можно объяснить переориентацией грузов из морских портов Великобритании – Феликстоу и Саутгемптон. Контейнерооборот второго по размеру морского контейнерного порта Европы – Антверпена, в 2018 г. увеличился на 5,5% и достиг уровня в 11 млн. TEU.

При этом общий рейтинг и контейнерооборот портов Европы в 2018 г. не потерпел значительных изменений. Это связано в первую очередь со снижением контейнерооборота морского порта Феликстоу вследствие неудачных попыток внедрения новой системы управления портом.

В Азии, где сейчас работают наиболее крупные контейнерные порты мира, пятерка лидеров значительно изменилась. Возглавляет рейтинг порт Шанхая, который по-прежнему является наиболее крупным портом мира по грузообороту контейнеров. Оборот порта Шанхай вырос на 4,4% и достиг уровня в 42 млн. TEU. Второе место занимает морской порт Сингапур, контейнерооборот порта вырос на 8,7% и достиг уровня в 36 млн. TEU. Порт Нинбо в Китае пошёл в тройку лидеров.

Объём переваренных контейнеров в спорте в 2018 г. составил 26 млн. TEU, значительно увеличившись по сравнению с 2017 г. (24,5 млн. TEU). Порт Нинбо значительно опередил порт Шэньчжэнь, который показал результат в 25,7 млн. TEU. Порт Шэньчжэнь ранее был на третьей строчке рейтинга. В 2018 г. контейнеропоток через порт Гуанчжоу составил 22 млн. TEU, что на 8% больше чем в 2017 году. В результате порт Гуанчжоу занимает пятую строчку рейтинга.

Морской порт Гонконг, грузооборот которого сократился на 5,4%, занимает теперь седьмую строчку рейтинга. Шестую строчку рейтинга сохранил за собой южнокорейский порт Пусан – контейнерооборот этого порта составил 21,6 млн. TEU. Совокупные объемы переработки в порте выросли лишь на 5,8% вследствие отсутствия роста оборота грузов в условиях стагнации экономики Кореи [3]. На рисунке 6 представлена динамика Shanghai Containerized Freight Index:



Рис. 6. *Динамика Shanghai Containerized Freight Index (2017-2018)*

Что касается используемого сегодня контейнерного флота, то его общая вместимость за 2018 г. выросла примерно на 5%. При этом за 2017 год прирост составил порядка 3%. 80% от общей цифры – это контейнеровозы совместимостью более 12000 TEU. По оценкам экспертов за 2018 г. общая вместимость контейнерного флота увеличилась на 1,3 млн. TEU, хотя в 2017 г. был достигнут уровень в 1,1 млн. TEU. При этом темпы утилизации старых судов контейнеровозов остаются крайне низким – за весь 2018 г. из оборота выведено всего 54

судна контейнеровоза. Основная причина столь низкого уровня утилизации старых судов – рост фрахтовых выставок и увеличение спроса на перевозки, которое заставляет компании отложить списание старых судов [2].

Особенно явно это видно на примере сегмента PANAMAX, то есть судов вместимостью от 4000 до 6000 TEU. В начале 2018 г. стоимость их аренды увеличилась примерно в два раза и составляла порядка 10000 долларов США в день. Однако к концу 2018 г. рынок постепенно начал сужаться. В этой связи на I квартал 2019 г. в портах простаивало 20 суда класса PANAMAX, а за первый месяц 2019 года на утилизацию было отправлено 10 судов. Изменение размера мирового контейнерного флота представлено на рисунке 7:

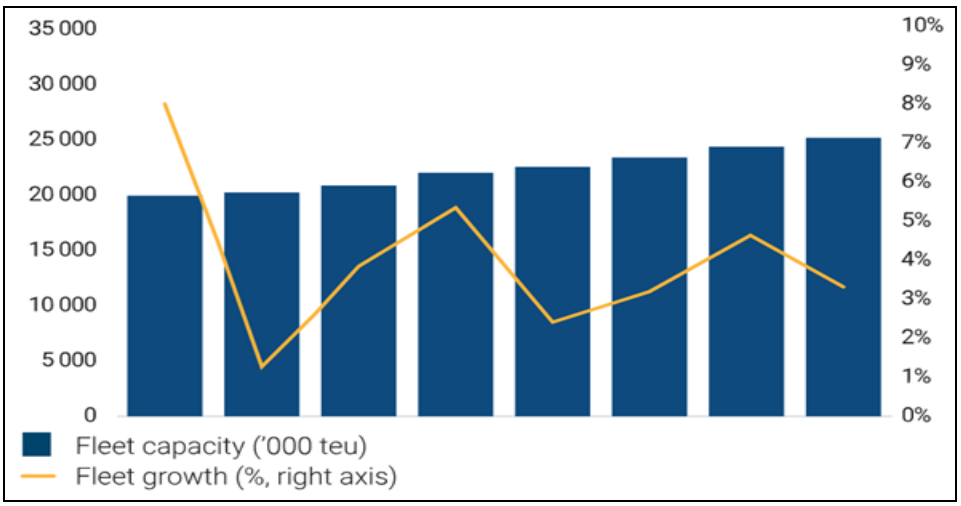


Рис. 7. *Динамика изменения размера мирового контейнерного флота (2018)*

Что касается ожиданий морского контейнерного рынка, то по оценке судоходных агентств в 2019 г. ожидается снижение темпов роста морских контейнерных перевозок до уровня в 4%. Это связано с замедлением международной экономики, ростом протекционистских настроений и падением уровня промышленного производства в Китае, как основном потребители контейнерного сервиса.

В 2019-2020 гг. сильное давление на контейнерный рынок будет оказывать продолжающийся рост цен на энергоносители, что однозначно отрицательно скажется на прибыли, которую получат морские контейнерные линии, а также на общей динамике спроса. Сохраняются грядущие риски, связанные со значительным превалированием мощностей над спросом, а также ценовой войной крупных альянсов и независимых игроков, направленные на захват рынка.

Фактором риска остаётся и введение дополнительных экологических ограничений, связанных с содержанием примесей в топливе – нормы IMO-2020. Это потребует значительной модернизации флота судов-контейнеровозов и установки на них систем очистки выхлопов.

Важную роль сыграет и изменение стратегии развития контейнерных терминалов. Ожидается смещение акцента их работы на логистические операции [5]. Это вызовет значительное увеличение доли фидерного судоходства и, как следствие, рост заказов на суда-фидеры.

В этой связи ожидается создание и крупных альянсов в фидерном судоходстве. Так, например, в 2018 г. датский оператор Unifeeder был куплен компанией DP World, а CMA-CGM приобрела оператора Containerships. При этом по оценке специалистов спрос на гигантские контейнеровозы уже удовлетворён и в 2019 г. новых глобальных заказов не планируется. В этой связи ожидается достижение баланса на рынке заказов крупных судов.

Важную роль сыграет и политический фактор. Рынок морских контейнерных перевозок очень сильно зависит от состояния мировой экономики, некоторые аспекты которой напрямую зависят от политических решений. Колебания индекса спотовых цен на плече Азия - Северная Америка, вследствие начала торговых войн между Соединенными Штатами и Китаем, уже значительно повлияли на фрахтовые ставки на этом плече.

К тому же, в конце 2018 года рынок морских контейнерных перевозок рос в связи с праздниками, но не везде – на плече Азия Северная Америка, где ставки начали уменьшаться из-за угрозы значительного накопления продукции китайской промышленности, он падал.

Не самая благоприятная ситуация сложилась и на плече морских перевозок Европа - Азия. Это было, прежде всего, обусловлено нарастающей политической нестабильностью в Европе и особенности в Великобритании (BREXIT). Негативное влияние на контейнерный рынок оказали и прогнозы ученых-аналитиков. Дестабилизирующим явлениями также выступили кризисы на юге Европы – в Италии и в Турции.

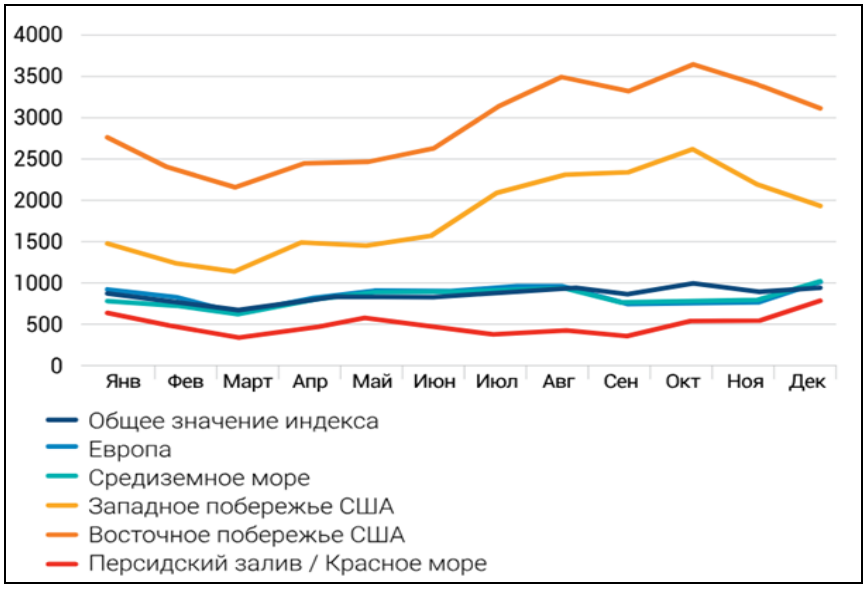


Рис. 8. *Индекс спотовых ставок для разных географических сегментов рынка (2018 г.)*

Выводы. Значительное давление на морской контейнерный транспортный рынок в 2019-2020 гг. будут оказывать и сухопутные перевозки по железнодорожному коридору Европа-Азия. На сегодняшний день он рассматривается как альтернатива морским перевозкам через Суэцкий канал. Для многих компаний Запада Китая он является полноценной заменой морским перевозкам. Большую поддержку этого коридора на политическом уровне оказывает и страны Азии, для которых он имеет важное стратегическое значение в качестве возможной альтернативе перевозкам через Суэцкий канал в случае осложнений геополитической обстановки на Ближнем Востоке. Сильное влияние на рынок в 2019-2020 гг. окажет объединение морских перевозчиков в крупные альянсы для усиления собственных позиций [4]. Одним из ярчайших примеров последних месяцев является будущее соглашение о партнёрстве между компаниями ONE и Hapag-Lloyd.

В рамках данного соглашения планируется привлечение также операторов порта Гонконг для целей создания стратегического альянса. В заключении необходимо отметить, что общая конъюнктура рынка в 2019 г. значительных изменений по сравнению с 2018 г. претерпеть не должна, что в целом является положительным знаком для морского контейнера транспортного рынка.

Литература

13. Исследование Экономической и социальной комиссии для Азии и Тихого океана и Всемирного банка, 2017 [Электронный ресурс]/ URL: http://siteresources.worldbank.org/ EXTPREMNET/Resources/EP104.pdf
14. Crewinspector (Крюинспектор). [Электронный ресурс]/ URL: http://www.crewinspector.-com/ru/crewing-software/vessel-management-software/
15. Обзор морского транспорта за 2018 год. ЮНКТАД.
16. Русинов, И.А. Коротко о линейных конференциях / И.А. Русинов, И.А. Гаврилова, А.Г. Нелогов// Морской Вестник, -2016. № 2 (58).
17. Русинов, И.А. Политика ЕС в области регулирования линейного судоходства / И.А. Русинов, И.А. Гаврилова, А.Г. Нелогов //Аудит и финансовый анализ, -2017. № 3-4.
18. Русинов, И.А. Оптимизация работы контейнерных терминалов// -Ч.: Вестник Южно-Уральского государственного университета, -2010. № 22., -с. 31-36.

Məqalə qəbul olunub: 02.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.073

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

Мехтиев А.И., Степанов Д.В., Гафарлы А.М.

Институт морских технологий, энергетики и транспорта
ФГВОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16
E-mail: elsen052@mail.ru

Аннотация. *Статья рассматривает возможность использования системы массового обслуживания для оценки технико-экономических показателей работы контейнерного терминала при определении изменения состояния системы в зависимости от загрузки ее производственных возможностей (каналов обслуживания).*

Xülasə. *Məqalədə sistemin istehsal imkanlarının (xidmət kanallarının) yükündən asılı olaraq sistemin vəziyyətinin dəyişməsini təyin edərkən konteyner terminalının texniki və iqtisadi göstəricilərini qiymətləndirmək üçün növbə sistemindən istifadə imkanları nəzərdən keçirilir.*

Abstract. *The article considers the possibility of using a queuing system to assess the technical and economic indicators of the container terminal when determining the change in the state of the system depending on the load of its production capabilities (service channels)*

Ключевые слова: *контейнерный терминал, оценка технико-экономических показателей, система массового обслуживания, прибыль*

Açar sözlər: *konteyner terminalı, texniki və iqtisadi göstəricilərin qiymətləndirilməsi, növbə sistemi, mənfəət*

Key words: *container terminal, assessment of technical and economic indicators, queuing system, profit*

Введение. Технико-экономические показатели работы контейнерного терминала характеризуют материально-производственную базу предприятия (порта), что позволяет на основе этих показателей проводить комплексную оценку использования экономических ресурсов предприятия. Эти показатели могут выступать в качестве критерия для оценки эффективно-

сти перегрузочного процесса на причалах контейнерного терминала, а также возможных путей его развития при помощи решения оптимизационных задач для определения параметров элементов терминала (например, количество причалов).

Основная часть. В процессе проектирования и эксплуатации порта, в составе которого предусмотрен контейнерный терминал, возникает ряд задач эксплуатационного характера для разработки стратегии оптимального планирования его производственной и логистической деятельности. К одной из таких задач можно отнести определение оптимальной интенсивности обслуживания входящих потоков судов в порт и расчет оптимального числа причалов для их обслуживания. Так как на основе значений параметров обслуживания потоков (суда, грузы и пр.) существует возможность разработать обоснование программы развития производственных мощностей контейнерного терминала с учетом планируемой пропускной способности. В этом случае использование методики оценки технико-экономических показателей работы контейнерного терминала позволяет проверить эффективность функционирования терминала. Тем не менее, формализация такой задачи является достаточно сложной процедурой в связи необходимостью привлекать вычислительные модели процессов и разрабатывать математическое описание взаимосвязей между элементами порта.

Согласно СП 350.1326000.2018 [1] к элементам порта, относящимся к зонированию портовой территории, следует отнести: операционная зона грузовых причалов; производственная зона терминалов порта; зона общепортовых объектов; зона пассажирских терминалов; предпортовая зона. Для оценки технических показателей перегрузочного процесса, который характеризует качество работы терминала, применяют коэффициент использования причального фронта (5) – количество обработанных унифицированных грузов ($q_{\text{пр}}$) за единицу времени на единицу длины причальной линии ($L_{\text{пр}}$), а для уточнения уровня загрузки причалов на основе коэффициента использования причальной линии используют коэффициент загрузки причалов [2], который учитывает время занятости каждого из причалов. Этот коэффициент может принимать значения от 0 до 1 в зависимости от уровня загрузки причального фронта прибывающими судами. Значение коэффициента стремится к единице при поступлении судов к причалу непрерывным потоком, что формирует постоянную очередь из судов и приводит к увеличению времени ожидания судов под разгрузку, а так же снижению конкурентоспособности порта в целом.

$$k_{\text{исп}} = \frac{q_{\text{пр}}}{L_{\text{пр}}}, k_{\text{зан}} = \frac{\text{Т}_{\text{раб}}}{\text{Т}_{\text{бюд}}}; \qquad 1)$$

где: $k_{\text{исп}}$ - коэффициент использования причального фронта; $k_{\text{заг}}$ - коэффициент загрузки причалов; Т - рассматриваемый период времени; N - количество поступивших заявок за период Т; $\text{Т}_{\text{раб}} = N\text{Т}_{\text{обл}}$ – время фактического обслуживания поступивших заявок N; $\text{Т}_{\text{бюд}} = n\text{Т}$ – общий бюджет времени для всех каналов обслуживания заявок на причалах контейнерного терминала; *n* – количество причалов (каналов) для обслуживания заявок.

В качестве метаматематического представления работы контейнерного терминала зачастую используют теорию массового обслуживания (ТМО), на основе которой разработано множество моделей, где выполняется расчет ключевых параметров работы терминала с привязкой к параметрам поступающих судов и производственных возможностей причалов порта. В соответствии с типовым графом состояния состояний системы, приведённым на рисунке 1, производственную систему можно рассматривать, как систему массового обслуживания (СМО), где причалы терминала выступают как каналы обслуживания для поступающих судов, представленных в виде потока заявок.

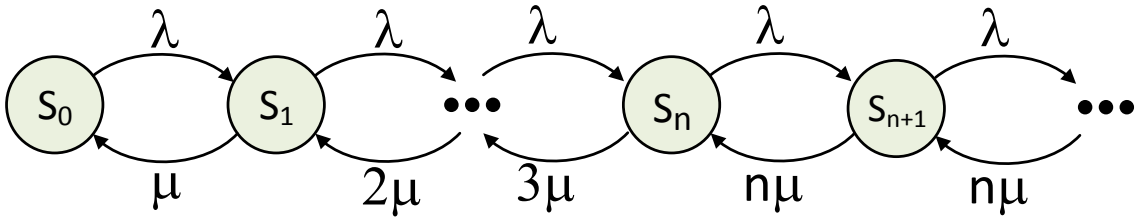


Рис. 1. *Многоканальная СМО с неограниченной очередью: $S_0 \ldots S_{n+1}$ – возможные состояния системы; λ – интенсивность потока заявок; μ – интенсивность потока обслуживания заявок; n – количество причалов (каналов) для обслуживания заявок*

Помимо вышеперечисленных коэффициентов для описания процесса обслуживания потока судов на причальной линии используют усредненные значения времени ожидания и пребывания судов в порту и в очереди на обслуживание, что позволяет определить показатели качества. Например, большие значения времени ожидания судов в очереди уменьшает провозную способность судна и приводят к потерям для судоходной компании в виде приведенных эксплуатационных расходов. Увеличение количества судов, ожидающих обслуживания в очереди на обработку ведет к росту убытков судоходной компании, что оказывает негативное влияние на экономическую рентабельность порта при росте грузооборота и коэффициента загрузки причалов за счет штрафа за простой судов.

В этом случает целесообразно использовать ряд экономических показателей, характеризующих коммерческую деятельность терминала для оценки путей достижения максимальной прибыли при сбалансированной работе терминала. Решение этой задачи возможно в том случае, если прибыль терминала будет рассчитываться с применением коэффициента использования причала и усредненных характеристик времени обслуживание судов на основе аналитических выражений и приведенной модели оценки технико-экономических показателей работы терминала. В качестве основного параметра оценки экономического показателя работы терминал целесообразно использовать максимальную прибыль, определяемую через технические показатели качества обслуживания грузопотоков на терминале за навигационный период. Принимаем, что суммарная интенсивность всего потока за навигационный период (λ=const) величина постоянная и очередь находиться в бесконечном ожидании, где параметр вместимости судов по контейнерам имеет одинаковое значение и типа. Грузовая обработка контейнеров выполняется с интенсивностью $\mu=1/T_{обл}$ и в соответствии с рисунком 1 отвечает за плотности потока освобождения заявок. Прибыль контейнерного терминала определяется пропорционально суммарному потоку (λ=N/T) и приведенной плотности потока судов (ψ=λ/μ). Для расчета экономических показателей грузовой обработки контейнеров целесообразно использовать доход и затраты за единицу времени, например, сутки.

В соответствии с рисунком 6 возможные состояния причалов контейнерного терминала определяются как: S_0 – не один причал не занят; S_1 – занят только один причал; S_i – занят i-ое количество причалов терминала; S_n – заняты все причалы; S_{n+1} – заняты все n причалов (образовалась очередь из 1 судна); S_{n+N} – заняты все причалы (образовалась очередь из N судов).

В соответствии с принятыми выше условиями, доход будет определяться как:

$$Д_0 = K_0 \lambda n = K_0' \psi n \qquad (2)$$

где: K_0 - средний доход терминала от переработки контейнерных грузов с одного судна; $K_0'=K_0\mu$ - приведенный коэффициент, характеризующий средний доход от переработки грузов (руб/сутки); n – количество причалов на контейнерном терминале.

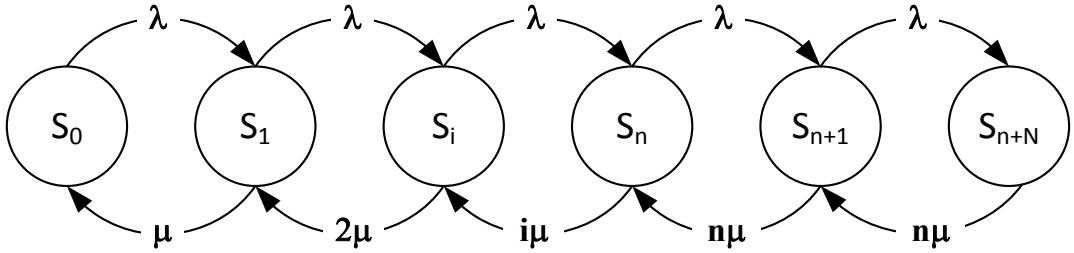


Рис. 2. *Модель СМО для причалов контейнерного терминала*

Затраты контейнерного терминала при обработке грузов можно условно разделить на три приведенные составляющие: потери судоходной компании от простоя судов ($З_1$); содержание рабочих и комплекса технических средств для обеспечения выполнение работ ($З_2$); затраты на сооружение и эксплуатацию причалов ($З_3$).

Потери судоходной компании от простоя судов определяем по формуле (1):

$$З_1 = K_1 \psi n \tau_{ож} \tag{3}$$

где: K_1 - приведенная стоимость простоя судна (руб/сутки); $\tau_{ож}$ – среднее время ожидания обработки судном.

Содержание рабочих и комплекса технических средств для обеспечения выполнение работ определяем по формуле (1):

$$З_2 = K_2' \psi n\left(1 - k_{пр}\right) + K_2' n k_{пр} \tag{4}$$

где: K_2 – расходы на выполнение операций по грузовой обработки одного судна $K_2' = K_2 \mu$ - приведенный коэффициент, характеризующий средние затраты на обработку одного судна (руб/сутки); $k_{пр}$ - коэффициент простоя рабочих и комплекса технических средств причала (относительные затраты).

Приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию причалов определяем по формуле (2):

$$З_3 = K_3 n \tag{5}$$

где: K_3 - приведенные затраты на содержание и эксплуатацию одного причала (руб/сутки);

Суммарные приведенные затраты определяем по формуле (3):

$$З_\Sigma = З_1 + З_2 + З_3 \tag{6}$$

Тогда суммарная прибыль будет определяться по формуле (4):

$$\begin{aligned} П = Д_0 - З_\Sigma &= K_0' \psi n - K_1 \psi n \tau_{ож} - K_2' \psi n\left(1 - k_{пр}\right) - K_2' n k_{пр} - K_3 n \\ &= n\psi\left(K_0' - K_1 \tau_{ож} - K_2'\left(1 - k_{пр}\right)\right) - n\left(K_2' k_{пр} + K_3\right) \end{aligned} \tag{7}$$

В формуле (4) параметры $\tau_{ож}, k_{пр}$ влияют на величину затрат. В случае $\tau_{ож} > 0, k_{пр}$=0 затраты будут пропорциональны входящему потоку судов λ. Если $\tau_{ож} > 0, k_{пр}$=1, то затраты зависят от количества причалов и количества простаивающих судов. Если $\tau_{ож} = 0, k_{пр}$=1, то затраты постоянны, так как простаивают только причалы.

Выводы. Исходя из вышеприведенных формул для определения дохода и затрат для причалов контейнерного терминала и анализа параметров, влияющих на эффективность грузопереработки, выполненных в работе [3], можно рассматривать дальнейшую оценку технико-экономических параметров как один из способов для:

- выбора оптимального числа причалов для обслуживания потока судов на основе минимизации приведенных затрат;
- планирования работы причалов терминала при сложившейся интенсивности потока поступления судов в порт;

- определения загрузки причалов терминала с учетом возможной взаимопомощи на основе минимизации времени простоя технических средств.

Литература

1. СП 350.1326000.2018. Нормы технологического проектирования морских портов [Электронный ресурс]. URL:https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293735/4293735602.htm
2. Кузнецов, А.Л. Расчет времени ожидания и занятости причала для произвольных судов, неоднородных причалов и произвольных характеристиках потока судов/ А.Л. Кузнецов, А.Н. Китиков, С.Н. Протопович //ТДР.-2013. №1. [Электронный ресурс]. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-vremeni-ozhidaniya-i-zanyatosti-prichala-dlya-proizvolnyh-sudov-neodnorodnyh-prichalov-i-proizvolnyh-harakteristikah-potoka
3. Купцов, Н. В. Разработка методики расчета оптимальной производительности морского грузового фронта для терминалов по экспортной перевалке угля на ранних стадиях проектирования // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. - 2017. - №5(45), - с. 925-940. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-925-940.

Məqalə qəbul olunub: 02.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 338. 364

DƏNİZ TİCARƏT LİMANLARINDA NƏQLİYYAT PROSESLƏRİNİN İDARƏ EDİLMƏSİNDƏ İNNOVASİYANIN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ

Panaliyev Ə.V.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ 1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E- mail: Ali.Panaliev@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə dəniz ticarət limanlarında nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsi sahəsində innovasiya fəaliyyətinin əsas istiqamətləri tədqiq edilir. Onların üstünlükləri və mənfi cəhətləri müəyyən olunur. Dəniz limanları və konteyner terminallarında informasiyaların əldə edilməsi üçün mobil kompüterlərdən istifadənin üstünlükləri və zəif cəhətləri şərh edilir. Liman biznesinin müasir inkişaf mərhələsində qarşılıqlı məlumat mübadiləsi və xəbərdarlıq sistemlərilə əlaqəli dəniz ticarət limanlarının və yük terminallarının səmərəli, təhlükəsiz və dayanıqlı fəaliyyətinin bir çox meyarları müəyyən edilir. Dəniz nəqliyyatında innovasiyalar tətbiq edilərkən nəzərə alınması lazım olan əsas cəhətlər müəyyənləşdirilir. Məqalədə əsas diqqət Azərbaycanda nəqliyyat prosesinin intellektualizasiyasının vahid konsepsiyasının yaradılmasına yönəldilmişdir.*

Abstract. *The article explores the key areas of innovation in the management of transport processes at seaports. Their advantages and disadvantages are identified. The advantages and disadvantages of using mobile computers to access information at seaports and container terminals are explained. At the current stage of development of the port business, many criteria for efficient, safe and sustainable operation of seaports and cargo terminals related to mutual information sharing and warning systems are established. The key points that must be taken into account when implementing innovations in maritime transport are identified. The main focus of the research is to create a single concept of intellectualization of the transport process in Azerbaijan.*

Аннотация. *В статье рассматриваются ключевые направления инноваций в управлении транспортными процессами в морских портах. Объясняются преимущества и*

недостатки использования мобильных компьютеров для доступа к информации в морских портах и контейнерных терминалах. На современном этапе развития портового бизнеса установлено множество критериев для эффективной, безопасной и устойчивой работы морских портов и грузовых терминалов, связанных с системами взаимного обмена информацией и оповещения. Определены ключевые моменты, которые необходимо учитывать при внедрении инноваций в морском транспорте. Основным направлением исследования является создание единой концепции интеллектуализации транспортного процесса в Азербайджане.

Açar sözlər: *innovasiya, idarəetmə, informasiya texnologiyaları, intellektualizasiya, səmərəlilik, nəqliyyat prosesi, davamlılıq*

Key words: *innovation, management, information technology, intellectualization, efficiency, transport process, sustainability*

Ключевые слова: *инновации, управление, информационные технологии, интеллектуализация, эффективность, транспортный процесс, устойчивость*

Giriş. Azərbaycanın Şərq-Qərb və Şimal-Cənub beynəlxalq nəqliyyat layihələrinə qoşulması onun beynəlxalq dəhlizlərə inteqrasiyasını gücləndirməklə, səmərəli intermodal və multimodal yük daşımalarının yerinə yetirilməsinə şərait yaradır. Beynəlxalq yük daşımalarının yerinə yetirilməsində Bakı Beynəlxalq Dəniz Ticarəti Limanı, xüsusilə Ələt qəsəbəsində yerləşən yeni Bakı Limanı kompleksi mühüm rol oynayır. Eyni zamanda Şərq-Qərb dəhlizinə alternativ olan Transsibir, Transsibir-Qazaxıstan və digər dəniz daşımaları kimi marşrutlarla güclü rəqabət şəraitində dəniz limanında nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsinin innovativ metodlarla həyata keçirilməsi regionda Azərbaycanın nəqliyyat sisteminin cəlbediciliyinin və səmərəliliyinin yüksəldilməsinə imkan verəcəkdir [1]. Müasir dövrdə Bakı Beynəlxalq Dəniz Ticarət Limanının (BBDTL) fəaliyyəti qlobal biznes birliyi tərəfindən qoyulan innovativ inkişaf meyarlarına cavab verməlidir. Ona görə də inkişaf etmiş xarici ölkələrlə eyni səviyyədə öz maraqlarını qorumaq, genişləndirmək və dünya nəqliyyat sisteminə inteqrasiya etmək üçün BBDTL-də nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsində innovasiya fəaliyyətinin əsas istiqamətlərinin tədqiqi ən aktual problemlərdəndir.

Məsələnin qoyuluşu və nəticələrin təhlili. İqtisadi inteqrasiya şəraitdə Bakı Beynəlxalq Dəniz Ticarət Limanının iqtisadi sabitliyini qorumaq üçün fəaliyyətinin səmərəliliyi təmin olunmalıdır. Dəniz ticarət limanlarının (DTL) dayanıqlıq səviyyəsini xarakterizə edən keyfiyyət və təhlükəsizlik kimi mürəkkəb bir texniki-iqtisadi sistem (TİS) onun rəqabət qabiliyyətinin əsas xüsusiyyətləridir. Dəniz limanının idarə edilməsinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün (o cümlədən DTL–in dayanıqlığı) dövlət səviyyəsində bir çox yeniliklər işlənir, qəbul edilir və inkişaf etdirilir. Adətən belə yeniliklərin böyük bir hissəsini intelektual (ağıllı) informasiya texnologiyalar (İİT) təşkil edir. Onların tətbiqi DTL-in avtomatlaşdırma səviyyəsini, fəaliyyətinin səmərəliliyini və limanda əməliyyatların təhlükəsizliyini artıracaqdır. Lakin Azərbaycan liman biznesi fəaliyyətində dünya liderlərindən xeyli geridə qalır. Yalnız bir sıra yeniliklər artıq yeni Bakı Limanı kompleksində tətbiq olunmaqdadır. Yaxın gələcəkdə Azərbaycan Respublikasının 2025-cu ilədək Nəqliyyat Strategiyasının həyata keçirilməsi çərçivəsində, xüsusilə nəqliyyat prosesinin intellektual inkişafı ilə əlaqədar əhəmiyyətli bir hissənin tətbiq olunması gözlənilir. Bu elmi tədqiqat işində əsas hədəf Azərbaycanda liman biznesi sahəsində inkişaf etdirilən və tətbiq olunan yeniliklərin ölkəmizdəki innovativ inkişaf səviyyəsini, onun tərkib hissəsi olan nəqliyyat prosesinin idarəetmə sisteminin intellektual səviyyəsini müəyyənləşdirmək və təhlil etməkdən ibarətdir.

Son dövrdə elmi və işgüzar sahədə nəqliyyatda intelektual sistemlərin və informasiya texnologiyalarının inkişafı, tətbiqi və işlənməsi ilə bağlı daim müzakirələr, tədqiatlar aparılır. Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, nəqliyyatın intellektualizasiyası müasir dövrün ən vacib proseslərindəndir. Yəni hər bir sərnişinin, yükdaşımanın rahatlığı, daşımaların və nəqliyyat infrastrukturunun təhlükəsizliyi birbaşa nəqliyyatın intellektualizasiyasının səmərəliliyindən

asılıdır. Ona görə də nəqliyyat xərclərinin azalması ölkənin sosial-iqtisadi inkişafını qabaqcadan müəyyən edən əsas amillərdən biridir.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, nəqliyyat infrastrukturu inkişaf etmiş ölkələrdə intermodal nəqliyyat və logistikanın yaradılması üçün nəqliyyat növlərinin inteqrasiyası, nəqliyyat sistemlərinin vahid və informasiya təhlükəsizliyinin yaradılması, inkişafı və təmin edilməsi, vahid elektron bilet texnologiyasının və elektron nəqliyyat sənədləri, habelə nəqliyyat sənayesinin inkişafı üçün müasir layihə və texnologiyaların tətbiqi iqtisadi cəhətdən əsaslandırılmış və nəqliyyat sisteminin səmərəlililiyinin artırılması üşün zəruridir.

Müasir dövrdə beynəlxalq təcrübədə peyk naviqasiyasının nəqliyyatda tətbiqinin tədqiqi nəticəsində peyk texnologiyalarının inkişafındakı əsas meyllər (tendensiyalar) olaraq aşağıdakılar müəyyənləşdirilmişdir: Connected Car (Bağlı Avtomobil) konsepsiyasının, eCall, SIMRAV, NG911, EDR, ERA-GLONASS və s. naviqasiya texnologiyaları tətbiqi; çox sistemli (multisistem) naviqasiya avadanlıqlarının yaradılması; "bulud həllər", (IaaS) infrastrukturunun icarəsi, platforma (PaaS), proqram təminatı (SaaS) texnologiyalarının realizasiyası; intelektual (ağıllı) nəqliyyat sistemlərinin (İNS), göndərmə sistemlərinin, pullu sistemlərin, takoqrafların istifadəsi [2].

“Nəqliyyatda Təhlükəsizlik" Beynəlxalq Forumları nəqliyyat sisteminin vahid təhlükəsizliyini təmin etmək üçün nəqliyyat sahəsinin mütəxəssislərinin və hökumət nümayəndələrinin səylərini birləşdirən aparıcı konqres və sərgi tədbiridir. Belə bir form demək olar ki, hər il Rusiya Federasiyasında keçirilir və adətən Avrasiya məkanı ölkələri də bu forumda iştirak edirlər. Forumun işgüzar proqramı nəqliyyat sahəsinin ən aktual məsələlərini əhatə edir və iki əsas istiqamətdə baş verir: nəqliyyat təhlükəsizliyini təmin etmək və terrorizmlə mübarizə; yol təhlükəsizliyini, bütün növ nəqliyyat vasitələrinin problemsiz və təhlükəsiz istismarını təmin etmək. Forumda nəqliyyatda təhlükəsizlik sahəsində ən yeni avadanlıq və texniki vasitələr təqdim edilir.

Avrasiya məkanında Nəqliyyatda Təhlükəsizlik (2012-2019) Beynəlxalq Forumlarda [3] nəqliyyat sistemində təhlükəsiz mühitinin yaradılması üçün ümumi standartların hazırlanması, sərnişin və yük daşımalarının təhlükəsizliyini təmin etmək üçün innovativ texnologiyaların tətbiqi və bu sahədə mütəxəssis hazırlığı problemləri müzakirə olunaraq nəqliyyatda vahid məlumatların qorunması sisteminin formalaşmasına xüsusi diqqət yetirilmişdir. Mühüm aspekt nəqliyyat təhlükəsizliyi sahəsində qanunvericiliyin dövlətlərarası qarşılıqlı əlaqəsi məsələsi və həmçinin intelektual (ağıllı) və naviqasiya sistemlərinin tətbiq olunan texnologiyalarının istifadəsi üçün standartların unifikasiyasına diqqət yetirmək təklif edilmişdir. Forumlarda nəqliyyatda təhlükəsizlik sahəsində rəqəmsal texnologiyalar: proseslərin optimallaşdırılması, innovasiya və məlumatların qorunması problemləri müzakirə olunur.

Demək olar ki, təhlükəsizlik infrastrukturu və nəqliyyat infrastrukturunda onu necə təmin etmək beynəlxalq səviyyədə konfrans və forumların iştirakçıları tərəfindən nəzərdən keçirilir. Davam edən forum və konfransların nəticəsi yeni texnologiyaların işlənib hazırlanmasıdır. Bundan sonra liman fəaliyyətində onların üstünlükləri və tətbiqetmə səviyyəsinin öyrənilməsi tələb olunur.

DTL-də səmərəli təhlükəsizlik sistemini təmin etmək üçün, yüklərin, baqajın və sərnişinlərin yoxlanılması sistemi mühüm rol oynayır. Dəniz limanlarının istismarını yaxşılaşdırmaq üçün (terminalların səmərəliliyini artırmaq, yüklə işləmə müddətini azaltmaq da daxil olmaqla) SMITH DETECTION sistemi yaradılmışdır [4]. Bu sistem kütləvi qırğın silahlarının, partlayıcı maddələrin, narkotik vasitələrin, silahların, yüklərin ələ keçirilmədən qaçaqmalçılığının olub-olmamasına dair konteynerləri, yük maşınlarını, baqajları, əl yüklərini yoxlamaq üçün nəzərdə tutulmuşdur. Sistemi yoxlama üçün hazırlamaq 15-30 dəqiqə çəkir. SMITH DETECTION sistemi terrorizm, narkotik ticarəti və ölkə daxilində yüklərin qanunsuz daşınması ilə mübarizədə təsirli olduğu göstərilib, 20 ildən çoxdur ki, dünyanın bir çox inkişaf etmiş və MDB ölkələrində bu sistem tətbiq olunur. Bakı Beynəlxalq Dəniz Ticarət Limanının terminallarında da SMITH DETECTION yoxlama sistemləri qurulub və istifadə olunur.

Bu sistemin işləmə prinsipi aşağıdakı kimidir. Limana girən yüklər (taranır) skayner olunur. Operatorlar görüntünü təhlil edir və bəyannamələrlə yoxlayır. Sistem saatda 150 yük maşını

yoxlamağa imkan verir. Eyni zamanda kompleks mobil və daşınması olduqca asandır. Yoxlama haqqında məlumatı kompleksin işini uzaqdan izləyə biləcəyi situasiya mərkəzinə ötürür. Gördüyümüz kimi, SMITH DETECTION yoxlama sisteminin istifadəsi olduqca sadə və səmərəlidir. Bu sistem dəniz limanlarda təhlükəsizliyi, səmərəliliyi, davamlılığı, sabitliyi daha tez və səmərəli şəkildə təmin etməyə imkan verir.

Dəniz limanlarının idarə edilməsində və inkişafında innovasiyanın əsas istiqamətlərindən biri "Bulud texnologiyları"dır [5]. "Bulud texnologiyası" ("Cloud Technologies") ya da "bulud hesablama"ya keçid nəqliyyat sahəsi də daxil olmaqla informasiya texnologiyalarının inkişafında əsas tendensiyadır. "Bulud texnologiyası"nın (BT) mahiyyəti, istifadəçinin öz məlumat sistemini yaratmadan uzaq serverlərdən istifadə etməsidir. "Bulud" məlumatların işlənməsi və saxlanmasının bütün funksiyalarını tam yerinə yetirən, lakin uzaqdan yerləşən xüsusi bir mərkəzdir. "Bulud modeli" real bir obyekt kimi deyil, xidmət olaraq həyata keçirilir. İnternet kifayətdir və istifadəçi özü üçün əlverişli vaxtda və maksimum məlumatı qorumaqla virtual modeldən istifadə edə bilər. Ayrıca, bir neçə istifadəçi məlumatı ötürərkən mümkün riskləri azaldan bu mənbədən istifadə edə bilər. "Bulud"dakı məlumatlar sistematik olaraq saxlanılır və abunəçini ona daxil olaraq istifadə edir. "Bulud texnologiyası" cədvəldə təqdim olunan xidmətləri əhatə edir.

"BULUD TEXNOLOGİYASI"	
Qısaldılmış beynəlxalq adı	Bulud texnologiyasının mahiyyəti
İAAS	(Infrastructure as a Service). Bir xidmət kimi infrastruktur (kompüter infrastrukturu, proqram təminatı, məlumat saxlama sisteminin təminatı)
PAAS	(Platform as a Service). Bir xidmət kimi platforma (inkişaf üçün bir sıra vasitələri təqdim etmək, testlərin yerləşdirilməsi, yeni istifadəçilərin təkliflərinə dəstək)
SAAS	(Software as a service). Bir xidmət kimi proqram təminatı (təchizatçı tərəfindən proqram təminatının hazırlanması, lisenziyalı istifadəsini təmin etmək, İnternet vasitəsilə çıxış)
DAAS	(Desktop as a Service). Iş stolu bir xidmət kimi (virtual bir iş stolunu icarəyə götürmək və eyni zamanda onu bir neçə proqramı həyata keçirmək üçün istifadə etmək)
"BULUDLAR"İN NÖVLƏRİ	
1. "İctimai buludlar" (bulud provayderinin məlumat mərkəzinə əsasən). 2. "Şəxsi (özəl) buludlar" (şirkətə məxsus serverlərdə). 3. "Hibrid buludlar" (1 və 2 variantları birləşdirir).	

Bu gün ən çox yayılmış hal, müasir DTL-lərə yüksək keyfiyyətli lisenziyalı proqram təminatından istifadə etməyə və satınalma xərclərini azaltmağa imkan verən SaaS xidmətinin istifadəsidir.

Hər hansı bir sistem kimi, BT-lərin də nəzərə alınması lazım olan üstünlükləri və mənfi cəhətləri var. DTL fəaliyyəti çərçivəsində "bulud texnologiyası"nın əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

- İT – strukturuna çəkilən xərclərin azalması;
- yüksək ixtisaslı heyətin saxlanılması və onların təlininə çəkilən xərclərin, inzibati xərclərin azalması;
- ancaq faktiki alınan xidmətə görə ödəmə;
- elektrik enerjisinə çəkilən xərclərin azalması;
- sistemin fasiləsiz işinə görə bütün məhsuliyyət xidmət təminatçısının (provayderin) üzərinə düşür;
- təhlükəsizliyin yüksək səviyyədə təmin edilməsi və məlumatların qorunması;
- resurslar əlavə xərclər tələb olunmadan asan artıb və azala bilər;
- sistemlərin formalaşmasına fərdi yanaşma;

- xidmətin hər an mövcudluğu;
- inteqrasiya və istifadənin asanlığı.

DTL üçün "bulud texnologiyalarının" çatışmayan çəhətlərinə aşağıdakılar aiddir:

- xidmət təminatçısına etibarsızlıq (Stvedore şirkətləri üçün bu xüsusilə xarakterikdir: əhəmiyyətli miqdarda məlumatlar; ticarət sirridir).
- daxili qanunvericilik bazasının çatışmazlığı (məsələn, münaqişə vəziyyətlərinin həllində və s.);
- DTL-in belə bir xüsusi və mürəkkəb sistemli fəaliyyət sahəsi üçün xidmət təminatçısı (provayder) tərəfindən təklif olunan xidmətlər dəsti xeyli məhduddur.

Dəniz nəqliyyatında BT-nin istifadəsi, DTL-in fəaliyyəti sahəsində Azərbaycanın bütün nəqliyyat sisteminin modernləşdirilməsi yolunda ilk addımdır. Bu, DTL-də işin daha asan və daha rahat olmasına, eyni zamanda pula qənaət etməyə və xərcləri azaltmağa imkan verəcəkdir ki, bu da qlobal rabitə və iqtisadi sistemə inteqrasiya olunmuş Azərbaycanın nəqliyyat sisteminin inkişafı sahəsində dövlət siyasətinin həyata keçirilməsində prioritet olan məhsulun maya dəyərində nəqliyyat komponentinin payının azaldılması deməkdir.

DTL-in səmərəliliyini artırmaq üçün əsas istiqamətlərdən biri də limanların və gömrüklərin qovşağında sənədsiz texnologiyaların tətbiqidir. Bu texnologiya Azərbaycanda uğurla icra mərhələsinə qədəm qoymuşdur.

Kağızsız texnologiyaların istifadəsi mexanizmi aşağıdakı kimidir [6]: xarici iqtisadi fəaliyyət iştirakçısı bəyannamə proseduru üçün yük daşımır, lakin nəqliyyat xərclərini qənaət edərkən onu hazırda olduğu yerdə elan edir. Göründüyü kimi, bu model yalnız nəqliyyat xərclərinə qənaət etməyə deyil, həm də məlumatları sistemləşdirməyə, vaxtı azaltmağa və müvafiq olaraq DTL-nin buraxma qabiliyyətini artırmağa imkan verir. Buna görə də əsas diqqət elektron gömrük bəyannamələrinə yönəldilmişdir. Bu gün bəyannamələr əsasən elektron formada yerinə yetirilir, lakin elektron bəyannamə sistemi hələ tam təkmilləşməmişdir. Elektron bəyannamələrin, o cümlədən xarici iqtisadi fəaliyyətin vicdansız iştirakçılarından qorunması mexanizmi vacib məsələdir.

Azərbaysan Dövlət Gömrük Xidməti və Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyi gömrük prosedurlarını sadələşdirməyə, sənədsiz texnologiyalara keçid konsepsiyasını və elektron sənəd idarəçiliyini mümkün qədər geniş idarəetmə strukturları arasında həyata keçirməyə yönəldirlər. Qeyd edildiyi kimi, sənədsiz texnologiyalar məsələsi perspektivli və iqtisadiyyatımız üçün vacibdir.

Yük daşımaları texnologiyaları ildən-ilə daha da inkişaf edir. Bu gün onlar nəqliyyat prosesini sürətləndirmək, keyfiyyətini, təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq və nəticədə nəqliyyat xərclərini yenidən azaltmaq üçün paketlərin, qaydaların, emal standartlarının birləşdirilməsinə yönəldilmişdir.

Nəzərə alsaq ki, son vaxtlar terminalların çox yönlü olması və gələn yüklərin müxtəlifliyi ilə bağlı bir sıra yeni problemlər yaranmışdır. Konteynerin ixtirası ilə liman ərazilərinin istifadəsinə yeni bir yanaşmanı tələb edir. SOLVO.TOS.CARGO - avtomatlaşdırma texnologiyası - bütün texnoloji prosesləri real vaxt rejimində idarə etmək üçün hazırlanmışdır. Onun istifadəsi ilə nəqliyyat şirkətlərinin və DTL-in bütün sənəd dövriyyəsi aparılır.

DTL-in işinin səmərəliliyinin ən mühüm meyarı göstəriciləri (komponentləri) aşağıdakılardır:

- gəminin işləməsi müddətinin azaldılması;
- yüklərin terminallarda olması vaxtının azaldılması;
- yüklərin saxlanması zamanı yerdəyişmələrinin sayının azaldılmas.
- nəqliyyat vasitələrinin işləməsi müddətinin azaldılması
- ticarət qüsurlarının azaldılması.
- müəyyən təhlükəsizlik səviyyəsi üçün informasiya axınınının (həmçinin, sənəd dövriyyəsinin də) sürətləndirilməsi.

SOLVO.TOS.CARGO sistemini yaradılarkən bu tələblər (meyarlar) nəzərə alınmalıdır. Bu sistem əksər MDB və inkikişaf etmiş xarici ölkələrin, dəniz limanlarında tətbiq olunur [7]. SOLVO.TOS.CARGO sisteminə liman müştəriləri (agentlər, ekspeditorlar) ilə müqavilədən

başlayaraq terminalın bütün dövrünü avtomatlaşdıran bir çox modul daxildir. Eyni zamanda, yüklərin idxalı və ixracı üçün aylıq planlaşdırma qurulur, gəmilərin, vaqonların və avtomobillərin emalı, ixrac və idxal yüklərinin terminalın qəbul edilməsindən daşınmaya qədər bütün emal (yükləmə, boşaltma və s. işlər) mərhələlərində keçidinin tam sənədləri ilə nəzərə alınır.

DTL-də idarə ediməsində SOLVO.TOS.CARGO sistemini tətbiqinin əsas üstünlükləri aşağıdakılardır:

- yükləmə, boşaltma proseslərinin operativ idarə edilməsi və mobil radio terminallarından istifadə etməklə anbarlaşdırmanın həyata keçirilməsi;
- terminalın mobil qrafik xəritəsində yüklərin, vaqonların, gəmilərin yerinin formalaşdırılması;
- məlumatların daxil olmasının avtomatlaşdırılması;
- istifadəçilərə avtomatlaşdırılmış məlumat paylanması;
- növbə-sutkalıq panlaşdırma;
- məlumat toplamaq, təhlil etmək və planın yerinə yetirilməsi barədə hesabatın inteqrasiyası (birləşdirmək) imkanı;
- avtomobil - dəmir yolu bərə kompleksinin xüsusiyyətlərini, həmçinin konteynerlərin doldurulması və ya boşaldılması əməliyyatlarını nəzərə almaq imkanı;
- mühasibat hesabatları üçün məlumatların hazırlanması.

SOLVO.TOS.CARGO sistemini tətbiqinin çatışmayan cəhətlərinə aşağıdakılar aiddir:

- SOLVO.TOS.CARGO sisteminin mövcud imkanlarından natamam istifadə olunur. Belə ki, Azərbaycanın DTL-da bu sistemlərin tətbiqi hələ başlanğıc mərhələdədir.
- təqdimat formalarının natamam birləşməsinə görə giriş məlumatlarını çevirməkdə yarana çətinliklər.
- uzun müddətə proqnozlaşdırmanın mümkünsüzlüyü;
- idarəetmə qərarlarının avtomatik qəbul edilməsi qabiliyyətinin olmaması.

Yuxarıda göstərilən DTL sistemindən faydalanmaq, daha yüksək səviyyədə innovativ fəaliyyət göstərməyə və inkişaf etməyə imkan verir.

Bununla yanaşı, bir sıra daha qabaqcıl qlobal texnologiyalar (məsələn, geoinformasiya texnologiyaları - GIT) mövcuddur ki, onların imkanlarının istifadə (bu gün Azərbaycanda onlardan istifadə faizi çox aşağıdır) təkcə avtomatlaşdırmaya əsaslanmadan innovasiya inkişafı sahəsində daha yaxşı nəticələr əldə etməyə imkan verəcəkdir. Bu həm nəqliyyat nəqliyyat kompleksinin istismarı sahəsində və Azərbaycanın bütün nəqliyyat sistemində nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsinin səmərəliliyinin yüksəldilməsinə imkan verəcəkdir.

Beləliklə, DTL-in səmərəliliyinin artırılmasının əsas istiqamətlərinə DTL-də trafikin idarə edilməsi sürətli və səhvsiz dəstək vermək, məlumat toplama üçün mobil kompüterlərdən istifadə aiddir. Beləliklə, dəniz limanları və konteyner terminallarıda məlumat toplamaq üçün mobil kompüterlərdən istifadənin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- konteyner terminallarının və limanın bütün ərazisinin super Wi-Fi ilə təmin edilməsi;
- açıq ərazidə işləyən liman kranları, konteynerlər və yüləyicilər üçün digər notbuk kompüteri;
- müxtəlif müasir skaynerlər.

DTL-də məlumat toplamaq üçün mobil kompüterlərdən istifadənin əsas üstünlülərinə aşağıdakılar aiddir:

- nnların istifadəsi real vaxtda yükün vəziyyəti və yeri haqqında məlumat almağa imkan verir;
- bu texnologiyaların tətbiqi daşımaların səmərəliliyinin yüksəldilməsinə imkan verir;
- məlumat almağa imkan verir.
- yüklərin həm daxili, həm də beynəlxalq miqyasda daşınması zamanı bu texnologiyaların səmərəli tətbiqi;
- mobil kompüterlərdə uyğun tətbiqlərdən istifadə edərkən yük maşınlarının sahəsini izləmək və təlimatlar vermək olur;

- DTL-in məhsuldarlığını və sifarişçilərə xidmətin keyfiyyətini yüksəltmək olar;
- DTL–də əməliyyatların, anbarların idarə edilməsininin asanlaşdırılmasına və avtomatlaşdırılmasına imkan verir.
- anbarlara yüklərin gəlməsini izləməyə və planlaşdırmağa, anbarda malların tam icmalını yaratmağa, anbar əməliyyatlarının düzgünlüyünü və səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

Yuxarıda göstərilənlərə əsasən, hesab edirik ki, müasir şəraitdə DTL-in səmərəliliyinin təmin olunmasında əsas məsələ nəqliyyat prosesində iştirakçıların qarşılıqlı mühitində qarşılıqlı məlumat mübadiləsi və siqnallar üçün rasional müasir intellektual informasiya sisteminin formalaşdırılmasıdır. Çünki hal-hazırda bu istiqamətdə çoxsaylı müzakirələr aparılır, lakin real hərəkətlər yalnız nəqliyyat prosesinin avtomatlaşdırılmasına aiddir.

Azərbaycan Respunlikasının dəniz nəqliyyatında informasiya sistemləri (İS) və informasiya texnologiyalarının (İT) inkişafı və tətbiqi körpəlik mərhələsindədir.

Bu, DTL-də olan informasiya sistemlərinin qanunvericilik səviyyəsində bir sıra qanunlarla - "Dəniz limanları haqqında" Azərbaycan Respublikasının 2014-cü il 18 aprel tarixli 945-IVQ nömrəli Qanununu [8], Nəqliyyat haqqında Azərbaycan Respublikasının 11 iyun 1998-cu il Qanunu [9], Azərbaycan Respublikasının Nəqliyyat, Rabitə və Yüksək Texnologiyalar Nazirliyinin normativ aktları ilə, həmçinin ticarət gəmiçiliyi və beynəlxalq ticarət sahəsindəki beynəlxalq qanunlar və normalarla dəqiq əlaqələndirilmə şəraitində tənzimlənir. Məlumat vermək öhdəliyinin təmin edilməməsi, yalan məlumat verməsi və ya vaxtında verilməməsinə görə son məsuliyyət prinsipi ilə zəmanət verilir.

Ancaq bu sistem mükəmməl deyil. DTL-də məlumat axınının həcmi böyükdür və buna görə avtomatlaşdırma, proseslərin birləşdirilməsi və sistemin təkmilləşdirilməsi tələb olunur. Hal-hazırda layihələr dövlət tənzimləmə orqanlarının funksiyaları nəzərə alınmaqla vahid informasiya sahəsini inkişaf etdirir. İndiki dövr üçün perspektivli bir istiqamət su bölgəsindəki vəziyyətin dəyişməsi halında əməliyyat qərarlarının qəbul edilməsini təmin edən idarələrarası vahid avtomatlaşdırılmış məlumat sisteminin yaradılması tələb olunur.

Məsələn, bir sıra inkişaf etmiş olkələrdə, o cümlədən Rusiya Limanlarında (Novorossiysk) təhlükəsizliyi təmin etmək üçün məlumat axınını federal təhlükəsizlik xidməti və daxili işlər nazirliyinin ərazi orqanlarının və şəhər rəhbərliyinin məlumat axını ilə birləşdirməyə imkan verən "təhlükəsiz şəhər" sistemi tətbiq olunur [10]. Hətta bu şəraitdə də səmərəli və təhlükəsiz dayanıqlı nəqliyyat prosesinin proqnozlaşdırılmasının həyata keçirilməsini təmin etmək üçün kartoqrafik, iqtisadi, hüquqi, siyasi və digər məlumatların qarşılıqlı mübadiləsi üçün vahid inteqrasiya olunmuş bir sistemin yaradılması ehtimalı hələ də nəzərə alınmır. Hesab edirəm ki, iqtisadi səmərəlilik nəzərə alınmaqla Azərbaycanın dəniz liman terminallarında belə təhlükəsizlik sistemləri tətbiq olunmalıdır.

Bütövlükdə Azərbaycanın DTL-in işinin innovativ-intensiv inkişaf yolu çərçivəsində optimallaşdırılması məsələsi diqqətdən kənarda qalmır. Aparılan müşahidələr və tədqiqatlar göstərir ki, idarəedici şirkətlərin rəhbərliyi və nəqliyyat prosesinin digər iştirakçıları bu prosesə müqavimət göstər, lakin müasir informasiya texnologiyalarının istifadəsi DTL işinin sürətlənməsinə və sabitliyini (keyfiyyətini) artırmağa imkan verdiyinə görə buna razı olmaq məcburiyyətində qalırlar.

Gələcəkdə qlobal intellektualizasiya çərçivəsində nəqliyyat prosesinin subyektləri və obyektlərinin informasiya inteqrasiyası sahəsində problemlərə səbəb olacaq tətbiq olunan texnologiyaların uyğunlaşdırılmasında ciddi fərq və mürəkkəbliyin olduğu da nəzərə almaq lazımdır. İİT-ni inkişaf etdirmək qərarı və onların icrası dövlət səviyyəsində olduğu qədər lokal (yerli olaraq) səviyyədə də qəbul edilməməsi çox vacibdir.

Bundan əlavə, nəqliyyat prosesində iştirak edənlər arasında innovasiya dərəcəsindəki disbalans aradan qaldırılmalı, innovativ İİT-lərin birləşdirilməsi dünyada mövcud mütərəqqi təcrübə nəzərə alınmaqla həyata keçirilməlidir [11]. Eyni zamanda Azərbaycanın dəniz nəqliyyatının dünyanın aparıcı DTL-lərinin innovativ inkişaf səviyyəsilə müqaisəsinə xüsusi diqqət yetirmək lazımdır. Ümumiyyətlə, digər nəqliyyat növlərinin maraqları və imkanları nəzərə alınmaqla dəniz

nəqliyyatının inkişafı üçün vahid innovativ inkişaf sahəsi yaradılmasını məqsədəuyğun hesab edirik [12].

Son dövrdə bütün dünyada çox sürətlə inkişaf və tətbiq olunan yeni nəsil innovasiya hesab edilən rəqəmsal logistikanın Azərbaycanın dəniz limanlarının idarə edilməsinin təkmilləş-dirilməsində tətbiqi dəniz limanlarının işinin səmərəliliyinin yüksəldilməsinə şərait yaradacaqdır.

Eyni zamanda, liman biznes ictimaiyyətinin, aparıcı nəqliyyat universitetlərinin mütəxəssislərinin və nəqliyyat sahəsi üzrə iqtisadçı alimlərin iştirakı ilə İİT bazasında dəniz nəqliyyatının və bütvlükdə nəqliyyat sisteminin vahid açarda innovativ inkişafı üçün paradiqmanın formalaşdırılması zəruridir.

Nəticə. Beləliklə, Şərq-Qərb və Şimal-Cənub nəqliyyat dəhlizlərində Bakı Beynəlxalq Dəniz Ticarət Limanının, o cümlədən yeni Bakı Limanı kompleksinin yeri və rolu müəyyən edildi. Azərbaycanın dəniz ticarət limanlarında nəqliyyat proseslərinin idarə edilməsi sahəsində innovasiya fəaliyyətinin əsas istiqamətləri müəyyən edildi və limanların idarə edilməsində innovasiya prosesləri iqtsadi cəhətdən əsaslandırıldı. Dəniz limanlarında istifadə olunan intellektual informasiya texnologiyalarının təbiəti və növləri şərh edildi. Dəniz ticarət limanlarının işinin səmərəliliyinin ən mühüm göstəriciləri verildi və iqtisadi cəhətdən əsaslandırıldı. Dəniz limanları və konteyner terminallarında informasiyaların əldə edilməsi üçün mobil kompüterlərdən istifadənin üstünlükləri və zəif cəhətləri verildi. Liman biznesinin müasir inkişaf mərhələsində qarşılıqlı məlumat mübadiləsi və xəbərdarlıq sistemlərilə əlaqəli DTL və yük terminallarının səmərəli, təhlükəsiz və dayanıqlı fəaliyyətinin meyarları tədqiq olundu.

Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasında logistika və ticarətin inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi [Xəritə] /Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2016-cı il 6 dekabr tarixli Fərmanı.
2. Интеллектуальные системы и информационные технологии на транспорте. Транспорт Российской Федерации. -2012. № 2 (39), -с. 70.
3. Международный форум “Безопасность на транспорте”. Транспорт Российской федерации. -2012. № 2 (39), -с. 72.
4. SMITHS DETEKTION: Системы досмотра грузов в морских портах. Морские порты. -2012. № 8 (109), -с. 54.
5. “Облачные технологии” в системах управления транспортными компаниями. «Бюллетень транспортной информации». -2012. № 4 (202), -с. 17.
6. Безбумажные технологии на пути к портам. Морские порты. -2012. № 8 (109), -с. 56
7. “Солво” автоматизирует терминалы Усть-Луги. Морские порты. -2012. №7 (108), -с. 38.
8. “Dəniz limanları haqqında” Azərbaycan Respublikasının 2014-cü il 18 aprel tarixli 945-IVQ nömrəli Qanununu.
9. Nəqliyyat haqqında Azərbaycan Respublikasının 11 iyun 1998-cu il tarixli Qanunu.
10. Информационный обмен и безопасность в морском порту. Морские порты. -2012. №3 (104), -с. 56.
11. Баранчеев, В. П. Управление инновациями: Учебник. /В. П. Баранчеев, О. И. Ганченко, Е. В. Петрова. - М.: Издательство Юрайт, -2015. -388 с.
12. Panaliyev, Ə.V. Azərbaycanın nəqliyyat sisteminində innovasiya proseslərinin mövcud vəziyyəti və strategiyası // “Azərbaycanın innovativ inkişafında mühəndisliyin rolu: hədəflər və perspektivlər” adlı beynəlxalq elmi-praktik konfransın materialları, -Bakı: -2019.

Məqalə qəbul olunub: 07.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.621

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМ ФЛОТОМ

Соколов П.В., Гасанов Р.Р., Мамедов Э.Д.

Астраханский Государственный Технический Университет
Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16
Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail:evt@rambler.ru

Аннотация. *Статья рассматривает вопрос формирования стратегии управления грузовым флотом на основе разработанной аналитической модели, отражающей варианты состояния судов флота в течение их жизненного цикла. Расчетные параметры аналитической модели определяются на основе описания интенсивности потоков событий для принятого перечня состоянием на протяжении всего жизненного цикла судна.*

Xülasə. *Məqalədə donanma gəmilərinin istismarı dövründə hazırlanmış analitik model əsasında yük donanmasının idarə olunması üçün bir strategiyanın formalaşdırılması məsələsi nəzərdən keçirilir. Analitik modelin parametrləri, gəminin istismar dövrü ərzində baş vermiş hadisələrin intensivliyinin təsviri əsasında müəyyən edilir.*

Abstract. *The article considers the issue of forming a strategy for managing the cargo fleet on the basis of the developed analytical model, reflecting the options for the state of the ships of the fleet during their life cycle. The design parameters of the analytical model are determined on the basis of the description of the intensity of the flows of events for the accepted list by the state throughout the entire life cycle of the vessel.*

Ключевые слова: *поток событий, интенсивность событий, состояние судна, жизненный цикл судна, стратегия управления грузовым флотом, аналитическая модель*

Açar sözlər: *hadisə axını, hadisələrin intensivliyi, gəmilərin vəziyyəti, gəminin həyat dövrü, yük strategiyası, donanma rəhbərliyi, analitik model*

Key word: *flow of events, intensity of events, state of ships, life cycle of a ship, strategy of cargo fleet management, analytical model*

Введение. Жизненный цикл судна, находящегося в составе флота с однотипными грузовыми судами, которые используются для обслуживания грузовых линий одной или несколько акваторий для перевозки однотипных грузов может рассматриваться с позиции усредненных значений эксплуатационных параметров по затратам и времени выполнения операций. В этом случае выбор стратегии управления грузовым флотом может базироваться на использовании аналитической модели для оценки состояния судов флота и математического аппарата, отражающего основные зависимости изменения эксплуатационных параметров в течение всего жизненного цикла судна.

Основная часть. В этом случае целесообразно использовать математическую модель, построенную на базе системы дифференциальных уравнений А.Н Колмогорова [1] по методу динамики изменения средних значений. Дифференциальные уравнения позволяют описать варианты динамики распределения усредненного событий с однородными объектами на базе математического аппарата Марковских цепей [2], что позволяет проводить оценку затрат и времени, как параметра жизненного цикла сложной организационно-технической системы [2]. Принятый подход позволяет использовать результаты анализа типовых состояний одно-

родных элементов и потока событий сложной системы при переходе между этапами жизненного цикла каждого из судов флота.

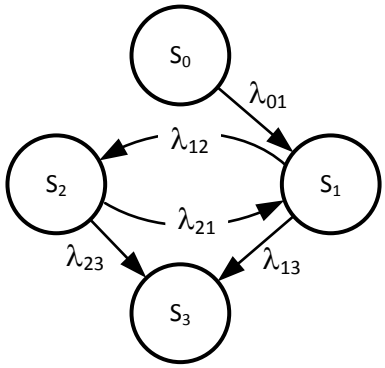


Рис. 1. *Размеченный граф состояния судов флота*

Принимаем, что каждый из однородных объектов (суда) флота может иметь ограниченное количество состояний: S_0 - постройка (год) судна, S_1 - эксплуатация (режим), S_2 - ремонт (длительность), S_3 - утилизация (стоимость). В соответствии с рисунком 1 рассматриваемая система состояний для судов флота отображена в виде размеченного графа, где жизненный цикл судна составляет от 30 до 50 лет (достаточно длительный процесс), что позволяет рассматривать предельное поведение вероятности событий или наличие финального (предельного) состояния системы. Для определения этого состояния решается система линейных алгебраических уравнений, полученных из дифференциальных уравнений А.Н.Колмогорова [1] (см. формулу (1).

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda_{01}P_0; \\ \frac{dP_1}{dt} = \lambda_{21}P_2 + \lambda_{01}P_0 - P_1(\lambda_{12} + \lambda_{13}); \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1 - P_2(\lambda_{21} + \lambda_{23}); \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{23}P_2 + \lambda_{13}P_1; \end{cases} \quad (1)$$

где: λ_{ij} – интенсивность потока событий перехода из *i*-го состояние в *j*-ое; P_i - вероятность нахождения однородного объекта (судна) флота в *i*-ом состоянии, где нормирующие условие для поиска решения системы уравнений имеет следующий вид $\sum_n^i P_i = 1$.

В соответствии с системой уравнений (1) состояние всего флота определяется через состояние судов в каждый момент времени на основе статистических параметров процесса - математическое ожидание и дисперсии числа. Решение системы уравнений позволяет определить вероятность среднего относительного время пребывания системы в данном состоянии. Тем не менее, для формирования стратегии управления грузовым флотом необходимо учитывать численность и сроки нахождения судов флота в каждом из принятых состояний, а также затраты на эксплуатацию, ремонт и обновление состава судов флота.

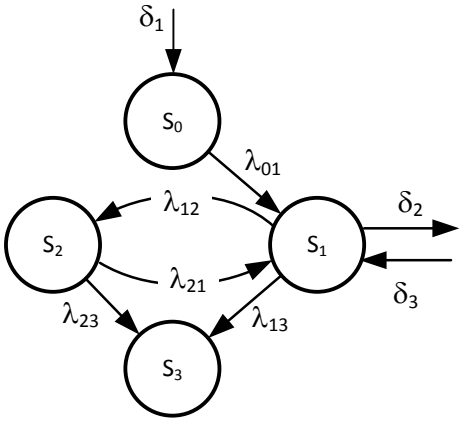


Рис. 2. *Размеченный граф состояния судов флота с внешних факторов*

В рамках принятых допущений о количестве и качестве состава судов флота и результатов, отраженных в работе автора [3], целесообразно использовать метод динамики средних и систему дифференциальных уравнений (1) для описания потока событий, направленных на изменение состояний каждого из судов флота с учетом физического описания процессов. В этом случае при формировании стратегии управления флотом целесообразно учитывать интенсивность пополнение флота (δ_1) и режим работы судов (δ_2, δ_3), значение которых определяются в рамках их жизненного цикла (см. рисунок 2) на основе анализа статистических показателей работы однотипных судов флота. Использование метода динамики средних позволяет оперировать усредненными значениями численности судов в заданных вариантах их состояния. В соответствии с рисунком 2 запишем систему алгебраи-

ческих уравнений (2), используя дифференциальные уравнения (1) для описания поведения заданной системы:

$$\begin{cases} -\lambda_{01}(m_0)P_0 + \delta_1 = 0; \\ \lambda_{21}(m_2)P_2 + \lambda_{01}(m_0)P_0 - P_1\big(\lambda_{12}(m_1) + \lambda_{13}(m_1)\big) + \delta_3 - \delta_2 = 0 \\ \lambda_{12}P_1 - P_2\big(\lambda_{21}(m_2) + \lambda_{23}(m_2)\big) = 0 \\ \lambda_{23}(m_2)P_2 + \lambda_{13}(m_1)P_1 = 0 \\ \text{при } \frac{dP_i}{dt} = 0,\ i = 1,2,3 \text{ и } \sum_n^i P_i = 1 \end{cases} \quad (2)$$

где: m_i - средняя численность судов флота в *i*-м состоянии; λ_{ij} - независимая от количества состояний интенсивность потока событий, переводящих судно флота из *i*-го в *j*-е состояние; δ_1 – интенсивность пополнения флота новыми судами за единицу времени; δ_2 – интенсивность выхода судна на грузовой маршрут; δ_3 – интенсивность схода судна с маршрута (ожидание).

В этом случае интенсивность потока событий ввода в эксплуатацию судов:

$$\lambda_{01}(m_0) = \frac{1}{m_0}\frac{C_{ФЗ}}{C_0} \quad (3)$$

где: $C_{ФЗ}$ – размер планируемых инвестиций судоходной компании для приобретения судов одного типа за принятый отрезок времени при реализации выбранной стратегии управления; C_0 – среднерыночная стоимость одного судна.

Интенсивность вывода судов на ремонт и техническое обслуживание:

$$\lambda_{12}(m_1) = \frac{n_{тр}}{m_1}\left(\frac{1}{T_{МЭ}} - \frac{1}{T_{МО}}\right) + \frac{1}{T_{МО}} \quad (4)$$

где: $n_{тр}$ – минимальное количество судов на линии для выполнения взятых судоходной компании на себя обязательств ($m_1 \geq n_{тр}$); $T_{МЭ}$ – среднестатистическое значение времени, необходимого для прохождения межремонтного периода при без аварийной и непрерывной эксплуатации судна на протяжении всего жизненного цикла; $T_{МО}$ - среднестатистическое значение времени, необходимого для прохождения межремонтного периода в состоянии ожидания фрахта на протяжении всего жизненного цикла.

Интенсивность выполнения ремонтных и технических работ для ввода судов в эксплуатационный режим:

$$\lambda_{21}(m_2) = \frac{1}{m_2}\frac{C_{ФР}}{C_2} \quad (5)$$

где: $C_{ФР}$ – объем финансирования проведения планового ремонта и технического облуживания судов; C_2 – средний размер вложений, приходящийся на одно судно флота для прохождения плановых работ.

Интенсивность вывода судов из эксплуатации – утилизация:

$$\lambda_{13}(m_1) = \frac{n_{тр}}{m_1}\left(\frac{1}{T_{ЭЭ}} - \frac{1}{T_{ЭО}}\right) + \frac{1}{T_{ЭО}} \quad (6)$$

где: $T_{ЭЭ}$ – среднестатистическое значение времени нахождения судна в режиме эксплуатации за весь жизненный цикл судна; $T_{ЭО}$ - среднестатистическое значение времени нахождения судна в режиме ожидания фрахта за весь жизненный цикл судна.

Интенсивность вывода судов из эксплуатации – судно не подлежит восстановлению:

$$\lambda_{23} = \frac{1}{T_{ЭР}} \quad (7)$$

где: $T_{ЭР}$ - среднестатистическое значение времени нахождения судна в режиме эксплуатации за весь жизненный цикл судна в условиях ремонта для восстановления основных функций.

Значения интенсивности потока для выделенных событий позволяют рассчитать вероятность нахождение среднего количества судов флота в одном из состояний в каждый мо-

мент времени. Кроме этого система уравнений (2) учитывает фактор пополнения флота с определенной периодичностью для компенсации физического устаревания судов при наличии финансовой и технологической возможности для судоходной компании, а также режим работы судов на основе расчета интенсивности выхода на линии и ожидания фрахта.

Выводы. Приведенный вариант аналитической модели позволяет использовать численные значения усредненных статистических параметров работы судов флота на грузовых линиях для моделирования условий эксплуатации судов и развития флота при формировании стратегии управления судоходной компании. Это позволяет проводить анализ финансовой политики для определения необходимого уровня капиталовложений при обеспечении компанией требуемого уровня конкурентоспособности на рынке транспортных услуг.

Литература

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций/Е.С. Вентцель. -М.: Советское радио, -1972. -407 с.
2. Марковские цепи. Основные понятия, примеры, задачи /В.Н. Турчин, Е.В. Турчин. - Днепропетровск: LizunoffPress, -2016. -196 с.
3. Ковтун, Н.Л. Технико-экономический анализ жизненного цикла перспективного флота //Труды Крыловского государственного научного центра, -2018; 3(385), -с.77–8.

Məqalə qəbul olunub: 10.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 520.42:527:656.611

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТЫ НАВИГАЦИОННОГО СВЕТИЛА ПО ФОТОГРАФИИ НЕБОСВОДА

Сибилев В.А., Козик С.В., Золотов В.Д.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: Sibilevv01@mail.ru, Koserbik@mail.ru, Vsevolod.zolotov02@mail.ru

Аннотация. *В настоящее время глобальные навигационные спутниковые системы используются в качестве основного источника координат места судна. Однако, эти системы не защищены от ошибок и сбоев. Более того, характерной чертой современной политической обстановки является международный кибертерроризм [1], а спутниковые системы чувствительны к кибератакам. Безопасность плавания требует использования разнородных источников получения обсервованных координат места судна для контроля работоспособности основного источника, выявления сбоя спутниковой системы. Предлагаемая работа посвящена созданию концепции автономной навигационной системы получения обсервованных координат места судна по небесным светилам.*

Abstract. *Global navigation satellite systems are currently used as the main sources of the ship position. Nonetheless, GNSS are not protected from errors or failures. Moreover, international and cyberterrorism is a feature of the current political environment [1]. Safety of navigation requires the use of dissimilar sources of the ship's position to monitor the performance of the main source and to detect a failure of the satellite systems. Paper is concerned with creation of the concept of an autonomous positioning system using celestial bodies.*

Xülasə. *Hazırda qlobal naviqasiya peyk sistemlərindən gəmi mövqeyi koordinatlarının əsas mənbəyi kimi istifadə olunur. Bununla belə bu sistemlər səhv və zədələrdən qorunmur. Müasir*

mühitin xarakterik xüsusiyyəti beynəlxalq kiber terrorizmdir [1] və peyk sistemləri kiber hücumlara həssasdır. Gəmiçiliyin təhlükəsizliyi əsas mənbənin işləkliyini izləmək, peyk sisteminin sıradan çıxmasını aşkar etmək məqsədilə gəminin mövqeyinin müşahidə olunmuş koordinatlarını əldə etmək üçün heterojen mənbələrdən istifadəni tələb edir. Məqalə səma cisimləri tərəfindən bir gəminin mövqeyinin müşahidə edilə bilən koordinatlarını əldə etmək üçün muxtar bir naviqasiya sistemi konsepsiyasının yaradılmasına həsr edilmişdir.

Ключевые слова: *способ определения координат места судна, резервные средства навигации, навигационные светила, измерение горизонтальных координат светил, цифровое изображение, методы обработки цифрового изображения*

Key words: *the method of determining of the ship's position, backup navigation aids, navigation celestial, measurement of celestials spherical coordinates, digital image, digital image manipulation*

Açar sözlər: *gəminin mövqeyinin koordinatlarının müəyyənləşdirilməsi üsulu, ehtiyat naviqasiya vasitələri, naviqasiya göy cisimləri, ulduzların üfiqi koordinatlarının ölçülməsi, rəqəmsal görüntü, rəqəmsal görüntünü emal üsulu*

Введение. В настоящее время сложилась ситуация, что при плавании в открытом море, когда в пределах видимости с судна нет видимых навигационных ориентиров, единственным способом получения обсервованных координат места судна является использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС): GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, BEIDOU. Сигнал со спутника относительно надежен, однако открытость радионавигационных каналов и каналов радиосвязи, сложность электромагнитной обстановки и физико-географических условий эксплуатации аппаратуры спутниковой навигации нередко приводят к техническому сбою ее работы, о чем неоднократно указывалось в различных источниках, в том числе в средствах массовой информации [2]. Данные обстоятельства неизбежно приведут к ошибкам в определении координат места судна. Именно поэтому международная морская организация (ИМО) также требует от судоводителя при проработке перехода обязательно фиксировать вариант дублирования определения координат места судна независимым от глобальной навигационной спутниковой системы способом и подтверждать это записями в судовом журнале [3].

Таким образом, наличие на борту судна нерадиотехнических способов получения координат места судна объективная необходимость. В данной работе предлагается решение актуальной научной задачи - созданию автономной навигационной системы, обеспечивающей определение координат места судна независимо от глобальной навигационной спутниковой системы.

Постановка задачи. На судах гражданского флота отсутствует автономная нерадиотехническая (без приема радиосигналов от искусственных объектов: спутников, радиостанций стационарных или мобильных и других объектов) система определения координат места судна в открытом море, что противоречит требованию иметь координаты места судна способом независимым от глобальной навигационной спутниковой системы.

Резервирование осуществляется дублированием спутниковых приемо-индикаторов, осуществляющих прием радиосигналов одной или нескольких спутниковых систем. Однако, эти приемо-индикаторы слабо защищены от кибератак.

Можно выделить два вида опасности для аппаратуры спутниковой навигации: естественного и искусственного характера. К естественным опасностям относятся: влияние физико-географических, погодных и климатических факторов, технические неисправности, человеческий фактор и т.п. К искусственным следует отнести деструктивное радиоэлектронное воздействие: подавление или ввод ложных радионавигационных сигналов путем создания искусственного ложного радионавигационного поля. В современной литературе для характеристики искусственной опасности применяется специальный термин - GPS SPOOFING. GPS

SPOOFING может использован как в целях пиратства, так и в связи с политическими интересами как новая форма электронного оружия. В качестве документального подтверждения проблемы можно привести Руководство по автономному судоходству Bureau Veritas (вторая инспекционно-сертификационная компания на мировом рынке сертификационных услуг), где отмечена актуальность обеспечения кибер безопасности: "Использование информационно-коммуникационных технологий делает возможным виртуальное несанкционированное или вредоносное действие в отношении автономных судов (например, вирусная инфекция). Данные связь между судном и берегом или сигнал GPS может быть намеренно нарушена или изменена" [4].

Давно известен не радиотехнический способ получения обсервованных координат места судна в море – по наблюдению навигационных светил. Однако, согласно конвенции СОЛАС (гл. 5, пр. 19, п. 2.1) все суда, независимо от размера, должны иметь средства, пригодные для использования в любое время на протяжении всего предполагаемого рейса, для установления и обновления местоположения судна автоматическим способом.

Таким образом, необходимо автоматизировать процесс измерения координат навигационных светил. Соответственно, встает вопрос каким образом можно автоматически и постоянно измерять координаты небесных светил?

Предлагается концепция базового элемента автономной системы получения обсервованных координат места судна по небесным светилам, которая по фотографии участка небосвода:

• выделить светило и горизонт на цифровом изображении;

• рассчитает горизонтальные координаты светила.

Анализ полученных результатов

Для доказательства возможности измерить высоту светила по цифровому изображению небосвода был проведен эксперимент, в ходе которого одномоментно один оператор измерял высоту светила при помощи навигационного секстана, а второй делал фотографию участка небосвода с этим светилом. Измерения проводились на разных широтах, в условиях разной облачности, с различной высотой светила, но с неизменными операторами. Было сделано две серии измерений, произведенных на камеры разных смартфонов. На рисунке, для примера приведены по два обработанных изображения из каждой серии измерений.

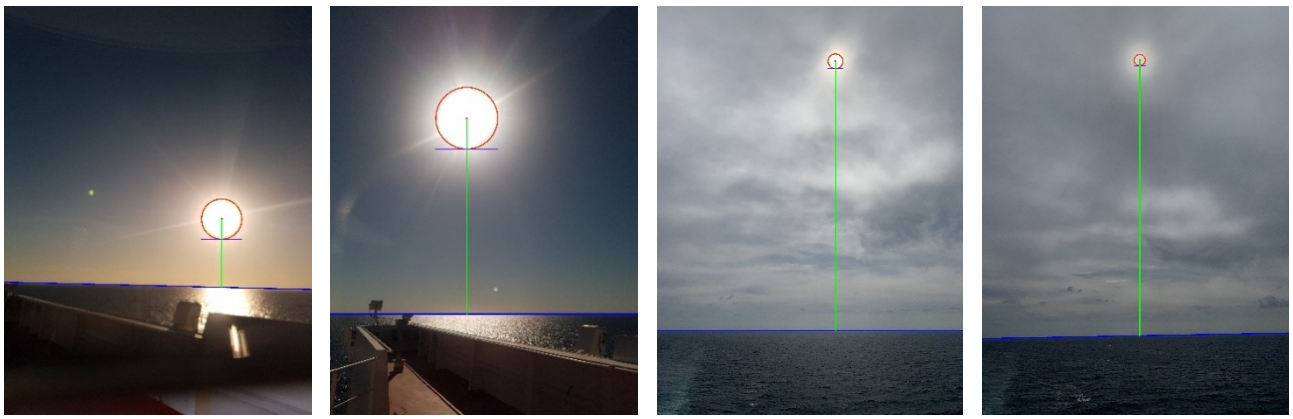


Рисунок. *Результаты обработки изображения*

Используемые технологии для анализа цифрового изображения.

Создаваемое программное обеспечение должно выполнять функцию автоматической обработки фотографий небосвода с целью определить расстояние в пикселях от горизонта до нижней границы светила. Оно разрабатывалось на высокоуровневом языке программирования Python 3.8, с использованием таких популярных библиотек, как:

• OpenCV - алгоритмы компьютерного зрения и обработки изображений [5,6]
• Pandas - обработка и анализ больших данных [7]
• Numpy - поддержка многомерных матриц и высокоуровневых математических функций [7]
• Matplotlib - визуализация данных двумерной графикой [8]

Алгоритм работы

Для определения высоты светила над горизонтом в градусной мере необходимо рассчитать кратчайшее расстояние между светилом и горизонтом. Данное линейное значение выражается в пикселях.

Изначально фотография преобразуется в полутоновое изображение, после чего производится поиск координат центра светила и его радиуса. Далее программой определяется вектор линии горизонта. При помощи векторной алгебры рассчитывается длина перпендикуляра, проведенного от светила до горизонта.

Таким образом, производятся операции по:
• выделение светила на цифровом изображении небосвода;
• определение границ светила;
• определение центра светила;
• определение линии горизонта;
• расчет локальных координат центра и границ светила.

Результатом работы программы является расстояние от горизонта до нижней границы светила в пикселях и графическая визуализация результата на фотографиях (см. рис.). Ниже в таблице приведены значения высоты светила в угловых минутах (согласно измерениям секстаном) и в пикселях (согласно программным вычислениям).

Таблица

Сравнение данных навигационного секстана и обработки изображения

Дата, время наблюдения	Высота светила, угловые минуты	Крат. расстояние, пиксели
Sat Jan 18 12:54:39 2020	687.6	474.8
Sat Feb 22 10:44:50 2020	1342.6	924.0
Sun Mar 15 12:01:00 2020	2770.0	2581.99
Sun Mar 15 11:51:00 2020	2828.6	2660.55

В морских условиях на точность измерений влияло множество факторов: высота наблюдателя над уровнем моря, широта места наблюдений, облачность, температура и т.д. Также необходимо учесть зависимость между линейным и градусным значением высоты светила. Поэтому, делать выводы о точности не представляется возможным, но явно видна пропорциональная зависимость между истинной высотой светила и высотой светила на обработанном изображении (коэффициент корреляции – 0.99).

Таким образом, по результатам анализа данных эксперимента, можно сделать вывод - измерять высоту по фотографии возможно.

Следующим этапом работы являлась выработка концепции программно-аппаратного комплекса по измерению горизонтальных координат навигационного светила.

На основе проведенного анализа сделан вывод, что программно-аппаратный комплекс должен включать в себя:

- Аппаратную часть - средство получения цифрового изображения участка небосвода, которое включает в себя фотографирующее, оптическое, электронно-вычислительное устройства и фильтр светового потока. Причем, фотографирующее устройство должно быть защищено от воздействии влаги герметичным корпусом.

- Программную часть - вычислительное устройство обработки изображения и вычисления горизонтных координат светила.

Область применения. Областью применения в первую очередь станут гражданские суда. Результат станет средством проверки правильности работы спутниковых навигационных систем. В перспективе – применение на автономных судах, где дублирование способов получения координат места наиболее необходимо в виду отсутствия человека на борту, а способы получения обсервованных координат по визуальным ориентирам недоступны. Относительно малые размеры позволяют применять устройство для решения задач определения места практически на всех типах традиционных судов с экипажем, независимо от их размеров и выполняемых задач. Можно предположить, что автономная система будет широко востребован в области гражданского судоходства.

Аналоги. В результате анализа литературных источников по тематике работы были выделены и изучены следующие аналоги:

1. Прибор, призер крафт-конкурса «Mach flott den Schrot» Германия 2011г. [9]
2. Electronic sextant G-STELL, «STARNAV», Франция [10]
3. D-Sextant, «SHINDONG DIGITECH», Южная Корея 2018г.

Все эти приборы не являются прямыми аналогами описываемой разработки, а представляют модификацию навигационного секстана, путем цифровизации измеренной оператором высоты светила. Информация об устройстве этих приборов незначительна. Первый прибор был сделан в рамках выставки и не был направлен на получение прибыли, но последние два были созданы в коммерческих целях. В обоих случаях не указана ни цена, ни контактные данные производителей. Корейский прибор на данный момент отсутствует на официальном сайте производителя. В связи с чем можно сделать вывод, что оба устройства еще не эксплуатируются, а представлены лишь в виде разработок.

На данный момент, готовых продуктов, решающих схожие задачи, не существует. Это связано с доминированием спутниковых систем навигации. Отсутствие аналогичного по принципу действия продукта на рынке подтверждает уникальность разрабатываемой концепции. Преимущества предлагаемой навигационной системы:

- независимость от человеческой радиотехнической деятельности;
- отсутствие оператора;
- относительно низкая стоимость - ни искусственных небесных тел, ни береговых станций, ни инерциальных систем не требуется. Согласно предварительным расчётам, себестоимость опытного образца не будет превышать $800;
- увеличение точности обсервации по небесным светилам;
- уменьшение временных затрат на измерение навигационных параметров светил по сравнению с аналоговыми угломерными средствами;
- независимость точности измерений от уровня освещённости (дневное, сумеречное время);
- корректность выполнения задачи в условиях облачности до 5 баллов;
- малые габариты.

Последующие цели и задачи. Дальнейшей целью научно-исследовательской работы является исследование особенностей нового способа, изучение факторов, влияющих на него; разработка программно-аппаратного комплекса, измеряющего высоту светила по обработке цифрового изображения участка небосвода.

Для достижения заданной цели выделяется две группы задач, требующих научного и инженерного решений.

Первая группа задач направлена на создание программного обеспечения:

- установить зависимость между линейным и угловым значением высоты светила;
- верное определение границ светила с учетом облачности;
- верное определение линии горизонта на «наклоненных» изображениях (при качке);

• расчет курсового угла (курсовой угол границ поля зрения камеры + горизонтальное расстояние от центра светила до края изображения).

Вторая группа представляет собой задачи аппаратного комплекса, а именно анализ требований к средству получения изображения:

• анализ оптимальных параметров матрицы;
• анализ потребности в дополнительных оптических приборах;
• анализ оптимального поля зрения оптики;
• анализ оптической и поляризационной фильтрации изображения.

В результате разрешения двух групп задач будет получен программно-аппаратный комплекс, состоящий из блоков получения и последующей обработки цифрового изображения небосвода с заданной точностью.

Выводы. В результате проделанной работы был разработан новый способ измерения высоты навигационного светила по анализу цифрового изображения участка небосвода, включающий:

• выделение плоскости горизонта на цифровом изображении;
• выделение светила на цифровом изображении;
• расчет высоты светила по цифровому изображению.

Разработана концепция программно-аппаратного комплекса измерения горизонтальных координат навигационного светила и произведено сравнение с существующими аналогами. Представлена область применения устройства. Отдельно рассмотрены преимущества разрабатываемой навигационной системы.

Таким образом, основным прикладным значением разрабатываемой навигационной системы является резервирование получения обсервованных координат судна - «подстраховка» основных средств.

Литература

1. Лукавский, С. -Некоторые аспекты кибертерроризма. Электронный ресурс / Геополитика. ru. https://www.geopolitica.ru/article/nekotorye-aspekty-kiberterrorizma 16.07.2015.
2. Якушенко, С.А. Проблемы навигационной безопасности аппаратуры спутниковой навигации / Радиотехника, электроника и связь - апрель 2019.
3. Гагарский, Д.А. Современные требования к изучению мореходной астрономии // Сборник научных статей национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова» - Том 1, /16 сентября – 25 октября 2019 года.
4. Bureau Veritas - “Guidelines for Autonomous Shipping” / December 2017
5. Samarth Brahmbhatt - Practical OpenCV 1st ed. Edition / Technology in Action - November 2013
6. Adrian Rosebrock - Practical python and OpenCV + case studies 4th edition / PyImageSearch - 2019
7. Jake VanderPlas - Python Data Science Handbook / O'Reilly Media - November 2016
8. Matplotlib Электронный ресурс /URL: https://matplotlib.org/contents.
9. Wallhaeusser Электронный ресурс /URL: http://www.wallhaeusser.de/projects/esextant/
10. STARNAV Электронный ресурс /URL: http://starnav.fr/site/en/electronic-sextant-g-stell/

Məqalə qəbul olunub: 08.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 623.765:681.513.6

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ О ПРОЦЕССЕ РАСПОЗНАВАНИЯ СИТУАЦИЙ ОБСТАНОВКИ ЛИЦОМ, ПРИНИМАЮЩИМ РЕШЕНИЯ, В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДОВ

Шило С.Г., Хижняк И.А., Руденко В.Н., Могилатенко А.С.

Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
E-mail: shylo@gmail.com

Аннотация. *Предложены пути решения задачи формализации знаний о ситуациях обстановки, которые возникают в зоне ответственности органа управления движением судов. Предлагается реализация процесса оценки обстановки обеспечивающая первоочередное и своевременное выявление потенциально конфликтных ситуаций. Предложены подходы к определению списка информационных признаков, которые являются исходными для построения правил распознавания ситуаций обстановки. Определено, что решающие правила в своей основе предусматривают рассмотрение ситуаций возможного взаимного положения судов относительно друг друга в пространственной и временной плоскостях. Предлагается использовать множество правил – морфизмов, которые позволяют получать численную оценку степени сходства наступившей ситуации к априорно заданной путем сравнения значений текущих и априорно заданных признаков, описывающих конкретную ситуацию обстановки. В результате вычисления значения функции сходства текущей и априорно заданной ситуации обстановки определяется результат распознавания в виде максимума функции сходства между ними. В итоге предложена структура и последовательность этапов метода формализации знаний о процессе распознавания ситуаций обстановки, которые учитывают динамику изменений информационных признаков, и который позволяет своевременно выявить потенциально конфликтные ситуации в зоне ответственности лица, принимающего решение.*

Abstract. *Ways are proposed for solving the problem of determining situations that arise in the area of responsibility of the ship traffic control authority. An approach to assessing the situation from the point of view of the need for priority and timely identification of potential conflict situations is proposed. The method involves the determination of a list of information signs that are the source for constructing the rules for recognizing situations of conditions. It is proposed to use many rules – morphisms, which should allow to obtain a quantitative assessment of the degree of similarity of situations. As a result of calculating the value of the similarity function of the current and a priori given situations of condition, it is possible to obtain a recognition result in the form of a maximum of the similarity function between them. As a result, the structure and sequence of stages of the method of formalizing knowledge about the process of recognizing situations of conditions that take into account the dynamics of changes in the information signs of situations of conditions, and which allows you to identify potentially conflict situations in the area of responsibility of the decision maker, is proposed.*

Xülasə. *Gəmilərin hərəkətinə nəzarət orqanının məsuliyyət zonasında yaranan vəziyyət haqqında biliklərin rəsmiləşdirilməsi probleminin həlli yolları təklif olunur. Potensial münaqişə vəziyyətlərinin prioritetliyini və vaxtında müəyyənləşdirilməsini təmin edən vəziyyətin qiymətləndirilməsi prosesinin həyata keçirilməsi göstərilir. Vəziyyəti tanıma qaydalarının hazırlanması üçün başlanğıc olan məlumat işarələrinin siyahısının tərifinə yanaşmalar, qərar qaydalarının əsasən gəmilərin məkan və müvəqqəti müstəvilərdə bir-birinə nisbətən mümkün qarşılıqlı mövqeyi vəziyyətlərinin nəzərdən keçirilməsini təmin etdiyi müəyyən olunmuşdur.*

Vəziyyətin konkret formasını təsvir edən cərəyan və apriori verilən atributların dəyərlərini müqayisə edərək vəziyyətin oxşarlıq dərəcəsinin ədədi qiymətləndirilməsini əldə etməyə imkan verən bir sıra qaydalardan - morfizmlərdən istifadə etmək təklif olunur. Cari və apriori verilən vəziyyətin oxşarlıq funksiyasının dəyərinin hesablanması ilə tanınma nəticəsi, aralarındakı oxşarlıq funksiyasının maksimumu şəklində təyin olunur. Nəticədə, məlumat əlamətlərindəki dəyişikliklərin dinamikasını nəzərə alan və qərar qəbul edən şəxsin məsuliyyət zonasında potensial münaqişə vəziyyətlərini vaxtında müəyyənləşdirməyə imkan verən vəziyyətin tanınması prosesi haqqında biliklərin rəsmiləşdirilməsi metodunun mərhələləri və strukturu təklif olunur.

Ключевые слова: *лицо, принимающее решения, формализация знаний, решающие правила распознавания, вычисление предикатов, структура целевых установок, морфизмы, модальности*

Key words: *decision maker, formalization of knowledge, decision recognition rules, predicate calculation, target system, morphisms, modalities*

Açar sözlər: *qərar qəbul edən şəxs, biliklərin rəsmiləşdirilməsi, həlledici tanınma qaydaları, predikatların hesablanması, hədəf sistemi, morfizmlər, modallıqlar*

Введение. Постановка проблемы. Система информационного обеспечения (СИО) процессов принятия решений операторами в автоматизированных системах управления движением судов (АС УДС) должна обеспечивать эффективное решение функциональных задач по обеспечению безопасности судоходства. Деятельность лиц, принимающих решения (ЛПР) осуществляется в условиях характеризующихся динамичностью изменения условий обстановки, недостаточной определенностью состояний системы и объектов управления, неполнотой и размытостью факторов, влияющих на подготовку управленческих решений, а также имеющих нечеткие пространственные и временные характеристики.

К одним из основных задач, которые необходимо решать ЛПР в указанных условиях, является заблаговременное выявление и прогнозирование в динамике развития возможных конфликтов в зоне ответственности АС УДС. Чаще всего это касается потенциально возможных конфликтных ситуаций между судами, при которых без изменений режима движения состоится опасное сближении судов, а именно при прохождении суден через общую точку пространства, при движении суден по общему участку трассы, при движении суден по участкам трасс, которые пересекаются. Обеспечение минимально допустимого сближения между судами в районе порта, а именно обеспечение безопасности в пространственно-временном измерении между судами, которые заходят в акваторию порта и выходят из нее, чтобы не допустить столкновения между ними и максимально снизить отрицательный эффект от попадания малоразмерных суден в кильватерный след от крупнотоннажного судна, которое следует впереди.

В настоящее время доказана корреляционная зависимость показателей эффективности оценки ситуаций, складывающихся в зоне ответственности АС УДС от качества представления информационной модели (ИМ). При этом в составе СИО деятельности ЛПР следует учитывать не только факторы, которые влияют на формирование ИМ обстановки, а также необходимо обязательно учитывать знания и опыт человека-оператора на которого возлагаются основные задачи по принятию решений в АС УДС.

Анализ последних исследований и публикаций. Результаты анализа современных исследований в области автоматизации управления движением судов свидетельствуют о том, что проблематике совершенствования СИО деятельности человека-оператора уделяется достаточно серьезное внимание [1-14]. Однако до настоящего времени не сложилось единой точки зрения на решение проблемы формализации знаний о процессах распознавания ситуаций обстановки (СО), которые складываются в зоне ответственности органа управления движением судов. Это, в первую очередь, касается проблемы адекватной оценки ЛПР общей обстановки, складывающейся в зоне ответственности АС УДС, а также ее частных составляющих – метеорологической, помеховой и других видов обстановки. Кроме того, оконча-

тельно не решена проблема относительно своевременного выявления СО, которые в динамике развития могут привести к происшествиям и даже к катастрофам, при условии неэффективного реагирования на них ЛПР.

В работе предлагаются пути разработки аппарата формализации знаний о процессе распознавания СО, с учетом динамики изменений информационных признаков, которые ее характеризуют, с целью своевременного выявления потенциально конфликтных ситуаций (ПКС) в зоне ответственности АС УДС.

Цель статьи – разработка аппарата формализации знаний о процессе распознавания ситуаций обстановки, который позволяет учитывать динамику изменений информационных признаков СО в интересах качественного и своевременного выявления ПКС в зоне ответственности АС УДС.

Изложение основного материала. В качестве основы для разработки аппарата формализации предлагается использовать метод многоэтапной формализации знаний, учитывающий логико-аналитический характер задачи принятия решений, а также особенности деятельности ЛПР а АС УДС. Для решения поставленной задачи разработки аппарата формализации можно обоснованно предложить использование сетевых и логических моделей знаний. В частности, речь идет о возможности совместного использования комбинированных моделей, основанных на использовании структуры целевых установок (СЦУ) и исчисления предикатов (ИП) первого порядка (ИП) [20]. Необходимость и целесообразность такого комбинирования обосновывается следующим образом.

Основными элементами СЦУ являются цель и отношение. Цель – состояние предметной области (ПО), которое характеризуется: множеством состояний объектов физической реальности; множеством событий; правилами переходов; действиями которые необходимо выполнить для достижения объектом некоторого состояния. Логическая последовательность достижения целевых состояний определяется отношениями между ними. Отношением является связь между целями, отражающая взаимодействие между ними. Такими свойствами являются следование, подчинение, пространственные либо временные характеристики и др.

Однако аппарату СЦУ присущ ряд недостатков, а именно: затруднен процесс формализации знаний, из-за необходимости задания всего множества целей и связей между ними; затруднена реализация процедуры проверки непротиворечивости формализованного описания знаний о предметной области; процедура проверки полноты формализованного описания не формализована; затруднено определение прагматической интерпретации для каждой из вершин СЦУ; не формализована процедура обработки семантической (качественной) информации, которой оперируют эксперты, и замена ее признаковой (количественной), которой оперирует СЦУ.

Указанных недостатков практически лишен формальный аппарат исчисления предикатов, использующийся в рассматриваемой комбинированной модели знаний. Модель знаний, основанная на ИП первого порядка характеризующаяся: простотой создания, пополнения и модификации, понимания отдельных правил-продукций и простотой механизма логического вывода, также имеет ряд следующих недостатков: не ясность взаимных отношений правил; сложность оценки целостного образа знаний; низкая эффективность обработки; отличие от человеческой структуры знаний; отсутствие гибкости в логическом выводе.

В связи с этим для разрешения трудностей, связанных с формализацией знаний при использовании комбинированных моделей, предлагается использовать процедуру многоэтапной формализации знаний.

В ходе исследований доказаны утверждения, что формализованное описание целеполагающих задач принятия решений, составленное с использованием исчислений предикатов первого порядка, отражается в формализованное описание целеполагающих задач принятия решений, составленное с помощью структуры целевых установок (СЦУ), с точностью до изоморфизма [20]. Т.е. возможно адекватное преобразование формализованного описания

задач целеполагания в том числе задачи распознавания использованием ИП в СЦУ и обратно и такое преобразование адекватно и изоморфно, что определяет необходимость разработки процедуры последовательного преобразования знаний.

Предлагаются следующие основные шаги для перехода от разрозненного описания свойств ПО к единой формализованной модели знаний о ней.

1. Формализуются знания о ПО, представленные в виде высказываний на естественном языке, с использованием аппарата формализации СЦУ либо ИП.

2. Формируется формализованное описание целей для системы управления с помощью ИП путем выделения множества аксиом, описывающих цель системы, либо цель, определенную средствами естественного языка.

3. Формируется формализованное описание отношений для системы управления с помощью ИП путем выделения множества аксиом, описывающих отношения в системе управления, либо отношения, определенные средствами естественного языка.

4. Формализованные описания целей и отношений [20], представляются в виде формализованного описания знаний о ПО формализованной теорией $T_{по}^{сцу}$.

5. Учитывая изоморфность морфизмов, п.п. 1 – 4 итерационно повторяются до получения описания знаний о ПО.

В практическом аспекте, опираясь на предложенный метод формализация знаний о процессе распознавания СО в АС УДС, задание распознавания степени опасности ситуации формально сводится к оценке степени соответствия ситуации, которая наблюдается по совокупности признаков в ИМ обстановки, к одной из множества возможных СО. Возможный перечень СО определяется на этапе планирования, подготовки и разработки системы распознавания ситуаций в АС УДС.

Из множества возможных СО, которые могут возникать в зоне ответственности органа управления АС УДС, наибольшую значимость в процессе подготовки принятия решений имеют те, которые в динамике развития могут привести к возникновению конфликта.

Для распознавания СО "потенциально конфликтная ситуация", необходимо наличие информации о значении следующих информационных признаков (ИП):

– прямолинейное движение судов;

– движение судов по траекториям маневрирования;

– отклонение судна от маршрута движения (или установленной схемы);

– сближение судов;

– пересечение занятого попутного / встречного направления движения с применением продольного и / или бокового порядка построения;

– движение судов в особых условиях;

– возникновение особых случаев на маршрутах движения;

– появление незапланированных объектов в зоне ответственности органа управления;

– все суда движутся согласно установленных правил;

– отсутствие признаков бедствия на борту судна и так далее.

Исходя из содержания разработанных правил и ссылок, которые приведены в [15], появляется возможность построения решающего правила именно для определения факта наступления СО "относительно друг к другу" с использованием вычислений предикатов первого порядка, приведено в разработке комбинированной модели представления знаний в [15-21]. С учетом указанного, формальное правило для ситуации обстановки будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}&\text{ПКС}(PS_1, PS_2) \equiv \text{ОДИНАККУРС}(PS_1, PS_2) \vee \\ &\vee(\text{КРДВИЖ}(PS_1) \wedge \text{ВЫХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee(\text{КРДВИЖ}(PS_1) \wedge \text{ВХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee(\text{ВЫХАКВ}(PS_1)) \wedge \text{ВХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee \text{ВЫХАКВ}(PS_1, PS_2) \vee \text{ВХАКВ}(PS_1, PS_2)\end{aligned}, \quad (1)$$

где $\text{ПКС}(PS_1, PS_2)$ – ПКС при движении судов PS_1 и PS_2;

ОДИНАККУРС – один курс для судов PS_1 и PS_2;

КРДВИЖ – движение с крейсерской скоростью для судов PS_1 и PS_2 соответственно;

ВЫХАКВ – выход из акватории порта судов PS_1 и PS_2 соответственно;

ВХАКВ – вход в акваторию порта судов PS_1 и PS_2 соответственно.

Учитывая то, что процесс распознавания должен осуществляться с учетом динамики изменения обстановки, то и знания относительно значений каждого из факторов известны лишь с некоторой степенью уверенности, что определяется например согласно [15, 20], тогда решающее правило (1) примет следующий вид:

$$\begin{aligned}&M \quad \text{ПКС}(PS_1, PS_2) \equiv \text{ОДИНАККУРС}(PS_1, PS_2) \vee \\ &\vee(\text{КРДВИЖ}(PS_1) \wedge \text{ВЫХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee(\text{КРДВИЖ}(PS_1) \wedge \text{ВХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee(\text{ВЫХАКВ}(PS_1)) \wedge \text{ВХАКВ}(PS_2)) \vee \\ &\vee \text{ВЫХАКВ}(PS_1, PS_2) \vee \text{ВХАКВ}(PS_1, PS_2)\end{aligned}. \quad (2)$$

В выражении (2) отображена возможность наступления указанного события, которое для рассматриваемой предметной области, формально следует задать путем введения модального оператора возможности – M.

Знания о взаимосвязи между фактами в данной предметной области и формализованное представление цели решения задачи распознавания, позволяют перейти к следующему этапу метода многоэтапной формализации знаний, и представить процесс решения задачи распознавания СО в виде СЦУ (рис. 1).

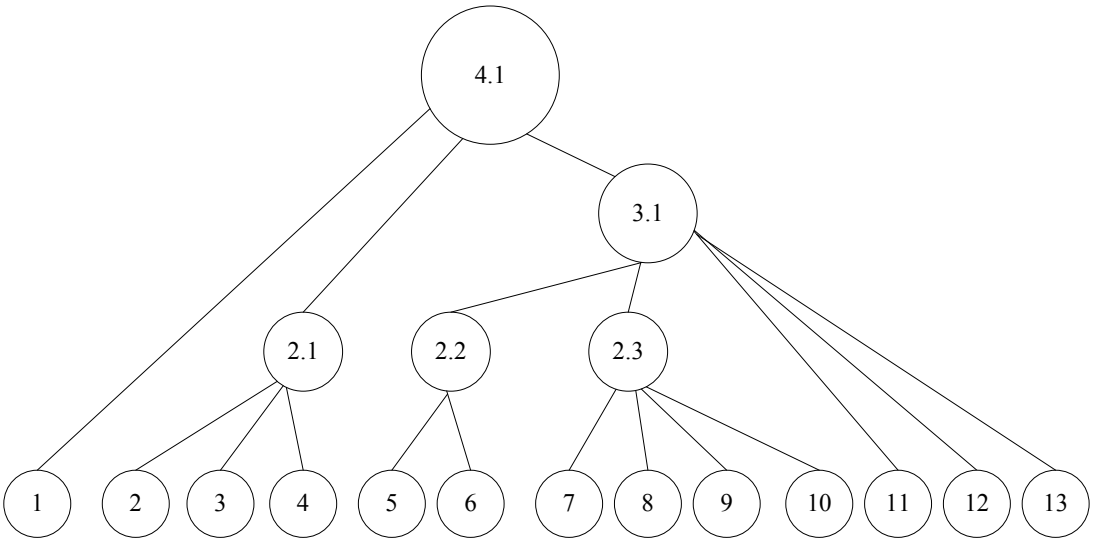


Рисунок 1. *Структура знаний о процедуре распознавания СО*

На рис. 1 входные вершины 1–13 в общем виде обозначают начальные условия и факторы, характеризующие ситуацию, которая сложилась на текущий момент времени. Так, например, вершина 1 обозначает время оценивания ситуации, вершины 2–4 обозначают текущие значения координат и параметров движения судна №1, и так далее; узлы 2.1–2.3 характеризует процесс обработки данных для определения промежуточных классов (категорий) СО; узел 3.1 – приведен для пояснения возможности совместной обработки первичных значений начальных условий и факторов с определенными промежуточными классами (категориями) СО; вершина 4.1 – соответствует получению решения о событии относительно наступления определенной СО.

Используя предложенный подход к формализации процесса распознавания СО, можно получить описание и других классов СО.

Описание знаний о СО, которое приведено выше, позволяет перейти к реализации процедуры принятия решения на основе СЦУ, описывающих различные СО.

При реализации процедуры принятия решения с использованием СЦУ необходимо учесть следующие факторы:

– значения истинности исходных данных могут принимать как детерминированный вид 0 или 1, так и принадлежать нечеткому интервалу [0; 1], что отражает природу и соответственно свойства различных информационных признаков, характеризующих СО;

– необходимо получение оценки модального высказывания о возможности наступления данного конкретного события, что наиболее соответствует условиям отображения динамических свойств конкретной СО, так и позволяет представлять различные оценки (логические, лингвистические, нечеткие) относительно процессов, которые происходят в предметной области.

Для реализации процедуры принятия решения о типе СО в зоне ответственности органа управления АС УДС в качестве аппарата обобщения результатов интерпретации высказываний, с учетом полученной СЦУ может быть использовано следующее правило распознавания, реализованное с помощью соответствующей функциональной сети:

$$\text{ФМ} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{D_j}\,\overline{F_j}) - \prod_{i=1}^{n}(\overline{D_j}\,\overline{F_j})}{1+\sum_{i=1}^{n}(\overline{D_j}\,\overline{F_j}) - 2\cdot\prod_{i=1}^{n}(\overline{D_j}\,\overline{F_j})}, \qquad (3)$$

где $\overline{D_j}$ соответствует вектору количественных информационных признаков, к которым, например, могут принадлежать значения текущих и экстраполированных плоскостных координат и параметров движения судов, значение курса и т.д.;

$\overline{F_j}$ характеризует качественные признаки, например, нарушитель режима мореплавания, выход из установленного коридора движения и т.п.

Результаты проведенных экспериментальных исследований на разработанной имитационной модели, которая воспроизводит процессы распознавания СО в АС УДС, свидетельствуют о том, что в зависимости от количества факторов, которые учитываются при распознавании, а также в зависимости от степени их неопределенности, коэффициент правильного распознавания СО имеет значение в пределах 0,15–0,89. Это свидетельствует о необходимости отнесения приведённого правила к классу критериев оптимизма. А вынесения решений в практических приложениях с помощью таких критериев не всегда удовлетворяет пользователей. Поэтому предлагается использование следующего подхода.

Для принятия решения о типе СО необходимо использовать механизм, с помощью которого будут проявляться похожие между собой образы текущей и априорно заданной СО [13].

Получение решающих правил для определения степени сходства и является основной задачей распознавания. Формально данную процедуру можно подать следующим образом.

Множество СО обозначается как A. Ситуация A_1 описывается признаками $A_1 = \{x_1^1, x_2^1, ..., x_n^1\}$,…., ситуация A_m признаками $A_m = \{x_1^m, x_2^m, ..., x_k^m\}$, где $(A_1, A_2, ..., A_m) \in A$. При этом множество СО $< A_1, A_2, ..., A_m >$ не пересекается $A_t \cap A_p = \varnothing$; $t \neq p$; $t, p = \overline{1.m}$, здесь A_t – текущие, а A_p – априорно заданные СО. Множество информационных признаков, которые описывают СО $\{x_1^1, x_2^1, ..., x_n^1\}$, ..., $\{x_1^m, x_2^m, ..., x_k^m\} \in X$, могут пересекаться, так как одни и те же признаки могут характеризовать разные СО. Например, признак "Суда движутся одним курсом" относится как к штатной ситуация, так и к потенциально конфликтной ситуации.

Таким образом, можно определить множество правил – морфизмов $L = \{l_1, l_2, ..., l_m\}$, которые должны разрешить получать численную оценку степени сходства ситуации, которая наступила к априорно заданной ситуации путем сравнения значений одних и тех же текущих и априорно заданных признаков, описывающих конкретную СО.

С учетом указанного подхода, правила описания признаков ситуаций будут иметь следующий вид:

$$l_1 : (\{x_1^1, x_2^1, ..., x_n^1\} \cap \{x_1, x_2, ..., x_r\}) \to A_1; \tag{6}$$

$$l_m : (\{x_1^m, x_2^m, ..., x_k^m\} \cap \{x_1, x_2, ..., x_r\}) \to A_m. \tag{7}$$

При этом сами морфизмы $\{l_1, l_2, ..., l_m\}$ будут иметь вид правил обработки данных и правил, описывающих СО в модели знаний, и задаются в виде СЦУ, с возможностью получения интерпретации модальных знаний, которые описывают данную СО. Таким образом, к мере сходства между СО можно предъявить следующие требования:

1. Мера сходства между априорно заданной и текущей СО должна быть всегда положительной величиной, то есть $l_i \geq 0$; $i = \overline{1, m}$.

2. Должно придерживаться свойство симметрии, то есть:

$$\begin{aligned} &l_m : (\{x_1^m, ..., x_k^m\} \cap \{x_1, ..., x_r\}) \to A_m \equiv \\ &\equiv l_m : (\{x_1, ..., x_r\} \cap \{x_1^m, ..., x_k^m\}) \to A_m; \\ &m = \overline{1, M}. \end{aligned} \tag{8}$$

В результате вычисления значения функции сходства текущей A_t и априорно заданной A_p СО, будет получен результат распознавания в виде максимума функции сходства между ними, то есть:

$$F(A_t, A_p) = \max_m l_m. \tag{9}$$

Полученные соотношения позволяют формализовать знания о процессе оценки СО, которые создаются в зоне ответственности органа управления АСУ ДС. В результате может быть получена СЦУ, которая позволяет решить задачу определения конкретной СО, соответствующая текущему моменту времени. Предложенный аппарат формализации целесообразно положить в основу метода ситуационного анализа обстановки, основанного на совместном использовании методов распознавания возможных ситуаций, которые возникают в предметной области, опирается на основные положения методов кластерного анализа, используемых совместно со знаниями для процесса распознавания. Структура предлагаемого метода приведена на рис. 2.

Таким образом, предложенные последовательность и связь этапов и процедур позволяют в итоге получить формализованное описание знаний о процессе распознавания ситуа-

ций обстановки лицом, принимающим решения, в автоматизированной системе управления движением судов.

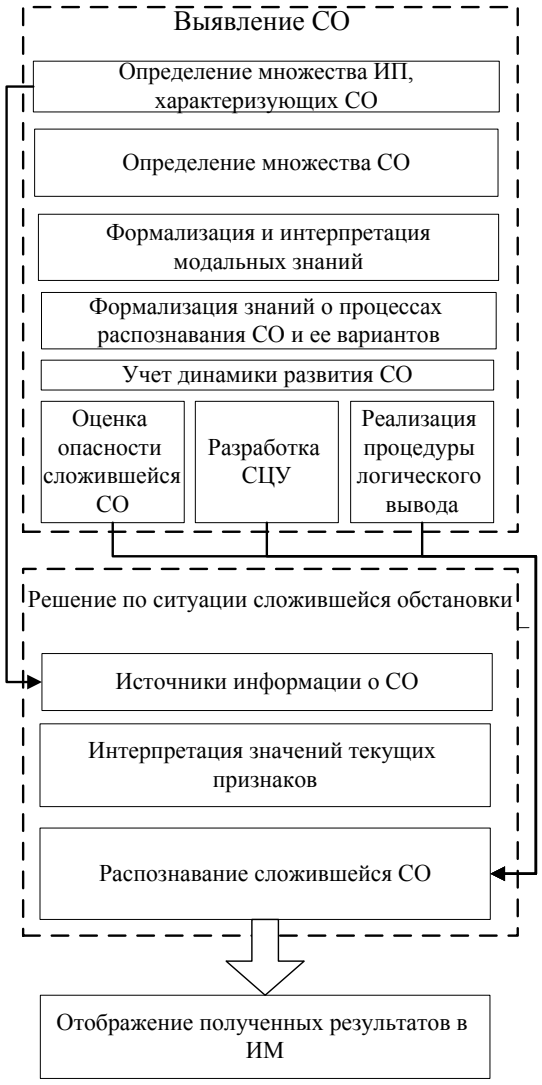


***Рисунок 2**. Структура метода формализации знаний по ситуационному анализу обстановки для информационной поддержки принятия решений ЛПР в АСУ ДС*

Выводы. Разработанный метод формализации знаний о процессе распознавания ситуаций обстановки лицом, принимающим решения, в автоматизированной системе управления движением судов предусматривает последовательность этапов и процедур, которые начинаются с определения перечня информационных признаков, которые являются исходными для построения правил распознавания ситуаций обстановки.

В методе учтено, что процесс распознавания должен осуществляться с учетом динамики изменения обстановки. Также предусмотрено, что решающие правила в своей основе базируются на рассмотрении ситуаций возможного взаимного положения судов относительно друг друга в пространственной и временной плоскостях.

Предлагается использовать множество правил – морфизмов, которые должны обеспечивать получение численной оценки степени сходства наступившей ситуации, к априорно заданной ситуации, путем сравнения значений текущих и априорно заданных признаков, описывающих конкретную ситуацию обстановки. В результате вычисления значения функ-

ции сходства текущей и априорно заданной ситуации обстановки появляется возможность получения результат распознавания в виде максимума функции сходства между ними.

Дальнейшим направлением исследований является разработка процедур получения оценки истинности высказываний, содержащих модальности, что позволит корректировать результаты работы алгоритма логического вывода и получать оценки уверенности в наступлении ситуации обстановки при наличии ограниченного набора информационных признаков.

Литература

1. Тихонов, В.И. Совершенствование теории судовождения на внутренних водных путях: /автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.22.19. /– Н. Новгород, -2011. -39 с.
2. Васьков, В.А. Формализация знаний о маневрировании судна в портовых водах на основе нечетких функций / В.А. Васьков, А.А. Мироненко // Эксплуатация морского транспорта. -2010. № 2 (60). -с. 39-43.
3. Modeling and Optimization Algorithms in Ship Weather Routing / Walther L., Rizvanolli A., Wendebourg M., Jahn C. //International Journal of e-Navigation and Maritime Economy. -2016. Vol. 4. -p. 31–45.
4. Климовский, А.О. Подготовка судоводителей с использованием программного обеспечения с функцией планирования и исполнения перехода / А.О. Климовский, В.А. Рыжов // Компьютерные инструменты в образовании. -2017. № 6, -с. 44-53.
5. Simple Local Path Planning Algorithm for Autonomous Mobile Robots / N. Buniyamin, W.A.J.Wan Ngah, N.Sariff, Z.Mohamad // Int. J. of Systems Applications, Eng. & Development. –2011. Issue 2. V.5. -p.151-159.
6. Depth Space Approach to Human-Robot Collision Avoidance / F. Flacco, T. Kroger, A. De Luca, O. Khatib // Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation RiverCentre. – Saint Paul, Minnesota, USA, -2012, - p.338-345.
7. Чертков, А.А. Рекурсивный метод оптимизации логистических путей средствами MATLAB / А.А. Чертков, А.А. Вардомская, А.А. Дмитриев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. -2015. № 6 (34), -с. 196-204.
8. Real-time traveler information for optimal adaptive routing in stochastic time-dependent networks / S. Gao, H. Huang // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2012. Vol. 21. Is. 1. Pp. 196–213. DOI: 10.1016/j.trc.2011.09.007.
9. Path planning for the autonomous underwater vehicle / A. Kirsanov, S. Anavatti, T. Ray // International Conference on Swarm, Evolutionary, and Memetic Computing. Springer, Cham, 2013. – Pp. 476-486. DOI: 10.1007/978-3-319-03756-1_43.
10. A survey on path planning for persistent autonomy of autonomous underwater vehicles / Z. Zeng, L. Lian, K. Sammut, F. He, Y. Tang, A. Lammas // Ocean Engineering. -2015. Vol. 110. Part A. – p. 303-313. DOI: 10.1016/j.oceaneng. 2015.10.007.
11. Чертков, А. А. Автоматизация выбора кратчайших маршрутов судов на основе модифицированного алгоритма Беллмана–Форда //Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, -2017. Т. 9. №5, -с. 1113-1122. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1113-1122.
12. Астреин, В.В. Алгоритм самоорганизации групп судов для предупреждения столкновений [текст]/ В.В. Астреин, С.И. Кондратьев, Е.В. Хекерт//Эксплуатация морского транспорта. Государственный морской университет им. Адмирала Ф.Ф. Ушакова, -2016. №2(79), -с.45-50.
13. Вагущенко, Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. -Одесса: Феникс, -2010. -229 с.

14. Васьков, В.А. Формализация знаний о маневрировании судна в портовых водах на основе нечетких функций / В.А. Васьков, А.А. Мироненко // Эксплуатация морского транспорта, -2010. №2 (60), -с. 39-43.
15. Павленко, М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, -2004, Вип. 9 (37). -с. 124-133.
16. Бычков, Е.Д. Распознавание состояния сложной цифровой системы при нечетких условиях/Системы управления и информационные технологии. -2005.–Том 2(19). -с. 80–84.
17. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. -М.: Горячая линия –Телеком, -2007. -284 с.
18. Кондратьев, А.И. Оперативный выбор безопасности маневров последнего момента в судовых навигационно-информационных системах. Оперативный выбор безопасности маневров последнего момента в судовых навигационно-информационных системах:/Диссертация к.т.н./-Новороссийск, -2002. -145с.
19. William, Siler. Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning / William Siler, James J. Buckley. – Hoboken, New-Jersey: John Wiley & Sons, Inc., -2005. -405 p.
20. Шило, С. Г. Метод формалізації знань про ситуаційний аналіз обстановки для системи підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління повітряним рухом. / С. Г. Шило, О.М. Дмитрієв, І. В. Новікова// Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. -Київ, -2018. № 3(33). -с. 93–98. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ sitsbo_2018_3_17.
21. Павленко, М. А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом. / М. А. Павленко, С. Г. Шило, І. О. Борозенець, О. М. Дмитрієв// Системи управління, навігації та зв'язку, -Полтава: -2018. Вип. 6(52). -с. 25–29. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2018_6_7.

Məqalə qəbul olunub: 10.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.6

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖДУНАРОДНОГО МОРСКОГО СУДОХОДСТВА

Уами А., Берсенев А.И.

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
E-mail: abdeljalilouami@gmail.com, ber738@gmail.com

Аннотация. *В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на состояние современного международного морского судоходства. На основе статистических данных проанализированы актуальные тенденции глобальных изменений запроса потребления судоходных сервисов в связи с колебаниями китайской экономики, экономики США, а также стран ЕС и развивающихся стран. Перечислены пять будущих тенденций, которые иллюстрируют динамические изменения, происходящие в судоходной отрасли, и новые возможности, которые они создают для развития судоходного бизнеса.*

Abstract. *The article discusses the main factors affecting the state of modern international maritime shipping. On the basis of statistical data, current trends in global changes in the demand for consumption of shipping services due to fluctuations in the Chinese economy, the US economy, as well as the EU and developing countries are analyzed. Five future trends are listed that illustrate*

the dynamic changes occurring in the shipping industry, and the new opportunities they create for the development of the shipping business.

Xülasə. *Məqalədə müasir beynəlxalq dəniz gəmiçiliyinin vəziyyətinə təsir edən əsas amillər nəzərdən keçirilmişdir. Statistik məlumatlara əsasən, Çin iqtisadiyyatında, ABŞ iqtisadiyyatında, eləcə də AB və inkişaf etməkdə olan ölkələrdə baş verən dalğalanma ilə əlaqədar nəqliyyat xidmətlərinin istehlakına olan tələblərin qlobal dəyişikliklərinə mövcud meyllər təhlil olunmuşdur. Gəmiçilik sahəsində baş verən dinamik dəyişiklikləri və gəmiçilik üçün yeni imkanları göstərən beş gələcək tendensiya sadalanmışdır.*

Ключевые слова: *международное судоходство, тенденции развития судоходства, торговая война и её влияние на судоходство, биг дата, современное судостроение, судоходный бизнес*

Key words: *global shipping, shipping development trends, trade war and the effect on the shipping, big data, modern shipbuilding, shipping business*

Açar sözlər: *beynəlxalq gəmiçilik, gəmiçiliyin inkişaf tendensiyaları, ticarət müharibəsi və onun gəmiçiliyə təsiri, böyük məlumatlar, müasir gəmiqayırma, gəmiçilik biznesi*

Введение. В последние годы международная торговля претерпела множество геополитических, экономических, а также демографических колебаний и связанных с ними изменений, как в грузопотоках, так и в самой структуре мировой экономики. Эти события создали предпосылки для преобразования состояния современной картины международного судоходства. Основные отличительные особенности этой картины представлены в данной статье.

Морской сектор является ключевым звеном в глобальной транспортной цепочке. Примерно 90 % всей мировой торговли осуществляется с использованием морских перевозок. В перевозке этих грузов задействовано около 51 732 торговых судов валовой вместимостью более 500 GT: нефтяные танкеры 29,25%, сухогрузы 42,5%, суда для перевозки генеральных грузов 3,9 %, контейнеровозы `13,1%, газовозы 3,3%, химические танкеры 2,3%, оффшоры 4,1 %, пассажирские суда 0,3%, другие 1,2 % [1].

Постановка задачи. Перемещение парохода из пункта А в пункт Б не является исключительным навигационным процессом и никогда не было таким. Это также включает в себя другие процессы, такие как практическая и экономическая обработка грузов, а также контроль грузов, включая таможню, законодательные требования и безопасность. Эти различные процессы являются дорогостоящими для судоходной отрасли и занимают много времени, и будущее потребует интеграции этих процессов. Продолжаются разработки концепций на национальной, региональной, международной, федеративной и межсекторальной основе, такие как электронная навигация, электронная таможня и электронная безопасность.

Все это способствует улучшению процессов в их секторах. Однако, не имея целостного подхода, теряется из виду всеобъемлющее потенциальное улучшение, необходимое для того, чтобы сделать судоходство более безопасным, более экологически чистым и более эффективным грузовым звеном. Новые и сложные инновации и услуги в портах оказались эффективными, но, несмотря на эти нововведения и услуги, некоторые портовые ситуации попрежнему считаются проблематичными, такие как массовая эвакуация, пожаротушение и управление авариями. В этих ситуациях сотрудничество между вовлечёнными субъектами имеет решающее значение. Это требует планирования профилактики, готовности и реагирования с точки зрения оценки риска, параллельно с аспектами мониторинга и надзора.

Морской сектор продолжает развиваться от судостроения до грузовых морских перевозок в будущем в ответ на экономические, политические, демографические и технологические тенденции. Понимание этих тенденций имеет решающее значение для повышения эффективности капиталовложений в отрасли, а также эффективности работы, и является фоном для

успешной долгосрочной бизнес-стратегии. В этой статье представлен обзор по глобальным тенденциям, которые будут определять отрасль в предстоящем десятилетии.

Анализ полученных результатов. В большинстве развивающихся стран в условиях замедления роста глобальной экономики эксперты прогнозируют в течение следующего десятилетия длительное снижение цен на сырьевые товары. Цены на уголь, железную руду и сырую нефть, скорее всего, останутся в депрессии в течение следующих нескольких лет. Для большинства грузоотправителей 5-10 лет медленного роста приведут к снижению тарифов на доставку, особенно на перевозку навалочных грузов. Усугубление снижения цен заключается в том, что большинство флотов, за исключением флота типа Panamax, перевозящего уголь и зерно, довольно молоды. В результате может возникнуть очень болезненое и длительное перебалансирование пропускной способности. Единственным исключением из этого направления является перевозка танкеров, которая, как ожидается, в краткосрочной перспективе останется сильной.

В течение первой половины 2015 года в секторе наблюдался рост ставок фрахта, поскольку низкая цена на сырую нефть побуждала развивающиеся страны к сжиганию нефти вместо угля. Очень крупные перевозчики сырой нефти (VLCC) на Ближнем Востоке в регионе Персидского залива и Дальнего Востока взимали 60 000 долларов США в сутки в апреле 2015 года, по сравнению с 10 000 долларов США в апреле 2014 года и уровнем безубыточности в апреле 2013 года. В течение оставшейся части 2018 года ожидается рост доходов, поскольку цены на нефть остаются низкими (ниже 100 долларов США за баррель). Хотя более низкие цены приведут к увеличению потребления нефти в краткосрочной перспективе, эксперты ожидают, что общий глобальный рост спроса на нефть будет составлять всего 0,6 % в год до 2040 года. Это связано с тем, что связь между экономическим ростом и спросом на нефть будет ослабевать, поскольку мир принимает альтернативы углеводородного топлива и повышает топливную экономичность транспортного средства [2], [3].

Китай также внёс свой вклад в окончание товарного суперцикла. Недавнее замедление экономического роста в Китае сказывается на многих отечественных отраслях, что сказывается в итоге и на мировой морской экономике. Ожидалось, что избытки промышленного потенциала, жилищного фонда и задолженности уменьшат внутренний спрос Китая в 2016 году. Как следствие, строительная отрасль погрузится глубже в рецессию. В то же время медленный и нестабильный глобальный экономический рост предположительно будет препятствовать пути восстановления Китая. Эксперты прогнозировали, что ВВП Китая снизится с 7,3 % в 2014 году до 6,5 % в 2018 году. Перевозка навалочного груза будет проблематичной, поскольку спрос Китая на товары сократится. До снижения ВВП Китай импортировал 70 % перевозимой морем железной руды в мире и 20 % своего угля. С ростом промышленности в Китае спрос на коксующийся уголь и железную руду резко снизился. Импорт коксующегося угля снизился на 12,0 % в сентябре 2015 года по сравнению с сентябрём 2014 года [2].

Даже учитывая недавние новости о закрытии шахт в Китае в связи с наличием превосходного, недорогого импорта – железной руды, экспортируемой из Бразилии и Австралии, которая имеет более высокое качество и намного дешевле отечественного производства, мало шансов на возвращение 5-8 % ежегодного роста спроса Китая на иностранную железную руду. Вместо этого спрос на морской импорт будет просто стабилизироваться, что обеспечит возможность небольшого роста. На сегодняшний день контролируемые государством сталелитейщики в Китае смогли найти покупателей за рубежом, поскольку цены падают скорее, чем падает производство. Тем не менее, антидемпинговые правила, как ожидается, заставят отрасль сократить производство. Это приведёт к разрыву связей в судоходной отрасли между ожиданиями судовладельцев и фрахтователей в отношении спотовых ставок. Вновь сформированные цены предполагают, что фрахтовые ставки упадут еще больше. В то время как крупные азиатские верфи выглядят стабильными, более мелкие верфи могут быть уязвимыми, особенно те, которые специализируются на рынках навалочных морских судов.

К трудностям, связанным с судоходством, относится снижение морского импорта угля в Китай, что объясняется, в частности, заменой наземного угля как внутри страны, так и соседней Монголии. Такая тенденция в использовании угля обусловлена, в частности, перемещением тепловых электростанций на запад во Внутренний Китай, с целью уменьшить загрязнение в больших городах Китая на востоке. Рост ядерных и альтернативных источников энергии также снизил спрос на судовые импортные угли из Австралии и других стран. Еще одним важным аспектом для китайского судоходства является контейнерная торговля, которая, как ожидается, будет расти. Объём маршрутов в Западные США вырос на 8 % в 2016 году, а на европейских маршрутах - на 6 %, что частично вызвано ростом спроса на дешёвую нефть и нефтепродукты [2].

В дополнение к более низкой волатильности, ожидаемой в сырьевых товарах, грузовладельцы вскоре получат выгоду от повышения доступности данных о доставке, т.к. успехи в Big Data analytics предоставляют грузовладельцам более значительную информацию о тенденциях рынка и ценообразования и помогают минимизировать критические периоды подъема и спада, которые традиционно преследуют отрасль. Одним из примеров является Big Data analytics, предоставляемая Автоматизированной системой идентификации: система спутников, которая отслеживает пароходы в море и даёт аналитикам значительно больше информации об эксплуатации судов, погрузке и выгрузке грузов, по сравнению с другими системами. Наличие такой аналитики, основанной на данных, улучшает тактические решения, позволяя принимающим решения судовладельцам выбирать оптимальные маршруты с учётом погодных условий, расхода топлива и риска пиратства. По мере того, как аналитики объединяют эту информацию с коносаментами, специалисты получают более чёткое представление о том, как торговые пути развиваются с течением времени. Сама по себе Big Data analytics не может остановить циклический характер отрасли или устранить всю геополитическую неопределённость. Тем не менее, это позволит участникам рынка действовать таким образом, чтобы смягчить их риски и трансформировать многие из их проблем в возможности – положительную общую для судоходства.

Сдвиги в глобальной демографии и темпы роста населения в сочетании с долгосрочным экономическим ростом на развивающихся рынках в течение следующего десятилетия будут иметь последствия для морского сектора. Средний класс растет в странах Азии, Африки и Латинской Америки с развивающейся экономикой. По мере роста имеющихся доходов спрос на импортную продукцию также возрастает, что стимулирует рост спроса на импорт товаров и готовой продукции. Рассмотрим Индию, где к 2017 году экономический рост стабильно возрос до 7,9 % против 7,3% в 2014 году. На потребительские расходы Индии приходится около 60 % экономики, и это является основным фактором экономического роста. С понижением инфляции и снижением мировых цен на сырьевые товары реальная покупательная способность индийских домашних хозяйств будет продолжать улучшаться. Для морского сектора одним из последствий роста потребительских расходов на развивающихся рынках будут долгосрочные возможности роста эксплуатации контейнеровозов. Все больше и больше контейнеровозов потребуют инвестиций в порты, инфраструктуру, технологии и услуги, чтобы обеспечить непрерывность потока бизнеса [2].

По мере увеличения требований к более технологически продвинутым системам глобальная судоходная отрасль сталкивается с серьёзной проблемой управления стареющей рабочей силой. Моряки во всем мире становятся старше, потому что меньше курсантов проходят подготовку, чтобы заменить старших офицеров. Эта проблема наиболее остро стоит в азиатском судостроительном секторе. В Японии около половины рабочей силы составляют работники в возрасте 50-60 лет, и в этой отрасли мало молодых выпускников. Проблема занятости в транспорте заключается в том, что она рассматривается как низкотехнологичная по сравнению с такими отраслями, как авиация, автомобилестроение и технология. Для привлечения нового поколения специалистов в области судоходства верфи должны стать более тех-

нологически развитыми и инновационными, а мореплавание должно получить новые навыки и интегрировать новые технологии. Например, внедрение автоматизации судовых систем позволит осуществлять контроль на суше, требуя меньше моряков [2].

Рассмотрим обзор торговой войны и ее влияние на судоходство.

Торговая война – это процесс, который ускоряется с каждой введённой ограничительной ответной мерой и его становится всё труднее остановить. Долгосрочный эффект создаёт неопределённость и, возможно, может подорвать текущий глобальный рост, если меры будут сохранены или ещё более обострены. Несмотря на то, что речь идёт о трёх крупнейших экономиках мира, воздействие на судоходство с точки зрения объёмов торговли несколько ограничено.

Главный аналитик BIMCO по судоходству Питер Санд комментирует: «Торговая война добавляет неопределённость в судоходную отрасль, поскольку она искажает свободный поток товаров, меняет торговые пути и мешает судовым операторам и судовладельцам эффективно размещать суда на рынке».

В навалочном судоходстве уже были затронуты тарифы на сталь и алюминий, и они снова пострадали, когда в июле 2018 года вступили в силу новые пошлины. Однако влияние на навалочное судоходство по объёмам остаётся ограниченным.

То же самое можно сказать и о контейнерных перевозках, хотя в общей картине перевозок они имеют незначительное влияние [4], [5].

США: влияние на судоходство остается ограниченным. 8 марта 2018 года США установили 25 % пошлины на сталь и 10 % пошлины на алюминий, ссылаясь на соображения национальной безопасности. Сначала временные исключения предоставлялись семи торговым партнёрам. Однако с 1 июня 2018 года они были отозваны для ЕС, Мексики и Канады. Пошлины для Австралии, Бразилии, Аргентины и Южной Кореи остаются в силе [4].

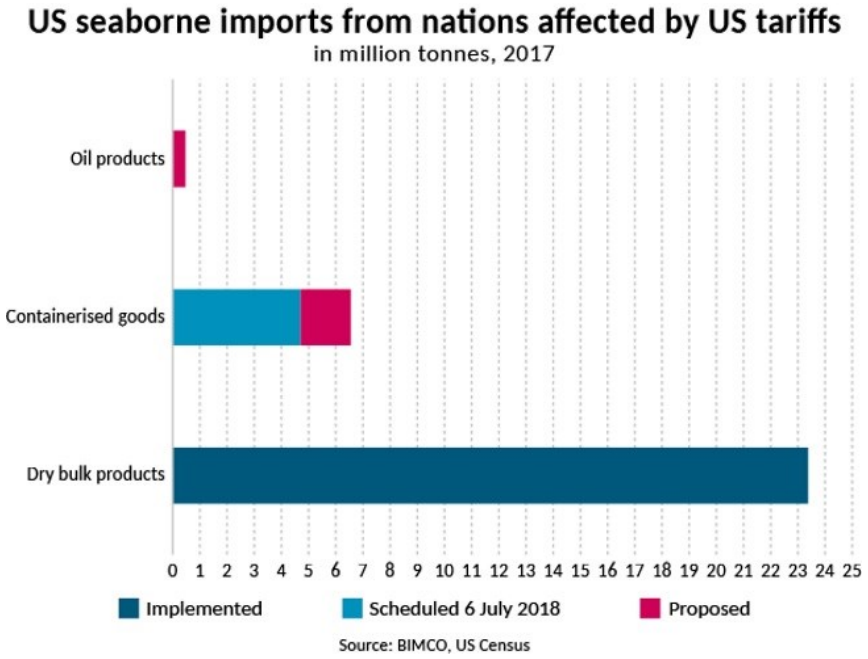


Рисунок 1. *Морской импорт США из стран, находящийся под влиянием тарифов США [4]*

После неудачных переговоров между США и Китаем, которые стремились избежать дальнейших пошлин, США объявили в конце мая, что будут действовать 25-процентные пошлины на китайские товары на сумму 50 млрд. долларов США. Первый список этих товаров, в основном машин и электроники стоимостью 34 млрд. долларов США, вступил в силу 6

июля 2018 года. Второй список, учитывающий китайский импорт на сумму 16 млрд. долларов США, содержит такие товары, как пластмассы и нефтепродукты, и в настоящее время находится на рассмотрении, без даты его возможного вступления в силу [4].

Первый раунд пошлин нацелен только на сыпучие грузы. В 2017 году США импортировали 18,8 млн. тонн тарифицированных стальных товаров и 4,4 млн. тонн тарифицированных алюминиевых изделий через море. Вместе с вышеуказанными стальными и алюминиевыми товарами в 2017 году было произведено 0,5 % от общего объёма сухих морских перевозок [4].

Пошлины на китайский экспорт в США на сумму 50 млрд. долларов США будут влиять на контейнерную судоходную отрасль на транзитной торговой зоне на востоке. Первый список, стоимостью 34 млрд. долларов США, охватывает в 2010 году 4,7 млн. тонн контейнерных китайских морских грузов, что эквивалентно 470 000 TEU (10 тонн на TEU). Это составляет 4,2 % импорта контейнеров на Западном побережье США (USWC) в 2017 году. Второй список на сумму 16 млрд. долларов США добавит дополнительные пошлины на китайские товары на сумму 2,3 млн. тонн, из которых 1,9 млн. тонн (1,7 % импорта USWC) – контейнерные товары, а 0,5 млн. тонн – нефтепродукты [4].

Китай: новые торговые партнёры, но тот же спрос. Китай откликнулся на первоначальные пошлины США на сталь и алюминий 2 апреля 2018 года, заплатив за 128 продуктов на сумму 3 млрд. долларов США. Это, прежде всего, продукты питания, напитки и изделия из железа и стали. Отказ Китая от запланированных пошлин в размере 50 млрд. долларов США из США был опубликован 17 июня 2018 года и разделён на две части. Китайский импорт 545 американских товаров на сумму 34 млрд. долларов США был нацелен на предложение дополнительных пошлин на 114 товаров на сумму 16 млрд. долларов США. Китайские пошлины на сумму 34 млрд. долларов США вступили в силу 6 июля 2018 года, а список в размере 16 млрд. долларов США будет подвергнут дальнейшему пересмотру [4].

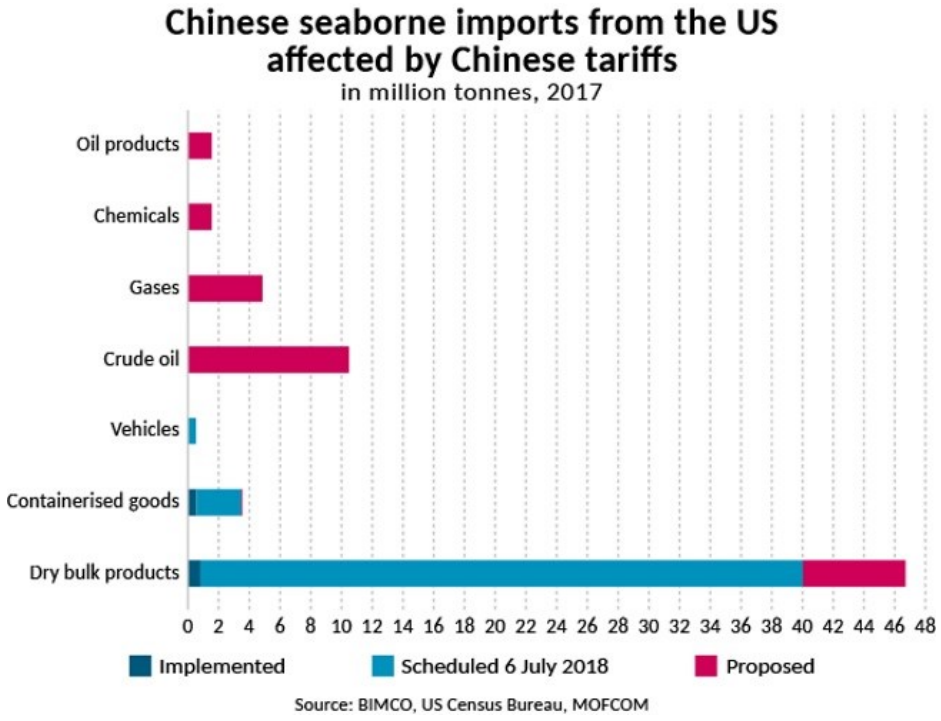


Рисунок 2. *Морской импорт Китая из США, находящийся под влиянием китайских тарифов [4]*

Если предлагаемые пошлины, составляющие 16 млрд. долларов США, будут реализованы, танкерные и газовые судоходные отрасли также могут ожидать изменений в торговых

коридорах. Наибольшее влияние на отрасль ожидается за счет экспорта сырой нефти в США, который в первую очередь был обусловлен действиями Китая в 2017 году. Китай в течение 2017 года отвечал за 25 % всех экспортных поставок морской нефти в США [4].

Сухогрузное судоходство находится в объёмах, которые больше всего затронуты китайскими пошлинами. Перевозка соевых бобов из США в Китай является крупнейшим грузопотоком, который включает в себя 32 миллиона тонн импорта в 2017 году, что эквивалентно 22 % от общего объёма торговли морскими соевыми бобами, или 640 загруженных судов типа Handymax (50 000 тонн). В апреле BIMCO сообщила, что в ближайшие месяцы будет видно, насколько Бразилия может увеличить свой экспорт в Китай, чтобы заменить пошлинный экспорт США. В мае 2017 года Бразилия экспортировала 12,35 млн. тонн соевых бобов через море, установив рекорд, но этого недостаточно, чтобы полностью заменить экспорт США в Китай [4].

ЕС: политически целевые продукты в списке. ЕС объявил ответные пошлины на американские товары на сумму 3,4 млрд. долларов США в ответ на пошлины США. Они вступили в силу 22 июня 2018 года и нацелены на широкий спектр экспорта США зерновых и сталелитейной продукции, в пользу некоторых политически чувствительных товаров [4].

Этот раунд пошлин охватывает товары, которые в 2017 году составили 1,35 млн. тонн торговли между США и ЕС. В 2017 году в целом 1.24 млн. тонн планируемых сухих грузов было экспортировано в ЕС из США, суммарно до 24 Handymax загрузок (50 000 тонн). Сельскохозяйственная продукция составляла на сегодняшний день самую большую часть этой торговли в 1 млн. тонн, из которых 90,5 % – кукуруза, остальное – сталь и алюминий [4].

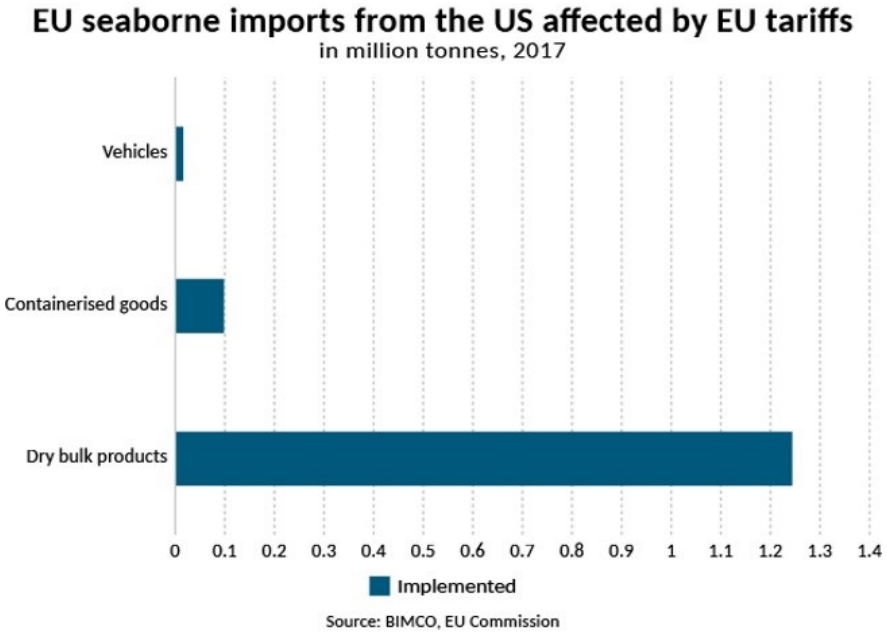


Рисунок 3. *Морской импорт ЕС из США, находящийся под влиянием тарифов ЕС [4]*

Канада и Мексика: ограниченная торговля через море. Последовала немедленная реакция соседей США, когда были сняты их первоначальные исключения на сталь и алюминий. Канада наложила ответные меры на импорт США на сумму 12,6 млрд. долларов США, которые применяются с 1 июля 2018 года. Аналогичным образом, Мексика объявила эквивалентные тарифы на импорт в США на сумму 3 млрд. долларов США, вступившие в силу с 5 июня 2018 года [4].

Влияние канадских и мексиканских пошлин на судоходство остается ограниченным, так как большинство грузов перевозится по железной дороге или грузовиками. Самый боль-

шой грузопоток – это мексиканский импорт стальной продукции в США, который составил 201 000 тонн в 2017 году, что эквивалентно четырём загрузкам Handymax (50 000 DWT) [4].

Аналитик BIMCO Питер Санд утверждает: «Несмотря на то, что влияние на судоходство несколько ограничено, торговля между странами становится более громоздкой и менее процветающей для задействованных экономик при повышении торговых барьеров» [4].

Судоходная индустрия постоянно меняется и адаптируется к потребностям коммерческого рынка, чтобы она могла стать более конкурентоспособной и рентабельной. Это огромная и сложная отрасль, на которую постоянно влияют глобальные тенденции и достижения в области технологий, материалов и топлива [4].

Ниже перечислены пять будущих тенденций, которые прекрасно иллюстрируют некоторые динамические изменения, происходящие в судоходной отрасли, и новые возможности, которые они создают для развития судоходного бизнеса [6].

1. Цифровые сенсорные технологии. Технология отслеживания операций и производительности судов становится все более и более сложной. Суда будущего будут иметь полную сеть датчиков для измерения всех аспектов операций, включая обнаружение неисправностей и определение областей, требующих технического обслуживания или ремонта. В этом отношении современное судно на береговых коммуникациях будет означать, что большинство операций судна могут контролироваться наземной командой менеджеров флота.

2. Мегасуда. Улучшения в технологии, структуре и материалах парохода приведут к появлению еще больших судов – мегасудов, особенно в сфере контейнерных перевозок. Завершённый в марте этого года, MOL Triumph является крупнейшим в мире контейнерным судном. Он имеет 400 м в длину (для сравнения, здание Шарда в Лондоне имеет высоту 310 м). Этот гигантское судна будет перевозить до 20 150 TEU контейнеров, а также Valemax 400000 mts. Производители будут стремиться к более низким транспортным издержкам, которые эти суда могут обеспечить за счёт их производства, чтобы максимально эффективно использовать контейнерное пространство.

3. Более экологичное судоходство. Существует постоянный вопрос об уменьшении углеродных выбросов морского флота, и этот вопрос будет становиться все более актуальным в будущем. В настоящее время изучается целый ряд технологий, включая низкоуглеродистые виды топлива, более обтекаемые корпуса, более эффективный дизайн пропеллера, улучшенное планирование рейса, чтобы экономить на топливе, улучшать покрытие корпуса и даже воздушные подушки для снижения трения.

4. Сжиженный природный газ (СПГ) в качестве топлива. Растёт интерес к потенциалу СПГ в качестве топлива для коммерческих перевозок. Те, кто выступают за использование СПГ, считают, что это может помочь операторам выполнить свои задачи по сокращению выбросов, а также быть конкурентоспособными по цене. Выбросы CO2 могут быть уменьшены на 25 % по сравнению с дизельными двигателями. В то время как в ближайшем будущем попрежнему будут доминировать обычные нефтяные топлива, вероятно, будет увеличено использование СПГ для специальных судов, что даст возможность доказать преимущества этой технологии и развивать ее в более широких масштабах.

5. Солнечная и ветровая энергия для судов. Судоходная индустрия изучает возобновляемые источники энергии, чтобы управлять флотом будущего. Некоторые из этих технологий уже тестируются. Turanor PlanetSolar – это катамаран, приводимый в действие 29 000 солнечных элементов, который успешно совершил кругосветное плавание. Тем не менее, наиболее вероятным применением для этой технологии в области коммерческого судоходства будут системы, которые уменьшают расход топлива, дополняя существующий блок питания бортовыми ветровыми турбинами или солнечными батареями.

Всё это лишь некоторые из тенденций, которые в настоящее время делают морскую технологию такой интересной и сложной областью. Многие сложные технологические про-

блемы, с которыми сталкивается судоходная отрасль, делают морские технологии реальной возможностью для предприятий любого размера.

Выводы. Таким образом, судоходство становится частью длинной логистической цепочки. Если считать, что 95 % мировой торговли движется по морю и если сравнить стоимость за тонно-милю, то это по-прежнему самый экономичный и экологически безопасный способ транспортировки по сравнению с другими видами транспорта. В этой отрасли ожидается много инновационных шагов в сторону улучшения как технической, так и коммерческой эксплуатации, что повлечёт за собой увеличение рентабельности торгового флота, а это, в свою очередь, играет ключевую роль в развитии экономики любой страны.

Литература

1. Конференция Организации Объединенных Наций по Торговле и Развитию ЮНКТАД /Обзор морского Транспорта -2018.
2. IHS markit, maritime trade 2018, Mr. Dalibor Gogic is a principal analyst for the Maritime & Trade Research and Analytics team at IHS Markit.
3. Trading economic, China GDP Annual Growth Rate report 2018.
4. Overview of the trade war and the effect on shipping, international shipping news 04/07/2018, Source: Peter Sand, Chief Shipping Analyst, BIMCO.
5. CNBC, The trade war's impact on shipping, Melissa Goh 13 July 2018.
6. European Union, European regional development Fund, Marine Challenge Fund Lead, Cornwall Development Company, future trends in the shipping industry, Leo McLeman 2017.

Məqalə qəbul olunub: 15.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

УДК 629.5:622.691.2

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Горбов В.М., Митенкова В.С.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
Украина, г. Николаев, пр. Героев Украины, 9
E-mail: viktor.gorbov@nuos.edu.ua, vera.mitenkova@gmail.com

Аннотация. *Выполнена оценка эксплуатационных и проектных параметров топливных систем сжиженного природного газа с цистернами типа С. Рассмотрено изменение массогабаритных параметров топливных танков для сжиженного природного газа в зависимости от давления хранения. Определено изменение испаряемости природного газа в топливных цистернах с различными типами изоляции в течение рейса.*

Abstract. *Operational and design parameters of fuel supply system of liquefied natural gas stored in type C tanks have been estimated. Mass-dimensional characteristics variation of fuel tanks for liquefied natural gas depending of storage pressure has been considered. Boil-off natural gas fluctuation in fuel tanks with different types of heat insulation has been determined during all voyage.*

Xülasə. *C tipli tanklarda saxlanılan mayeləşdirilmiş təbii qazın yanacaq təchizatı sisteminin istismar və dizayn parametrləri qiymətləndirilmişdir. Mayeləşdirilmiş təbii qaz üçün yanacaq çənlərinin kütləvi ölçülü xüsusiyyətlərinin saxlama təzyiqindən asılı olaraq dəyişməsi nəzərdən keçirilmişdir. Bütün səfər zamanı müxtəlif istilik izolyasiyasına malik yanacaq çənlərində təbii qazın dalğalanması müəyyən edilmişdir.*

Ключевые слова: *судовые энергетические установки, сжиженный природный газ, криогенные цистерны, испарившийся газ, системы подачи топливного газа, тепловой поток, тепловая изоляция, скорость испарения*

Key words: *ship power plants, liquefied natural gas, cryogenic tanks, boil-off gas, fuel gas supply systems, heat flux, heat insulation, boil-off rate*

Açar sözlər: *gəmi elektrik stansiyaları, sıxılmış təbii qaz, kriogen sisternlər, buxarlanan qaz, yanacaq qaz təchizatı sistemləri, istilik axını, istilik izolyasiyası, buxarlanma sürəti*

Введение. Новые требования IMO (Международная морская организация), касающиеся максимального содержания серы в морских топливах, вступили в действие 1 января 2020 г. Согласно этим требованиям содержание серы в топливах не должно превышать 0,5% вне зон контроля эмиссии (SECA) и 0,1% в SECA. Действие новых норм распространяется на морские топлива для главных и вспомогательных двигателей и котлов (исключением являются аварийные ситуации) [1]. Также с 1 января 2020 г. вступил в действие Этап 2 по ограничению эмиссии диоксида углерода с судов, как часть глобальной стратегии по снижению выбросов парниковых газов. На Этапе 2 для новых транспортных судов, на которые распространяется действие индекса энергетической эффективности (EEDI), предусматривается снижение выбросов CO_2 на 15-20% от нормативных значений 2013 г., зависящих от дедвейта и типа судна [2]. Что касается эмиссии оксидов азота, то этот компонент уходящих газов судовых двигателей регулируется ограничительными кривыми Tier II и Tier III, введенными в 2011 г. и 2016 г. и действующими за пределами особых зон (NECA) и в таких зонах, соответственно [1]. Таким образом, в 2020 г. перед судостроителями и судовладельцами встала серь-

езная задача существенно снизить эмиссию сразу трех компонентов уходящих газов, нормируемых IMO.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество первичных и вторичных методов снижения выбросов серы, оксидов азота и углерода в уходящих газах судовых двигателей и котлов. Но комплексным решением, обеспечивающим одновременное снижение всех нормируемых компонентов, является использование на судах альтернативных топлив (АТ) вместо традиционных нефтяных. Наиболее перспективными морскими АТ являются природный газ (ПГ), метанол и нефтяной газ (пропано-бутановая смесь), что подтверждается уже имеющимся положительным опытом использования этих топлив в судовых энергетических установках (СЭУ), а также наличием на рынке специализированного оборудования в морском исполнении, в первую очередь, главных и вспомогательных дизельных двигателей [3, 4].

Так, в 2011-2013 гг. компания MAN B&W запустила производство судовых двухтактных малооборотных двигателей для работы на АТ, в которых вместе с нефтяными топливами могут использоваться сжиженный природный газ (серия ME-GI) или другие легковоспламеняющиеся топлива, такие как метанол, этанол, сжиженный нефтяной газ (СНГ) и диметиловый эфир (серии ME-LGI и ME-LGIM) [5]. Судовые двухтопливные мало- и среднеоборотные двигатели для работы на нефтяных топливах и природном газе сегодня выпускают практические все крупные профильные компании: Wärtsilä, Rolls-Roys, Yanmar, MaK, EMD, ABC, Himsen и т.д. [6].

Среди упомянутых выше АТ наиболее перспективным для СЭУ является сжиженный природный газ (СПГ), поскольку по состоянию на декабрь 2019 г. была подтверждена готовность 369 транспортных судов работать на этом топливе (исключая газовозы) и еще 141 судно строится [7]. Если рассматривать опыт использования метанола, то в 2019 г. в эксплуатации было 8 судов на этом топливе (исключая специализированные наливные суда для перевозки метанола), в т.ч. один круизный лайнер Stena Germanica и 3 танкера, Mary Jone, Lindanger и Taranaki Sun [8, 9]. Что касается сжиженного нефтяного газа (СНГ), то его пока используют в качестве топлива на специализированных судах-газовозах для перевозки пропано-бутановой смеси, хотя подчеркивается его перспективность как АТ и для других типов транспортных судов [10]. Ведущие классификационные общества разработали правила проектирования и постройки судов для работы на природном газе и других легковоспламеняющихся топливах, разработаны нормативные документы, касающиеся эксплуатации и вопросов безопасности при использовании этих АТ. Использование СПГ, метанола и СНГ позволит существенно сократить нормируемые выбросы серы, оксидов углерода и азота [7-10].

Постановка задачи. Проанализируем особенности топливных систем СПГ СЭУ для выделения основных проблемных вопросов, требующих решения при проектировании и эксплуатации судов на природном газе.

На транспортных судах, которые не являются газовозами, СПГ может храниться в цилиндрических одно- или двухкорпусных цистернах (тип С согласно классификации IGF Code – Международный свод правил безопасности судов, где используются газы или другие легковоспламеняющиеся топлива) с различными типами изоляции, а также в призматических мембранных танках (тип В по классификации IGF Code). Рабочее давление в танках типа С может достигать 2 МПа, а для типа В – обычно не превышает 0,7 бар [11]. В составе топливной системы СЭУ на СПГ также могут предусматриваться криогенные насосы (погружные или выносные), испарители высокого и низкого давления, компрессоры, подогреватели испарившегося газа (ВОП – boil-off gas) и подогреватели топлива после испарителей [11, 12]. Из-за достаточно высокой стоимости танков типа В, а также проектных работ по реализации таких решений на судах, не являющихся газовозами, имеются лишь единичные случаи использования этих топливных емкостей в составе топливных систем СПГ СЭУ [11]. Например, проекты балкера на 37500 т для компании Cleanships или контейнеровоза грузовмести-

мостью 9000 TEU компании Kawasaki Heavy Industries [11, 13].

Рассмотрим стандартные схемные решения для топливных систем СЭУ на СПГ (рис. 1) [12]. Криогенные цистерны типа С, рассчитанные обычно на максимальное давление до 20 бар, могут выполняться с вакуумной или пенной изоляцией, для второго типа могут применяться различные изоляционные материалы. При установке криогенных цистерн с вакуумной изоляцией выносной насос подачи СПГ размещается в так называемом «холодном ящике», где находится и испаритель СПГ (рис. 1а). Стальной «холодный ящик» приваривается к цистерне, которая в такой комплектации рассчитана на рабочее давление до 10 бар, внизу предусмотрено спускное отверстие. Двойной трубопровод (типа «труба в трубе») подачи СПГ к насосу также находится в «холодном ящике», а пространство между стенками заполнено азотом. Природный газ в двигатель подается под давлением 4-16 бар. Топливные системы с низким давлением подачи топлива обычно используются для двигателей Wartsila [12].

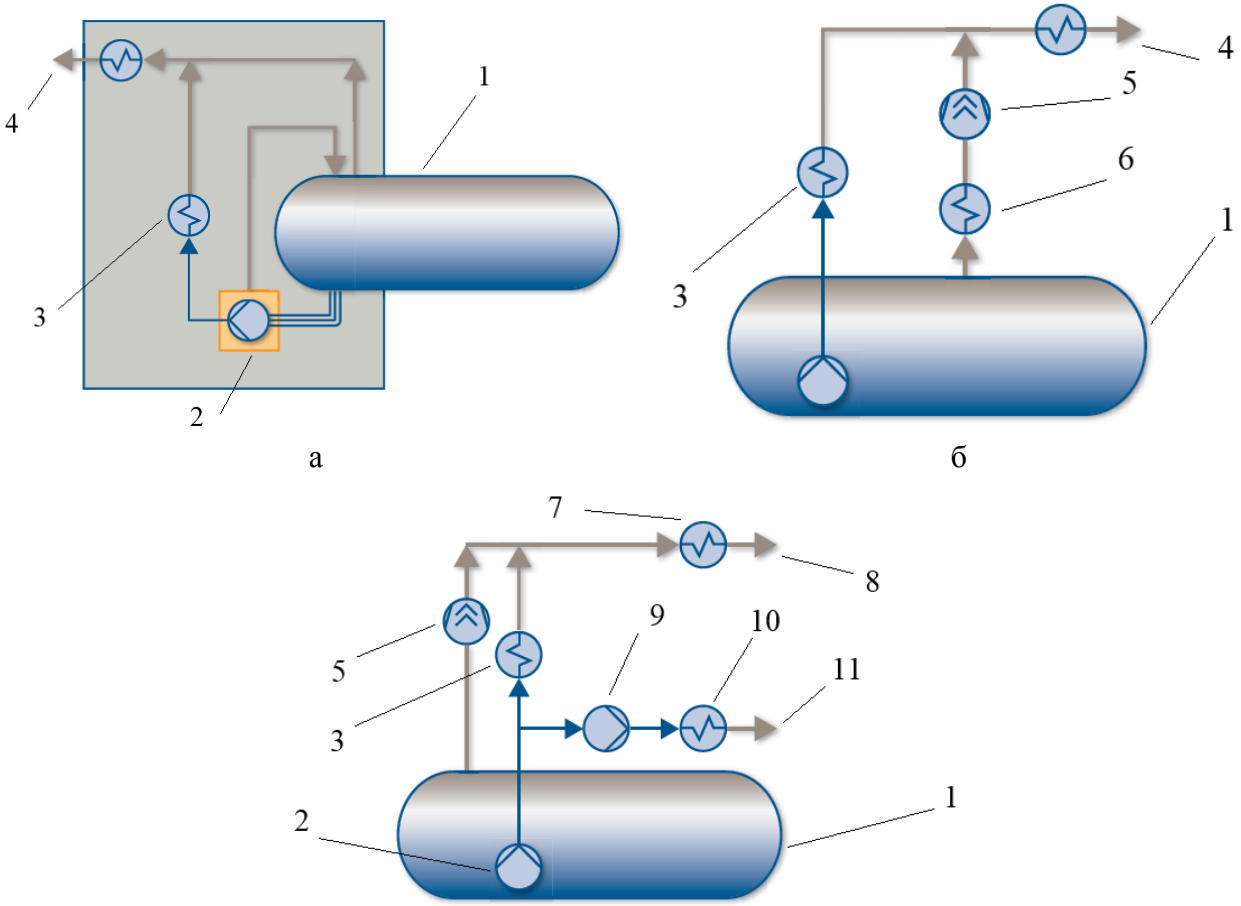


Рис. 1. *Конфигурации топливных систем СЭУ на СПГ с цистернами типа С:*
а – низкого давления, топливные танки с вакуумной изоляцией;
б – низкого давления, топливные танки с пенной изоляцией;
в – высокого давления, топливные танки с пенной изоляцией;
1 – криогенные цистерны; 2 – криогенный насос; 3 –испаритель СПГ; 4 – газ к двухтопливным двигателям; 5 – компрессор испарившегося газа; 6 – подогреватель испарившегося газа;
7 – подогреватель ПГ; 8 – газ к дизель-генераторам; 9 – газовый насос высокого давления;
10 – подогреватель ПГ высокого давления; 11 – газ к главному двигателю

На рис. 1б представлен еще один вариант схемного решения топливной системы СПГ, в котором газ хранится в криогенной цилиндрической цистерне с рабочим давлением до 4 бар и пенной изоляцией. Днищевое спускное отверстие как на схеме на рис. 1а не предусмотре-

но. Криогенная жидкость подается погруженным насосом в испаритель, испарившийся газ перед подачей в двигатель проходит через подогреватель. Поскольку СПГ хранится при низкой температуре (до - 162 ° С при атмосферном давлении), то в результате теплопритоков через стенки цистерны часть топлива испаряется и для предотвращения опасного повышения давления испарившийся газ подается в подогреватель, затем сжимается компрессором и подается в двигатель при рабочем давлении от 4 до 16 бар [12].

В двигателях производства MAN B&W предусмотрена система подачи топлива высокого давления в главный двигатель (до 300-350 бар) и низкого (6 бар) – в дизель-генераторы (рис. 1в). Для таких проектных решений система комплектуется криогенным танком типа С и рабочим давлением до 4 бар с пенной изоляцией, откуда погружной криогенный насос подает СПГ в испаритель, а далее к вспомогательным двигателям, или к газовому насосу высокого давления, через испаритель высокого давления к главному двигателю. Также предусматривается подача испарившегося природного газа компрессором в дизель-генераторы. В качестве теплоносителя в испарителях и подогревателях газа обычно используется смесь «вода-гликоль» [12, 14].

Наряду с очевидными экологическими преимуществами от использования СПГ, существует ряд проблемных вопросов при переводе СЭУ на это топливо, которые следует решать, как при проектировании, так и при эксплуатации судов.

Проанализировав состав оборудования и конфигурацию топливных систем, а также учитывая теплофизические характеристики сжиженного природного газа, можно сформулировать актуальные задачи, которые следует решать при эксплуатации транспортных судов (исключая газовозы):

– в соответствии с требованиями IGF Code максимальный уровень наполнения криогенных цистерн типа С не может превышать 98% (в некоторых случаях 95%), этот уровень также зависит от плотности СПГ, принимаемого на борт при бункеровке, которая уменьшается при снижении давления хранения. В зависимости от условий хранения топлива на судах-бункеровщиках или береговых базах, при неизменной массе объем и степень заполнения цистерн будут меняться.

– вследствие теплопритоков через внешнюю поверхность топливных танков часть СПГ испаряется, в результате чего увеличивается давление в самой цистерне, а испарившийся газ нужно периодически отбирать из цистерны. Количество газа, образовавшегося при испарении, а также необходимая частота отбора зависят от температуры хранения топлива и степени заполнения цистерны и меняется в течение рейса.

– если отсутствует регулярный отбор топлива при относительно длительном рейсе (например, СПГ используется только в SECA и NECA), возникает вопрос периодического сжигания испарившегося газа в двигателях, т.е. периодического изменения их режимов работы с дизельного на газовый;

– различные параметры хранения СПГ и количество испарившегося газа будут влиять на параметры другого оборудования топливных систем: производительность и мощность криогенных насосов и компрессоров, расход теплоносителя в испарителях и подогревателях, на рациональную загрузку этого оборудования в зависимости от соотношения между жидкой и газообразной фазами топлива;

– если проектом предусмотрено хранение СПГ на палубе судна в нескольких стандартных контейнерах-цистернах, которые заменяются во время стоянки в порту с порожних на полные, то следует решать вопрос с испарившимся газом, относительное количество которого будет больше, чем при использовании 1-2 стационарных криогенных цистерн большого объема, из-за большей суммарной площади поверхности при одинаковой массе топлива.

Анализ полученных результатов. Результаты оценки отдельных эксплуатационных параметров представлены ниже. Расчеты проводились на примере балкера Ilshin Green Iris дедвейтом 39600 т, построенного компанией Hyndai Mipo Dockyard Co., Ltd Ilshin Shipping в

2017 г. Судно оборудовано главным двухтопливным двигателем Hyindai MAN B&W 6G50ME-C9.5-GI мощностью 7250 кВт и тремя дизель-генераторами, два из которых Wartsila 6L20DF мощностью 1100 кВт каждый, также двухтопливные [15].

При расчетах было принято допущение, что природный газ состоит преимущественно из метана, поэтому все теплофизические характеристики принимались для этого газа, а не для смеси углеводородов [16]. Загрузка топливных цистерн определялась согласно IGF Code, как:

$$LL = FL\frac{\rho_r}{\rho_l}, \tag{1}$$

где FL – максимальная загрузка криогенных танков, ρ_r – плотность СПГ при базовой температуре (принимается -120°C, что соответствует максимально допустимому рабочему давлению 1,2 МПа), кг/м^3; ρ_l – плотность СПГ при температуре загрузки (диапазон -162°...-124°C, давление 1-10 бар), кг/м^3.

Изменение объема топлива в зависимости от давления при одинаковой массе запаса СПГ на рейс 533 т представлено на рис. 2. При увеличении температуры хранения криогенного топлива в цистерне в диапазоне, соответствующем давлению на линии насыщения от 1 до 10 бар, объем, занимаемый СПГ возрастает на 17%.

Степень заполнения криогенных танков при максимально допустимой загрузке 95% и 98% приведена на рис. 3. При повышении давления и температуры хранения СПГ использование внутреннего объема цистерн возрастает от 82% до 96% и от 79% до 93% при максимально допустимой загрузке 98% и 95% соответственно. Руководствуясь правилами IGF Code, криогенные танки следует заполнять не более чем на 79-82% при бункеровке топливом при температуре -162°.

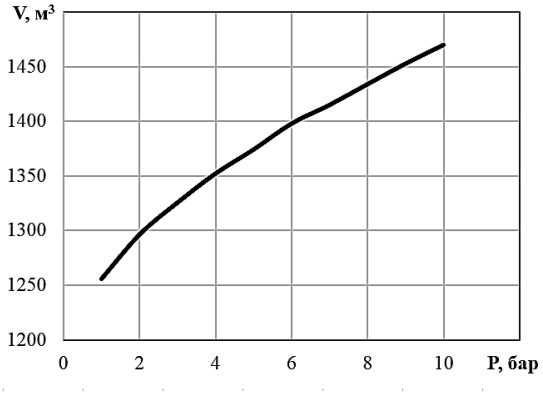


Рис. 2. *Изменение объема СПГ в цистерне в зависимости от давления*

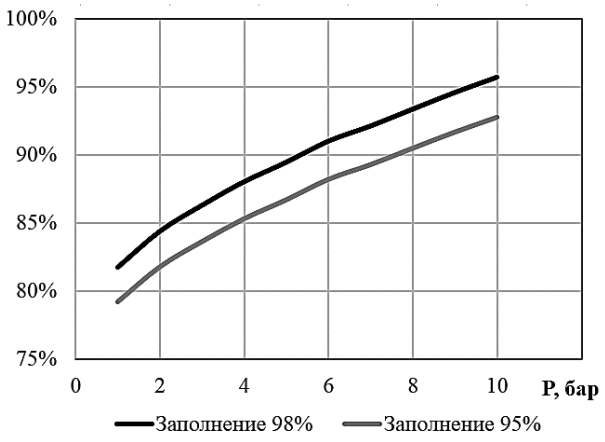


Рис. 3*. Степень использования внутреннего объема топливных цистерн в зависимости от давления хранения*

Результаты расчетов, проведенных для оценки полного внутреннего и внешнего объема криогенных цистерн на примере балкера *Ilshin Green Iris* с использованием различных методик для двух типов криогенных цистерн B и C, а также при хранении СПГ в одной и двух цилиндрических цистернах типа C, представлены на рис. 4. Все расчеты проводились для параметров хранения СПГ при давлении 1 ба р. Для случаев 1 и 2 на рис. 4 полный внутренний объем топливных танков определялся с учетом степени заполнения по формуле (1).

Компания MAN B&W для определения внутреннего объема криогенных цистерн СПГ, V_{LNG}^{int}, м^3, предложила зависимость (позиция 3 на рис. 4), м^3:

$$V_{LNG}^{\text{int}} = \frac{k_1 m_{HFO} \dfrac{Q_{HFO}}{Q_{LNG} k_2}}{\rho_{LNG}} k_3, \qquad (2)$$

где k_1 – коэффициент морского запаса (рекомендованное значение – 1,05); m_{HFO} – необходимая масса запаса тяжелого топлива на рейс, кг; Q_{HFO} и Q_{LNG} – низшая теплота сгорания тяжелого топлива и СПГ, соответственно, кДж/кг; k_2 – поправочный коэффициент для удельного расхода топлива (рекомендованное значение – 0,95); ρ_{LNG} – плотность СПГ, кг/м^3; k_3 – поправочный коэффициент, учитывающий уровень наполнения цистерн и качку (рекомендованное значение – 1,14) [14].

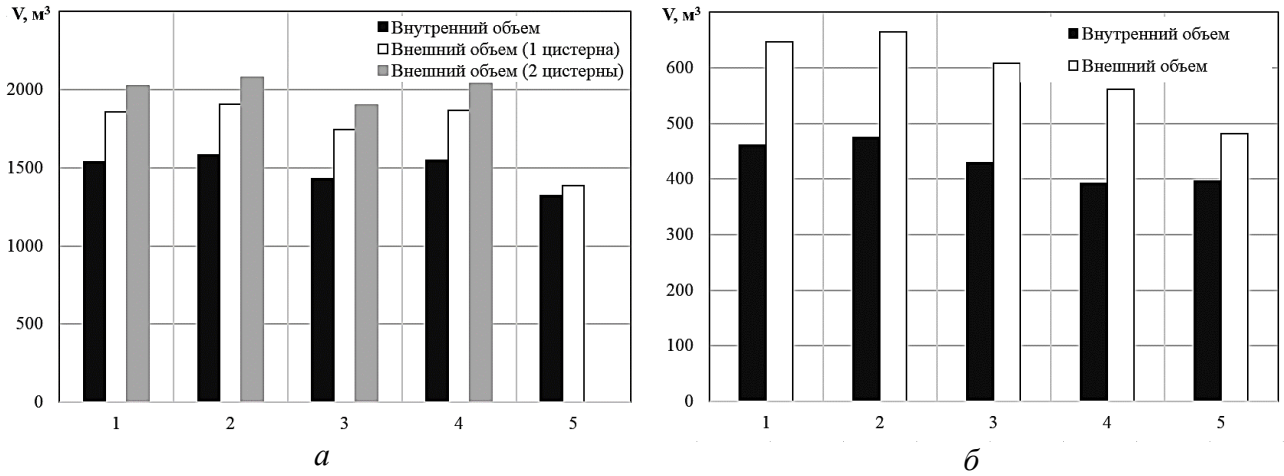


Рис. 4. *Изменение внешнего и внутреннего объема криогенных цистерн:*
а – СПГ используется только в течение всего рейса;
б – СПГ используется только в зонах контроля эмиссии (30% ходового времени)
1 – цистерны типа С со степенью заполнения 98%; 2 – цистерны типа С со степенью заполнения 95%; 3 – цистерны типа С (объем СПГ определялся по методике, предложенной компанией MAN B&W); 4 – цистерны типа С (объем цистерн определялся по статистическим зависимостями); 5 – призматические мембранные цистерны типа В (заполнение 95%)

Внутренний объем емкостей с СПГ можно определить при известной массе газа путем аппроксимации данных для реального оборудования [17]. Результаты такой методики – позиция 4 на рис. 5.

Внешний объем танков типа С определялся как функция от внутреннего на основе аппроксимации данных по массогабаритным параметрам реального оборудования, представленного в специализированных каталогах. При этом внешний объем при указании габаритных параметров цистерн определялся по формуле, м^3:

$$V_{total} = \pi L R^2 + 2\pi R^3 - \frac{2}{3}\pi R^3, \qquad (3)$$

где L – внешняя длина цистерны, м; R – радиус цилиндрической цистерны, м [18].

Габариты танков типа В можно оценить по безразмерным зависимостям, представленным в [17, 19]. Если количество призматических мембранных танков СПГ на судах, не являющихся газовозами, не превышает одного (обычно имеет среднее расположении, может выполняться как корпусная цистерна), то цилиндрических цистерн под давлением можно размещать до 8 (при количестве 3-8 обычно используются стандартные контейнеры-цистерны). Поэтому для этого типа емкостей СПГ также определялся суммарный внешний объем при хранении топлива в двух одинаковых цистернах.

Как видно из рис. 4а, наименьшие внешние габариты характерны для танков типа В – на 26-38% меньше, чем для емкостей под давлением. Суммарный внешний объем цистерн типа С, рассчитанный по разным методикам, меняется не существенно – разница в конечном итоге не превышает 8,5%, что является приемлемым расхождением при выполнении конструктивных расчётов. Хранение топлива в двух цилиндрических цистернах одинаковых размеров повышает их суммарный объем на 9% по сравнению с установкой только одной емкости. С учетом необходимого «мертвого пространства» для специализированных помещений хранения, эта разница не является существенной, как и при установке цилиндрических цистерн на открытой палубе.

Если СПГ используется только в зонах контроля эмиссии (не более 30% ходового времени), то объем мембранных танков на 16-37% меньше, чем цистерн под давлением. В этом случае внешний объем емкостей типа С, рассчитанный по разным методикам, может отличаться до 15% (рис. 4б).

Суточный объем испарившегося газа, образующегося вследствие теплопритоков через стенки, зависит от типа изоляции и давления хранения. Коэффициент теплопередачи, кДж/(м^2·ч·°С), можно определить по формуле:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (4)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплопередачи от СПГ к стенке танка и через изоляцию, кДж/(м^2·ч·°С), соответственно; δ_1 и δ_2 – толщина стенки танка и изоляции, м, соответственно; λ_1 и λ_2 – теплопроводность материала стенки и изоляции, кДж/(м·ч·°С), соответственно [20].

Теплоприток от окружающей среды к СПГ можно оценить по формуле, кДж/ч:

$$Q = kF(t_2 - t_1), \quad (5)$$

где F – площадь поверхности криогенных цистерн, м^2; t_1 и t_2 – температуры окружающей среды и СПГ, °С, соответственно [20].

Суточную скорость испарения (BOR – boil-off rate) вследствие теплопритоков через стенки можно определить по формуле:

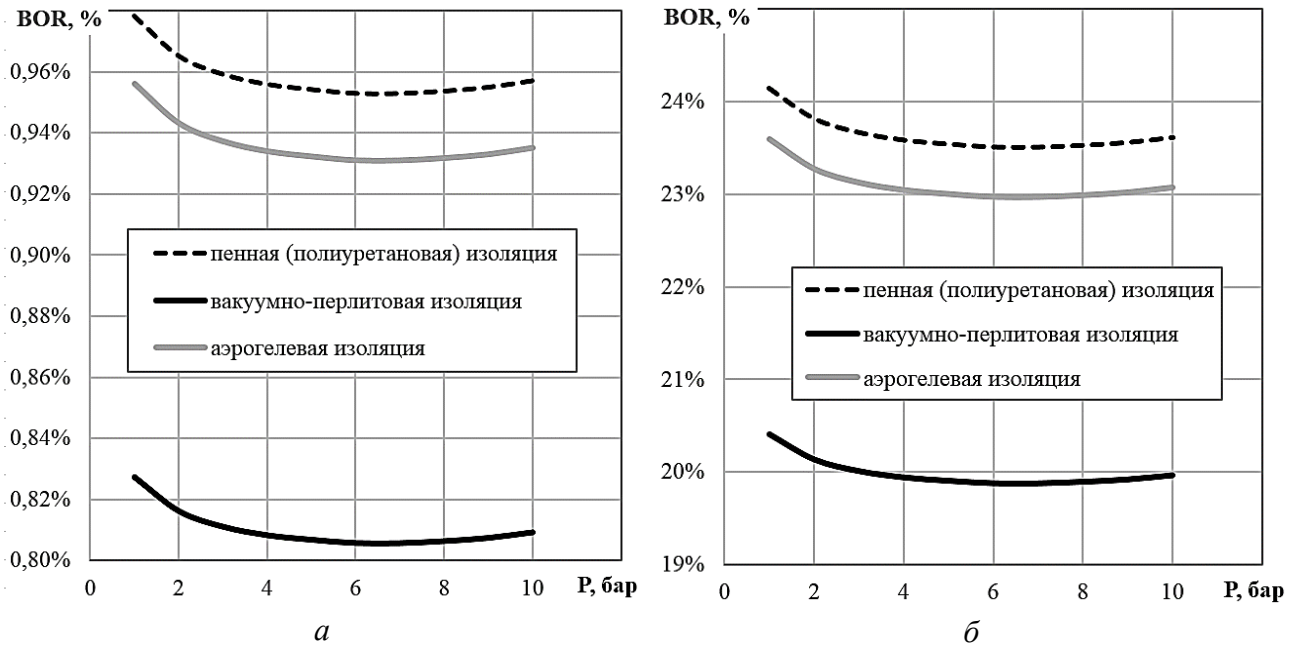
$$BOR = 24Q / R, \quad (6)$$

где R – удельная теплота испарения СПГ (зависит от давления), кДж/кг [21].

На примере балкера Ilshin Green Iris также была рассчитана суточная скорость испарения в криогенных цилиндрических цистернах с разными типами изоляции при использовании СПГ в течение всего рейса (рис. 5а). Данные определялись при номинальном объеме без отборов топлива в начале рейса (рис. 2). Коэффициенты теплопередачи изоляционных материалов и их оптимальная толщина, исходя из минимизации теплопритоков, принимались по данным, представленным в работе [22]. Как видно из рис. 5а, оптимальное давление хранения СПГ, при котором количество образующегося испарившегося газа минимально, составляет 6-7 бар, что подтверждается и исследованиями, приведенными в [4]. В целом, же при изменении давления хранения величина BOR изменяется несущественно (0,022-0,026 % для разных типов теплоизоляции). Наименьшая скорость испарения будет при использовании танков с вакуумной изоляцией, на 13,5% и 15,5% меньше, чем для аэрогелевой и пенной изоляции, соответственно. Величина BOR для аэрогелевеой изоляции на 2,3% меньше, чем для пенной.

Изменение скорости испарения и, как следствие, объема испарившегося газа как доли от суточного отбора на двигатели представлен на рис. 5б. Если рассматривать соотношение потребления СПГ, то на главный двигатель поступает 78,7% от общего объема, а на дизель-генераторы – 21,3%. Таким образом, как минимум в начале рейса вспомогательные двигатели можно полностью обеспечить топливом только за счет испарившегося газа без необходи-

мости принудительной регазификации СПГ в испарителях, если установлены цистерны с пенной или аэрогелевой изоляцией. И на 93-96% – в случае с вакуумной изоляцией, а поскольку большую часть ходового времени двигатели обычно работают на экономичном режиме, расход топлива на котором меньше номинального, то в независимости от типа изоляции, объема испарившегося топлива будет достаточно для дизель-генераторов.



а *б*

Рис. 5. *Суточная скорость испарения СПГ в цистернах типа С в зависимости от давления: а – доля от суммарного объема топлива; б – доля от суточного потребления двигателями*

В течение рейса при равномерном отборе топлива и уменьшении массы СПГ в цистерне относительное количество BOG по отношению к оставшемуся топливу будет возрастать. Характер такого изменения на примере балкера *Ilshin Green Iris* представлен на рис. 6. В течение 23 дней рейса BOR увеличится в 14,7 раз для танков с различными типами изоляции. При этом наиболее интенсивный рост будет наблюдаться в последние нескольких дней.

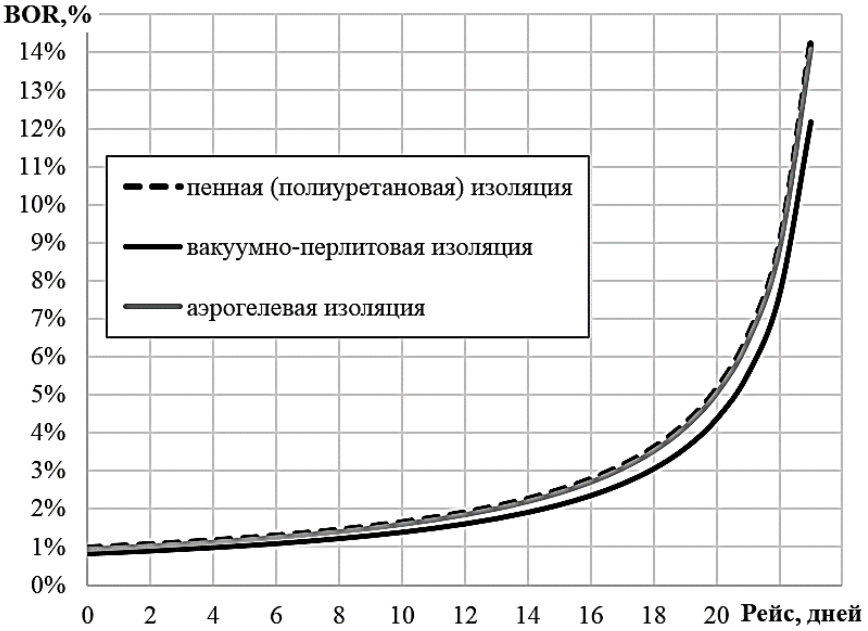


Рис. 6. *Изменение суточной скорости испарения в криогенных цистернах в течение рейса (при давлении 1 бар)*

Использование СПГ только в зонах контроля эмиссии без регулярного отбора испарившегося газа будет приводить к существенному повышению давления в криогенных цистернах, которое через определенное время превысит максимальное рабочее. Кроме того, соотношение площади и объема криогенных цистерн будет выше для небольших топливных емкостей, вследствие чего относительный суточный объем BOR будет больше, чем для танков большей вместимости. Испарившийся газ периодически надо отбирать и сжигать в двигателях, поскольку вследствие относительно небольшого его количества повторная регазификация экономически нецелесообразна, а сброс в атмосферу, кроме экономического ущерба, будет еще приводить и к экологическому, увеличивая метановый след судна. В этом случае в процессе эксплуатации следует разработать соответствующие инструкции с указанием частоты выпуска испарившегося газа и порядка перевода дизельных двигателей с жидкого топлива на природный газ для кратковременной работы. В качестве альтернативы можно предусмотреть сжигание BOG во вспомогательных котлах, если они работают на ходовом режиме.

Выводы. Имплементация в 2020 г. новых, более жестких требований по содержанию серы в морских топливах и снижению эмиссии диоксида углерода, в дополнение к уже действующим серьезным ограничениям на выбросы NO_x, требует внедрения на судах комплексных решений, обеспечивающих выполнение этих экологических норм.

1. Использование альтернативных топлив на судах может обеспечить одновременное снижение всех трех нормируемых компонентом эмиссии без применения дополнительных решений. Наиболее перспективным является использования сжиженного природного газа в качестве полной или частичной альтернативы морским нефтяным топливам.

2. Наиболее распространенным и эффективным вариантом хранения СПГ в качестве топлива на судах, не являющихся газовозами, являются цилиндрические цистерны типа С, рассчитанные на давление до 2 МПа.

3. При увеличении температуры хранения криогенного топлива в цистерне в диапазоне, соответствующем давлению на линии насыщения от 1 до 10 бар, занимаемый СПГ объем возрастает на 17%. Руководствуясь правилами IGF Code, криогенные танки следует заполнять не более чем на 79-82% при бункеровке топливом при температуре -162°. Давление хранения СПГ практически не влияет на количество образующегося в течение суток испарившегося газа, при этом наименьшая скорость испарения соответствует значению 6-7 бар. При выборе типа криогенных цистерн следует отдавать предпочтение емкостям с вакуумной изоляцией.

4. В начале рейса вспомогательные двигатели можно полностью обеспечивать топливом только за счет испарившегося газа без необходимости принудительной регазификации СПГ в испарителях.

5. Использование при проектировании приведенных выше рекомендаций по характеристикам элементов топливных систем дизельных установок, использующих СПГ, позволит повысить их энергетическую эффективность. Наряду с этим учет, рассмотренных особенностей топливных систем сжиженного природного газа является необходимым элементом грамотной и квалифицированной эксплуатации таких судов.

Литература

1. Prevention of Air Pollution from Ships. [Electronic resource] – Mode of access: http://www.-imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx.
2. IMO (2016). Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines.
3. MEPC.245 (66) – 2014 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships.
4. Gorbov, V.M., Mitienkova V.S., Serbin S.I. Alternative Fuels in Ship Power Plants: Mono-

graph. – Mykolaiv: publisher Torubara V. V., 2017. 120 p. –ISBN 978-617-7472-14-7.
5. Two-Stroke Engines. [Electronic resource] Mode of access: https://marine.man-es.com/two-stroke/2-stroke-engines.
6. Dual-fuel and gas engines. [Electronic resource] – Mode of access: https://shipinsight.-com/guides/dual-fuel-and-gas-engines.
7. Yoo SI. Global Status and Outlook of LNG Fuelled Ship & LNG Bunkering. *International LNG Fuelled Ship & Bunkering Conference*, December 2019.
8. Methanol as an alternative fuel in shipping. 2017. – Mode of access: https://greenshipping-niedersachsen.de/CMSPages/GetFile.aspx?guid=6c8a164b-970f-4bad-91c9-41f99eef944d&disposition=attachment.
9. Methanol an ultra clean marine fuel solution. – Mode of access: http://www.methanol.org/wp-content/uploads/2017/06/Jason-Chesko-Methanol-Vessel-Fuel-Blending.pdf.
10. Make room for LPG as a marine fuel. – Mode of access: https://www.hellenicshippingnews.-com/make-room-for-lpg-as-a-marine-fuel/.
11. Shin Brandon. LNG engineering solutions for LNG fuelled ships and small-mid scale LNG carriers. [Electronic resource] – Mode of access: http://www.gasentec.com/.
12. LNG Fuel Gas Systems. TGE Marine Gas Engineering. – Mode of access: https://www.tge-marine.com/wp-content/uploads/01-Broschuere_LNG-1.pdf.
13. LNG Fueled 9000 TEU Container Ship From KHI. [Electronic resource] – Mode of access: http://articles.maritimepropulsion.com/article/DNV-Quantum-9000-Concept-Container-Ship14641.aspx.
14. ME-GI Gas-ready Ship. MAN B&W. – Mode of access: https://marine.man-es.com/docs/-librariesprovider6/test/me-gi-gas-ready-ship-low.pdf?sfvrsn=706909a2_6.
15. Significant Ships 2017. – London: RINA, 2017.
16. Акулов, Л.А. Теплофизические свойства и фазовое равновесие криопродуктов: Справочник/ Л.А Акулов,. Е.И. Борзенко, А.В. Зайцев, – СПб.: СПбГУНиПТ, -2009. -567 с.
17. Горбов, В.М. Выбор топливных цистерн сжиженного природного газа для судов с длинной рейсовой линией / В.М. Горбов, В.С. Митенкова // Збірник наукових праць НУК, -2015. №5, -с. 62-67. – ISSN 2311-3405.
18. Kun Li, Guoqing Wang, Chang Liu. Study on Calculation of Liquid Level And Storage of Tanks for LNG-fueled Vessels. *International Conference on Advanced Environmental Engineering (ICAEE2017)*: IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 111 012030, 2018.
19. Ramoo R., Lamb T. The Application of a New Tank Containment System to ULTRA-Large LNG Carriers. – Altair Engineering, Inc, 2011 32 p. Mode of access: http://www.scribd.com/-doc/187809327/Application-of-a-New-Tank-Containment-System-to-ULTRA-Large-LNG-Carriers#scribd.
20. Будневич, С.С. Транспортирование и хранение сжиженных газов: учебное пособие / С.С. Будневич, С.В. Холодковский, -Л.: Издательство Ленинградского технологического института холодильной промышленности, -1978. -116 с.
21. Herdzik Jerzy. Methane slip during cargo operations on LNG carriers and LNG-fueled vessels // New Trends in Production Engineering. -2018. Volume 1. – Issue 1. -p. 293-299.
22. Kraack M. LNG infrastructure and Shipbuilding. *GO LNG –Final Conference to the SBSR Project "MarTechLNG"*, 2015. – Mode of access: http://www.golng.eu/files/-Main/final_conference/MTLNG%20Infrastructure%20and%20shipbuilding.pdf.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 621.396

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ РАЗНЕСЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

[1]Герасимов С.В., [1]Гречка А.В., [1]Рощупкин Е.С., [1]Рощупкина А.Е., [2]Кукобко С.В.

[1]Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
[2]Государственный научно-исследовательский институт сертификации вооружения и военной техники, Украина, г. Чернигов
E-mail: sergeyg@i.ua, rezzz76@gmail.com

Аннотация. *В работе показано несовершенство существующих методов контроля технического состояния и технической диагностики разнесенных систем радиотехнических устройств. Предложен адаптивный метод, позволяющий оперативно менять набор контролируемых в системе параметров. Определены направления дальнейших исследований.*

Abstract. *The paper shows the imperfection of existing methods for monitoring the technical condition and technical diagnostics of multiposition systems of radio engineering devices. An adaptive method is proposed that allows you to quickly change the set of parameters controlled in the system. The directions of further research are determined.*

Xülasə. *Məqalədə radio cihazlarının çoxmövqeli sistemlərinin texniki vəziyyətinin və texniki diaqnostikasının monitorinqi üçün mövcud metodların çatışmazlığı göstərilir. Sistemdə idarə olunan parametrlər dəstini tez bir zamanda dəyişdirməyə imkan verən uyğunlaşma metodu təklif olunur. Sonrakı araşdırmaların istiqamətləri müəyyənləşdirilir.*

Ключевые слова: *адаптивный метод, база данных, диагностические параметры и нормативы, контроль функционирования, нормативные допуски, регламентированное техническое обслуживание, тестовые и измерительные сигналы, техническая диагностика.*

Key words: *adaptive method, database, diagnostic parameters and standards, performance monitoring, regulatory tolerances, regulated maintenance, test and measurement signals, technical diagnostics*

Açar sözlər: *uyğunlaşma metodu, verilənlər bazası, diaqnostik parametrlər və normativlər, işə nəzarət, normativ müsaidələr, dövri texniki xidmət, sınaq və ölçmə siqnalları, texniki diaqnostika*

Введение. Перспективным направлением повышения информационных возможностей важных объектов является объединение в единую систему обработки информации обеспечивающих источников, разнесенных в пространстве и выполняющих сходную функцию. Широкое распространение получило объединение источников определения местоположения объектов [1-2]. Отличительной особенностью существующих систем является совместная обработка исключительно координатной (трассовой) информации, получаемой отдельными элементами системы. В известных авторам публикациях информация о параметрах, характеризующих техническое состояние объектов подобных систем, не подлежит совместной обработке [3-5]. Это приводит к избыточным временным и техническим затратам, связанным с оценкой технического состояния как отдельных объектов, так и системы в целом. Здесь и далее под "техническим диагностированием" (ТД) будем понимать комплекс мер, основная задача которых поиск места и определение причин отказа (неисправности), а под "контролем технического состояния" (ТС) – комплекс мер, когда основной задачей ТД является определение вида ТС.

Постановка задачи. Анализ результатов исследований, посвященных контролю ТС и ТД [3-13], свидетельствует о возможности их применения для усовершенствования технической эксплуатации системы радиотехнических устройств. Под усовершенствованием будем понимать как получение более полной и точной информации о ТС отдельных объектов и системы в целом, так и возможность уменьшения временных и материальных затрат на проведение соответствующих оценок.

Целью работы является разработка адаптивного метода технической диагностики системы разнесенных радиотехнических устройств.

Анализ полученных результатов. В общем случае система разнесенных радиотехнических устройств (РТУ) представляет собой совокупность взаимосвязанных РТУ, обслуживающего персонала и нормативной документации. В данной системе обработка полученных данных осуществляется в пункте обработки информации (ПОИ), который может быть как вынесенным отдельно, так и совмещенным с РТУ (рис. 1).

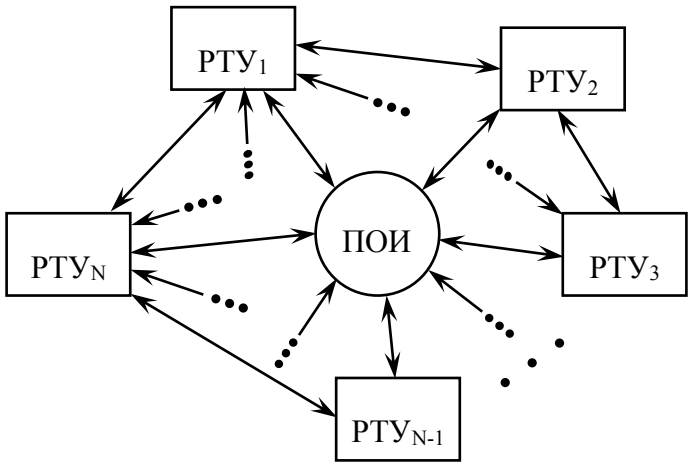


Рис. 1. *Обобщенная схема системы разнесенных радиотехнических устройств.*
где: РТУ$_i$ – i-тое радиотехническое устройство;
ПОИ – пункт обработки информации;
⟷ – стрелками обозначены каналы связи (каналы обмена информации).

Наличие каналов связи позволяет задавать тестовые сигналы в пункте обработки информации для отдельных элементов системы и принимать от них измерительные сигналы, аккумулировать результаты контроля для дальнейшей обработки. По принятым значениям параметров принимается решение об одном из ТС соответствующего объекта диагностирования, определяются места и причины отказов с необходимой детализацией. В общем случае методы контроля ТС и ТД могут быть описаны выражением:

$$K_{ts\,,d} = (P, I, S), \tag{1}$$

где P – набор контролируемых параметров;

I – используемая измерительная аппаратура (средства диагностирования и контроля);

S – набор используемых сигналов (тестовых и измерительных).

Как показали исследования, данные методы не являются гибкими. Это связано с постоянством номенклатуры как набора контролируемых параметров, так и сигналов (тестовых и измерительных) и средств диагностирования и контроля, которые используются. Указанные недостатки являются следствием широкого использования регламентированного технического обслуживания (ТО), при котором выполняются (в установленное время либо при опреде-

ленной наработке) в независимости от текущего состояния устройства в момент начала проведения ТО строго определенные операции [5]. К регламентированному ТО относятся следующие: периодическое, сезонное и другие. Каждый из указанных видов ТО имеет свои виды контроля функционирования (КФ), например, в периодическом различают: ежедневный, еженедельный, пятинедельный и т.д. В видах КФ выделяются как свои спецефические операции по контролю ТС, так и контролируемые параметры $P_{i,j}$, где i – номер операции, j – номер параметра, перечень проводимых операций и контролируемых параметров строго определен. В качестве примера, типовые операции контроля параметров радиолокационной станции при экстренном включении приведены в таблице 1.

Таблица 1

Типовые операции контроля параметров радиолокационной станции при экстренном включении

№ п/п	Название операции	Контролируемые параметры
1	Включение системы электропитания	$P_{1,1}, P_{1,2}, \ldots$
2	Включение радиолокационной станции	$P_{2,1}, P_{2,2}, \ldots$
3	Проверка аппаратуры определения государственной принадлежности	$P_{3,1}, P_{3,2}, \ldots$
4	Проверка работоспособности приемо-передающих трактов	$P_{4,1}, P_{4,2}, \ldots$
5	Проверка устройств отображения информации	$P_{5,1}, P_{5,2}, \ldots$
6	Проверка сопряжения с автоматизированной системой управления	$P_{6,1}, P_{6,2}, \ldots$

Таким образом, регламентированное ТО в соответствующие моменты времени контроля t_k имеет вид:

$$K_{ts\,,d}(t_k) = \left(P\,\big|_{\,t=t_k} \cong const, \quad I\,\big|_{\,t=t_k} \cong const, \quad S\,\big|_{\,t=t_k} \cong const\right). \qquad (2).$$

Отличительной особенностью системы РТУ является разнос во времени проведение КФ отдельных видов ТО в элементах системы, что сводит практически к "нулю" вероятность одновременного проведения операций контроля и диагностирования в двух и более элементах системы. Исключением является, как правило, совокупности РТУ, совместно выполняющих операции в составе радиолокационных комплексов.

Таким образом, имеется принципиальная возможность концентрации большинства средств генерации тестовых и обработки измерительных сигналов в ПОИ [1-5]. Исключение соответствующей "избыточной" дублирующей аппаратуры непосредственно в РТУ позволит уменьшить аппаратные затраты и сократить число обслуживающего персонала разнесенной системы. Кратность необходимого дублирования в ПОИ может быть предварительно рассчитана по характеристикам надежности элементов системы и меняться в зависимости от их изменения. Можно показать, что в этом случае

$$\sum_{m=1}^{M} I_m \rangle\rangle I_\Sigma \Big| M \rangle\rangle 1\,, \qquad \sum_{m=1}^{M} S_m \geq S_\Sigma \Big| M \rangle\rangle 1\,, \qquad (3)$$

где M – число РТУ в системе;

I_m –измерительная аппаратура в составе m -го РТУ;

I_Σ – требуемое количество измерительной аппаратуры в системе;

S_Σ – набор используемых сигналов (тестовых и измерительных) в m-м РТУ;

S_Σ – требуемый набор сигналов (тестовых и измерительных) в системе.

Концентрация средств генерации тестовых и обработки измерительных сигналов в ПОИ требует обобщения всех контролируемых в системе параметров. Вопросы, касающиеся определения оптимального перечня средств измерения и формирования измерительных сигналов достаточно подробно рассмотрены в работах [4, 6-13], что позволяет при известной номенклатуре измеряемых параметров (Z_P) в системе разнесённых РТУ определить необходимый и достаточный ансамбль для проведения контроля ТС и ТД.

При этом возникает необходимость хранения и обработки результатов измерения (оценки) параметров и времени проведения для всех входящих в систему элементов. Результаты измерения (оценки) параметров в зависимости от его вида могут быть занесены в соответствующий раздел базы данных, номенклатура которой квазистатична относительно соответствующего КФ данного вида регламентированного ТО (рис. 2).

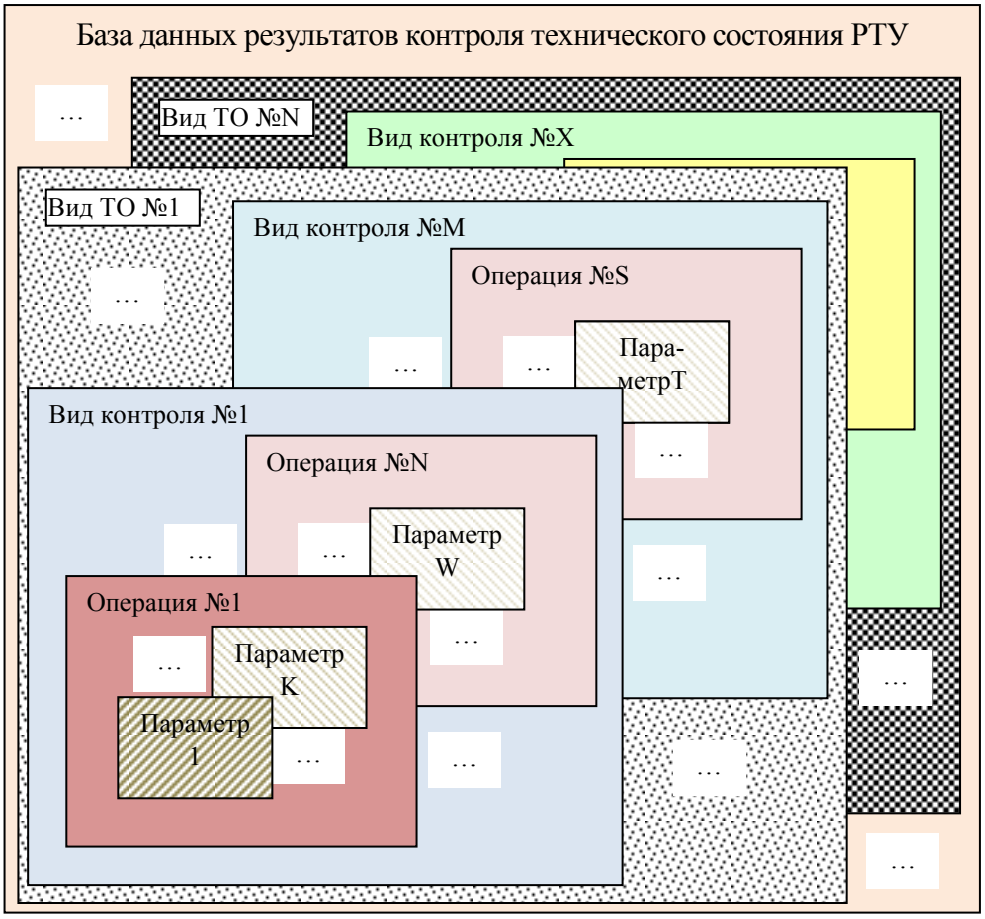


Рис. 2. *База данных результатов контроля технического состояния радиотехнического устройства при регламентированном техническом обслуживании*

База включает в себя все предусмотренные регламентом виды ТО и входящие в них виды КФ. Результаты оценки параметров, получаемые при проведении соответствующих операций, вносятся в базу с фиксацией времени проведения. При этом отдельные параметры (P_q), контролируемые при разных видах КФ и ТО, будут дублироваться (например, пункт первый в табл. 1), что позволяет при помощи "указателей" сформировать базу данных изменения кон-

тролируемых параметров во времени (рис. 3, где $t_{m,n}$ – *m -тый* интервал времени оценки *n -го* параметра). Параметры каналов связи могут быть отнесены к обслуживаемым РТУ (рис. 3), либо вынесены отдельно.

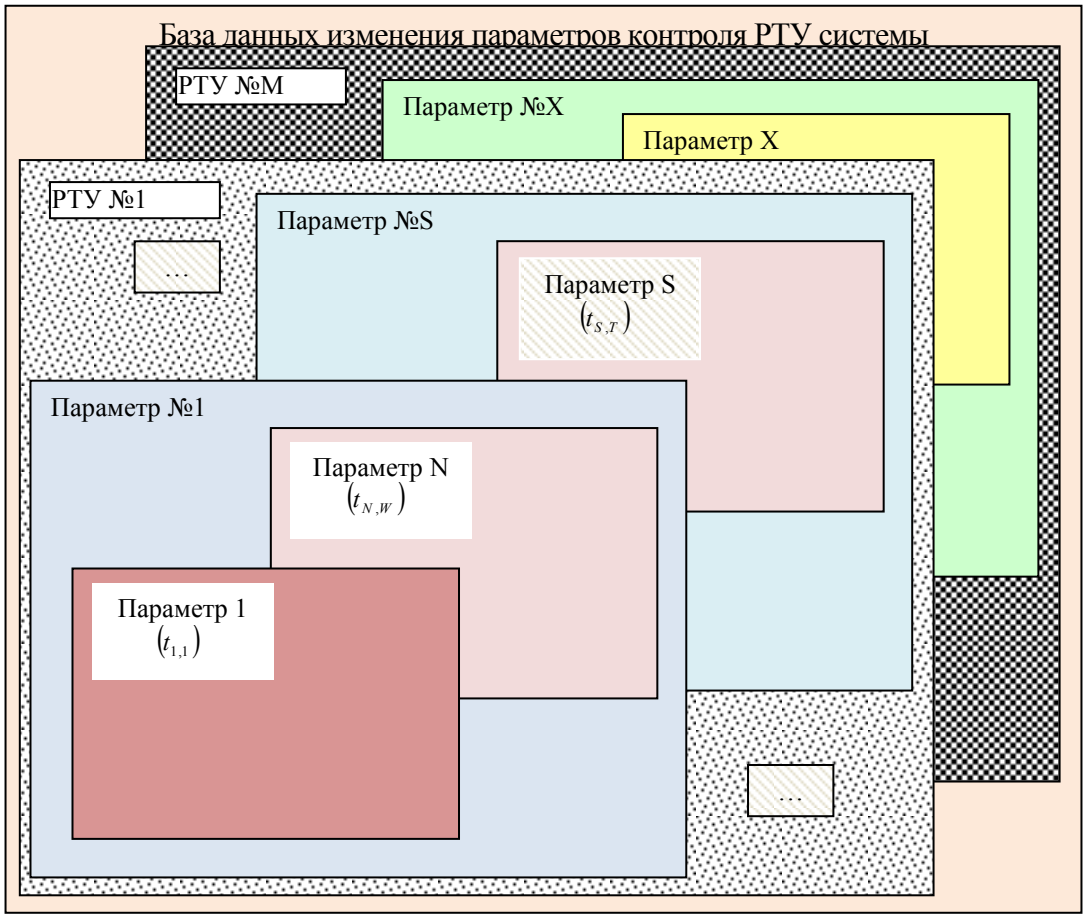


Рис. 3. *База данных изменения параметров системы радиотехнических устройств*

Предлагается следующий адаптивный метод диагностики системы разнесенных радиотехнических устройств. Для каждого РТУ системы предварительно определяется ансамбль всех параметров $\left(Z_P = \sum P_q\right)$, доступных для проверки, и рассчитываются диапазоны их "возможных" (Δ) и "допустимых" $(\Phi \in (\varphi_1, \quad \varphi_2))$ значений. Диапазон "возможных значений" Δ_q – значения, которые может принимать параметр q исходя из своей физической сущности, выход за его пределы сигнализирует о грубой ошибке измерений или нахождении проверяемой системы (ее составной части) в критическом (внештатном) состоянии. Диапазон "допустимых значений" Φ_q – значения, которые может принимать параметр q при исправном (работоспособном) состоянии системы (ее составной части) относительно данного параметра [3]. При этом:

$$\Phi_q \in \Psi_q \in \Omega_q, \tag{4}$$

где Ψ_q – диапазон "нормальных допусков", выход за пределы которого существенно повышает вероятность отказа либо свидетельствует о прогрессирующих деградационных изменений по параметру q;

Ω_q – диапазон исходных (заводских, послеремонтных) значений параметра q.

Параметры и диапазоны их допустимых значений составляют базу начальных данных. Взаимосвязь диапазонов значений параметра q между собой приведена на рис. 4.

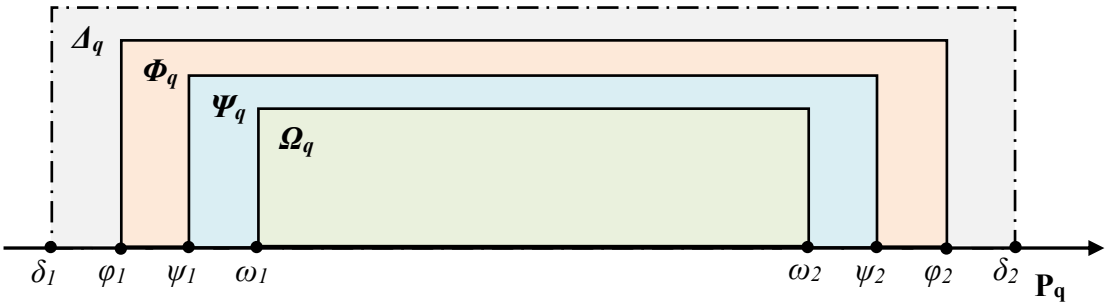


Рис. 4. *Взаимосвязь диапазонов значений параметра q*

Типовое РТУ упрощенно может быть представлено в виде взаимосвязанных: антенно-волноводной системы (АВС), передающего (Пер У) и приемного (Пр У) устройств, средств управления (СУ), связи и обмена данными (ССОД), обработки, отображения, документирования и контроля (СООДК), отображения (СО), контроля и документирования (СКД), вычислительных средства (ВС) (рис. 5).

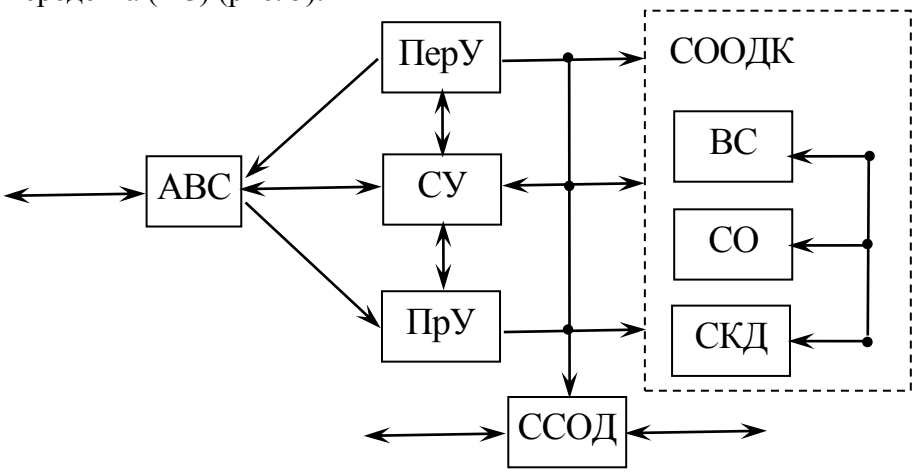


Рис. 5. *Схема типового радиотехнического устройства (источника радиолокационной информации).*

где: АВС – антенно-волноводная система;
Пер У – передающее устройство;
СУ – средства управления;
Пр У – приемное устройство;
ССОД – средства связи и обмена данными;
СООДК – средства обработки, отображения, документирования и контроля;
ВС – вычислительные средства;
СО – средства отображения;
СКД – средства контроля и документирования,
⟷ – стрелками обозначены каналы связи (каналы обмена информации).

Пример базы данных диапазонов контролируемых параметров РТУ (рис. 5) приведен на рис. 6. Базы данных диапазонов параметров и изменений значений параметров в общем случае является основой при прогнозировании состояния объектов.

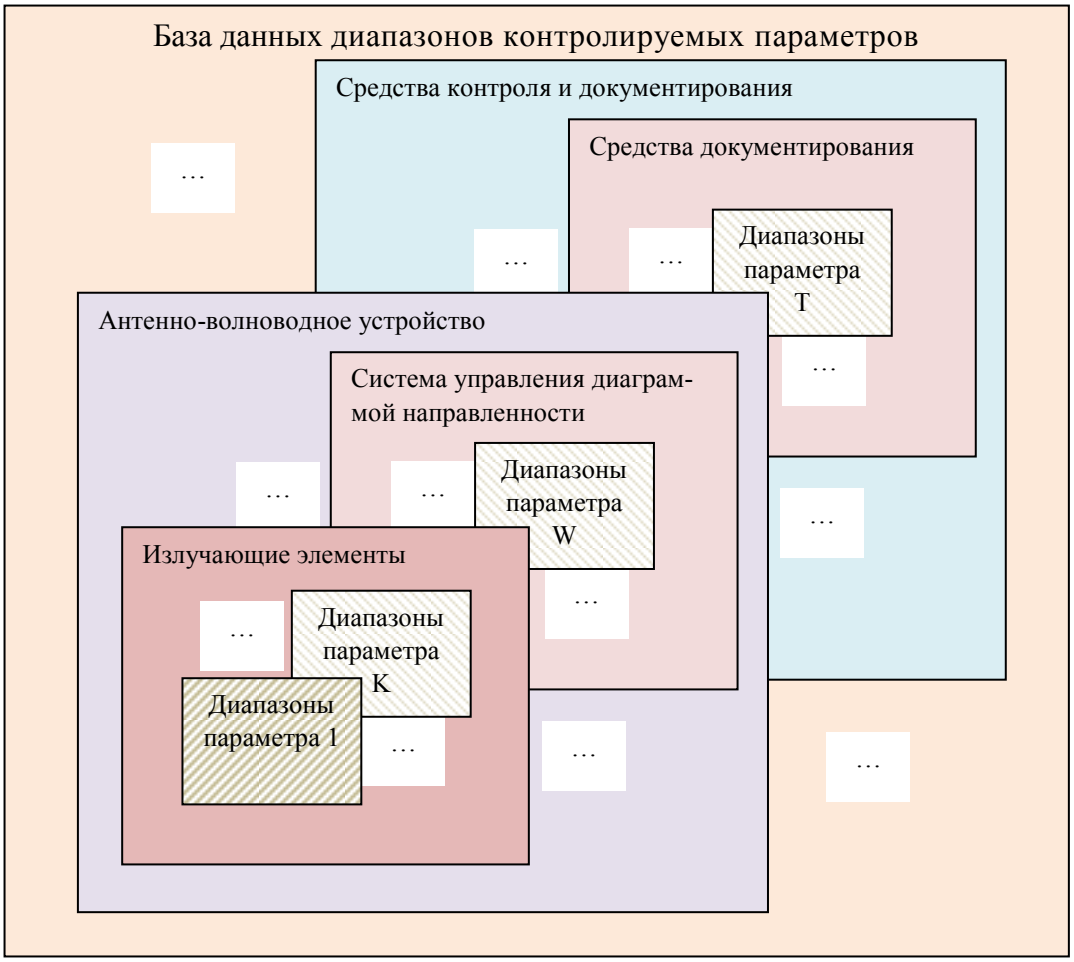


Рис. 6. *База данных диапазонов контролируемых параметров РТУ*

Аналогично вышеприведенным рассуждениям, на основании полученных знаний о параметрах контроля создается база синтезированных по критериям точности, информативности и чувствительности измерительных и тестовых сигналов [6-12]. Информация о параметрах, которые контролируются, и сигналы, которые используются, является основой для расчета оптимальных перечней необходимых цифровых средств диагностирования и контроля.

Если при проведении КФ "низового" уровня значения параметров находятся в диапазоне "нормальных допусков" Ψ_q, т.е. на тестовый сигнал $S^t_{\Sigma\min} = S^t_{\min 1} \wedge S^t_{\min 2} \wedge ... \wedge S^t_{\min R}$ получен ответ $S^i_{\Sigma\min} \left| S^t_{\Sigma\min} \right.$ вида:

$$S^i_{\Sigma\min} \left| S^i_{\Sigma\min} = S^i_{\min 1} \wedge S^i_{\min 2} \wedge ... \wedge S^i_{\min R} \Rightarrow \forall P_q \in \Psi_q , \right. \quad (5)$$

где $S^t_{\min r}$ ($S^i_{\min r}$) – минимально необходимые для проверки r-той составляющей РТУ ортогональные тестовые (измерительные) сигналы, синтезированные по критериям точности, информативности и чувствительности, то принимается решение об отсутствии необходимости проведения в установленный момент времени КФ более высокого уровня. Под ортогональными будем понимать сигналы, генерация и отклик на которые не влияют на оценку параметров, которые при помощи данного сигнала не оцениваются. В случае выхода отдельных параметров P_q за пределы "нормальных допусков" и нахождения их в пределах "нормальных

значений" углубленно проверяются составляющие системы РТУ ξ, исправность и работоспособность которых напрямую зависит от данных параметров:

$$P_q \in \Phi_q / \Psi_q \Leftrightarrow P_q \in \Phi_q \wedge P_q \notin \Psi_q \rightarrow S_{\Sigma}^{t} = \sum_{r \neq \xi} S_{\min r}^{t} \wedge S_{\Sigma\xi}^{t} = \sum_{r \neq \xi} S_{\min r}^{t} \wedge \sum_{\xi} S_{\sigma(\xi)}^{t}, \qquad (6)$$

где $S_{\Sigma\xi}^{t} = \sum_{\xi} S_{\sigma(\xi)}^{t}$ – комплекс ортогональных сигналов $S_{\sigma(\xi)}^{t}$, необходимых для проведения проверки составляющих системы РТУ ξ.

По результатам анализа измерительных сигналов принимается решение о ТС элементов системы и параметрах, значения которых необходимо оценивать при последующих проверках. Ортогональность используемых сигналов позволяет в дальнейшем исключить необходимость контроля параметров, которые по результатам предыдущих оценок не подверглись предполагаемому негативному изменению $\left(S_{\sigma}^{t} = 0 \middle| P_q \in \Omega_q\right)$.Последующие контроль ТС и ТД (необходимые наборы сигналов, средств диагностики и контролируемых параметров), будут функционально зависеть от результатов предыдущих оценок, и, в отличие от (2), иметь вид:

$$K_{ts\,,d}(t_k) = \left(P\big|_{\,t=t_k} = f(P\big|_{\,t=t_{k-1}}),\quad I\big|_{\,t=t_k} = f(I\big|_{\,t=t_{k-1}}),\quad S\big|_{\,t=t_k} = f(S\big|_{\,t=t_{k-1}})\right). \qquad (7)$$

Использование предлагаемого метода позволяет оценить качество проведения восстановительных (ремонтных) работ, физически означающих повышение остаточного ресурса (возврат соответствующих ремонту параметров в диапазон Ω_q) – их успешное проведение будет характеризоваться сигналами вида (5), в отличие от (6).

Таким образом, суть адаптивного метода технической диагностики системы разнесенных РТУ заключается в рациональном выборе средств, необходимых для адекватной эффективной оценки и поддержания на должном уровне ее технического состояния. Усовершенствование технической эксплуатации подобных систем состоит в: возможном уменьшении аппаратных затрат и числа обслуживающего персонала, исключении проведения не всегда обоснованных регулярных проверок отдельных параметров, подготовке исходных данных для решения задачи прогнозирования технического состояния элементов системы.

Перспективным направлением дальнейших исследований являются обоснование рациональной периодичности проведения контроля ТС и ТД с учетом результатов имеющихся предыдущих оценок, полученных при помощи адаптивного метода технической диагностики.

Выводы. 1. В работе показано, что основанные на регламентируемом техническом обслуживании существующие методы контроля технического состояния и технической диагностики не совершенны применительно к разнесенным системам радиотехнических устройств.

2. Предлагается адаптивный метод технической диагностики разнесенных систем радиотехнических устройств, суть которого состоит в оценке технического состояния путем анализа как минимально необходимого по критериям точности, информативности и чувствительности набора параметров, так и набора параметров, ухудшение которых наблюдается по результатам предшествующих контролей. Исключение необходимости проведения регламентированных операций позволит увеличить остаточный ресурс элементов системы за счет сокращения времени контроля.

3. Показано, что перспективным направлением исследований является коррекция интервалов проведения последующих контролей, которая должна учитывать результаты предыдущих оценок технического состояния элементов системы.

Литература

1. Рощупкин, Е.С. Оценка прямоугольных координат цели при объединении результатов независимых первичных измерений в активной многопозиционной системе радиолокации // -Х.: Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил, -2006. №2 (4), -с. 156-162.
2. Herasimov, S.V. Оцінка параметрів руху повітряних об'єктів, що маневрують, в активній некогерентній системі при обробці інформації від кількох нерівноточних джерел з різним темпом огляду простору / S.V. Herasimov, E.S. Roshchupkin, G.O. Fedak, Y.V. Babiy // Військово-технічний збірник, -Львів: ЛАСВ, -2012. Вип. 1 (6), -с. 18-26.
3. Герасимов, С.В. Методика обґрунтування номенклатури параметрів контролю радіотехнічних систем і призначення їх допустимих відхилень / С.В. Герасимов, В.В. Грідіна // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 2, -с. 159-164. DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.
4. Борисенко, М.В. Визначення оптимального переліку засобів вимірювальної техніки в складі контрольно-перевірочної апаратури зенітного ракетного озброєння / М.В. Борисенко, А.П. Волобуєв, Е.С. Рощупкин // Системи озброєння і військова техніка, -Х.: -2011. № 2 (26), -с. 114-117.
5. Герасимов, С.В. Постановка проблеми розробки оптимальної методики контролю параметрів технічних систем при експлуатації за станом // Системи обробки інформації, -2013. №9(16), – с. 7-11.
6. Herasimov, S. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities / S. Herasimov, Yu. Shapran, M. Stakhova // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 1, -с. 148-154. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2018_1_23.
7. Herasimov S., Pavlii V., Tymoshchuk O. *et al.* Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis. *J Electron Test* 35**,** 349–357 (2019). https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9
8. Герасимов, С.В. Синтез вимірювальних сигналів для визначення технічного стану систем автоматичного управління / С.В. Герасимов, С.В. Кукобко, Є.С. Рощупкін, О.О. Расстригін // Озброєння та військова техніка, -2016. №4 (12), -с. 32-36.
9. Герасимов, С.В. Синтез полігармонійного вимірювального сигналу з будь-якою кількістю точок перемикання / С.В. Герасимов, О.А. Дакі, М.Ю. Яковлев // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник, -Львів: Видавництво Львівської політехніки, -2018. Том 79. № 2, -с. 73-76.
10. Gerasimov S, Mozhayev A, Nakonechnyi A, Podorozhniak A. Method of synthesis of the automatic control system adjustment circuit parameters. Nauka i studia, Przemysl 12 (143): 61-67 (2015)
11. Герасимов, С.В. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами / С.В. Герасимов, Е.С. Рощупкин // Озброєння та військова техніка, -2018. № 2, -с. 43-49. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2018_2_9.
12. Бєляєв, Д.М. Застосування векторних аналізаторів сигналів для забезпечення електромагнітної сумісності радіоапаратури / Д.М. Бєляєв, С.В. Герасимов, С.В. Кукобко, Е.С. Рощупкин // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України, -2016. №3 (62), -с. 77-84.
13. Герасимов, С.В. Підвищення боєготовності зенітних ракетних військ шляхом оптимальної закупівлі комплектуючих виробів зенітних ракетних комплексів / С.В. Герасимов, Д.М. Ізосімов, Є.С. Рощупкін, В.В. Старцев // Системи озброєння і військова техніка, –2010. №1, -с. 55-59. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN-/soivt_2010_1_13.

Məqalə qəbul olunub: 16.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 621.311

ENİNƏ İMPULS MODULYASİYALI ÜÇFAZALI TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN PARAMETRLƏRİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI

Məmmədov L.V., Məmmədova F.V.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: latif.mamedov.2014@mail.ru, faxranda.mammadova @mail.ru.

Xülasə. *Məqalədə sinusoidal qanunla dəyişən eninə impuls modulyasiyasının müxtəlif növlərinin formalaşdırılması zamanı üçfazalı gərginlik invertorlarının çıxış gərginliyinin spektrlərinin və keyfiyyət göstəricilərinin müqayisəsi aparılmışdır: birfazalı ikiqütblü EİM, "klassik" üçfazalı EİM, üçüncü harmonikanın modulyasyaqabağı EİM və "vektorlu" EİM. EİM ilə invertorların çıxış gərginliyinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün meyarlar təklif edilmiş, çıxış gərginliyinin ən yaxşı keyfiyyətini təmin edən EİM-ları formalaşdırılma üsulları müəyyən edilmişdir.*

Аннотация. *В статье проведено сравнение спектров и показателей качества выходного напряжения трехфазных инверторов напряжения при формировании различных видов широтно-импульсной модуляции по синусоидальному закону: однофазной двухполярной ШИМ, «классической» трехфазной ШИМ, ШИМ с предмодуляцией третьей гармоникой, «векторной» ШИМ. Предложены критерии оценки качества выходного напряжения инверторов с ШИМ, определены способы формирования ШИМ, обеспечивающие наилучшее качество выходного напряжения.*

Abstract. *The comparison of three-phase inverter's output voltage harmonic spectrum and quality when using various PWM techniques, such as "classical" three-phase PWM, PWM with third harmonic injection, space vector PWM (simplex PWM) is carried out. Performance criterions of output voltage of PWM inverters are proposed. PWM techniques, providing the best quality of output voltage, are obtained.*

Açar sözlər: *üçfazalı invertor, modulyasiya, elektrik intiqalı, tezlik çeviricisi, yarımkeçirici çevirici*

Ключевые слова: *трехфазный инвертор, модулятор, инвертор, преобразователь частоты, полупроводниковый преобразователь*

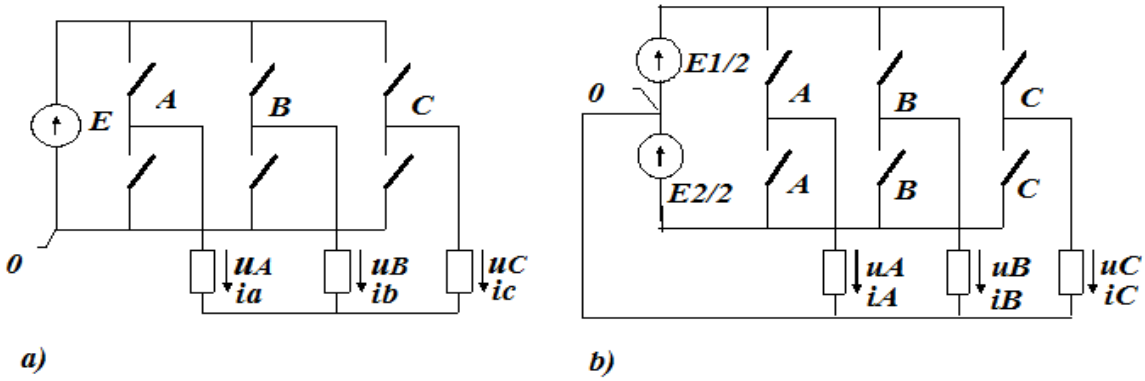
Key words: *three-phase inverter, modulator, inverter, electric drive, frequency converter, semiconductor converter*

Giriş. Dəyişən cərəyan elektrik intiqallarının qidalandırılmasında və sabit tezlikli dəyişən cərəyan qidalandırıcılarının zəmanətli təchizat sistemlərində üçfazalı gərginlik invertorlarından geniş istifadə edilir. İnvertorun çıxışında yüksək keyfiyyətli elektrik enerjisini təmin etmək üçün müxtəlif növ eninə-impuls modulyasiyaları (EİM) tətbiq edilir. Müxtəlif formalı EİM-ları üzərində aparılmış analizin nəticələri göstərir ki, çoxlu sayda tədqiq olunmuş modulyasiyalı invertorun çıxış gərginliyi onlara müvafiq olanlarına görə seçilirlər.

Bu da onların nəticələrini invertorların çıxış gərginliyinin keyfiyyətini eninə-impuls modulyasiyası ilə obyektiv müqayisə etməyə imkan vermir. Bu işdə məqsəd vahid riyazi modelə əsaslanaraq eyni mülahizələr əsasında EİM-nın formalaşdırılma üsullarından düzgün istifadə edilməsindən ibarətdir.

Əsas hissə. Qeyd etmək lazımdır ki, dövlətlərarası elektrotexniki komissiya (DEK) tərəfindən impulsların eni və tezliyi, yaxud hər ikisinin çıxış parametrlərini müəyyən etmək üçün əsas tezlik müddəti daxilində modulyasiyalı idarəetmə sistemindən istifadə etmək tələbi müəyyən edilir. Əksər

ədəbiyyatlarda EİM anlayışı, bir qayda olaraq yalnız sabit keçid tezliyi ilə formalaşma üsullarına aid edilir. Üçfazalı invertorların iki əsas transformatorsuz sxemi məlumdur.



Şəkil 1. *Üçfazalı invertorların transformatorsuz elektrik sxemləri*

1. Üçfazalı körpü invertoru (şəkil 1, a) sıfır nöqtəsi çıxışı olmayan bir simmetrik yükü qidalandırmaq üçün istifadə olunur.

2. "Üç ədəd birfazalı yarım körpü" sxemi (şəkil 1, b) qeyri-simmetrik yük daxil olmaqla, sıfır nöqtəli çıxışı olan yükü işlətmək üçün tətbiq olunur.

İdeallaşdırılmış invertorun analizi zamanı belə hesab olunur ki, E-sabit qida gərginliyi döyüntünü ixtisar edir və ideallaşdırılmış açarlar vasitəsilə qoşulurlar. Belə bir ideallaşdırma, dövrənin ideal parametrlərinin EİM-sı tətbiq edilmiş növündən asılı olmayaraq invertorun çıxış gərginliyinin keyfiyyət göstəricilərinə təsir göstərməsi ilə əsaslandırılır.

Şəkil 1-dəki sxemlərin analizi edilməsi üçün Pspice, Matlab Simulik və digər virtual proqramların məlum paketlərindən istifadə olunur. Bununla yanaşı, periodik təkrarlanan bir neçə yüz və daha cox kommutasiya invertorlarında çevricilərdəki proseslərin hesablanması, modelləşdirmə təcrübəsinin aparılması çox vaxt tələb edir və nəticələrin ümumiləşdirilməsi üçün lazım olan nəticələrin toplanmasını çətinləşdirir. Bu işi yerinə yetirərkən spektral modelləşdirilmə metodundan, yəni çevirici funksiyaların modifikasiya üsulundan istifadə edilir ki, bu da təsirin onlarla dəfə artırılmasına imkan verir [4]. Bir sira rejimlərdə aparılan spektral modelləşmə və Pspice bazasında modelləşmənin nəticələrinin müqayisəsi ümumi nəticələrin eyniliyini göstərir.

EİM-lı çeviricinin çıxış gərginliyinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi meyarları. Müxtəlif EİM növlərini müqayisə etmək üçün çıxış gərginliyinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinin effektiv meyarları müəyyən olunmalıdır. Çıxış gərginliyini harmonika əmsalının köməyilə qiymətləndirmək üçün kifayət qədər məlumat olmur, çünki bu halda alçaq və yüksək tezliklərin harmonikanın yükünə mümkün təsirləri nəzərə alınmır. Çıxış cərəyanı üçün harmonika əmsalı eyni zamanda, yükün parametrlərindən də asılıdır, belə ki, bu əmsal EİM-lı invertorun parametrləri ilə yanaşı invertor-yük sisteminin parametrləri ilə də xarakterizə olunur. Bu səbəbdən, qiymətləndirmənin daha müasir və effektiv meyarlara əsasən aparılması məsələsinin aşardırılması aktuallaşır.

Şəkil 1, b-dəki invertor sxemində, hər fazada müstəqil olaraq ikiqütblü, birfazalı EİM ardıcıllığı formalaşır, bu zaman əsas harmoniklərin qarşılıqlı olaraq 120° sürüşməsi nəzarət sistemi tərəfindən həyata keçirilir. Şəkil 2, a-da impulsun ön hissəsinin yaxud kəsiminin modulyasiyası, şəkil 2, b-də isə ikitərəfli modulyasiya - impulsun həm ön, həm də arxa hissəsinin müəyyən kəsiminin modulyasiyası halında EİM ardıcıllığının spektri göstərilmişdir. Burada k-harmonikanın nömrəsi, C_k – k-cı harmonikanın amplitudasıdır. Verilmiş nümunədə, komutasiya tezliyi $f_к = A\,f_{çıx} = 48f_{çıx}$, modulyasiya əmsalı- çıxış gərginliyi impulsunun ən uzun müddətinin komutasiya intervalları arasındakı müddətə olan nisbəti – $K_m = 0{,}5$ bərabər olur. Spektrin bu xarakteri sinusoidal qanunla EİM üçün səciyyəvidir. Spektrin aşağı tezlikli hissəsi yalnız $f_{çıx}$ ($k = 1$) tezlikli əsas harmonikanı

və tezliyin ətrafında yerləşən f_k komutasiyalar tezliyi çoxluğundan yaranan harmonik komutasiyalardan təşkil edilir. İkiqütblü EİM-da əsas harmonikanın amplitudu $1/2EK_m$ -yə bərabərdir, burada, E- qida mənbəyinin gərginliyidir.

Beləliklə, Şəkil 1, a – diaqramında bir fazanın EİM ardıcıllığı başqa bir faza ilə qarşılıqlı təsir göstərir, buna görə də burada üçfazalı eninə-impuls modulyasiyasının formalaşdırılmasına baxılır, çünki çıxış gərginliyinin spektri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişir. Şəkil 1, a sxemində çıxış gərginliyinin spektri şəkil 2, b impulsun ön yaxud kəsiminin modulyasiyası və şəkil 2, q-də ikitərəfli modulyasiyası verilmişdir. Kommutasiya tezliyi $f_к = 48f_{çıx}$, modulyasiya əmsalı $K_m = 0,5$-ə bərabər olur. Xətt gərginliyinin spektri faza spektrində olduğu kimidir, yalnız bütün harmonikaların amplitudaları 3 dəfə böyükdür.

Birfazalı və üçfazalı EİM arasındakı fərqlərə aşağıda baxılmışdır. Əvvəlcə onu qeyd etmək lazımdır ki, üçfazalı EİM-nın spektrindəki cəbhələrin iki tərəfli modulyasiyası ilə kommutasiya tezliyinə yaxın olan harmonik komponentlər azalır, lakin kommutasiya tezliyinin ikinci harmonikasının sahəsindəki harmonikalar əhəmiyyətli dərəcədə artır. Bu harmonikalar, tezliyin iki dəfə yüksək olmasına baxmayaraq, daha yüksək harmonikalar üçün induktiv reaksiya verməsi səbəbindən yük cərəyanına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərə bilər. Beləliklə, yuxarıda aşkar edilmiş $k_{g.к}$ və $k_{g.2к}$ əmsalları EİM-nın müxtəlif növlərində çıxış gərginliyinin keyfiyyətinin müqayisəsini həyata keçirməyə imkan verir. $A > A_{son}$ olduqda, kommutasiya tezliklərinin seçilməsindən asılı olmurlar, EİM-1 və EİM-2 üçün fərqlənmirlər, sadəcə ön modulyasiya, həmçinin impulsun ön/kəsim modulyasiyası və ya ikitərəfli modulyasiya üsulu və movcud modulyasiya əmsalından istifadə edilməklə EİM müxtəlifliyinin seçilməsi ilə müəyyən olunurlar.

Çıxış gərginliyinin əsas harmonikasının amplitudunun artırılması üsulları. Yuxarıda nəzərdən keçirilən EİM növləri üçün AGÇ- avtonom gərginlik çeviricilərinin faza çıxış gərginliyinin əsas harmonikasının qida mənbəyi gərginliyinə nisbətinin ən böyük qiyməti 0,354-ə bərabərdir. Eyni zamanda, şəkil 1, a-dakı dövrəyə görə idarəolunmayan körpü düzləndiricisindən və invertordan ibarət olan transformatorsuz bir tezlik çeviricisində çıxış gərginliyi şəbəkə gərginliyinin 0,827 nisbətindən çox olmur. Real çeviricilərdə bu nisbət daha da aşağıdır, çünki çeviricidə gərginlik itkiləri olduğundan kommutasiya şərtlərini yerinə yetirmək zərurətindən modulyasiya əmsalı 1-ə çatmır. Buna görə də invertorun çıxış gərginliyinin əsas harmonikasının qida mənbəyinin gərginliyinə nisbətinin artırılması məsələsi çox aktualdır.

Bu məsələnin həll edilməsinin yalnız bir yolu var ki, bu da faza potensiallarının - φ_A, φ_B və φ_C impulslarının davametmə müddətlərinin modulyasiyasının qeyri-sinusoidal qanununun istifadə olunmasıdır, hansı ki, bu modulyasiya qanununun seçilməsi əsas harmonikanın amplitudasının artmasını təmin etməlidir. Əsas harmonikada tələb olunan bu artımı təmin edən modulyasiya qanunları arasında, düzbucaqlı və trapesiya qanunlarına görə modulyasiyaları göstərmək olar. Lakin bu modulyasiyaların istifadəsi zamanı invertorun faza və xətti çıxış gərginliklərinin harmonik tərkibi pisləşir: spektrin aşağı tezlikli hissəsində, ilk növbədə çıxış tezliyinin 5, 7, 11 və 13-cü harmonikalarında tərkibi φ_A, φ_B və φ_C EİM ardıcıllıqlarından ibarət olan təhrif harmonikaları yaranır. Üçdən artıq eyni ardıcıllıqlardan ibarət harmonikalar sıfırıncı harmonikanın ardıcıllığı adlanır, simmetrik yükdə faza və xətti yük gərginliklərində olmurlar.

Buradan əvvəlcədən modulyasiya ideyası ortaya çıxır, φ_A, φ_B və φ_C faza potensiallarının impulslarının müddətinin modulyasiyası üçün qeyri-sinusoidal qanunun tətbiqi, hansı ki, əsas harmonikanın amplitudunun artımını təmin edəcəkdir. Bu zaman φ_A, φ_B və φ_C EİM ardıcıllığı spektrdə əsas harmonikadan başqa yalnız sıfırıncı harmonikanın ardıcıllığından ibarət olacaqdır. Beləliklə, invertorun faza və xətti gərginliklərinin aşağı tezlik spektrində təhrif harmonikalarının olmaması təmin olunacaqdır. Əvvəlcədən modulyasiyanın prinsipi geniş yayılmış simmetrik yüklü üçfazalı invertorların eninə-impuls idarəetmə metodunun əsasında yaranmışdır.

Üçüncü harmonikanın əvvəlcədən EİM modulyasiyası. Üçüncü harmonikanın əvvəlcədən EİM modulyasiyası "vektorlu" EİM zamanı spektrdəki fərq, ilk növbədə u_{yA}, u_{yB}, u_{yC} ilə xarakterizə olunurlar ki, bunlar da gərginliklərin forma və harmonik tərkibindəki fərqlə bağlıdır.

Yuxarıdakı məlumatlardan belə nəticə çıxır ki, modulyasiya əmsalının azalması zamanı nəzarət gərginliyinin əyrisində daha yüksək harmoniklərin artması baş verir ki, nəticədə daha yüksək harmonikalar əsas harmonikanı əhəmiyyətli dərəcədə üstələyə bilər.

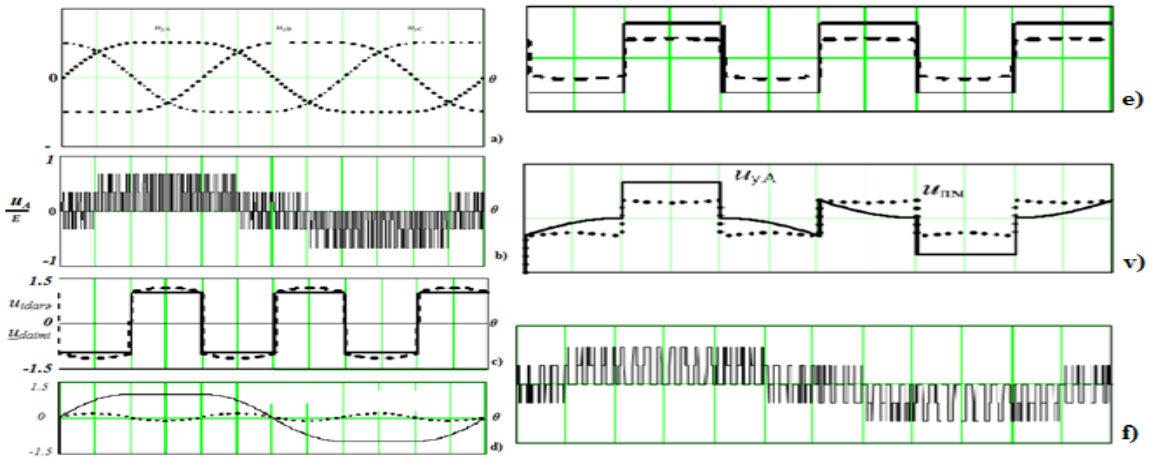
φ_A, φ_B və φ_C faza potensiallarının EIM ardıcıllığını formalaşdırarkən bu harmonikalar kommutasiya tezliyinin çoxalması və kommutasiya tezlikləri sahəsində əlavə kombinasiyalar fərqi yaradır. İdarəetmə gərginliyinin yüksək harmonikaları əsas tezliyə nisbətən daha yüksək tezliyə nail olduqlarından, əlavə kombinasiyalı harmonikaları əsas harmonikanın EİM modulyasiyasına səbəb olaraq birləşmə harmonikalarına nisbətən kommutasiya tezliyindən kənarda yerləşir və amplitudası yüksək olur. Əlavə kombinasiya harmonikalarının yaranması kommutasiya tezliyinin çoxaldığı tezliklərdə və kommutasiya tezliyinə yaxın hissədə kombinasiya harmonikalarının bölgəsinin genişlənməsinə səbəb olur.

Harmonikalar kombinasiyasının sahəsi əsas harmonikaya doğru genişləndiyindən, A-nın kiçik qiymətlərində də bu harmonikalar əsas tezliyin yaxın ətrafında olurlar. Nisbətən yüksək dərəcələrdə bu, modulyasiya əmsallarının aşağı qiymətlərində də baş verir $K_m < 0,3$. Buna görə də A_{son} qiyməti "vektorlu" EİM-lı invertorlarında yuxarıda göstərilən digər modulyasiya növlərindəkinə nisbətən daha böyük olur. "Vektorlu" EİM -da A_{son} = 90-110, kiçik əmsallarda isə $K_m < 0,2$, A_{son} = 150-200 olur. $A < A_{son}$ şərti seçildiyi zaman, spektrin aşağı tezlikli hissəsində təhrif harmonikaları nəzərə çarpan dərəcədə vardır. Yalnız kommutasiya tezliyinin yüksək seçildiyi halda, $f_к = A_{son} f_{çıx}$, harmonika əmsallarının $k_{.к}$ və $k_{г.2к}$ keçid tezliyindən asılı olmadığı müşahidə olunur və əsas harmonikanın sahəsi kifayət qədər böyük harmonika kombinasiyalarının mövcudluğundan azad olur."Vektorlu" EİM tətbiq edərkən ön (kəsim) və iki tərəfli modulyasiya arasındakı fərq əhəmiyyətli dərəcədə düzəldilir. Modulyasiya əmsalının azaldılması ilə iki tərəfli modulyasiyalı EİM-də kommutasiya tezliyinə yaxın olan harmonikaların azalması müşahidə edilmir. Bu, sıfırıncı ardıcıllığın komponentlərinin φ_A, φ_B və φ_C potensiallarının spektrlərindəki kiçik rolu ilə əlaqədardır. Nəticədə $k_{г.к}$ və $k_{г.2к}$ əmsalları arasındakı ədədi fərq az olur.

"Vektorlu" EİM və üçüncü harmonikanın ilkin modulyasiyası ilə EİM-nın harmonik əmsallarının ən yaxşı göstəricilərini müqayisə edək. Bunun üçün iki modulyasiyanın həyata keçirildiyi zaman qeyd olunan EİM növləri üçün harmonika əmsallarının $k_{г.2к}$ nisbətini tapırıq. Təqdim olunan məlumatlar göstərir ki, üçüncü harmonikanın əvvəlcədən modulyasiyalı olan EİM, "vektorlu" EİM ilə müqayisədə çıxış gərginliyinin daha yaxşı harmonik tərkibini təmin edir və bu üstünlük modulyasiya əmsalının azalması ilə artır. Ancaq bu nəticə tamam olaraq belə deyil. “Vektorlu” EİM icra edildiyi zaman çıxış tezliyinin 1/3 periodu ərzində fazaların hər biri passiv olur və passiv fazada heç bir kommutasiya həyata keçirilmir. Ona görə də vektorlu EİM zamanı güc açarlarının orta kommutasiya tezlikləri EİM-nın digər növlərindəki çıxış tezliklərinin eyni saydakı impulslarının tezlikləri ilə müqayisədə 1,5 dəfə kiçik olur. Əgər “vektorlu” EİM istifadə edilən zaman A parametrini 1,5 dəfə artırsaq, onda invertordakı kommutasiya itkiləri, əvvəlki kommutasiya tezlikləri ilə EİM-nın digər növlərindəki invertorla eyni olacaq, cərəyanın harmonika əmsalı isə yüksək harmonikaların tərkib hissələri üçün yükün induktiv reaksiyası zamanı 1,5 dəfə azalacaq. Cihazların orta kommutasiya tezliyinin qorunması halında, gerçək yarımkeçirici cihazlarda keçid proseslərinin invertorun çıxış gərginliyinin harmonik tərkibinə təsiri dəyişməyəcəkdir [3].

Lakin bu mülahizələrdə bir çatışmamazlıq var. Güc açarlarında aktual kommutasiya prosesləri modulyasiya əmsalının minimum və maksimum dəyərini məhdudlaşdırır. Məhdudiyyət invertorun çıxış gərginliyində minimum icazə verilən impuls müddəti ilə əlaqələndirilir və tətbiq olunan güc açarlarının xüsusiyyətlərindən asılıdır. Kommutasiya tezliyinin artması bu minimum icazə verilən müddəti dəyişmir, ona görə də əgər ilkin kommutasiya tezliyində modulyasiya əmsalının maksimum dəyəri 0,9 olarsa, o zaman keçid tezliyinin 1,5 dəfə artması ilə maksimum modulyasiya əmsalı 0,85-ə qədər azalacaq. Eyni zamanda, çıxış gərginliyinin əsas harmonikinin maksimum amplitudunun qida gərginliyi E-yə nisbəti 6% azalır və buna görə keçid tezliyinin artması əsassız ola bilər.

Beləliklə, üçüncü harmonikanın əvvəlcədən modulyasiyalı EİM və "vektorlu" EİM arasındakı seçim birmənalı deyil və konvertorun parametrləri və "enerji mənbəyi - çevirici - yük" sisteminin ətraflı müqayisəsini tələb edir ki, onun üçün bu araşdırmada göstərilən nəticələrdən istifadə edə bilər.



Şəkil 2. *EİM-nın müxtəlif üsullara görə çıxış siqnallarının formaları*

Nəticə.

1. Eninə-impuls modulyasiyalı invertorun çıxış gərginliyinin keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün kommutasiya tezliyinin ikiqat artırılması və kommutasiya tezliklərinin yaxın yerləşdirilməsi, spektrlərin kombinasiyalı tərkiblərini nəzərə alan harmonik əmsallarından istifadə etmək təklif olunur;
2. İnvertorun çıxış cərəyanıının məlum yük parametrlərində göstərilən harmonik əmsalları yüksək dəqiqliklə hesablamağa imkan verir;
3. EİM-nın formalaşdırılması zamanı çıxış gərginliyinin spektrində əsas harmonikanın amplitud artımı ilə proseslərin bir ortaqlığı müəyyən edilmişdir;
4. EİM "vektorlu" və üçüncü harmonikanın modulyasiyadan əvvəlki EİM-sı ilə reallaşdırılmasında ardıcıl sıfırıncı harmonikalı siqnalların idarəedici modulyasiyaqabağı prinsipindən istifadə olunur, modulyasiyaqabağı siqnalların yalnız formaları fərqlənirlər.

Ədəbiyyat

1. Чаплыгин, Е.Е. Влияние снабберов на работу автономных инверторов с ШИМ / Е.Е. Чаплыгин, Н.Г. Калугин //Электричество, -2003. № 1.
2. Чаплыгин, Е.Е. Спектральные модели автономных инверторов напряжения с широтно-импульсной модуляцией / Е.Е. Чаплыгин, Д.В. Малышев// Электричество, -1999. №8.
3. Сандлер А.С. Тиристорные инверторы с широтноимпульсной модуляцией для управления асинхронными двигателями/ А.С. Сандлер, Ю.М. Гусяцкий, –М.: Энергия,-1968.-98 с.
4. Чаплыгин, Е.Е. Спектральные модели импульсных преобразователей с переменной частотой коммутации / Е.Е. Чаплыгин, Нгуен Хоанг Ан //Электричество, -2006. № 4.
5. Изосимов, Д.Б. Симплексные алгоритмы управления трёхфазным автономным инвертором напряжения с ШИМ / Д.Б. Изосимов, С.Е. Рывкин, С.В. Шевцов Электротехника, -1993. №12.
6. Коровин, В.В. Модуляционные методы построения импульсных преобразователей/ В.В. Коровин, С.Г. Обухов// Практическая силовая электроника, – 2005. №19, - с.38-43.

Məqalə qəbul olunub: 20.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 622

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ГЛАВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОРСКИХ СУДОВ

Рак А.Н.

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

Аннотация. *В настоящее время в судоходной отрасли всего мира очень большое внимание уделяется сокращению выбросов в окружающую среду парниковых газов. Для этого на судах применяются системы утилизации тепла продуктов сгорания главных двигателей, которые позволяют вырабатывать электрическую энергию, но вопросы их технической эксплуатации практически не рассматриваются. Целью данной статьи является разработка упрощенной методики расчета, позволяющей оценить эксплуатационные характеристики таких систем не только в номинальном режиме, а и в режимах отличных от него. Данная статья будет полезна не только электромеханикам морских судов, и другим специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота.*

Abstract. *Currently, the shipping industry around the world pays great attention to reducing greenhouse gas emissions into the environment. For this, ships utilize heat recovery systems for the combustion products of the main engines, which allow the generation of electric energy, but the issues of their technical operation are practically not considered. The purpose of this article is to develop a simplified calculation methodology that allows us to evaluate the operational characteristics of such systems not only in the nominal mode, but also in modes different from it. This article will be useful not only to the marine electro-technical officers, but to other specialists involved in the technical operation of the fleet.*

Xülasə. *Hazırda dünya gəmiçiliyi ətraf mühitə utilizasiya qazlarının tullantılarının azaldılmasına böyük diqqət yetirir. Bunun üçün gəmilər baş mühərriklərin yanma məhsullarının istiliyindən istifadə etməklə elektrik enerjisi istehsalına imkan verən sistemlərdən istifadə edirlər, lakin texniki istismar məsələləri praktik olaraq nəzərə alınmır. Məqalənin məqsədi bu cür sistemlərin əməliyyat xüsusiyyətlərini yalnız nominal rejimdə deyil, həm də ondan fərqli rejimlərdə qiymətləndirməyə imkan verən sadələşdirilmiş hesablama metodologiyası hazırlamaqdır. Bu məqalə yalnız gəmi elektromexanikləri üçün deyil, donanmanın texniki istismarı ilə məşğul olan digər mütəxəssislər üçün də faydalı olacaqdır.*

Ключевые слова: *методика, определение, генерация, система, утилизация, главный двигатель, морское судно*

Key words: *methodology, definition, generation, system, recycling, main engine, marine vessels*

Açar sözlər: *metodika, tərif, nəsil, sistem, təkrar istifadə, baş mühərrik, dəniz gəmisi*

Введение. Прежде чем переходить к рассмотрению данного вопроса необходимо остановиться на нескольких основополагающих моментах.

Во-первых, с подписанием в 1997г. *Киотского протокола* регулирование выбросов парниковых газов (ПГ) и связанная с этим экономическая деятельность, которое до этого являлось исключительной прерогативой национальных правительств, стало объектом международных соглашений. Этим было положено начало сокращению выбросов ПГ в атмосферу для сдерживания глобального потепления и устанавливались квоты по выбросам для нескольких развитых стран. Подписание в Париже 12 декабря 2015г. Рамочной Конвенции Ор-

ганизации Объединенных Наций об изменении климата (РКООНИК) стало результатом усилий мирового сообщества, направленных на регулирование выбросов ПГ и ограничивающее их на уровне 1,5ºС. Для морской отрасли все правовые и технические вопросы регламентируются Международной морской организацией (International Maritime Organization – IMO, далее ИМО) в рамках международной конвенции загрязнения MARPOL-73/78 по загрязнению с судов. Хотя *Парижское* соглашение прямо не упоминает ИМО в качестве основного форума для решения проблемы выбросов ПГ в море, но оно распространяется абсолютно на все антропогенные выбросы ПГ из всех секторов независимо от принадлежности судна государству флага.

Деятельность ИМО по разработке своих инструментов (Международных конвенций, Циркуляров и др.) осуществляется рабочими органами – Комитетами ИМО. Одним из них является Комитет по защите морской среды (Marine Environment Protection Committee (MEPS) или Комитет по защите морской среды (КЗМС)). Этот рабочий орган ИМО в частности работает над развитием MARPOL 1973/78.

Конвенция имеет 6 приложений. Приложение VI [1] посвящено защите атмосферы от загрязнения с судов. Помимо известных мер, принимаемых по защите атмосферы от выбросов окислов серы (SO_x), окислов азота (NO_x) и твердых частиц (ТЧ), ИМО выступила с инициативой разработки инструмента по защите атмосферы от ПГ.

Эти требования вошли в главу 4 Приложения VI к MARPOL и направлены на снижение эмиссии ПГ с судов. В соответствии с [2] на сектор экономики, связанный с морской отраслью (международные, каботажные морские перевозки и рыболовство), приходится 3,3% выбросов CO_2. Там же приводится информация по количественным выбросам для конкретных типов морских судов.

Так, в соответствии с указанным выше Приложением VI, выбросы ПГ рекомендуется учитывать с помощью индекса энергоэффективности (Energy Efficiency Design Index – EEDI), который *характеризует энергетические возможности технического средства при наименьших затратах ресурсов для выработки энергии*.

В ряде случаев, оценка EEDI производится с учетом установленного на судне оборудования, пренебрегая возможностями применения *инновационных технологий* в энергетике, интегрированным подходом к определению тех возможностей повышения EEDI, которые не очевидны, но присутствуют при проектировании судна. В простейшем случае оценка EEDI производится по комплексному показателю качества судовой энергетической установки (СЭУ), исходя из ее расходных и ресурсных показателей.

В то же время, в современном двигателестроении и судостроении не только декларируется, но и происходит переход от частных случаев повышения КПД агрегата к комплексной интегральной оценке всех аспектов влияния на энергетические показатели самого судна. Повышение эффективности и экологической безопасности проектов были изучены на фоне необходимости удовлетворения требований ИМО, вступивших в силу в 2013г. 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 EEDI должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета Конструктивного EEDI для новых судов, 2012», приведённом в Резолюции MEPC.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 *C* в конкретном топливе [*г CO_2./ г топлива*]; $\boldsymbol{P_{MEi}}$, – показатель мощности каждого ГД, равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой валогенератором (в случае его наличия); $\boldsymbol{P_{AE}}$ – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей (ДГ) 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). В [3] энергоэффективные технологии называют инновационными; $\boldsymbol{P_{eff}}$ – показатель сокращения мощности ГД за счёт применения эффективных инновационных технологий в пропульсивной установке (ПУ) 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; $\boldsymbol{f_w}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости при определённом неблагоприятном состоянии моря в зависимости от высоты и частоты волны, а также от скорости ветра; $\boldsymbol{f_{eff}}$ – коэффициент доступности каждой инновационной технологии; $\boldsymbol{V_{ref}}$ – скорость судна, измеренная на глубокой воде с учётом соответствующей вместимости (дедвейт DWT/валовая вместимость GT в зависимости от типа судна) в соответствии с вышеуказанным Руководством [*узлы*]. Более детально с расчетом коэффициентов $\boldsymbol{f_i, f_j, f_w}$ и $\boldsymbol{f_{eff}}$ можно ознакомиться в [4,5].

Во-вторых, растущий интерес к сокращению выбросов ПГ, снижению эксплуатационных расходов на суда и, вступившие в силу, правила ИМО по EEDI предусматривают меры, обеспечивающие оптимальное использование топлива, используемого для ГД на борту судов. Следуя тенденции к повышению общей эффективности судна после первого нефтяного кризиса в 1973 году, эффективность ГД возросла, и на сегодняшний день эффективность использования топлива составляет около 50%. Этот высокий КПД, помимо прочего, привел к низким значениям удельных затрат топлива (УЗТ), а также к, соответственно, более низкой температуре продуктов сгорания (ПС) после турбокомпрессоров (ТК). Несмотря на то, что энергоэффективность топлива ГД, которая составляет 50%, является относительно высокой, то основной задачей для судовладельца по-прежнему является дальнейшее снижение эксплуатационных расходов на судне, поскольку общий расход топлива на судне по-прежнему остается основной целью. Это также может привести к дальнейшему сокращению выбросов CO_2.

В-третьих, вопросы производства абсолютно всех видов энергии, независимо от принадлежности судна и формы его собственности, находятся в компетенции *судомехаников*, а вопросы, связанные с передачей, распределением и контролем показателей качества и ее расходом – в компетенции *электромеханика*. Поэтому электромеханик должен знать генерирующие возможности при наличии на судне системы утилизации тепла (СУТ). Существующие методики, позволяющие определять количество генерируемой энергии являются сложными, поскольку учитывают большое количество входящих в нее величин, и, в основном, рассчитаны на судомехаников.

Цель работы – разработка упрощенной методики определения генерирующей способности системы утилизации тепла главных двигателей морских судов для ее применения судовыми электромеханиками.

На рис.1 показано сравнение тепловых балансов двигателя с СУТ ПС и без нее.

Как следует из рис.1 основным источником отработанного тепла ГД является тепловыделение ПС, на которые приходится около половины общего отработанного тепла, т.е. около 25% от общей энергии топлива. Энергия ПС ГД на сегодняшний день является наиболее привлекательной среди источников отработанного тепла на судне из-за теплового потока и температуры. При этом для ГД в сочетании с СУТ общий КПД увеличится примерно до 55%. Для ГД фирмы Wärtsilä Sulzer все составляющие теплового баланса имеют практически такие же значения. Формула EEDI ИМО (1) позволяет рассмотреть возможность добавления СУТ на судно, проанализировать эффекты EEDI и настройки EEDI.

В соответствии с [6] можно генерировать электрическую энергию до 11% от мощности ГД, используя энергию ПС в СУТ, содержащей как паровые (ПТ), так и газовые турбины (ГТ), и в сочетании с использованием энергии продувочного воздуха для подогрева питательной воды утилизационного котла (УК).

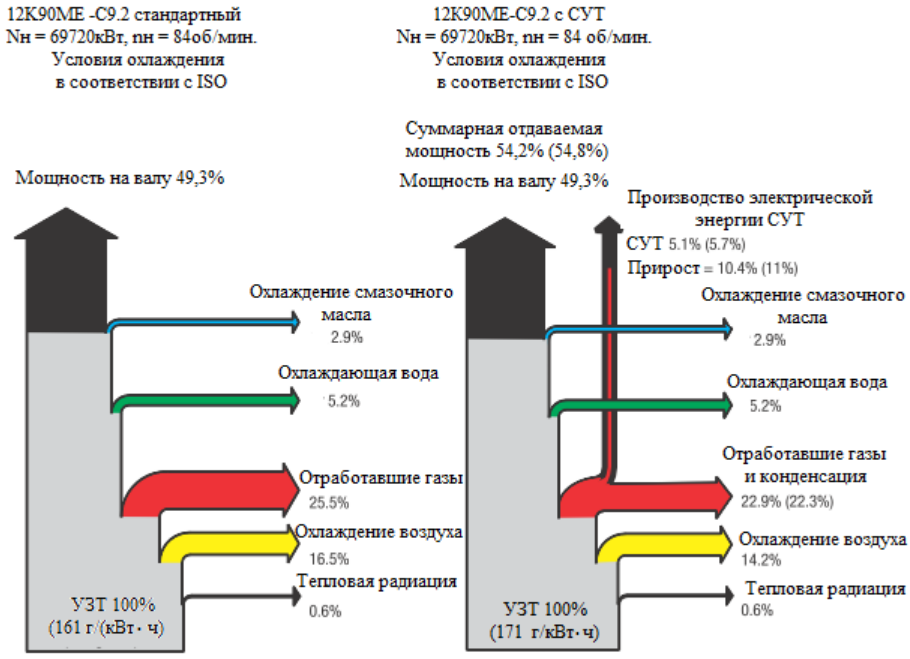


Рис. 1. *Тепловой баланс ГД с системой утилизации тепла и без нее*

Данные для различных мощностей ГД и комбинаций данных систем приведены в табл.1 и табл.2, соответственно. В будущем могут быть предусмотрены специальные варианты и комбинации вышеуказанных систем, особенно при выполнении Уровня III относительно NO_x с 2016 года и других будущих правил.

Таблица 1

Рекомендованные к применению типы турбин при различных мощностях ГД

Мощность ГД, кВт	Тип турбин
>25000	ГТ и ПТ
<25000	ГТ или ПТ
<15000	ГТ или ОЦР

Таблица 2

Максимальная мощность, получаемая при применении турбин различных типов

Тип турбин	Получаемая максимальная мощность, %
ГТ	3-5
ПТ (одного давления)	4-7
ПТ (двух давлений)	5-8
СУТ (ГТ+ПТ)	8-11

ОЦР – органический цикл Ренкина (Organic Rankine Cycle-ORC). Но только здесь не указывается какой из циклов парогазовый или с применением низкотемпературно кипящей жидкости.

Вопросами создания СУТ в настоящее время активно занимаются такие известные фирмы, как SIEMENS (ФРГ) и ABB (Шведско-Швейцарское совместное предприятие), Mitsubishi (Япония).

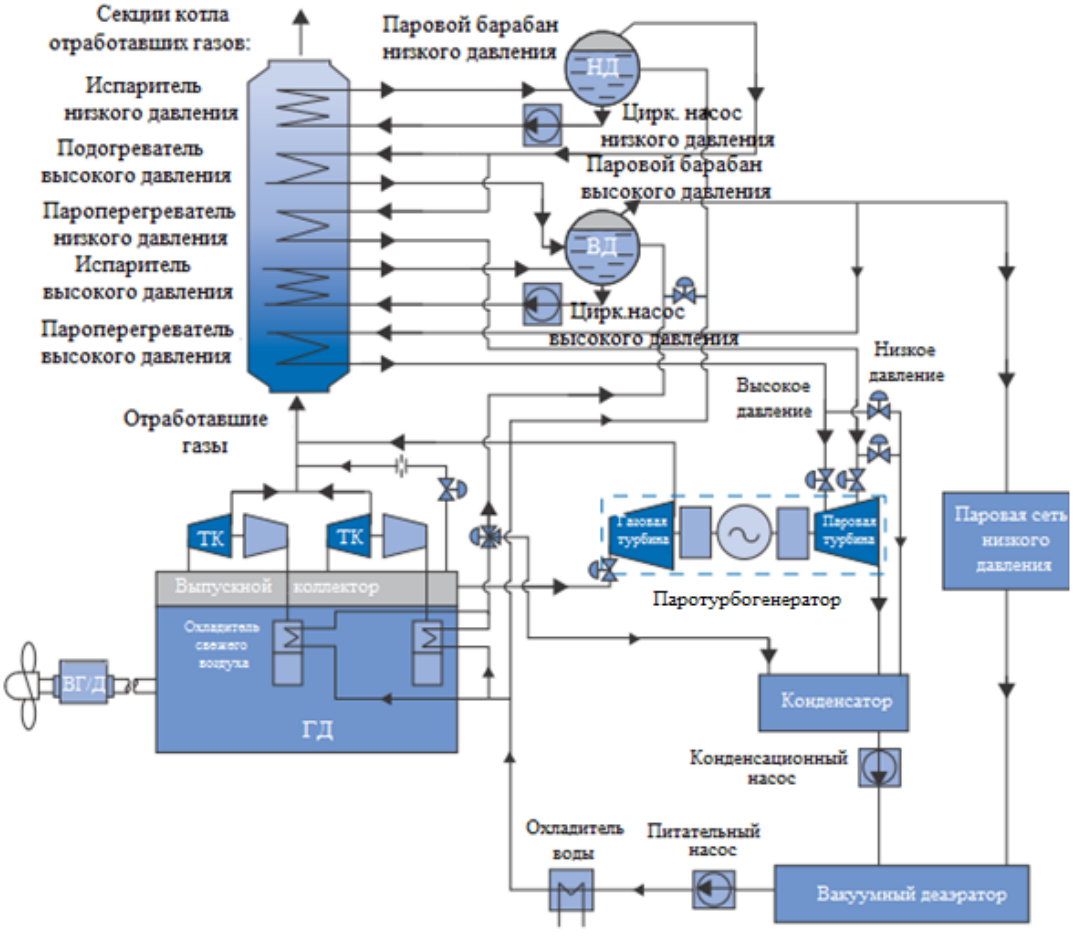
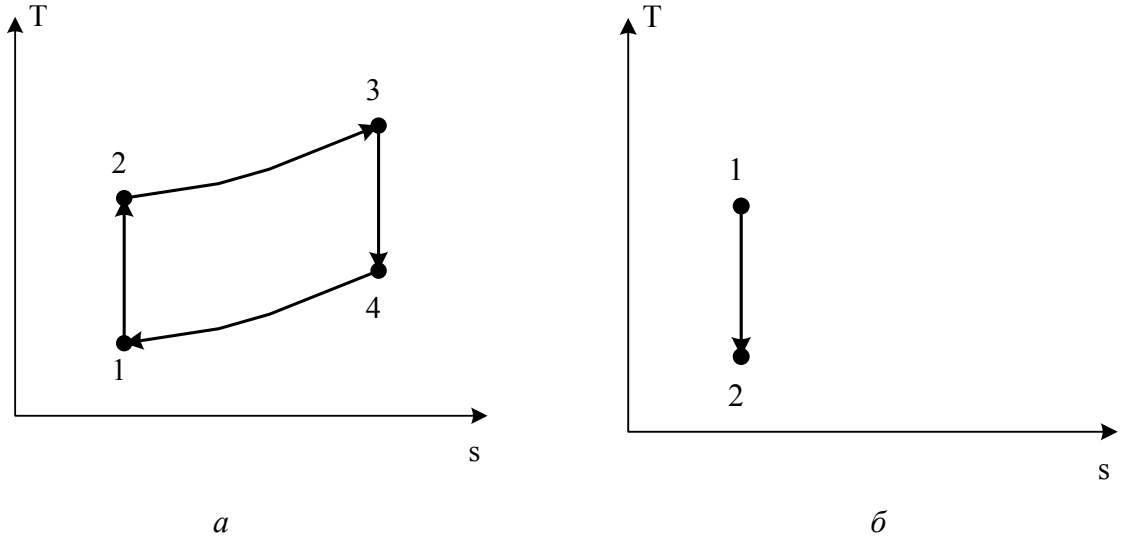


Рис. 2. *Схема системы утилизации и производства электроэнергии на судне*

В стандартной высокоэффективной версии ГД температура ПС относительно низкая после ТК, и достаточно высокая для производства пара необходимого для отопления судна с помощью стандартного котла, работающего на ПС, встроенного в дымовую трубу.

Схема СУТ приведена на рис. 2. Принцип действия системы состоит в следующем: большая часть ПС из выпускного коллектора (ВК) поступает на турбокомпрессор (ТК), обеспечивающий работу ГД, а их меньшая часть поступает на ГТ, приводящую в действие генератор, присоединенный к ней. Горячие ПС, прошедшие через ТК и ГТ поступают в УК, где происходит нагревание части воды из системы охлаждения ГД, используемой для производства пара, направляемого на ПТ для производства электроэнергии.

Для разработки методики определения генерирующих возможностей всей системы использованы стандартные зависимости, описывающие процессы идеального и реального сжатия и расширения газов [7]. В наиболее общем случае СУТ представлена двумя ГТ (одна из которых используется для ТК, а вторая для выработки электроэнергии), УТ и ПТ, предназначенной для выработки электроэнергии. На рис.3, а представлен идеальный цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и адиабатным сжатием воздуха в компрессоре в Ts – координатах. В связи с тем, что в рассматриваемых условиях ГТ является не отдельными тепловым двигателем, а элементом системы ГД-СУТ, работа на ее валу может быть определена как работа элементарного термодинамического процесса, связанного с расширением продуктов сгорания от давления ПС до давления близкого к атмосферному (рис.3, б).



а *б*

Рис. 3. *Цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и адиабатным сжатием воздуха в компрессоре в Ts – координатах: а – идеальный (1-2 – адиабатное сжатие воздуха в компрессоре; 2-3- изобарный подвод тепла; 3-4 – адиабатное расширение продуктов сгорания в соплах турбин; 4-1 – изобарный отвод тепла (выход продуктов сгорания в атмосферу); б – реальный процесс*

Основные зависимости, используемые для расчета

Температура воздуха, сжимаемого в компрессоре, для случая адиабатического сжатия определяется в соответствии с выражением:

$$T_{2B} = T_{1B}\left(\frac{P_{кл}}{P_B}\right)^{\frac{k-1}{k}}, \qquad (2)$$

где $T_{1В}$ – температура окружающего воздуха, К; $P_{КЛ}$ – давление перед впускными клапанами, Па; $P_в$ – давление атмосферного воздуха, Па; k = 1.4 – коэффициент адиабатического расширения для двухатомных газов.

С учетом необратимости процесса сжатия конечная температура воздуха определяется как:

$$T_{3B} = T_{1B} + \frac{T_{2B} - T_{1B}}{\eta_{oi}^{\text{ГТК}}}, \tag{3}$$

где $\eta_{oi}^{\text{ТК}}$ - внутренний относительный кпд проточной части компрессора.

Требуемая мощность для привода воздушных турбокомпрессоров:

$$N_{CB} = G_B \cdot c_B \cdot (T_{3B} - T_{1B}), \tag{4}$$

где $G_{\text{В}}$ - расход воздуха через турбокомпрессор (ТК), кг/с;
$c_{\text{в}}$ - теплоемкость воздуха, кДж/кг·К.

Температура ПС после расширения в ГТ привода компрессора для случая адиабатического расширения определяется в соответствии с выражением:

$$T_{2ПС-ГТК} = T_{1ПС}\left(\frac{P_B}{P_{BX}}\right)^{\frac{k-1}{k}}, \tag{5}$$

где $P_{\text{вх}}$ – давление газов в ВК после ГД, Па;
$T_{1\text{пс}}$ – температура продуктов сгорания в ВК, К.

Температура ПС после расширения в ГТ привода компрессора с учетом необратимости процесса:

$$T_3^{''} = T_{1ПС} - \eta_{oi}^{\text{ГТ-ТК}} \cdot \left(T_{1ПС} - T_{2ПС}\right), \tag{6}$$

где $\eta_{oi}^{\text{ГТ-ТК}}$ - внутренний относительный кпд проточной части ГТ привода ТК.

Мощность, развиваемая на ГТ привода воздушных ТК:

$$N_{CB} = G_{TK} \cdot c_{nc} \cdot (T_{1ПС} - T_3^{''}), \tag{7}$$

где $G_{\text{ТК}}$ – расход дымовых газов, проходящих через ТК, кг/с;
$c_{\text{пс}}$ – теплоемкость продуктов сгорания с учетом их теплоемкости и температуры, Дж/(кг·К).

На основании приравнивания мощностей ТК и приводящей его в движение ГТ, определяется массовый расход ПС, который необходимо отводить на ГТ привода ТК.

Остальные ПС отправляются на ГТ, вырабатывающую электроэнергию:

$$G_{\text{ГТ}}=G_{\text{пс}}-G_{\text{ТК}}, \tag{8}$$

где $G_{\text{пс}}$ – общий массовый расход продуктов сгорания после ГД, кг/с

Температура ПС после расширения в ГТ, производящей электроэнергию $T_3^{'}$ определяется аналогично случаю расчета ГТ привода ТК с учетом соответствующего значения внутреннего относительного кпд проточной части ГТ.

Мощность ГТ, предназначенной для производства электроэнергии

$$N_{ГТ} = G_{ГТ} \cdot c_B \cdot \left(T_{1ПС} - T_3^{'}\right), \tag{9}$$

Средневзвешенное значение температуры ПС на входе в УК с учетом смешивания газов после ГТ привода ТК и ГТ, генерирующей электроэнергию, К:

$$T_{BX.УК} = \frac{G_{ГТ} \cdot T_3^{'} + G_{TK} \cdot T_3^{''}}{G_{ПС}}, \tag{10}$$

Количество теплоты, передаваемой в УК производимому пару.

$$Q_{УК} = G_B \cdot c_B \cdot \left(T_{BX.УК} - T_{ВДТ}\right), \tag{11}$$

где $T_{\text{ВДТ}}$ – температура продуктов сгорания на выходе из УК, К.
Мощность генерации электрической энергии ПТ за счет пара произведенного в УК.

$$N_{ПТ} = \eta_{oi}^{K} \cdot Q_{УК}, \tag{12}$$

где η_{oi}^{K} – ориентировочное значение кпд генерирующего комплекса на базе УК и ПТ.

Очень важным моментом является количество и качество исходной информации. Для ее получения можно пользоваться типовыми характеристиками для двухтактных дизелей,

приведенными, например в [8] или другими источниками. Но, как показывает практический опыт, в них информация по ряду позиций носит ограниченный рекламно-информационный, искаженный, а иногда и вообще закрытый характер.

Нами для исследований использовался on-line CEAS Engine Calculation MAN B&W [9]. С его помощью нами получена информация, необходимая для применения предложенной методики. В нем она представлена как в виде графических зависимостей (рис.4), так и в виде табл. 3.

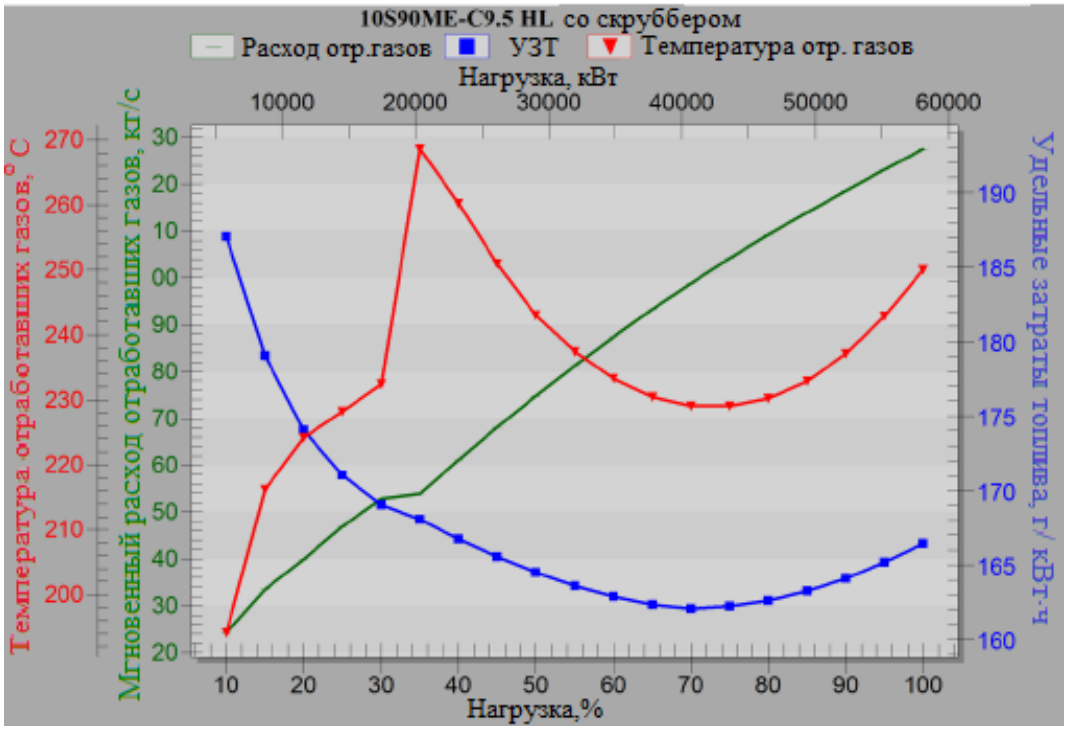


***Рис. 4**. Характеристики главного двигателя MAN 10S90ME-C9.5HL*

Таблица 3

Исходные данные для расчета по приведенной выше методике

Нагрузка ГД, %	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин.	Удельные затраты топлива, г/кВт·ч	Мгновенный расход газа, кг/с	Давление выхлопных газов перед выпускными клапанами, бар	Температура выхлопных газов, ºС
100	58100	84	166,5	127,5	4,05	250
90	52290	81,1	164,1	118,7	3,68	237
80	46480	78	162,6	109,2	3,36	230
75	43575	76,3	162,2	104,2	3,22	229
70	40670	74,6	162,1	98,8	3,02	229
60	34860	70,8	162,9	87,4	2,61	233
50	29050	66,7	164,5	74,8	2,21	243

Мощности, генерируемые СУТ ГД MAN B&W 10S90ME-9.2-TII, для значений мощности 75% и 100%, полученные с помощью разработанной методики представлены в табл.4.

Таблица 4

Мощность генерируемая СУТ для ГД MAN B&W 10S90ME-9.2-TII

Количество цилиндров ГД	Генерируемая мощность		ГТ	ПТ	Суммарная
	Nгд, %	кВт	кВт	кВт	кВт
10	100	58100	2185	3196	4939
	75	43575	1529	2301	3358

Выводы. Таким образом, суммируя изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Предлагаемая методика, позволяет определять количество генерируемой энергии на судне в режимах, отличающихся от данных приведенных в инструкциях по технической эксплуатации (ИТЭ) для всех типов ГД.

2. С помощью предложенной методики можно определять количество энергии, производимой отдельно каждым из типов турбогенераторов (паровых или газовых). При этом предпочтение тому или другому типу турбогенератора следует отдавать на основании технико-экономического сравнения.

3. Недостаток on-line CEAS Engine Calculation MAN B&W состоит в том, что в нем заложены не все типы ГД, и в случае необходимости информацию запрашивать у производителя.

4. Как следует из рис.5, графики генерируемой электроэнергии в функции мощности ГД имеют сложную зависимость. Кривая мощности, генерируемой энергии при помощи ПТ (3), полученная с помощью предлагаемой методики, находится несколько выше, чем кривая (1). Кривая мощности, генерируемой ГТ (5), полученная с помощью предлагаемой методики пересекает кривую (2). Как указывается в [11] работа ГД с нагрузкой менее 50% ассоциируется с большими допущениями (Loads below 50% are associated with larger tolerances). Кроме того в отечественной нормативно-технической документации рекомендуется эксплуатировать ГД в режимах близких к номинальному, т.е. ≈90% [10]. Поэтому при работе ГД в диапазоне 50%-90% от мощности ГД зависимость (3) можно аппроксимировать линейной зависимостью (кривая 4). При этом, наибольшее отклонение наблюдается только в точке при нагрузке ГД 75%, но как показывают расчеты они не превышают 4,25%. Для остальных точек они будут значительно меньше. Кривые (2) и (5) практически идентичны. Поэтому для определения мощностей, генерируемых с помощью ПТ и ГТ в режимах отличных от номинального, достаточно будет по данным ИТЭ взять данные для режимов нагрузки 75% и 100% от мощности ГД и провести через них прямую до режима нагрузки 50%. Полученные данные сравнивались с данными для ГД MAN B&W 10S90ME-9.2-TII, приведенными в [11].

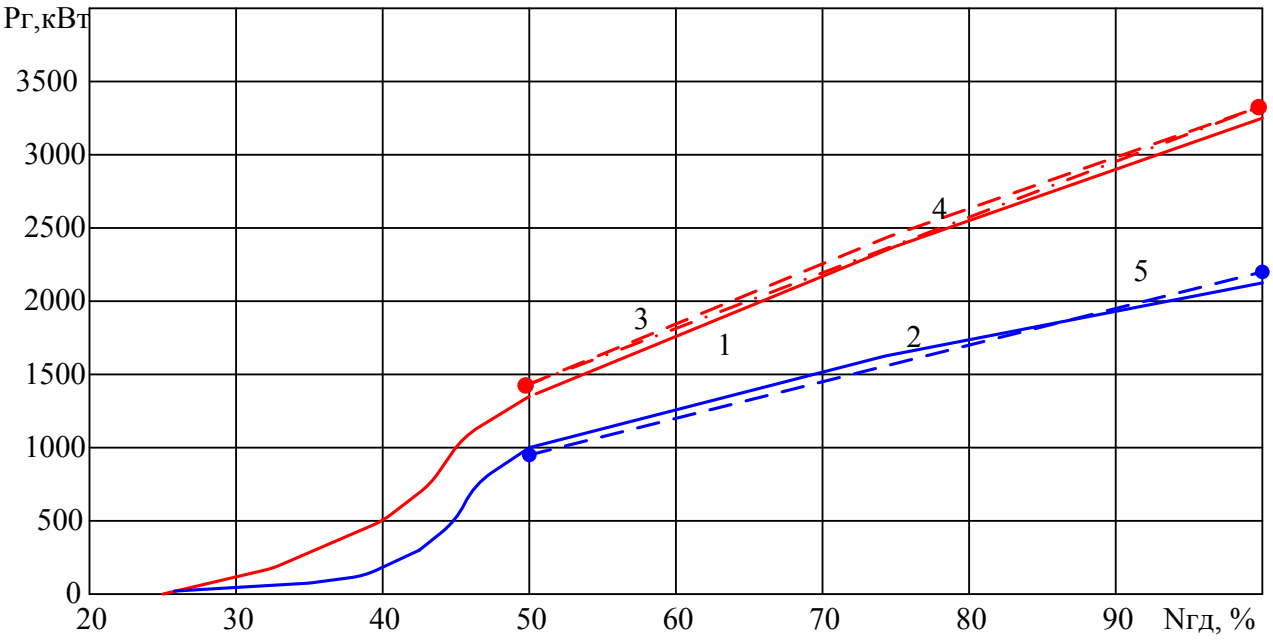


Рис. 5. *Генерируемая на судне энергия: 1 - ПТ в соответствии с [11]; 2 - ГТ в соответствии с [11]; 3 - ПТ в соответствии с (11); 4 – аппроксимирующая прямая; 5 - ГТ в соответствии с (8)*

6. Информация, приведенная в ИТЭ, является достаточной не только для предварительной оценки генерирующих возможностей ГД (нагрузка 100%), но и для подтверждения соответствия главной энергетической установки требованиям конвенции MARPOL 73/78 в части повышения EEDI судна и сокращения выбросов ПГ (нагрузка 75%).

7. Мощность, генерируемая при нагрузке 90%-100% ГД может быть соизмерима с мощностью одного дизельного генератора (ДГ), для получения которой требуется расходовать топливо (при большем расходе топлива ДГ нежели у ГД), а мощность, генерируемая при нагрузке (50%) соизмерима с мощностью валогенератора, установленного в линию гребного вала (в некоторой степени снижает КПД пропульсивной установки).

Литература

1. МАРПОЛ. Книга III, пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», Издание ЗАО «ЦНИИМФ», 2012.
2. Control of greenhouse gas emissions from ships engaged in international trade/Fifhteenth conference of the parties Cop 15 7 to 18 December 2009/ Copenhagen, Denmark// https://unfccc.int/sites/default/files/imo_awg-lca_8_ submission.pdf. Дата обращения 29.01.20.
3. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 - Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. Printed and published by the International Maritime Organization, London, January 2016/ http://www.imo.org/en/ OurWork/ Environment/ PollutionPrevention /AirPollution/ Pages/IMO-Train-the-Trainer-Course.aspx. Дата обращения 29.01.20
4. Annex 8 Resolution MEPC.212(63) Adopted on 2 March 2012 / 2012 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships/ http:-//www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ IndexofIMOResolutions/ Marine-Environment-Protection-Committee-%28MEPC%29/Documents/ MEPC. 212% 2863%29.pdf Дата обращения 29.01.20.
5. 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships, as amended (resolution mepc.245(66), as amended by resolutions MEPC.263(68) and MEPC.281(70)) /MEPC.1/Circ.866 30 January 2017/ http://www.imo.-org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/ AirPollution/Documents/MEPC%201-CIRC%20866%20%28E%29.pdf. Дата обращения 29.01.20
6. Waste Heat Recovery System (WHRS) for Reduction of Fuel Consumption, Emissions and EEDI/ https://turbomachinery.mandieselturbo.com/ docs/ librariesprovider4/Turbomachinery_-doc/waste-heat-recovery-system(whrs).pdf. Дата обращения 30.01.20.
7. Шелудченко, В.І. Технічна термодинаміка: Навчальний посібник/ В.І. Шелудченко, В.В. Кравцов, О.Г. Волкова, – Севастополь: Вебер, -2002. - 326с.
8. Pounder's Marine Diesel Engines and gas Turbines. Eighthedition. Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP 200 Wheller Road, Burlington, VF 01803./ Текст в формате pdf. https://www.academia.edu/35393741/ Pounders_Marine_-Diesel_Engines_and_ Gas_ Turbines_Eighth_edition_i. Дата обращения 30.01.20.
9. https://marine.man-es.com/ applications/ projectguides/ 2stroke/content/ printed/ S90ME-C9_2.pdf. Дата обращения 29.01.20
10. Технико-экономические характеристики судов морского флота. РД 31.03.011-90 – М.: В/О «Мортехинформреклама», -1992. -232 с. http://gostrf.com/normadata/ 1/4293827/-4293827275.pdf. Дата обращения 30.01.20.
11. https://marine.man-es.com/two-stroke/ceas. Дата обращения 30.01.20.

Məqalə qəbul olunub: 17.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

УДК 629.5.061.17+621.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДРУЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Рак А.Н., Яковлев В.М.

Донецкий национальный технический университет
Украина, г. Донецк, ул. Артема, 58
E-mail: lion15ua@rambler.ru

Аннотация. *В статье показана актуальность использования подруливающих устройств на крупных судах морского флота. Проанализированы различные типы подруливающих устройств. Разработана упрощенная методика по расчету подруливающих устройств с электрогидравлическим приводом и представлена схема такого устройства. Приведены рекомендации по его эксплуатации.*

Abstract. *The article shows the relevance of using thrusters on large ships of the marine vessels. Various types of thrusters are analyzed. A simplified methodology has been developed for calculating thrusters with electro-hydraulic drive and a diagram of such a device is presented. Recommendations on its operation are given.*

Xülasə. *Məqalədə dəniz donanmasının böyük gəmilərində köməkçi sükan qurğularının istifadəsinin aktuallığı göstərilir. Müxtəlif növ köməkçi sükan qurğuları təhlil olunur. Elektrik hidravlik intiqallı köməkçi sükan qurğularının hesabatı üçün sadələşdirilmiş bir metodika hazırlanmış, cihazın diaqramı təqdim olunmuş və fəaliyyəti barədə tövsiyələr verilmişdir.*

Ключевые слова: *подруливающее устройство, электрический привод, гидравлический привод, упор, гидравлический мотор, гидравлический насос, бак, обратный клапан, распределитель, охладитель*

Key words: *bow thruster, electric drive, hydraulic drive, thrust, hydraulic motor, hydraulic pump, tank, check valve, distributor, cooling*

Açar sözlər*: köməkçi sükan qurğusu elektrik intiqalı, hidravlik intiqal, dayaq, hidravlik mühərrik, hidravlik nasos, çən, əks klapan, paylayıcı, soyuducu*

Введение. В настоящее время для повышения управляемости судном на малых ходах и динамического позиционирования широко применяются подруливающие устройства (ПУ). Они повышают маневренность при самостоятельном движении судна в акватории порта, в каналах, узкостях, возле буровых платформ и других морских объектов. ПУ применяются на морских и речных судах различного назначения и водоизмещения, включая транспортные суда и ледоколы, паромы, круизные, рыбопромысловые и научно-исследовательские суда, буровые платформы и добычные суда.

На многих судах одновременно могут применяться несколько ПУ, при этом они могут устанавливаться как в носовой, так и кормовой части судна. Количество ПУ на буровых платформах и судах добычи может достигать восьми и более единиц.

На ряде судов в качестве ПУ используются выдвижные винторулевые колонки (ВРК). В качестве приводного механизма в соответствии с [1-4] обычно применяется привод: электрический, дизельный или гидравлический. Последние два типа ПУ встречаются реже.

Цель данной работы - разработать упрощенную методику по определению параметров ПУ с гидравлическим приводом.

Основная часть.

Номинальная мощность электропривода ПУ в соответствии с [5] для различных типов судов определяется:

для наливных судов

$$P_{ПУ} = 43 \cdot D^{0,7}, \text{кВт} \quad (1)$$

для железнодорожных паромов

$$P_{ПУ} = 163 \cdot D^{0,5}, \text{ кВт} \quad (2)$$

для остальных типов судов

$$P_{ПУ} = 40 \cdot D^{0,9}, \text{ кВт} \quad (3)$$

где D – дедвейт судна, тыс.т.

В соответствии с исследованиями, приведенными в [6] конкретно для контейнеровозов рекомендуется применять соотношение:

$$P_{\text{ПУ}} = 78,2 \cdot B - 1068, \text{ кВт} \quad (4)$$

где B – ширина судна по мидель-шпангоуту, м.

Диаметр винта в соответствии с [6] определяется:

$$D_B = 0,05 \cdot B + 0,464, \text{ м} \quad (5)$$

Например, рассмотрим контейнеровоз «Mathilde Maersk» IMO № 9359052 вместимостью 16000 контейнеров.

Основные габаритные размеры судна приведены в [7] и табл.1.

Таблица 1

Основные габаритные размеры судна

Длина, м	Длина между перпендикулярами, м	Ширина, м	Полная осадка, м
366,89	351,08	42,8	15

Технические характеристики ПУ с электрическим приводом приведены в табл.2.

Таблица 2

Технические характеристики подруливающего устройства

Производитель	Тип	Диаметр винта, мм	Мощность приводного двигателя, кВт	Частота вращения двигателя, об/мин.	Частота вращения винта, об/мин.
Rolls-Royce/Kamewa	TT 2650 AUX CP*	2650	2200	892	204

* – винт регулирумого шага

Таблица 3

Технические характеристики приводного двигателя

Тип	$U_н$, В	$I_н$, А	$I_п$, А	$I_о$, А	cosφ	η, %	$\lambda_п$	λ_{max}
ABB AMB 560L8A VAMH	6600	241	1277,3	59	0,89	0,92	1,8	2,0

Указанный тип асинхронного двигателя (АД) имеет класс изоляции F с допустимым превышением температуры изоляции в соответствии с классом B. Характеристика классов изоляционных материалов, применяемых в электромашиностроении, приведены в [8]. На рис.1 приведены допустимые температуры нагрева различных классов изоляционных мате-

риалов. Применение указанного выше класса изоляции позволяет, таким образом, фирмам-производителям и ABB, в частности, увеличить запас по температуре и, соответственно, ресурс его изоляции.

Работа АД в соответствии с п. 16.2.10 [9] с точки зрения его нагрева и охлаждения (рис.2), который в соответствии с [10] классифицируется как кратковременный режим (S2). Для АД, имеющих высокую кратность перегрузок при пуске (5-7)$I_{ном}$, необходимо выполнять проверку на адиабатический нагрев обмоток двигателя. При этом, в соответствии с [10], значение постоянного тока при измерении сопротивления обмоток методами вольтметра и амперметра или двойного моста должно быть таким, чтобы адиабатное повышение температуры измеряемой обмотки за время измерения не превышало 1К. Скорость адиабатного повышения температуры медной обмотки $\Delta\theta/\Delta t$, К/с, следует определять по формуле:

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{J^2}{200}, \tag{6}$$

где J – плотность тока в обмотке при измерении, А/мм^2.

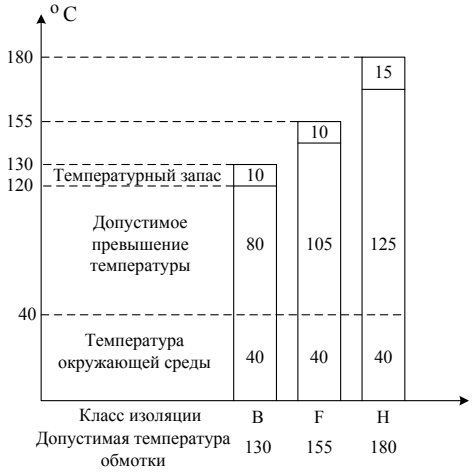


Рис.1. *Допустимые температуры нагрева классов изоляционных материалов*

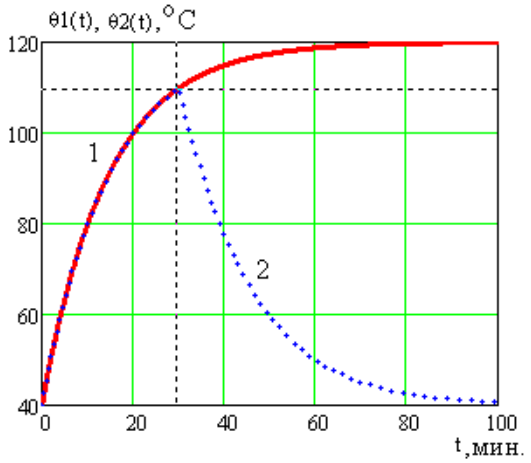


Рис.2. *Кривые нагрева АД в режиме S1 (1); нагрева и охлаждения АД при работе в режиме S2 (2)*

Величина плотности тока в обмотках электрических машин в паспортных данных электродвигателей, к сожалению, не указывается. Значение плотности тока зависит от величины среднего значения произведения (*AJ*) и электромагнитных нагрузок *(A)*, которые можно принять по данным [8]. Для нашего случая данная величина составит 0,091К/с, что находится в пределах нормы.

Постоянная времени нагрева АД при работе с номинальным током определяется в соответствии с формулой:

$$T_H = \frac{200 \cdot \Delta\theta}{J^2}, \tag{7}$$

где $\Delta\theta$ – допустимое превышение температуры для данного класса изоляции, °С. Для нашего случая $\Delta\theta$=80 °С. Вопросы расчета и выбора ПУ с электрическим приводом нами были детально изложены в [11].

Для того, чтобы избежать перегрева АД, нами предлагается вариант ПУ с гидравлическим приводом. Также избежать данного недостатка позволяет и дизельный привод ПУ. Но

поскольку ПУ применяется периодически, то возить и обслуживать еще один дизель является нецелесообразным.

ПУ с *гидравлическим* приводом, как это указывается в зарубежных источниках по морскому делу [1-4], более правильно будет называть *электрогидравлическим* (ЭГП) приводом, поскольку основные устройства системы приводятся в действие с помощью электрических двигателей.

Напор, создаваемый горизонтальным осевым насосом, затрачивается на преодоление его потерь при движении жидкости в трубе ПУ и ориентировочно может быть определен в соответствии с зависимостью:

$$H_H = \sum \xi_M \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \xi_{TP} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \tag{8}$$

где $\xi_M = \xi_{BX} + \xi_{\text{ВЫХ}} + \xi_{РЕШ}$ - соответственно, ориентировочные значения коэффициентов: входа в трубу $\xi_{BX} \approx 0{,}5$; выхода из трубы $\xi_{ВЫХ} \approx 1$; коэффициента сопротивления защитных решеток $\xi_{РЕШ} = 0{,}8$, которое принято в соответствии с рекомендациями [12];

v – средняя скорость потока жидкости, м/с. Для швартового режима в соответствии с [13] принимаем v=5м/с;

l – длина трубы ПУ, м;

d – диаметр трубы ПУ, м. Принимаются в соответствии с рекомендациями [14];

$\xi_{TP} = \frac{l}{d} \cdot \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \approx 0{,}056$ - ориентировочное значение коэффициента трения трубы ПУ;

Re – число Рейнольдса, ориентировочное значение которого для диаметра винта $D_в$=2650мм и принятого значения скорости потока жидкости в трубе ПУ, составляет $(1{,}25\ldots1{,}4)\cdot 10^5$.

Ориентировочное значение осевого усилия, действующего на колесо насоса ПУ и воспринимаемого корпусом судна (упор) определяется в соответствии с зависимостью, приведенной в [15]:

$$T = \frac{S_{\text{КОЛ}} \cdot \rho \cdot g \cdot H_{\text{н}}}{\eta_{\text{Г}}}, \text{ Н} \tag{9}$$

где $S_{\text{КОЛ}}$ – площадь, ометаемая лопатками колеса, м^2;

$\eta_Г$ - среднее значение гидравлического КПД насоса. В расчетах можно принять $\eta_Г$=0,9;

ρ - плотность жидкости. Для морской воды $\rho = 1025$ кг/м^3.

Расход жидкости по трубе ПУ для полученного диаметра колеса $D_{\text{В}}$ составит:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_B^2}{4} \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}. \tag{10}$$

Мощность на валу насоса:

$$N_B = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_H}{\eta_H} \text{ кВт}, \tag{11}$$

где η_H - принятое значение КПД насоса;

Поскольку напорная характеристика отсутствует, его КПД может изменяться в пределах от 0,2 до 0,8. В последнем случае мощность на валу составит $\approx$850кВт.

В соответствии с полученными данными выбираем гидромотор (ГМ) с параметрами, приведенными в табл. 4.

Таблица 4

Параметры гидромотора

Тип гидромотора	q, см^3/об.	$M_{уд}$, Н·м/бар	$M_{ГМ}$, Н·м	$n_{ном}$, об/мин.	n_{max}, об/мин.	$P_{дmax}$, бар
CA 140120 Hägglunds	7543	120	42000	180	245	350

$$N_{ГМ} = M_{ГМ} \cdot \omega, \text{кВт}. \quad (12)$$

Из характеристик ПУ для модели рабочего колеса FP-2500 с диаметром $D_к$=2650мм при максимальной частоте вращения n=220мин$^{-1}$ необходим двигатель мощностью 2100кВт. Такая мощность быть получена применением двух ГМ CA140120 фирмы Hägglunds, мощность которых ≈ 1000 кВт при указанной частоте вращения вала. ГМ могут быть установлены в трубе ПУ, либо при наличии механической передачи над ПУ.

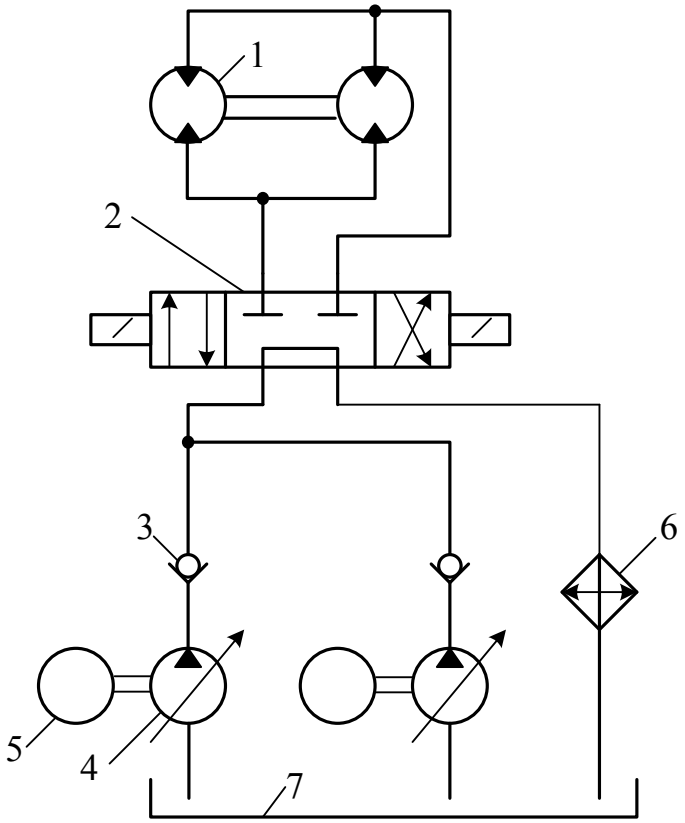


Рис.3. *Система управления электрогидравлическим приводом подруливающего устройства: 1 – гидромотор; 2 – распределитель; 3 – обратный клапан; 4 – регулируемый гидронасос; 5 – приводной электродвигатель; 6 – теплообменный аппарат; 7 – гидравлический бак*

Параметры рабочего режима ПУ можно получить наложением механической характеристики винта (11) на механическую характеристику ГМ (рис.4).

$$M = k_M \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D_B^5, \quad (11)$$

где $k_М$ – коэффициента момента винта (принимается по паспортным данным винта); n – частота вращения винта, мин$^{-1}$.

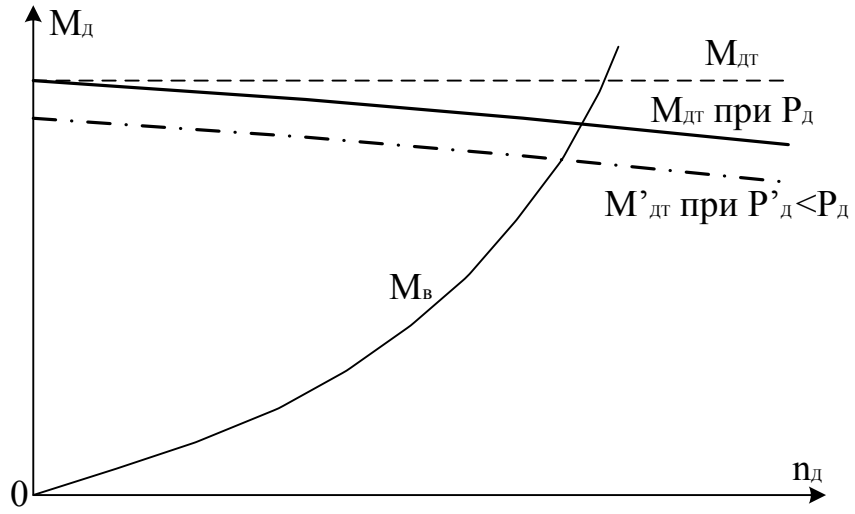


***Рис. 4**. Нагрузочная характеристика винта $M_в=f(n_д)$ и механические характеристики гидромотора $M_д=f(n_д)$ при разных давлениях $P_д$*

Выводы.

1. Решать проблему запуска электродвигателя ПУ (обеспечение минимальной нагрузки на двигатель), можно используя для привода рабочего колеса (винта) ПУ объемный гидропривод с регулируемым насосом и нерегулируемым реверсивным (ГМ). Запуск электродвигателя производится при минимальном рабочем объеме насоса. После запуска двигателя необходимо увеличивать рабочий объем (подачу насоса) и, соответственно, частоту вращения рабочего колеса осевого насоса. Поскольку регулирование рабочего режима насоса производится изменением частоты вращения его вала, может быть применено и колесо с постоянным углом установки лопаток (лопастей).

2. Реверс рабочего колеса может быть осуществлен за более короткое время благодаря использованию ГМ объемного принципа.

Литература

1. Hydraulic Transverse Tunnel Thrusters [Электронный ресурс] - URL:http/ www. thrustmaster-texas. com (дата обращения: 12.03.2020).
2. Dutch Thruster Group BV [Электронный ресурс] – URL: http/ www.dutchthrustergroup.com (дата обращения: 12.03.2020).
3. Transverse thrusters indispensable for manoeuvring and dynamic positioning [Электронный ресурс] – URL:http/www.schottel.de (дата обращения: 12.03.2020).
4. Marine products and systems [Электронный ресурс] URL: https://www.kongsberg.-com/maritime/products/propulsors-and-propulsion-systems/ thrusters/azimuth-thrusters/ (дата обращения: 12.03.2020).
5. Технико-эксплуатационные требования по оптимальной комплектации электростанций морских транспортных судов РД 31.03.41-90: Центральный ордена трудового красного знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота. Ленинград, -1990.
6. Rory van Doorn. Bow Thruster Currents at Open Quay Constructions on Piles. MSc thesis /Delft University of Technology - Rotterdam, Netherlands, March, 2012 - 172p. [Электронный ресурс] - URL: http/ (дата обращения: 12.03.2020).

7. ’M’ class container ship. Operating manual lindø new building L. 216. m/s ”MATHILDE MAERSK”. [Electronic resours]./Odence Steel Shipyard Ltd., 2008. 561p.
8. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов/ И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др.; Под ред. И.П. Копылова. -М.: Энергия, -1980. -496с.
9. КНД 31.2.002.07-96. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Электрооборудование. Нормативный документ морского транспорта Украины.
10. ГОСТ 183-74. Межгосударственный стандарт. Машины электрические вращающиеся. Общие технические условия. Москва. ИПК издательство стандартов.
11. Рак, А.Н. Расчет и выбор подруливающих устройств морских судов / А.Н. Рак, А.В. Корощенко, Г.А. Капанадзе// Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, -Baku: -2019. №2, - с. 94-101.
12. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Машиностроение, -1992. -672с.
13. ОСТ 5.2181-76. Устройства подруливающие с гребным винтом фиксированного и регулируемого шага. Методика гидродинамического расчета. Издание официальное. Москва. 43с.
14. Wärtsilä encyclopedia of ship technology. Second edition by Jan Babicz. Электронный ресурс./ Second edition 2015 by Wärtsilä corporation. Helsinki, 2015 – 659p. [Электронный ресурс] - URL: http/www. shippingencyclopedia.com (дата обращения: 12.03.2019).
15. Степанов, А.И. Центробежные и осевые насосы./А.И. Степанов. -М.: Машгиз, -1960. -462с.

Məqalə qəbul olunub: 12.03.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 62.83.52

YIRĞALANMANI KOMPENSASİYA EDƏN SİSTEMƏ MALİK OLAN GƏMİ YÜKQALDIRICI MEXANİZMLƏRİ

Sultanov E.F., Məmmədov E.M., Həsənov E.A.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail.com, hasanov.079@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə gəmi yükqaldırıcı mexanizmləri üçün yırğalanmanı kompensasiya edən müasir vasitələrə, onların xüsusiyyətlərinə, iş prinsiplərinə baxılmış və onların analizi aparılmışdır. Məqalədə həmçinin MacGregor, Ampelmann və Barge Master şirkətləri tərəfindən istehsal olunmuş yırğalanma kompensasiya edən qurğuya malik olan yükqaldırıcı mexanizmlər araşdırılmışdır.*

Аннотация. *В статье представлен обзор и анализ современных средств, обеспечивающих компенсацию качки для судовых грузоподъёмных механизмов, их особенности и принцип работы. В том числе рассмотрены грузоподъёмные устройства с системами компенсации качки, выпускаемые фирмами-производителями - MacGregor, Ampelmann, Barge Master.*

Abstract. *The article examines and analyzes modern means of compensating for oscillations for ship lifting mechanisms, their characteristics and working principles. The article also examines lifting mechanisms with a vibration compensation device manufactured by MacGregor, Ampelmann and Barge Master.*

Açar sözlər: *gəmi, yükqaldırıcı mexanizm, yırğalanma, kompensasiya, qurğu*
Ключевые слова: *судно, грузоподъёмный механизм, качка, компенсация, устройство*

Key words: *vessel, cargo lifting mechanism, sway, compensation, device*

Giriş. Nəqliyyat gəmilərində yükləmə və yükboşaltma işləri əsas etibarilə bucurqadlar və kranlar vasitəsilə yerinə yetirilir. Gəmi yükqaldırıcı mexanizmlərinin elektrik intiqalları, gəmi şəraitində istismar tələblərinə cavab verən xüsusiləşdirilmiş elektrik maşınlarından və aparatlarından istifadə etməklə hazırlanırlar. Bir çox gəmilərdə, yükqaldırıcı mexanizmlərdə elektrik mühərrikinin gücü elektrik stansiyasının bir generatorunun gücünə bərabər və ya ona yaxın olur. Yükqaldırıcı bucurqadların və kranların elektrik intiqallarına verilən tələblərin əsası yüksək məhsuldarlığın təmin edilməsidir.

Müasir gəmidə müxtəlif təyinatlı yükqaldırıcı qurğular mövcuddur. Bunlardan kranlar, maşın şöbəsinin telferləri, sərnişin, yük, kambuz liftləri və s. göstərmək olar.

Açıq dənizdə iqtisadi əhəmiyyətli yüklərin bir gəmidən digər gəmiyə ötürülməsi – mürəkkəb, təhlükəli və məsuliyyətli problemlərdən biri sayılır. Dənizdə hava şəraitinin gözlənilmədən dəyişməsi bu problemi daha da aktuallaşdırır. Hazırki istifadədə olan yükqaldırıcı kranlar və yük qurğuları vasitəsi ilə bu məsələnin reallaşdırılması, təhlükələrlə, xüsusi ilə də gəminin zədələnməsi və təhlükəli yükün ağır zərəri ilə bağlıdır. Bu problemin aktuallığı, gəmilər arasında, eləcədə platformalardan yük əməliyyatlarının təhlükəsiz aparılmasını təmin edən, xüsusi üsulların və vasitələrin hazırlanması zəruriyyətini formalaşdırır.

Əsas hissə. Tipik gəmi yükqaldırıcı kranı yükün şaquli və üfüqi müstəvilər üzrə hərəkət etdirilməsini təmin edə bilir. Yükün hərəkət etdirilməsi, yük bucurğadının, yük qolunun döndərilməsi və qolun çıxış (вылет) tənzimi kimi intiqallarının birgə işi ilə təmin edilir. Eyni vaxtı yuxarıda adları çəkilən mexanizmlər, kranın istismar şəraitini nəzərə alaraq, dinamiki xarakter daşıyan, daimi kənar qüvvələrin təsirinə məruz qalırlar.

Yaranma səbəblərinə, yükün hərəkətinə idarəedici təsirlərlə xarakterizə olunan və ətraf mühitin həyəcanlandırıcı təsir göstərən, dinamik qüvvələr mövcuddur. Bu qüvvələrin birbaşa təsir göstərdiyi sahə və zaman anı, təsadüfi xarakter daşıyır. Məsələn, yükün qaldırılması, aşağı endirilməsi, yerdəyişməsi və yellənməsi zamanı yaranan dinamiki yüklənmələr nəticə olaraq, yükün hərəkət vaxtı sürətlənməsi ilə izah olunur [1].

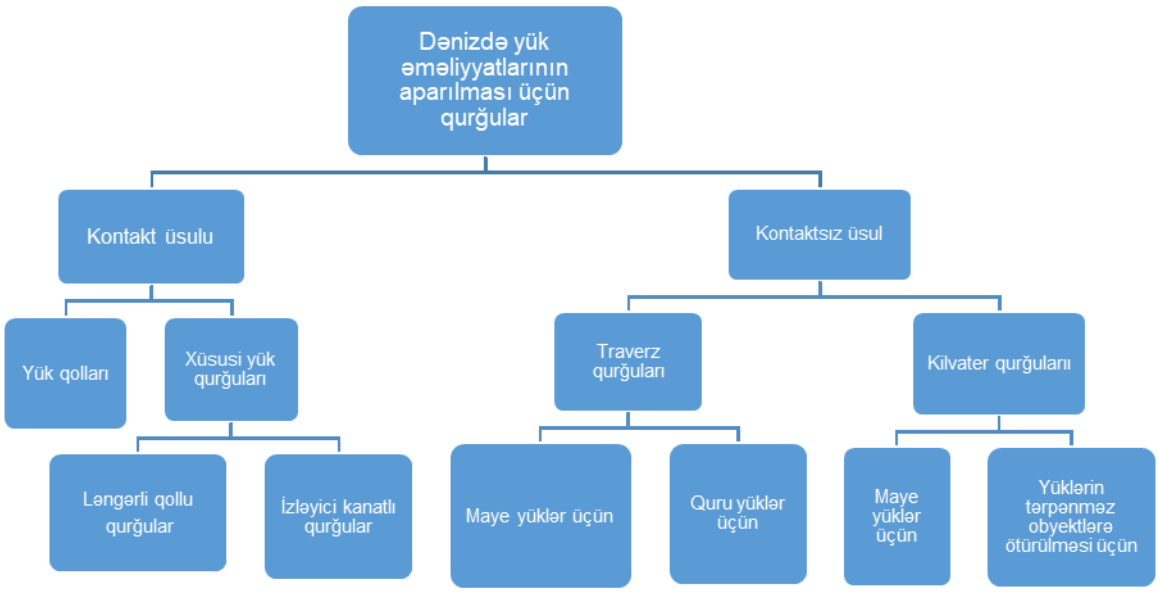
Ətraf mühitin yaratdığı həyəcanlandırıcı təsirlər, cari istismar şəraiti - gəminin yırğalanması və küləyin təsiri ilə təyin olunur. Bunlardan daha əhəmiyyət kəsb edən təsir, gəminin yırğalanması nəticəsində yaranan artıq yüklənmələrdir.

Yükü qəbul edən və yükü ötürən gəmilərdən hər biri 6 sərbəstlik dərəcəsinə malikdir: üç bucaq sərbəstlik dərəcəsi– x,y və z oxları ətrafında dönmə və üç xətti sərbəstlik dərəcəsi – şaquli, uzununa və eninə yırğalanma.

Yük ötürən gəminin yırğalanması zamanı, kranın qolunda bərkidilmiş yükün əhəmiyyətli dərəcədə yellənmələri, və bunun nəticəsində - yüksək dinamiki artıq yüklənmələr əmələ gəlir. Yük ötürən və qəbul edən gəmilərin yırğalanması zamanı bir birinə nəzərən hərəkət etmələri, yükün endirilmə nöqtəsinin nəzarət olunmayan yerdəyişməsi ilə nəticələnir, bu da öz növbəsində ötürülmənin təhlükəsiz aparılmasını sual altında qoyur. Aparılan araşdırmaların nəticəsi göstərir ki, yükün təkansız ötürülməsinin təmin olunması nöqteyi nəzərdən daha təhlükəli olan, gəmilərin şaquli yırğalanmasıdır. Hətta zəif dalğalanma zamanı o, bir neçə metrə çata bilir.

Beləliklə, göstərilən istismar şəraitində, gəmilər və platformalar arasında yük əməliyyatları aparan, gəmi kranlarına, idarə və həyəcanlandırıcı təsir xüsusiyyəti daşıyan, dinamiki yüklənmələr təsir göstərir. Bu cür artıqyüklənmələrin azaldılması və dəniz şəraitində bir gəmidən digər gəmiyə yüklərin ötürülməsi təhlükəsizliyinin artırılması məqsədi ilə, şəkil 1-də təsnifatlandırılması göstərilən, müxtəlif qurğular tətbiq edilir.

Hal-hazırda açıq dəniz şəraitində gəmilər arasında yükötürmə üsullarından daha çox tətbiq edilən - yüklərin kontakt üsulu ilə ötürülməsidir. Bu üsulun reallaşdırılması üçün müxtəlif yük qolları, izləyici sistemlər, sabitləşdirici yük qolları və başqa qurğular istifadə edilirlər [2].



***Şəkil 1**. Açıq dənizdə yük əməliyyatlarında istifadə olunan qurğuların təsnifatlandırılması*

Qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən qurğuların kifayət qədər çatışmazlıqları var: yük əməliyyatlarında yükün hazırlanması və yüklənmələrə sərf olunan vaxt; müxtəlif izləyici ötürmə qurğuları və trosların mövcudluğundan irəli gələn, konstruksiyanın mürəkkəbliyi və böyük kütlə-qabarit ölçülərinə malik olması; yükün aşağı dəqiqliklə pozisiyalanması; yalnız gəmi göyərtəsinin şaquli yerdəyişməsindən əmələ gələn həyacanlandırıcı təsirlər nəticəsində, yükün hərəkətinin dəyişməsinin kompensasiyası.

Bəzi ölkələrin, misal olaraq Rusiyanın gəmiqayırma sənayesinin istehsalının əsas hissəsi 80-ci illərdə hazırlanmış texniki sənədlər üzrə istehsal olunub. Bu hal, onun əsas olaraq rəqabət bacarıqlığının aşağı səviyyədə olmasını təyin edir. Xüsusi olaraq, həssas dərəcədə dinamiki yüklənmələr şəraitində, gəmilər arasında yük əməliyyatlarının aparılmasını təmin edən, avtomatlaşdırılmış gəmi kranları təqdim edilməyib. Yaranmış zəruriyyətin təmin olunmamasını nəzərə alaraq, tələbatı olan dəniz ölkələrinin bazarına xarici ölkələrin istehsalı olan uyğun avadanlıqlar gətirilir [1, 2].

Açıq dənizdə yüklərin ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuş sistemlərin hazırlanması və istehsalı ilə məşğul olan əsas iri şirkətlər MacGregor, Ampelmann, Barge Master şirkətləridir. Yuxarıda göstərilən şirkətlərin istehsalı olan sistemlərdə, yırğalanmanın kompensasiyasının təmin olunmasının əsasında, yükötürən gəminin şaquli hərəkətetməsi nəticəsində, yükün, kran özülünün hərəkətinə uyğun və sürətinə əks hərəkət etməsi qoyulub. Qeyd etmək lazımdır ki, göstərilən şirkətlərin təqdim etdiyi sitemlərin konstruktiv göstəricilərində və iş prinsiplərində bəzi fərqli məqamlar mövcuddur [3].

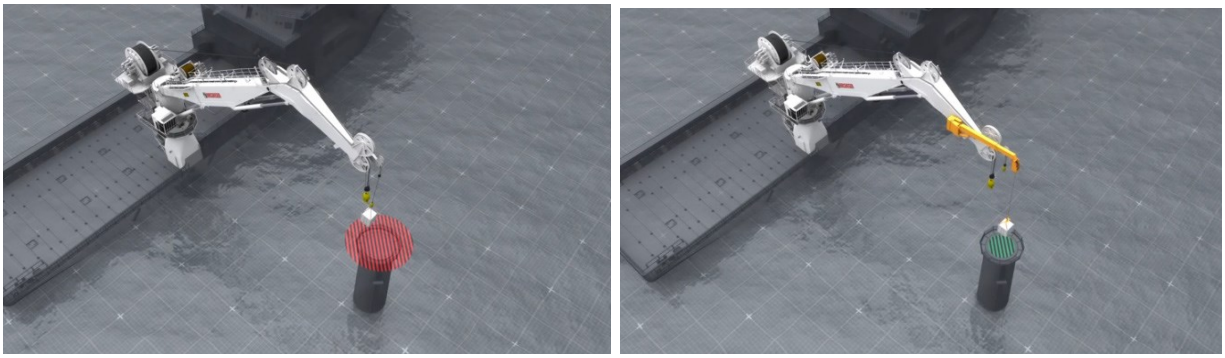
MacGregor şirkəti. Şırkət MacGregor birgə müəssisəsinin tərkibinə daxildir və dəniz sahəsində müxtəlif sistemlərin, həmçinin yükqaldırma sistemlərinin istehsalı üzrə ixtisaslaşmışdır. MacGregor yük və yükqaldırma həlli sahəsində dünya üzrə tanınmış liderdir, və buna görə də hazırki dünya bazarında lider mövqelərini tutur. Şirkət tərəfindən tamfunksiyalı kranlarla birgə, eyni zamanda, hazırki kranlarda quraşdırılan, üç sərbəstlik dərəcəsi üzrə kompensasiyanı təmin edən, əlavə yük qolları da istehsal edilir (şəkil 2b).

MacGregor şirkətinin istehsalı olan, açıq dənizdə gəmilər arasında yük əməliyyatları zamanı yırğalanma kompensasiyası sistemlərində, ikinci gəminin göyərtəsində yerləşdirilmiş dinamiki yerdəyişmə vericisi istifadə edilir (şəkil 3).

Dinamiki yerdəyişmə vericisi, yükü qəbul edən gəminin fəzada mütləq yerdəyişməsinin parametrlərini ölçür və naqilsiz şəbəkə vasitəsi ilə, yükötürən gəminin kranında quraşdırılmış, yükün hərəkətinin idarəedilməsi sisteminə ötürür. Hər iki gəminin yerdəyişmə göstəricilərini nəzərə alaraq, sistem, yük bucurqadının və kranın digər icraedici mexanizmlərinin idarəedilməsi üçün siqnallar hasil edir (şəkil 4).

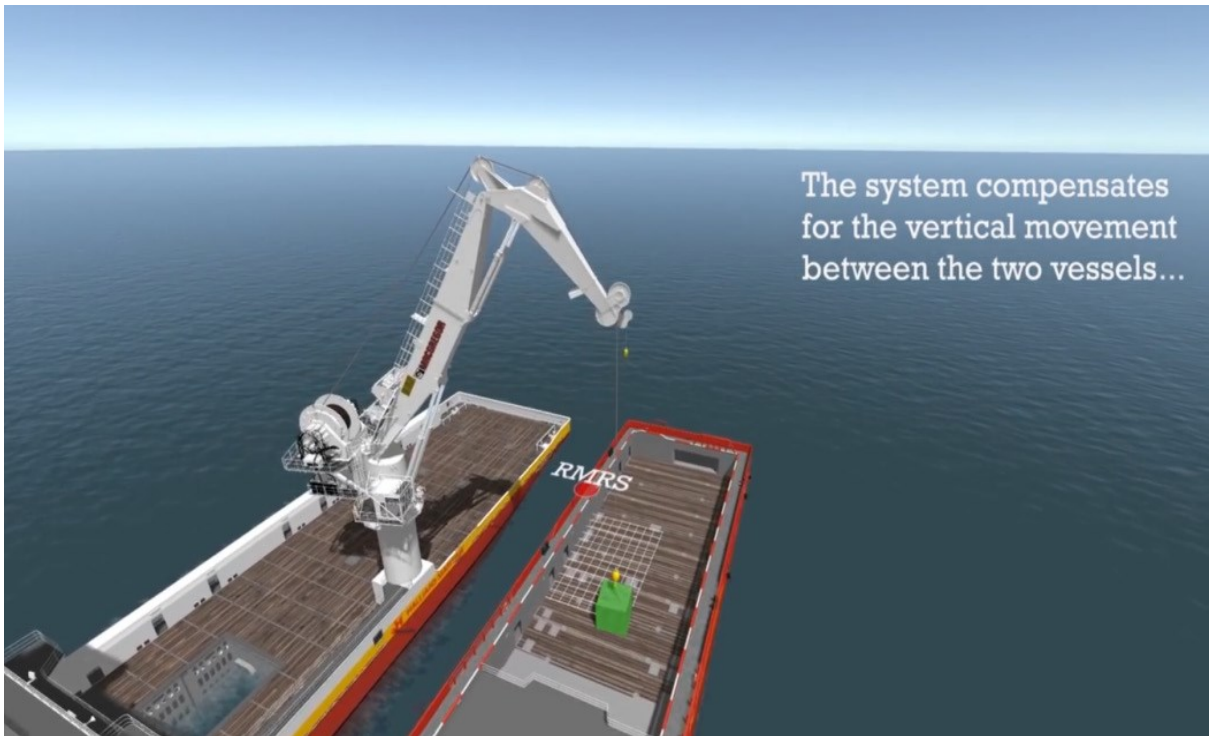
Bunlar aşağıdakılardır:

- Yükü qəbul edən gəmidə endirilmə nöqtəsinə nəzərən, yerdəyişməsini minimuma endirmək;
- Yükün bağlanması (birləşdirilməsi), qaldırılması, yerdəyişməsi və yükqəbuledən gəminin göyərtəsinə zərbəsiz endirilməsi zamanı dəqiqliyin təmin edilməsi;



a) *b)*

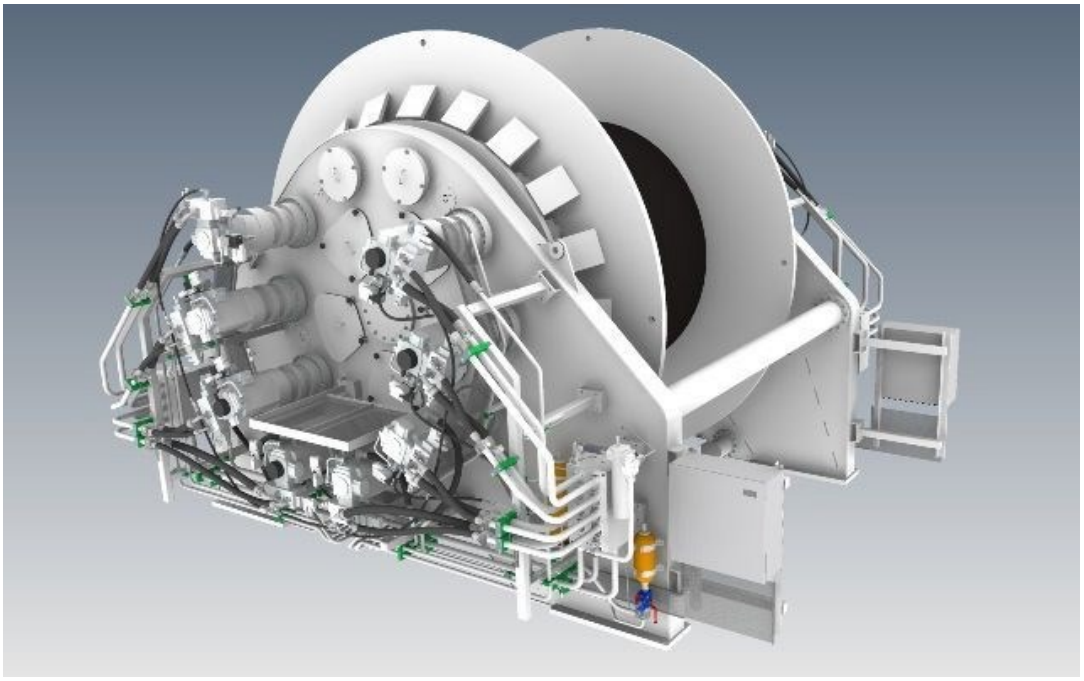
Şəkil 2. *MacGregor şirkətinin istehsal etdiyi gəmi kranı*



Şəkil 3. *Dənizdə yük əməliyyatları zamanı, dinamiki yerdəyişmə vericisi vasitəsi ilə yırğalanma kompensasiyalı MacGregor şirkətinin hazırladığı gəmi kranı*

Şaquli yırğalanmanın kompensasiyası, hidravlik və ya elektrik mühərriki ilə idarə olunan, bucurğadın barabanına yük trosunun sarıdılması (boşalması) yolu ilə həyata keçirilir.

MacGregor şirkətinin sabitləşdirmə sistemlərinin tətbiqi ilə, yük əməliyyatlarının məhsuldarlığı yüksək dərəcədə artıb, həmçinin yük əməliyyatlarının aparılma ərazisində işləyən heyət üçün yüksək təhlükəsizlik dərəcəsi təmin edilib.



***Şəkil 4**. MacGregor gəmi kranının yük bucurqadı*

Kranın bütün hərəkətləri dəqiq, çevik, səlist və avtomatik rejimdə yerinə yetirilir, bu da öz növbəsində yüklənmənin daha mürəkkəb mərhələlər zamanı operatorun iştirakının azaldılmasına imkan yaradır. Sistem həmçinin yük əməliyyatlarının verilən hava şəraitində və dənizin dalğalanma dərəcəsində təhlükəsiz aparılmasını mümkün edən yükün maksimal kütləsi və qabaritlərini təyin edir.

Ampelmann şirkəti. Ampelmann şirkəti əsasən, açıq dəniz şəraitində insanların və yüklərin təhlükəsiz ötürülməsi üçün nəzərdə tutulmuş yük qurğularının istehsalı üzrə ixtisaslaşmışdır. 2005-ci ildə şirkət tərəfindən sistemin patenti alınmışdır, bir ildən sonra isə ilk nümünənin yığılması və sınaqları uğurla aparılmışdır. 2008-ci ildə ilk seriya qurğusu (A-type) vasitəsi ilə, Şimal dənizində P-14A neft platformasına insanların təhlükəsiz düşürülməsi həyata keçirilmişdir. Göstərilən şirkətin qurğularının böyük əksəriyyətinin əsasında Stüart platforması qoyulmuşdur [4].

Bu, 6 sərbəstlik dərəcəli dayaqları olan, oktaedral yığılma quruluşunda, paralel manipulyasiya qurğusunun bir növüdür. 6 sərbəstlik dərəcəli paralel strukturlu dinamik stendlər və manipulyatorların idarəedilməsi zamanı, tapşırıq siqnallarının formalaşdırılması, eyni zamanda 6 koordinat üzrə (3 xətti və 3 fırlanma hərəkətetmə) həyata keçirilir. Platforma fəzada müxtəlif nöqtələrdə hərəkət edərək və eyni zamanda tərpənməz olan özülün koordinat sistemində yerdəyişməsi mümkündür. Mexanizmin idarəedilməsi, eyni zamanda teleskopik intiqalların (hidravlik silindrlər) uzunluğunun dəyişməsi və onların özülə nəzərən uyğun dönmə bucağının dəyişdirilməsi ilə həyata keçirilir [4, 5].

Ampelmann istehsalı olan qurğuların sırasına 10-dan yuxarı sistem daxildir, lakin onlardan təkcə insanların ötürülməsinə deyil, həmçinin yüklərin də ötürülməsi üçün nəzərdə tutulan A-type, E-1000, E-8000 (şəkil 5), Atlas tipli qurğulardır. Bu qurğuların xarakteristikaları:

- Platformanın sərbəstlik dərəcələri 6;
- Yükgötürmə qabiliyyəti – 400-65000 kq;
- Dalğanın buraxılabilən maksimal hündürlüyü 3-4,5 m.;

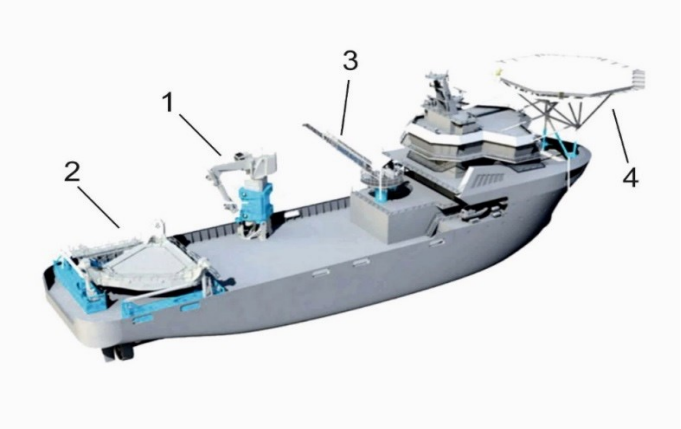
- Yük qolunun uzunluğu 25-30 m.;
- Yük qolunun çıxış məsafəsi 5,5-6,5 m.;
- Qurğunun kütləsi 38-105 t.;
- Gəminin minimal uzunluğu 55-90 m.;



***Şəkil 5**. Gəmidə quraşdırılan Ampelmann E-8000 platforması*

Ampelmann şirkətinin yük qurğuları gəminin yırğalanmasını 6 sərbəstlik dərəcələrində tam şəkildə kompensasiya edir, bu da öz növbəsində kranın yük qolunun sabit vəziyyətdə qalmağını təmin edir. Sistemlərin effektivliyi sübut edilib və onların, dünya miqyasında 100-dən artıq layihələrdə tətbiqi həyata keçirilib.

Barge Master şirkəti. Barge Master, gəmi yük qurğularına inteqrasiyalanmış, müxtəlif yırğalanma kompensasiya sistemlərini təqdim edir. Şirkət öz sistemlərini, Bosch Rexroth və Temporary Works Design (TWD) kimi tanınmış şirkətlərlə sıx əməkdaşlıqla, hazırlayır. Şirkət, BM-T40 tipli yükqaldırıcı kranı, BM-T700 yüksək təyinat spektrli platforma, BM-Gangway tipli trap və BM-MCH helikopter meydançası (şəkil 6) kimi zəruri texnoloji yükötürmə avadanlığının gəmilərdə quraşdırılmasında kompleks yanaşma nümayiş etdirir. Adları çəkilən avadanlıqların hər biri yırğalanmanın kompensasiya sistemlərinə malikdir.



***Şəkil 6.** Gəminin Barge Master sistemləri ilə komlpeks təchis edilməsi:*
1 – BM-T40 yükqaldırıcı kranı;
2 – BM-T700 yüksək təyinatlı platforma;
3 – BM-Gangway trapı;
4 – BM-MCH helikopter meydançası

BM-T40 tipli yükqaldırıcı kran (şək. 7) texniki təchizat gəmiləri üçün təyin edilib və mürəkkəb dəniz şəraitində yük əməliyyatlarının aparılmasını təmin edir.



Şəkil 7. *6 sərbəstlik dərəcəli BM-T40 yükqaldırıcı kran*

Kranın əsas texniki göstəriciləri:

- Sərbəstlik dərəcələrinin sayı 6;
- Qolun 10 m çıxış məsafəsində yükqötürmə qabiliyyəti – 15 t, 20 m çıxış məsafəsində isə - 5 t;
  Yükün qaldırılma hündürlüyü (göyərtə səviyyəsindən) – 35 m;
- Dalğanın buaxılabilən maksimal hündürlüyü – 3 m;
- Dalğanın dövr müddəti 4-18 san;
- Kranın qabarit ölçüləri: 4,8 m x 3,7 m x 8,3 m;
- Qurğunun kütləsi 35 t.

Həyəcanlandırıcı təsirlərin kompensasiya sistemi T40 yükqaldırıcı kranının özül tumbasında quraşdırılıb (şəkildə göy rənglə göstərilib). Sistem üç ədəd şaquli quraşdırılmış hidravlik silindrdən və, gəminin göyərtəsi və kranın özülü ilə kinematik birləşdirilmiş xətti yönləndirmə (istiqamətləndirici) mexanizmdən ibarətdir.

Bort və kil yırğalanması, kranın özülü və göyərtə arasındakı hərəkəti kompensasiya edən, iki ədəd şaquli quraşdırılmış hidravlik silindrləri ilə kompensasiya edilir. Silindrlər özülün xarici hissəsinə bərkidilərək, kranın şaquli dayanıqlığını təmin edirlər. Hırğalanma hərəkətləri, kranın özülündə yerləşən üçüncü hidravlik silindr ilə kompensasiya edilir [4, 5].

Nəticə. Aparılmış araşdırmalardan məlum olmuşdur ki, mövcud kran və digər təchizat gəmilərində istifadə edilən yükqaldırıcı sistemlər açıq dənizdə yük əməliyyatlarının təhlükəsiz aparılma tələblərinə cavab vermirlər və effektiv deyillər. Bunları nəzərə alaraq məqalədə dənizdə gəmilər arasında yük əməliyyatlarının effektiv həyata keçirilməsi üçün yırğalanmanın kompensasiya edən və yükün vəziyyətinin sabitləşdirmə sistemlərinə malik yükqaldırıcı qurğular tətbiq edilməsi təklif olunur.

Ədəbiyyat

1. Георгиев, А. А. Пути повышения качества грузообработки в открытом море путем оснащения судов кранами перспективных конструкций / А. А. Георгиев, И. Н. Васильев// Морской вестник, -2014. № 4(52). -с. 41–44.
2. Горшков, И. А. Передача грузов в море/ И. А. Горшков, Н. И. Махорин, -Л.: Судостроение, -1977. -256 с.
3. Бачище, А. В. Передача грузов в море/ А. В. Бачище, Н. И. Махорин, -Мурманск: Кн. изд-во, -1991. -103 с.
4. Бачище, А.В., Махорин, Н.И. Перспективы применения новых способов передачи грузов в море // Сборник докладов V-й научно-технической конференции по развитию флота рыбной промышленности и промышленного рыболовства социалистических стран, -Л.: МИНРЫБХОЗ СССР, -1978. –с. 11.
5. Александров, В. В. Стабилизация управляемой платформы при наличии ветровых возмущений / В. В. Александров, Б. Я. Локшин, Е. Л. Гомес [и др.]//Фундамент. и прикл. матем., -2005. Т. 11. Вып. 7, -с. 97–115.

Məqalə qəbul olunub: 03.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M. Qafarov

УДК 621.396

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Туринский А.В., Певцов Г.В., Крючков Д.Н., Рощупкин Е.С.

Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
E-mail: dnkriuckov@ukr.net, rezzz76@gmail.com

Аннотация. *В работе доказана необходимость прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов. Обоснована структура метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов и предложена схема, его реализующая. Определены перспективные направления дальнейших исследований.*

Abstract. *The need for predicting the technical condition of the radio engineering systems of moving objects is proved in the work. The structure of the method for forecasting and diagnosing the technical condition of the RTS of moving objects is justified and a scheme that implements it is proposed. Promising areas for further research are identified.*

Xülasə. *Məqalədə mobil obyektlərin radiotexnika sistemlərinin texniki vəziyyətinin proqnozlaşdırılmasına ehtiyac olduğu sübut edilmişdir. Mobil obyektlərin RTS-nin texniki vəziyyətini proqnozlaşdırmaq və diaqnoz qoymaq üçün metodun qoyuluşu əsaslandırılmış və onu həyata keçirən bir sxem təklif edilmişdir. Əlavə tədqiqatlar üçün perspektivli istiqamətlər müəyyən edilmişdir.*

Ключевые слова: *диагностические параметры и нормативы, методы контроля и диагностики, нормативные допуски, прогнозирование технического состояния, радиотехнические системы подвижных объектов, система управления техническим диагностированием и прогнозированием, тестовые и измерительные сигналы*

Key words: *diagnostic parameters and standards, control and diagnostic methods, regulatory tolerances, forecasting the technical condition, radio engineering systems of moving objects, a control system for technical diagnostics and forecasting, test and measurement signals*

Açar sözlər: *diaqnostik parametrlər və normativlər, nəzarət və diaqnostika metodları, normativ müsaidələr, texniki vəziyyətin proqnozlaşdırılması, hərəkət edən obyektlərin radiotexnika sistemləri, texniki diaqnostika və proqnozlaşdırmanı idarəetmə sistemi, sınaq və ölçmə siqnalları*

Введение. В настоящее время во многих сферах жизнедеятельности нашли широкое применение сложные радиотехнические системы (РТС). Они используются как в стационарных (пункты управления, узлы связи), так и в подвижных (космические корабли, речные и морские суда, самолеты и т.д.) объектах [1-3]. Здесь и далее под подвижными объектами будем подразумевать объекты, нормальное (штатное) функционирование которых связано с пребыванием на установленных маршрутах. Время нахождения на маршрутах существенно превышает время нахождения в пунктах обслуживания с целью проведения запланированных ротаций, погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания и т.д. Так как от правильного функционирования РТС зависит решение многих задач, выполняемых объектами, то вопросы проверки соответствия значений параметров РТС требованиям технической документации, определения для текущего момента времени одного из заданных видов технического состояния РТС (вопросы контроля технического состояния и технического диагностирования РТС) важны при эксплуатации объектов [3-6].

Для контроля и диагностики РТС применяются методы, которые условно можно разделить на две основные группы – тестовые и функциональные. Под тестовыми методами будем понимать методы анализа реакций контролируемой системы при воздействии на нее специальных тестовых сигналов в моменты времени, когда она, как правило, не работает по своему прямому назначению. Под функциональными методами проверки технического состояния системы будем понимать методы контроля и диагностирования системы в процессе ее работы. Функциональные методы могут быть реализованы аппаратными и программными средствами. Реализация функциональных методов аппаратными средствами подразумевает проведение проверок при помощи аппаратуры контроля, представляющей собой избыточную аппаратуру, функционирующую одновременно с основной. Сигналы основной и контрольной (избыточной) аппаратуры сопоставляются по определенным законам, в результате чего принимается решение о правильности функционирования контролируемой части РТС. Программные средства функционального контроля основаны на установлении определенных соотношений между объектами РТС, участвующими в работе, и используются для повышения достоверности функционирования отдельных устройств и частей РТС в случае, когда эффективность аппаратных средств оказывается недостаточной [5-11].

Основными особенностями подвижных объектов с РТС является их относительно малый по сравнению со стационарными объектами полезный внутренний объем (что существенно ограничивает как количество и номенклатуру средств диагностики, так и реализацию функциональных методов диагностирования аппаратными средствами) и предполагаемое достаточно длительное время нахождения вне пунктов обслуживания. Это обуславливает повышенные требования как к имеющимся на объектах средствам диагностики и контроля технического состояния, так и к получаемым с их помощью результатам [1, 3-4, 12].

Для предотвращения возникновения во время движения объектов технических состояний РТС, при которых выполнение объектом требуемых задач не представляется возможным (снижения вынужденных отклонений объектов от намеченных маршрутов, предотвращения задержек в пунктах обслуживания), целесообразным является использование результатов диагностирования для прогнозирования технического состояния. Прогнозирование необходимо осуществлять на интервале времени, существенно превышающем время нахождения объектов между пунктами обслуживания. Развитие цифровых технологий и широкое применение

вычислительной техники дает возможность при проведении контроля и диагностирования РТС использовать методы, позволяющие не только произвести оценку их технического состояния, но и спрогнозировать как состояние исследуемых систем на заданный период времени, так и предполагаемый перечень работ, потребующихся для восстановления [13-15]. В этом случае прогнозирование состояния РТС может рассматриваться как одна из частных задач, решаемых при осуществлении контроля технического состояния (проведении технического диагностирования).

Постановка задачи. Анализ последних исследований и публикаций по тематике, посвященной контролю технического состояния (проведению технического диагностирования) радиотехнических систем [1-15] показал, что несмотря на раскрытие многих вопросов, касающихся оптимизации состава и размещения средств диагностирования, усовершенствования методик измерения параметров и проведения восстановительных ремонтных работ, автоматизации процессов технического обслуживания, отсутствуют практические рекомендации по решению частной задачи технического диагностирования – прогнозирование технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов на заданный период.

Целью работы является разработка структуры метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов на заданный период.

Анализ полученных результатов. Предположим, что оптимальным образом выбраны средства диагностирования и контроля РТС подвижных объектов [1-2], известны номенклатура параметров контроля РТС и значения их допустимых отклонений [3-4, 11], определены тестовые и измерительные сигналы для измерения параметров [7-9, 12]. Запоминание результатов измерений осуществляется посредством применения векторных анализаторов сигналов либо специализированых устройств на базе вычислительных машин [5-6, 13, 15].

По результатам анализа [1-15] существующие методы контроля технического состояния могут быть описаны следующей совокупностью взаимосвязанных модулей:

$$S_{kts}=(A,B,C,D,E,F), \tag{1}$$

где: A – модуль контролируемых (диагностируемых) параметров;

B – модуль средств диагностики и контроля;

C – модуль нормативных допусков параметров контроля;

D – модуль проверочных сигналов;

E – модуль определения вида технического состояния и диагностирования;

F – модуль управления контролем технического состояния.

Таким образом, обобщенная схема контроля технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов может быть представлена в виде, приведенном на рис. 1.

Упрощенно работа схемы может быть описана следующим образом. РТС объекта, состояние которого подвергается проверке, является объектом диагностирования (контроля). При контроле технического состояния производятся измерения и оценка определенных выходных и дополнительных (внутренних) параметров. При выявлении несоответствия параметров допустимым значениям определяются принятые к распознаванию конкретные состояния из известных технических состояний. В результате технического диагностирования определяются места и причины отказов с требуемой детализацией (объект диагностирования всегда является объектом контроля, поскольку техническое диагностирование является составной, но не обязательной частью контроля). Для определения технического состояния объекта контроля на предстоящий заданный интервал времени данная схема должна быть дополнена элементами, позволяющими целенаправленно выявлять потенциальные отказы и обеспечивать своевременное принятие решений (выдачу управляющих воздействий до возникновения фактического отказа). Таким образом, метод прогнозирования и диагностирования может быть описан следующим набором модулей:

$$S_{tdp}=(A,B,C,D,E,F,G,H), \quad (2)$$

где: G – модуль прогнозирования;
H – модуль взаимосвязи и управления.

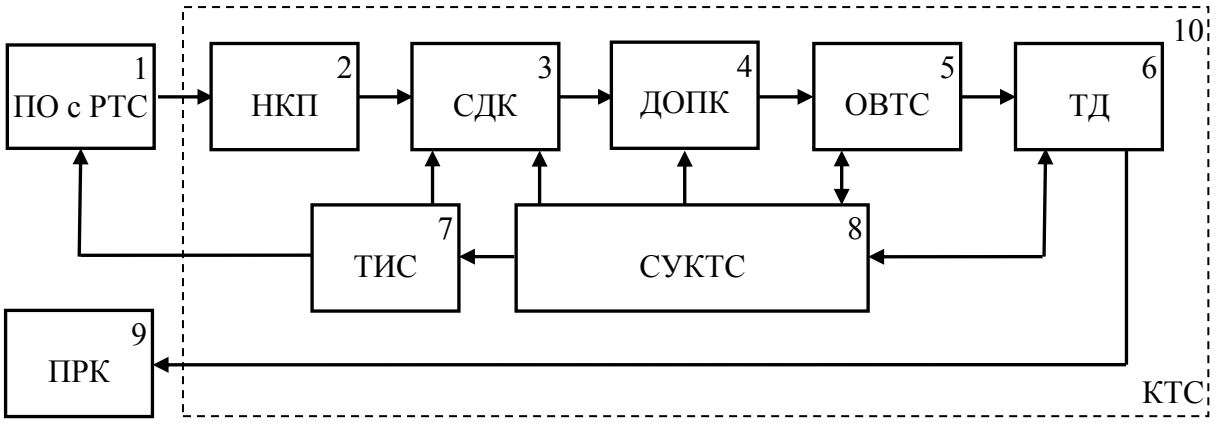


Рис. 1. *Схема контроля технического состояния.*

где: 1. ПО с РТС – подвижный объект с РТС (объект технического диагностирования);
2. НКП – номенклатура контролируемых (диагностических) параметров;
3. СДК – средства диагностирования и контроля;
4. ДОПК – допустимые отклонения параметров контроля (диагностических нормативов);
5. ОВТС – определение вида технического состояния;
6. ТД – техническое диагностирование;
7. ТИС – тестовые и измерительные сигналы;
8. СУКТС – система управления контролем технического состояния;
9. ПРК – потребитель результатов контроля (диагностирования);
10. КТС – контроль технического состояния.

Исходя из вышесказанного, обобщенная схема технического диагностирования и прогнозирования РТС подвижных объектов может быть представлена в виде, приведенном на рис. 2.

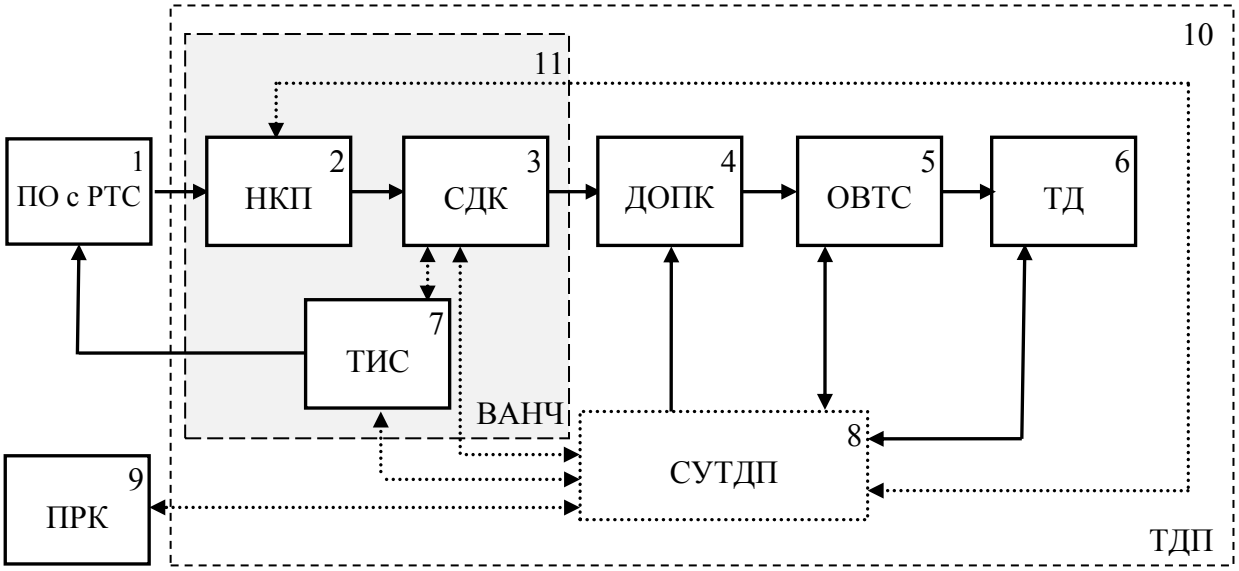


Рис. 2. *Схема технического диагностирования и прогнозирования.*

где: 8. СУТДП – система управления техническим диагностированием и прогнозированием;
10. ТДП – техническое диагностирование и прогнозирование;
11. ВАНЧ – выносная адаптивная неотъемлимая часть системы, отвечающей за прогнозирование.

Для наглядности основные отличия между схемой контроля технического состояния и схемой технического диагностирования и прогнозирования, изображенными на рис. 1 и рис. 2 соответственно, представленны пунктирными линиями. Введенные обратные связи обеспечивают оперативное изменение наборов контролируемых параметров, тестовых и измерительных сигналов, средств диагностирования и контроля. В совокупности указанные наборы при изменении их номенклатуры согласно прогнозируемому состоянию объекта составляют выносную адаптивную неотъемлимую часть (ВАНЧ) системы, отвечающей за прогнозирование. Система управления контролем технического состояния дополнена модулями, обеспечивающими выработку прогнозов для управления техническим состоянием, то есть фактически является системой управления техническим диагностированием и прогнозированием (СУТДП). СУТДП представляет собой сложную систему (комплекс средств, который функционирует согласно заданному целевому назначению и обеспечивает выработку прогнозов для управления техническим состоянием), имеющую разветвленную структуру. Ее отличительной особенностью является способность хранения, обработки и выдачи в режиме диалога с пользователем больших объемов информации, что подразумевает наличие как функциональной, отвечающей за выполнение конкретных поставленных задач, так и обеспечивающей (организационно, информационно, математически и т.д.) частей. Для удобства дальнейших исследований представим часть СУТДП, отвечающую за прогнозирование и диалог с пользователем, в виде взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет определенную функцию. Предлагаемая схема системы управления техническим диагностированием и прогнозированием приведена на рис. 3.

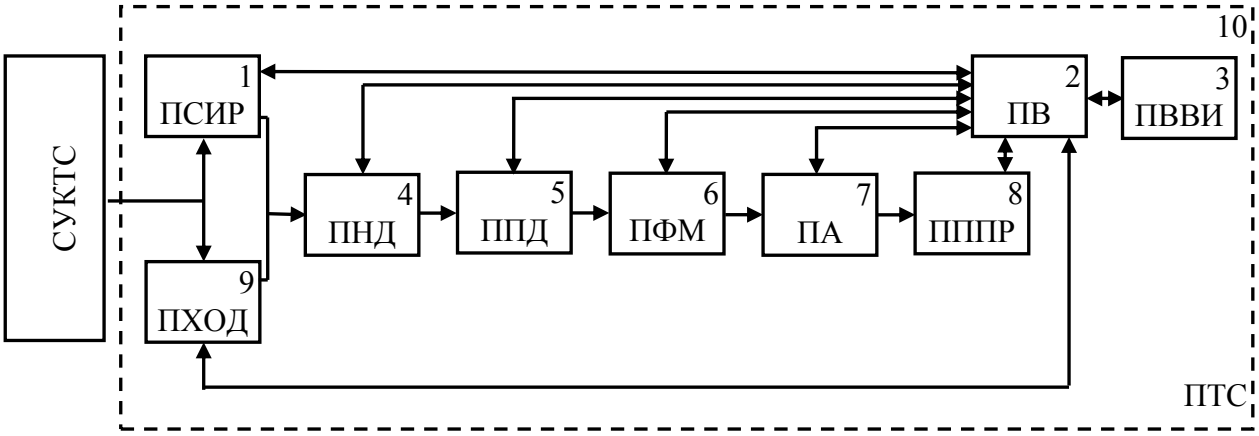


Рис. 3. *Схема системы управления техническим диагностированием и прогнозированием.*
где: 1. ПСИР – подсистема сбора измеренных результатов;
2. ПВ – подсистема взаимосвязей;
3. ПВВИ – подсистема ввода-вывода информации;
4. ПНД – подсистема накопления данных;
5. ППД – подсистема преобразования данных;
6. ПФМ – подсистема формирования моделей;
7. ПА – подсистема апроксимации;
8. ППРР – подсистема поддержки принятия решения;
9. ПХОД – подсистема хранения основных данных;
10. ПТС – прогнозирование технического состояния.

Система состоит из взаимосвязанных подсистем, которые выполняют следующие функции. Подсистема сбора измеренных результатов предназначена для ввода в систему результатов измерения параметров контроля. Подсистема взаимосвязей обеспечивает обмен информацией между элементами СУТДП с учетом накапливаемых сведений о надежности

объектов прогнозирования, статистических свойствах физических процессов и т.д. Подсистема ввода-вывода информации обеспечивает выдачу пользователям данных контроля и прогнозирования, ввода в систему обеспечивающей информации. Данные, как исходящие из системы, так и входящие в нее, хранятся в подсистеме накопления данных. Для преобразования данных к виду, необходимому для выполнения подсистемами СУТДП требуемых функций (изменения размерности и масштаба, выявления и устранения грубых ошибок регистрации прогнозируемых параметров и т.д.), используется подсистема преобразования данных. Процессы изменения прогнозируемых параметров моделируются при помощи подсистемы формирования моделей, которая выдает необходимые данные для экстраполяции процессов расхода параметрической избыточности в подсистеме апроксимации. Предлагаемые системой решения о необходимости и характере управляющих воздействий на процесс технического диагностирования и прогнозирования вырабатываются подсистемой поддержки принятия решения. Для обеспечения хранения експлуатационных характеристик, сведений об отказах элементов, времени наработки объектов, учета режимов работы и индивидуальных характеристик используется подсистема хранения основных данных.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка и совершенствование как методов оптимального управления номенклатурой выносной адаптивной неотъемлимой части (ВАНЧ) СУТДП, так и методов прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов. При этом прогнозирование должно осуществлятся на промежуток времени, существенно превышающий время нахождения объектов вне пунктов обслуживания, являющийся в общем случае квазиизвестным, но не стационарным.

Выводы. 1. В работе на основе результата анализа исследований и публикаций по тематике, посвященной контролю технического состояния радиотехнических систем, доказана необходимость прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов на предстоящий квазиизвестный нестационарный период времени.

2. По результатам исследований обоснована структура метода прогнозирования и диагностирования технического состояния РТС подвижных объектов и предложена схема, его реализующая. Обосновано, что неотъемлемой частью системы управления техническим диагностированием и прогнозированием являются адаптивные наборы контролируемых параметров, тестовых и измерительных сигналов, средств диагностирования и контроля.

3. Показано, что нестационарность требуемого периода прогнозирования обуславливает поиск адаптивных методов прогнозирования технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов.

Литература

1. Борисенко, М.В. Визначення оптимального переліку засобів вимірювальної техніки в складі контрольно-перевірочної апаратури зенітного ракетного озброєння / М.В. Борисенко, А.П. Волобуєв, Е.С. Рощупкин // Системи озброєння і військова техніка, -Х., -2011. № 2 (26), -с. 114-117.
2. Скорик, А.Б. Моргун, Є.В. Крючков, Д.М. Олійник, Ю.В. Системні аспекти об’єктно-орієнтованого проектування складних військово-технічних систем // XV міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, -10-11 квітня 2019, -2019, -с. 212.
3. Герасимов, С.В. Методика обґрунтування номенклатури параметрів контролю радіотехнічних систем і призначення їх допустимих відхилень / С.В. Герасимов, В.В. Грідіна // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 2, -с. 159-164. DOI: 10.30748/soi.2018.153.20.

4. Herasimov, S. Measures of efficiency of dimensional control under technical state designation of radio-technical facilities / S. Herasimov, Yu. Shapran, M. Stakhova // Системи обробки інформації, -2018. Вип. 1, -с. 148-154. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2018_1_23.
5. Гайбадулов, Б.В., Крючков, Д.М., Рощупкін, Є.С., Джус, В.В., Коробков, Ю.В. Тренажні імітаційні комплекси зенітного ракетного озброєння – досвід використання, проблемні питання та пропозиції щодо їх розв'язання // Міжнародна науково-практична конференція "Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи" Військова академія, -Одеса: -12-13 вересня 2019 року, тези доповіді, -2019, -с. 340
6. Джус, В.В., Антонов, Д.В., Крючков, Д.М., Шевченко, В.О. Програмний комплекс-тренажер обслуги зенітного ракетного комплексу середньої дальності з мережевим розгалуженням робочих місць // XV міжнародна наукова конференція Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: тези доповідей, -10-11 квітня 2019, -2019, -с. 198
7. Herasimov S., Pavlii V., Tymoshchuk O. *et al.* Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis. *J Electron Test* 35, 349–357 (2019). https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9
8. Герасимов, С.В. Синтез вимірювальних сигналів для визначення технічного стану систем автоматичного управління / С.В. Герасимов, С.В. Кукобко, Є.С. Рощупкін, О.О. Расстригін // Озброєння та військова техніка, №4 (12), -2016. -с. 32-36.
9. Герасимов, С.В. Синтез полігармонійного вимірювального сигналу з будь-якою кількістю точок перемикання / С.В. Герасимов, О.А. Дакі, М.Ю. Яковлев // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник, -Львів: Видавництво Львівської політехніки, -2018. Том 79. № 2, -с. 73-76.
10. Gerasimov, S., Mozhayev, A., Nakonechnyi, A., Podorozhniak, A. Method of synthesis of the automatic control system adjustment circuit parameters. Nauka i studia, Przemysl 12 (143): 61-67 (2015)
11. Герасимов, С.В. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами / С.В. Герасимов, Е.С. Рощупкин // Озброєння та військова техніка, - 2018. № 2, -с. 43-49. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ovt_2018_2_9.
12. Герасимов, С.В. Розробка та дослідження методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту / С.В. Герасимов, Ю.Є. Шапран, В.В. Кірвас // Системи озброєння і військова техніка, -2017. №4, -с. 5-10
13. Бєляєв, Д.М. Застосування векторних аналізаторів сигналів для забезпечення електромагнітної сумісності радіоапаратури / Д.М. Бєляєв, С.В. Герасимов, С.В. Кукобко, Е.С. Рощупкин // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ ЗС України, -2016. №3 (62), -с. 77-84.
14. Герасимов, С.В. Підвищення боєготовності зенітних ракетних військ шляхом оптимальної закупівлі комплектуючих виробів зенітних ракетних комплексів / С.В. Герасимов, Д.М. Ізосімов, Є.С. Рощупкін, В.В. Старцев // Системи озброєння і військова техніка, -2010. № 1, -с. 55-59. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2010_1_13.
15. Крючков, Д.М., Рощупкін, Є.С., Шулежко, В.В., Титаренко, Р.В. Шляхи підвищення можливостей засобів протиповітряної оборони при роботі з об'єктами, що рухаються по балістичній траєкторії // VIII Всеукраїнська науково-практичної конференція "Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів", -31 жовтня 2019 тези доповіді, -2019, -с. 104.

Məqalə qəbul olunub: 03.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

УДК 678.017: 620.17

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Алиева И.К., Алиев Х.М.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: iradealiyevakerim@gmail.com, xammed59@mail.ru

Аннотация. *Измерялось распределение по электрической долговечности τ_E полимерных композиций (ПК) полипропилен-полиэтилен низкой плотности (ПП-ПЭНП) в постоянном по знаку поле. Сравнивались результаты непрерывных опытов и опытов с прерыванием действия поля на образцах, оставшихся целыми после выдержки в течение времени, отвечающего среднему значению $\lg\tau_E$. В перерывах варьировались продолжительность перерыва, температура, напряжение поля противоположного знака, в зависимости от чего наблюдалась различная степень регенерации электропрочностных свойств композиции ПП–ПЭНП. Установлена способность накапливающихся зарядов к регенерации (вплоть до полной). Показано, что накапливающиеся изменения под действием электрического поля в кинетике электрического разрушения ПК являются обратимыми.*

Xülasə*. Müxtəlif molekulyar üstlü quruluşa malik polipropilen – aşağı sıxlıqlı polietilen kompozitlərin sabit elektrik sahəsində yaşama müddətinə τ_E (deşilmənin gözlənilmə zamanı) görə paylanması ölçülmüşdür. Elektrik sahəsinin fasiləli və fasiləsiz təsiri zamanı deşilməyən nümunələrin yaşama müddətləri müqayisə edilmişdir. Fasilə zamanı temperaturun və əks istiqamətli sahənin qiymətindən və təsir müddətindən asılı olaraq polimer kompozitlərin elektrik möhkəmlik xassələrinin müxtəlif dərəcədə regenerasiyası müşahidə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, polimer kompozitlərin elektrik dağılması zamanı yığılan yüklər tam regenerasiya olunma qabiliyyətinə malikdirlər və bu da elektrik dağılması kinetikasında yığılan dəyişiliklərin dönən proses olmasını göstərir.*

Abstract. *The distribution of electrical life of the polymer composites of low density polypropylene-polyethylene in a content sign field was measured. The results of continuous experiments and experiments with interruption of the field effect on samples remaining intact after exposure for a time corresponding to the average value of $\lg\tau_E$. During breaks, the break duration, temperature and field strength of the opposite sign were varied, depending on which a different degree of regeneration of the electric strength properties of the PP-LDPE composites were observed/ The ability of accumulating charges to regenerate (up to full) was established. It was indicated that the accumulated changes under the influence of an electric area in the kinetics of electric destruction of PC are reversible.*

Ключевые слова*: полимерные композиции, надмолекулярная структура, кинетика электрического разрушения, электрическая долговечность, накопительные процессы*

Açar sözlər: *polimer kompozitlər, molekulyar üst strukturu,, elektrik dağılma kinetikası, elektrik yaşama müddəti, yığılma prosesləri*

Key words. *Polymer composites, supramolecular structure, kinetics of electrical destruction, electrical durability, storage processes*

Введение. Создание композиционных материалов на основе кристаллизующихся полимеров находят широкое применение в различных высоковольтных устройствах в качестве изоляционных материалов. При этом пленки этих материалов испытывают воздействие электрических полей. Поэтому проблема электрической прочности и работоспособности полимерных композиционных пленок привлекает большое внимание. Установлено, что пробой полимеров и их композиции выступает не как событие критического характера, а как явление, имеющее кинетическую природу. Кинетический характер электрического разрушения этих материалов проявляется прежде всего в том, что пробой происходит при различных значениях электрического поля (E), но за разное время τ действия E, причем чем меньше E, тем больше τ [1-3]. Эффект электрической долговечности τ_E означает, что под действием поля в образце происходят процессы, подготавливающие материал к пробою. Отсюда следует, что этот процесс состоит из последовательности неких элементарных актов, время ожидания которых определяет его скорость. Элементарные процессы приводят к образованию локальных изменений, накопление которых за время τ создает условия зарождения и развития магистрального пробоя. Поэтому важными являются вопросы обратимости и необратимости этих элементарных процессов, подготавливающих пробой ПК.

В настоящей работе проводилось выяснение степени обратимости элементарных процессов в механизме электрического разрушения полимерных композиций ПП-ПЭНП.

Объекты и методика исследований. Все измерения проводились в постоянном по знаку электрическом поле. Напряженность задаваемого электрического поля, действующего на образец, выражалась как E = U/d, где U – приложенное к электродам напряжение, d – толщина образца. Объектами исследования были взяты оптимальных полимерных композиций полипропилен–полиэтилен низкой прочности (ПП:ПЭНП=80:20) с различными надмолекулярными структурами (НМС) [4]. Толщина пленок составляла 20÷30 мкм. Электрическая долговечность измерялась в ячейке с прижимными полированными электродами. Пробой фиксировался по импульсу тока в цепи.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1, а и б показаны интегральные функции распределения медленно охлажденных (МО) быстро- охлажденных (БО) образцов полимерных композиций ПП-ПЭНП, соответственно, по $\lg\tau_E$ при соответствующих E и T. По оси ординат отложена функция $1-n_\tau/n$, где n – полное число образцов в серии; n_τ – число образцов, оставшихся целыми после времени выдержки τ .

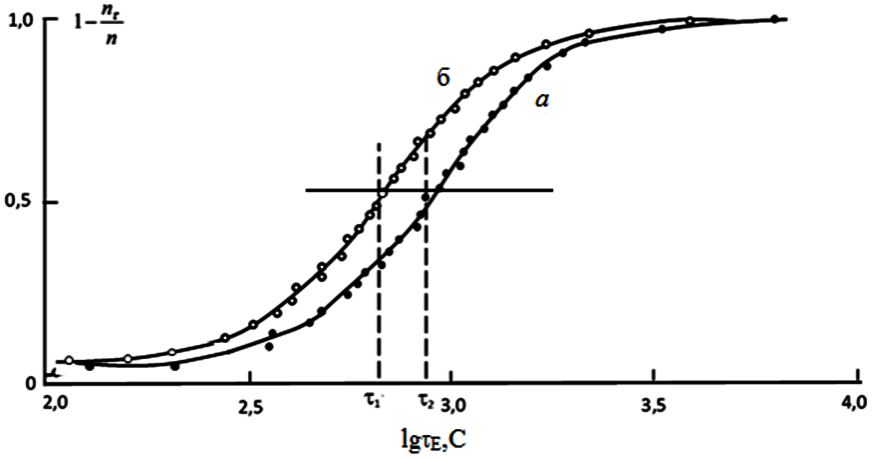


Рис.1. *Интегральное распределение образцов по времени ожидания пробоя (долговечности) в постоянном электрическом поле T=120 K.*
а – МО образцов ПП-ПЭНП, 30 образцов, E=2,5·10^8 В/м;
б – БО образцов ПП-ПЭНП, 30 образцов, E=5,5·10^8 В/м.

Как видно, графики этих функций для τ_E имеют единообразную S-форму с эффективной шириной распределения $\Delta \lg \tau \simeq 1 \div 1{,}5$. Форма распределения близка к нормальному распределению случайных величин (интегралу вероятности). Ширина распределения обусловлена, очевидно, вариацией структуры, дефектности образцов и т.д.

Из рис.1, *а* и б определились значения электрической долговечности τ_1=871 с и τ_1=661 с, соответственно, отвечающие пробитию половины числа МО и БО образцов ПП-ПЭНП. Далее брались новые серии таких же образцов и выдерживались при таких же значениях Е и Т в течение времени τ_1, после чего электрическое поле снималось. В результате оставалась непробитой половина числа образцов, с которыми и производились дальнейшие операции.

Смысл и способ анализа данных схематически пояснен на рис.2. Здесь кривая 1 – верхняя часть кривых распределения рис.1, т.е. построенная от уровня 0,5 на рис.1 и перенормированная на полное число оставшихся непробитым образцов (с ординатой $1-n_\tau/0{,}5n$). Если допустить, что после выдержки под напряженностью электрического поля в течение времени τ_1 в оставшихся непробитыми образцах накопившиеся изменения за время перерыва рассосались (полная регенерация), то тогда после вторичного приложения той же электрического поля распределение этих образцов по вторичной долговечности должно совпасть с кривой 1. Если же после выдержки τ_1 и снятия поля накопившиеся изменения полностью сохраняются за время перерыва, то распределение образцов по вторичной долговечности должно получаться путем перестроения кривой 1 от значений по lgτ к значениям $\lg(\tau-\tau_1)$ и принять вид кривой 2 (рис.2), т.е. пойти в области меньших значений τ, особенно в области начальной (нижней) части распределения. Наконец, если в перерыве между снятием поля и повторным ее приложением в образцах прошла частичная регенерация накопившихся изменений, то распределение образцов по вторичной долговечности должно пойти между кривыми 1 и 2, т.е. соответствовать кривой 3.

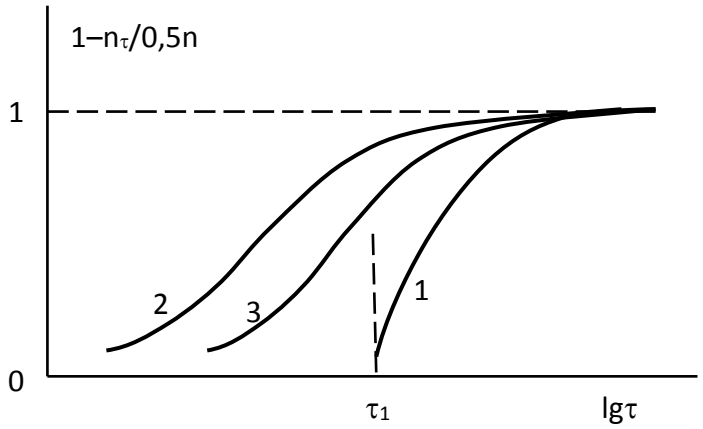


Рис. 2. *Схема распределения образцов по долговечности:*
1 – пробитые за время, превышающее τ_1; 2 – то же распределение, но по $\lg(\tau-\tau_1)$ – по вторичной долговечности; 3 – распределение по вторичной долговечности тех же образцов при их частичной регенерации.

Обратимся к результатам опытов с прерыванием действия электрического поля.

На рис.3 *а* и б точками 1 – представлены распределения по электрической долговечности при непрерывном действии поля для МО и БО образцов полимерных композиций ПП-ПЭНП, соответственно, с долговечностью, превышающей τ_1=871 с и τ_1=661 с, т.е. перенормированные от *n* на 0,5*n* верхние части кривых распределения (рис.1). Точки 2 – результаты перестроения точек 1 по координате $\lg(\tau-\tau_1)$. Точки 3 – экспериментальные данные по вто-

ричной долговечности после выдержки образцов под нагрузкой в течение времени τ_1 и перерыва действия поля 10^3с при Т=120К. Близость точек 2 и 3 на рис.3 а и б свидетельствует о том, что за время первой выдержки под нагрузкой τ_1 в композиционных образцах накопились изменения, которые сохранились в перерыве действия поля при тех же температурах, в которых действовала нагрузка, и привели к более низким значениям вторичной долговечности.

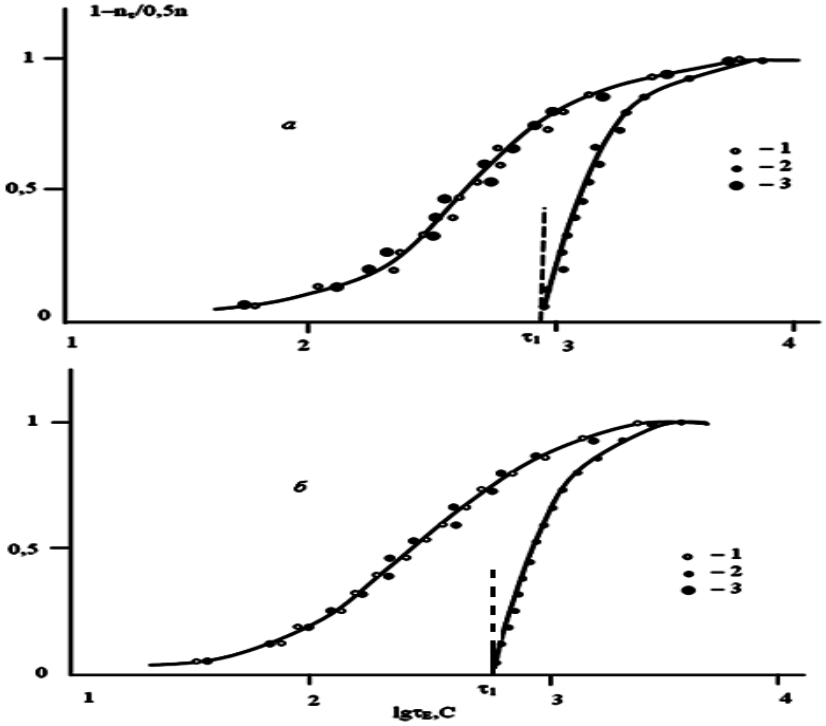


Рис.3. *Интегральное распределение образцов по электрической долговечности Т=120К:*
а – МО образцов ПП-ПЭНП, 30 образцов, Е=2,5·10^8 В/м;
б – БО образцов ПП-ПЭНП, 30 образцов, Е=5,5·10^8 В/м.

Итак, на данной стадии исследования для МО и БО образцов полимерных композиций ПП-ПЭНП закономерности кинетики электрического разрушения оказались единообразными. Т.е. в условиях кинетики электрического разрушения при низких температурах накапливающиеся изменения в обоих композиционных образцах выступают как необратимые.

Перейдем теперь к опытам, когда во время перерыва (снятия поля) будем менять воздействие на образцы.

Для электрического разрушения во время «отдыха» были применены два вида воздействия: повышение температуры, а также наложение на образец постоянного электрического поля противоположного знака (противополе). Результаты представлены на рис.4 и 5 соответственно.

На рис.4 (кривые 3, 4, 5, 6) показано распределение МО образцов ПП-ПЭНП по вторичной долговечности, когда во время перерыва действия электрического поля образцы выдерживались при 293, 313, 333 и 353К в течение 10^3с, соответственно. Видно, что произошло смещение распределения в сторону повышения вторичной долговечности. В соответствии со смыслом кривой 3 на рис.2, это означает определенную степень регенерирование изменений в МО образцах ПП-ПЭНП. Соответствующие данные для БО образцах ПП-ПЭНП являются подобными.

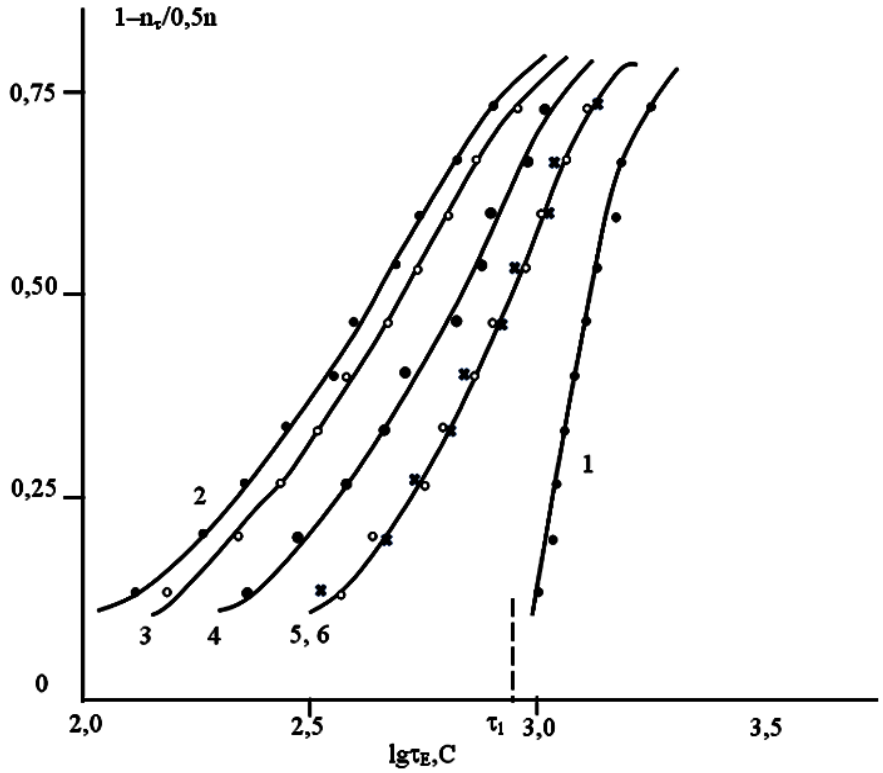


Рис. 4. *Интегральное распределение МО образцов ПП-ПЭНП по долговечности для электрического разрушения $E=2,5\cdot10^8$ В/м; T=120K.*
Точки: 1 – пробитые за время, превышающее τ_1=871 с; 2 – измеренное распределение образцов по вторичной долговечности после «отдыха» в течение 10^3 с при 120K; 3, 4, 5, 6 – после «отдыха» в течение 10^3 с при 293, 313, 333, 353K, соответственно (частичная регенерация прогревом).

На рис.5 показано влияние противополя на вторичную долговечность МО образцов ПП-ПЭНП. Видно, что и здесь за время «отдыха» происходит регенерация накопившихся изменений. При этом регенерацию можно сделать практически полной (кривая 1 – светлые точки на рис. 5).

Таким образом, можно считать, что накапливающиеся изменения под действием электрического поля в кинетике электрического разрушения полимерных композиций ПП-ПЭНП являются обратимыми.

Вопрос об элементарных актах процесса, определяющего электрическую долговечность полимера и их композиции, остается пока недостаточно выясненным. Имеющиеся данные свидетельствуют о флуктуационном механизме этих актов [5-7]; обсуждаются различные процессы на электронном и атомно-молекулярном уровне [1-3, 8,9]. Полученные в настоящей работе данные о регенерируемости изменений, накопление которых приводит к электрическому разрушению (пробою) полимерных композиций, позволяют сделать некоторые заключения о характере этих изменений, по крайней мере, для исследованных случаев. По-видимому, здесь накапливаются изменения только на электронном уровне. Молекулярные перегруппировки, разрывы молекул, очевидно, заметной роли не играют. Наиболее естественным представляется для находящегося под электрическим напряжением композиционного материала формированием в нем со временем объемных зарядов, по достижению достаточной величины которые и наступает пробой. Объемный заряд может формироваться как из инжектированных электронов (гомозаряд), так и за счет внутренней ионизации полимерных молекул в электрическом поле с переходом электронов от полимерных молекул в межмолекулярные ловушки [10-12].

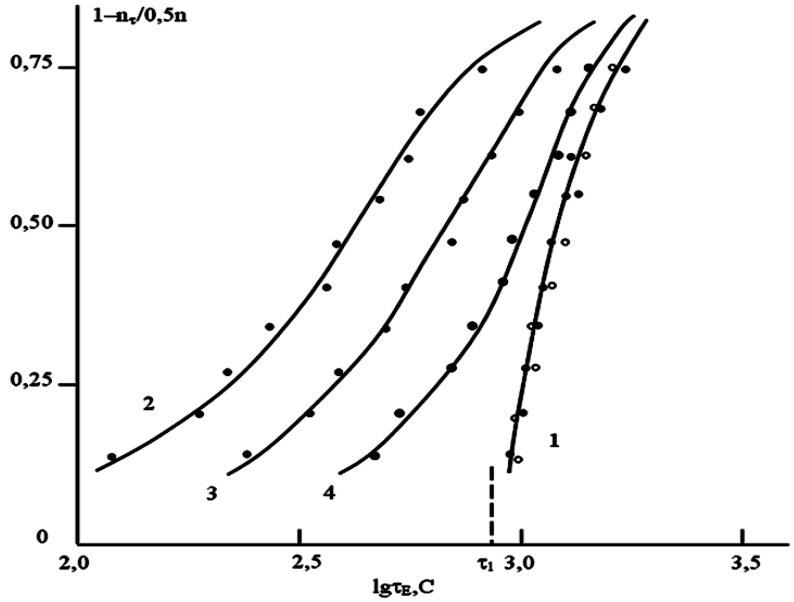


Рис.5. *Интегральное распределение МО образцов ПП-ПЭНП по долговечности для электрического разрушения $E=2,5\cdot10^8$ В/м, T=120K:*
1 – черные точки – пробитые за время, превышающее τ_1=871 с; светлые точки – прошедшие регенерацию при действии противополя $E_{пп}= 2,5\cdot10^8$ В/м, 10^3с, 120K (полная регенерация противополем); 2 – измеренное распределение образцов по вторичной долговечности после «отдыха» в течение 10^3с при 120K; 3, 4 – после «отдыха» в течение 10^3с при 120K и действия противополя (частичная регенерация противополем): 3 – $E_{пп}=1,0\cdot10^8$ В/м; 4 – $E_{пп}=2,0\cdot10^8$ В/м.

При приложении электрического поля, инжектированные из катода электроны, начинают прыжковый (из ловушки в ловушку), пошаговый (с шагом ~1 нм) дрейф в сторону анода [2]. В результате образуется и накапливается облако отрицательного заряда, движущегося к аноду [2,3]. В работе [13] детально рассмотрена дальнейшая эволюция зарядового состояния полимера в межэлектродном пространстве: формирование и встречное движение положительного объемного заряда вблизи анода; возникновение автоколебательного режима эволюции объемных зарядов, обусловленного положительной обратной связью между зарядами и полями у электродов; резкое возрастание тока, приводящее к пробою диэлектрика. В такое последовательности событий подготовки полимера и их композиции к пробою основное время занимает наиболее медленный процесс – формирование отрицательного объемного заряда при прыжковом дрейфе электронов по полю.

Заключение о направленном прыжковом транспорте электронов как о процессе, контролирующем подготовку диэлектрика к пробою, подтверждается экспериментальными данными по возможности регенерирования исходного состояния полимера и их композиции путем включения поля противоположной полярности (противополя) после выдержки образца в поле начальной полярности [14-16]. Противополе вызывает транспорт электронов в обратном направлении и тем самым ведет к «рассасыванию» объемного заряда, сформировавшегося в поле начальной полярности. Такая операция приводит даже к тому, что электрическая долговечность полимерных диэлектриков в противополе (после действия начального поля) оказывается более высокой, чем в непрерывно действующем поле [14]. Это свидетельствует о способности «элементов разрушения», вызываемое действием поля, к регенерированию.

Регенерационные эффекты, требующие перемещения зарядов для их встречи друг с другом, согласуются с представлением о том, что именно транспорт зарядов может являться процессом, контролирующим кинетику электрического разрушения полимерных композиций.

Выводы. Изучена регенерация электропрочностных свойств полимерных композиций при низких температурах – восстановление электрической долговечности путем нагревания или действием поля противоположной полярности. На основе статистического анализа кинетики регенерации сделано заключение, что регенерация обусловлена рассасыванием объемных зарядов, накопление которых ведет к пробою полимерных композиций.

Литература

1. Алиева, И.К. Кинетика механического и электрического разрушение полимеров / И.К. Алиева, Т.М. Велиев, -Баку: АГМА, -2018. -192 с.
2. Слуцкер, А.И. Механизмы элементарных актов в кинетике электрического разрушения полимеров/ А.И. Слуцкер, В.Л. Гиляров, Д.Д. Каров [и др.]// Высокомолекулярные соединения, -Москва: -2007. т. 49(А), №10, -с. 1790-1800.
3. Слуцкер, А.И. Особенности кинетики электрического разрушения полимеров/ А.И. Слуцкер, Т.М. Велиев., И.К.Алиева [и др.]// ФТТ, -2016. т.58. №9, -с.1826-1835.
4. Аббасов, С.А. Исследование прочностных свойств и структуры композиции на основе полипропилена и полиэтилена/ С.А. Аббасов, Ш.В. Мамедов, Т.М. Велиев [и др.] // Баку: Физика, -1995. с.1, №1, -с.50-55.
5. Рагимов, Я.Г. Молекулярный механизм разрушения полиэтилена под действием сильного электрического поля / Я.Г. Рагимов, Ш.В.Мамедов, С.А.Абасов [и др.] // Доклады 1988, -Баку: Издательство «Элм», -1988. №5, -с.44-47.
6. Колесов, С.Н. Электрические свойства каучуковых композитов / С.Н. Колесов, Т.Н. Музыченко, Е.И. Токарь //Электричество, -1992. вып.4, -с.61-65.
7. Ушаков, В.Я. Закономерности разрушения полимеров при длительном нагружении электрическим полем / В.Я. Ушаков, А.Л. Робежко, Г.В. Ефремова// ФТТ, -1984. т.26, №1, -с.45–49.
8. Закревский, В.А. Старение и разрушение (пробой) полимерных пленок в переменном электрическом поле / В.А. Закревский, В.А. Пахотин, Н.Т. Сударь // ФТТ, -2019. т.61, №10, -с.1953–1959.
9. Воробьев, Г.А. Электрический пробой твердых диэлектриков / Г.А. Воробьев, С.Г. Еханин, Н.С. Несмелов //ФТТ, -2005. т.47, вып.6, -с.1048-1054.
10. Слуцкер, А.И. Об элементарных актах в кинетике электрического разрушения полимеров/ А.И. Слуцкер, Ю.И. Поликарпов, В.Л. Гиляров //ЖТФ, -1996. т.66, №4, -с.105–113.
11. Закревский, В.А. Ионизационный механизм электрического разрушения (пробоя) полимерных диэлектрических пленок / В.А. Закревский, Н.Т. Сударь// ФТТ, -2013. т.55, №7, -с.1298–1303.
12. Закревский, В.А. Влияние объемного заряда на закономерности электрического разрушения полимеров/ В.А. Закревский, Н.Т. Сударь// ЖТФ, -2006. т.76, №12, -с.52-56.
13. Закревский, В.А. Электрическое разрушение тонких полимерных пленок / В.А. Закревский, Н.Т. Сударь// ФТТ, -2005. т.47, №5, -с.931-936.
14. Слуцкер, А.И. Некоторые вопросы электрической прочности полимеров/ А.И. Слуцкер, Т.М. Велиев, И.К. Алиева [и др.]// Письмо в ЖТФ, -1991. т.17, №13, -с. 67-72.
15. Алиева, И.К. О характере процесса рассасывания накопившихся изменений в кинетике электрического разрушения полимерных композиций/ И.К. Алиева, Т.М. Велиев, П.Б. Асилбейли [и др.]// Проблемы энергетики, -2017. №1, -с. 62-68.
16. Алиева, И.К. Накопительные процессы в кинетике электрического разрушения полимерных композиций ПП-ПЭНП при умеренных температурах/ И.К. Алиева, П.Б. Асилбейли, Т.М. Велиев [и др.]// Проблемы энергетики, -2015. №12, -с. 62-68.

Məqalə qəbul olunub: 20.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 621.86

SAGMİLL DƏYİRMANLARINDA QALDIRICI ASTARLARIN OPTİMAL KONSTRUKTİV ÖLÇÜLƏRİNİN TƏYİNİ

Həbibov İ.Ə., Həmidov F.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1007, Bakı şəh., Azadlıq pr., 16/21
Azərbaycan Beynəlxalq Mədən Şirkəti
AZ1004, Bakı şəh., Badamdar şoss., 165
E-mail: h.ibo@mail.ru, famil-433@mail.ru

Xülasə. *Məlumdur ki, dağ-mədən sənayesində filizlərin üyüdülməsi prosesində istifadə olunan kürəli dəyimanların ümumi iş prinsipinin dəyərləndirilməsində texnoloji göstəriciləri ilə yanaşı onun konstruktiv parametrləri: qaldırıcı sinə astarlarının sayı, onların yerləşmə bucağının qiyməti, qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onun hündürlüyünə olan nisbətdən asılıdır.*

Bunları nəzərə alaraq, təqdim olunan məqalədə SAGMill dəyirmanlarında qaldırıcı astarların yerləşmə bucağının, iki qonşu qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onların hündürlüyünə olan nisbətinin üyüdülən məhsulin çıxış göstəricilərinə olan təsiri qiymətləndirilməsi ilə bağlı tədqiqatların nəticələri verilmişdir.

Abstract. *It is known that along with the technological parameters used in the evaluation of the general working principle of the ore grinding process in the mining industry, its constructive parameters are: the number of hoisting linings, the cost of their position, and the distance between the two adjacent breast linings.*

With this in mind, the paper presents the results of studies on the impact of the position of the lifting linings on the SAGMill mills, the distance between the two adjacent chest linings, and their impact on the output indicators of the grinding products.

Аннотация. *Известно, что наряду с технологическими параметрами, используемыми при оценке качества процесса измельчения руды в шаровых мельницах серьезнее влияние оказывают конструктивные параметры футеровки - количество подъемных лайнеров, угол их расположения и расстояние между двумя соседними лайнерами.*

Учитывая это, в статье представлены результаты исследования по оценке влияния конструктивных параметров подъемных лайнеров мельниц типа SAGMill, а также расстояния между двумя соседними лайнерами на выходные показатели помола. В то же время рекомендуется эмпирическое выражение между конструктивными параметрами мельницы и отношением расстояния между подъемными лайнерами к их высоте.

Açar sözlər: *dağ-mədən sənayesi, filiz, üyütmə prosesi, metal kürələr, qaldırıcı və sinə astarları, qaldırıcı astarın yerləşmə bucağı, qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə və onun hündürlüyünə olan nisbəti*

Key words: *mining industry, ore, grinding process, metal spindle, lifting and chest linings, angle of lifting lining, distance between two adjacent breast linings and its height*

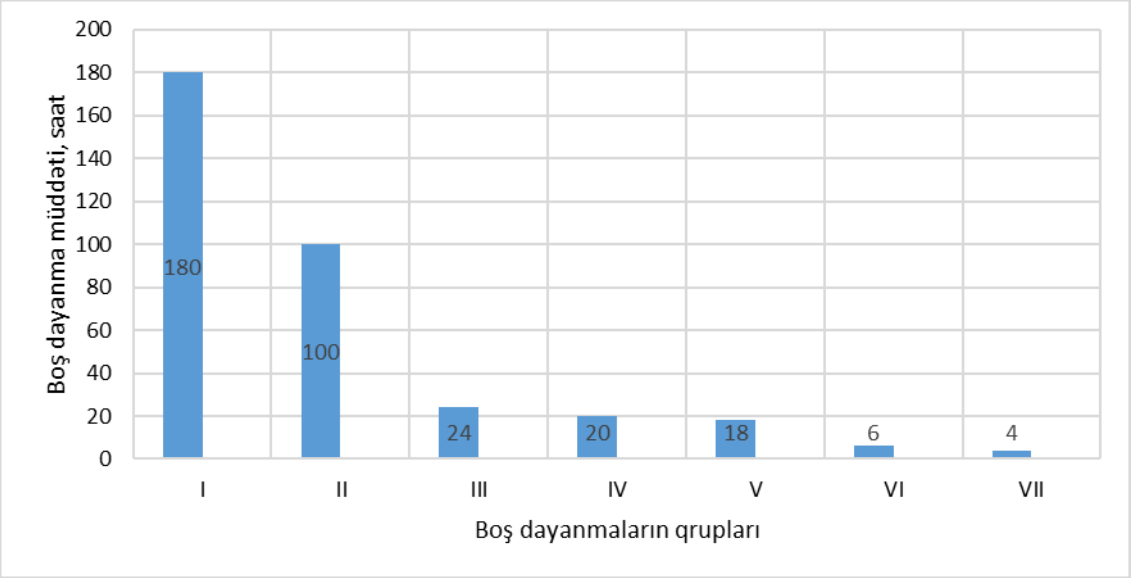
Ключевые слова: *горнодобывающая промышленность, руда, процесс измельчения, металлические шары, подъемные лайнеры, угол их размещения, соотношение расстояния между двумя соседними лайнерами к их высоте*

Giriş. Müasir dağ-mədən sənayesi Azərbaycan Respublikasının iqtisadiyyatının yanacaq-energetika kompleksindən sonra dinamik inkişaf edən istiqamətlərdən biridir. Hal-hazırda sənayenin bu sektorunda AİMC (Azərbaycan İnternational Mining Company) və AzerGold şir-

kətləri fəaliyyət göstərirlər [1, 2, 3]. Bu istehsal sahələrində suxurların parçalarında və üyüdülməsində əsasən iki tip avadanlıqlardan - qırıcılar və üyüdücü dəyirmanlar istifadə olunur [4, 5].

AİMC-də üyütmə prosesində istifadə olunan SAG Mill tipli dəyirmanlarda baş verən boşdayanmaların səbəblərinin təhlili onların aşağıdakı kimi qruplaşdırılmasına imkan verir: dəyirmanın gövdəsində baş verən nasazlıqlar (I); astarların yenilənməsi və dağılması (II); hərəkət intiqalı daxil olan elementərin (reduktor, elektrik mühərriyi, val və dişli çarxlar) sıradan çıxması(III); pulpanın çıxışında qoruyucu politilen örtük torunun sıradan çıxması (IV); Dəyirmanın giriş boğazının zərbələrin təsirindən dağılması və yeyilməsi (V); Yağlama sistemindəki nasoslarda kipləndirmənin pozulması (VI) və elektrik sisteminə nəzarət və bərpa işlər(VII).

Şəkil 1-də son beş ildə (2014-2018) AİMC-də istismarda olan SAGMill tipli dəyirmanlarda baş verən imtinaların təhlili onların aradan qaldırılmasına sərf olunan vaxt tutumları əks olunmuşdur.



Şəkil 1. *2014-2018-ci illərdə AİMC-də istismarda olan SAGMill tipli dəyirmanlarda baş verən imtinalar və onların aradan qaldırılmasına sərf olunan vaxt*

Araşdırmalar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, ümumilikdə AİMC-də imtina səbəblərinin aradan qaldırılmasına il ərzində 350 saatdan çox vaxt sərf olunur.

Hal-hazırda AİMC-də ölçüləri (diametr və eni) D x L=5,0 x 2,5 metr olan 2 ədəd SAGMill dəyirmanlarından istifadə olunur. Bu dəyirmanlar adətən birinci dərəcəli üyütmə prosesində tətbiq edilir. Burada reallaşan emel prosesinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, dəyirmanın fırlanma hərəkəti zamanı onun daxilinə yüklənmiş kürələr qaldırıcı astarların köməkliyi ilə müəyyən hündürlüyə qədər qaldırılaraq orada parobolik traektoriya boyu zəblə iri filiz kütləsin parçalayaraq, onun doğranmasını təmin edir. Eyni zamanda kürələr və filiz parçalarının dəyirmanda diyirlənməsi və sürtünməsi nəticəsində suxurların üyüdülməsi həyata keçirilir.

Dəyimanın ümumi iş prinsipinin dəyərləndirilməsində aşağıdakı faktorların nəzərə alınması önəmlidir: qaldırıcı sinə astarlarının sayı; qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin onun hündürlüyünə olan nisbəti; dəyirmanın sürəti; çıxışda torların yerləşmə mövqeyi və toplam açıq sahənin ölçüsü; kürələrin diametri və onların yüklənmə həcmi.

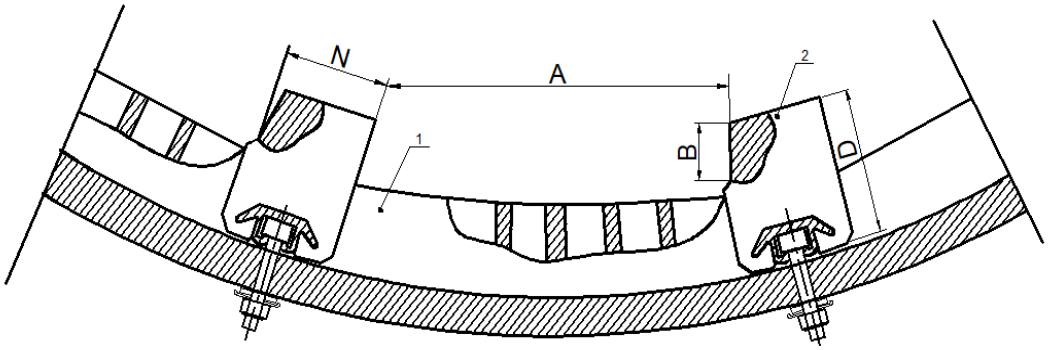
Məlumdur ki [6] üyüdücü dəyirmanın istismar prosesində astarların ölçü və həndəsəsinin dəyişməsi emal olunan məhsulun məhsuldarlığına və keyfiyyət göstəricilərinə təsir edir. Eyni zamanda qaldırıcı astarların kütləsinin böyük olması (90-120 kq) və onların dəyişdirilməsinin texniki və texnoloji baxımdan çətinliyi nəzərə alınmaqla bu istiqamətdə aparılan hər bir nəzəri və praktiki tədbirlərin aktuallığını təsdiqlənir.

Müasir dəyirmanlarda 20-dən çox profilli astarlar tətbiq olunur [7, 8]. Astarların layihələndirilməsində onların hazırlanma texnologiyasının mükəmməlliyi, montaj sxemi və vasitələri, təmir və bərpa işlərinin asanlığı, eləcə də yeyilməyə davamlığı nəzərə alınmalıdır. Eyni zamanda örtüyün profilinin və montaj sxeminin seçimi üyüdülən filizin və kürələri ölçülərindən, dəyirmanın fırlanma sürətindən və s. asılıdır [9].

Yuxarıda qeyd olunanlar nəzərə alınmaqla tədqiqat işində aşağıdakı məqsəd qoyulmuşdur.

Məqalədə qonşu iki qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin (A) və onun hündürlüyünə (B) olan nisbəti üyütmə prosesinə olan təsiri ilə bağlı tədqiqatların nəticələri əks olunmuşdur. Dəyirman gövdəsinin müntəzəm zərbələrdən, aqressiv mühit və sürtünmə yeyilməsindən qorunması üçün astarlar önəmli rol oynayır.

Şəkil 2-də qaldırıcı və sinə astarlarının dəyirmanın daxilində yerləşmə sxemi verilmişdir.



Şəkil 2. *Qaldırıcı və sinə astarlarının yerləşmə sxemi:*
1-sinə astarı; 2-qaldırıcı astar

Məlumdur ki, diametri 5 və 10 metr olan dəyirmanlar üçün kürələrin traektoriya boyu zərbə sürətləri uyğun olaraq 8 m/s və 12 m/s həddindən çox olmaması tövsiyə edilir. Beləki, əks halda kürələr sürətlə sinə astarları ilə toqquşarar onların qırılaraq tez sıradan çıxmasına səbəb ola bilirlər.

Bu səbəbdən SAG dəyirmanının etibarlı iş rejiminin təmini üçün yüklənən kürələrin həcminin və diametrinin, eləcə də qaldırıcı sinə astarlarının konstruktiv parametrlərinin düzgün seçilməsi vacib şərtlərdəndir.

Tədqiqatlar [10] nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Gədəbəy, Qədir və Uğur yataqlarının filizləri üçün SAG dəyirmanında kürə yüklənməsi 15%, kürə diametri 100 mm və qaldırıcı sinə astarlarının yerləşmə bucağının $\alpha=70^0$ altında olması arzu ediləndir. Bunlarla yanaşı astarların qalınlığının, hündürlüyünün və qonşu iki qaldırıcı astarlar arasındakı məsafənin qarşılıqlı münasibətlərinin nəzərə alınması olduqca önəmlidir.

Əsas hissə. 2013-cü ildə AİMC-də istismara verilən dəyirmanin daxili səthlərinə çəkilmiş örtük qatı rezindən olmaqla sinə astarları üçün qalınlığı 90 mm və qaldırıcı sinə astar üçün hündürlük 230 mm, $\alpha=90^0$ qəbul edilmişdir. Bu zaman A=427mm və B=D-H=>B=230-90=140mm olduğuna nəzər yetirsək görürük ki, A/B= 3,05 təşkli edir.

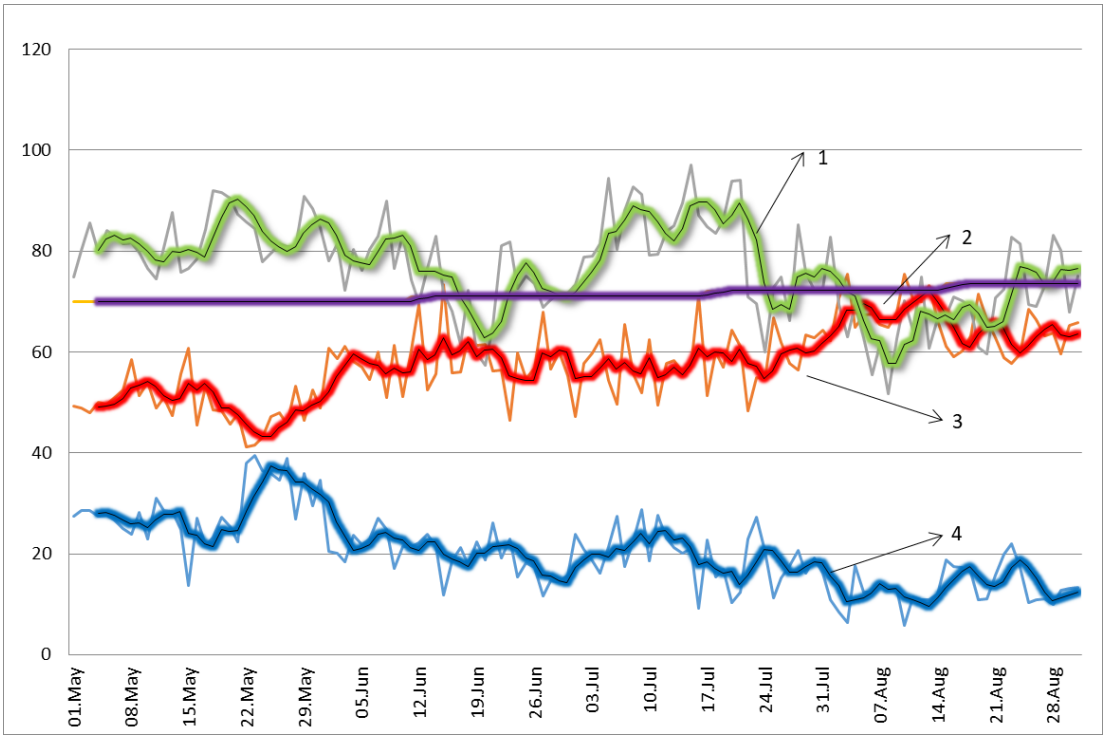
İstismar prosesində A-nın ədədi qiymətinin dəyişməməsi və B-nin müəyyən zamandan sonra yeyilmə səbəbindən kiçilməsi nəticəsində A/B nisbətinin ədədi qiymətinin artması tendensiyası baş verir. Müəyyən edilmişdir ki, bu nisbətin artması, eləcə də rezin və filizin bərklik göstəriciləri arasındakı böyük fərq örtük qatının yeyilməsi və son olaraq dağılıb sıradan çıxmasına səbəb olur. Bu zaman astarların istismar ömrü 973 saat olmuşdur.

İkinci mərhələdə astar qismində kompozit materialdan (polimetaldan) istifadə olunmuşdur. Bu zaman sinə astarının qalınlığı 90 mm (alt qatı 40 mm-lik rezin və üst qatı 50 mm-lik metal çubuqlar olmaqla) olan polimetal təbəqədən istifadə olunmuşdur. Örküyün konstruksiyasında A=427 mm sabit qalmaq şərti ilə qaldırıcı sinə astarının hündürlüyü D=250 mm-ə qədər

artırılmışdır. Belə olduqda B=D-H=>B=160 mm və A/B=2,67-ə qədər azalmışdır. Belə bir dizaynlı örtük matterialından istifadədə istismar ömrü ümumilikdə 1400 saatadək yüksəlmişdir.

Şək.2-də A/B=2,67 olan və toplam qalınlığı 90 mm (alt qatı 40 mm-lik rezin və üst qatı 50 mm-lik metal çubuqlar olmaqla), qaldırıcı sinə astarının yerləşmə bucağı 64^0 altında olduğu halda məhsuldarlıq və çıxış məhsulunun ölçüləri verilmişdir.

Şək.2-nin təhlilindən göründüyü kimi qaldırıcı astarların qeyd olunan dizaynında dəyirmanın istismar olunan 93 günündə ortalama məhsuldarlığı 80-85 ton/saat olmuşdur. İstismarın 38-ci günündən sonra A/B nisbəti artması və bu əsasda daha narın üyütmənin başlaması müşahidə edilmişdir.Şək.3-də bunu yaşıl qrafikdə daha aydın görmək olur. 3 aylıq istismardan sonra astarlarda davam edən yeyilmə prosesi A/B nisbəti 4,0-4,2-yə qədər yüksəlməsi və qaldırıcı sinə astarının yeraşmə bucağının ölçüsünün 64^0-dən 50^0-yə dəyişməsi üytmə prosesinə əks təsir göstərərək dəyirmanın məhsuldarlığının azalaraq 65-70 tona qədər düşməsinə səbəb olduğu müəyyən edilmişdir.



Şəkil 3. *A/B=2,67 və qalınlığı 90 mm olan qaldırıcı astarlarla təchiz olunmuş dəyirmanda üyütmənin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat : 2-dəyirmanın sürəti %; 3-150 mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4– 500 mkm böyük hissəciklərin çıxışı,%.*

Növbəti mərhələdə qaldırıcı sinə astarı hündürlüyü 275mm-ə, yerləşmə bucağı 64^0 olmaqla sabit saxlanılmış və sinə astarının qalınlığı 100 mm qəbul edilmişdir. Bu şərtlər daxilində istismar zamanı astarların ömrü 1800 saata yüksəlmiş və A/B nisbətinin ilkin qiyməti 2,44-ə dəyişmişdir.

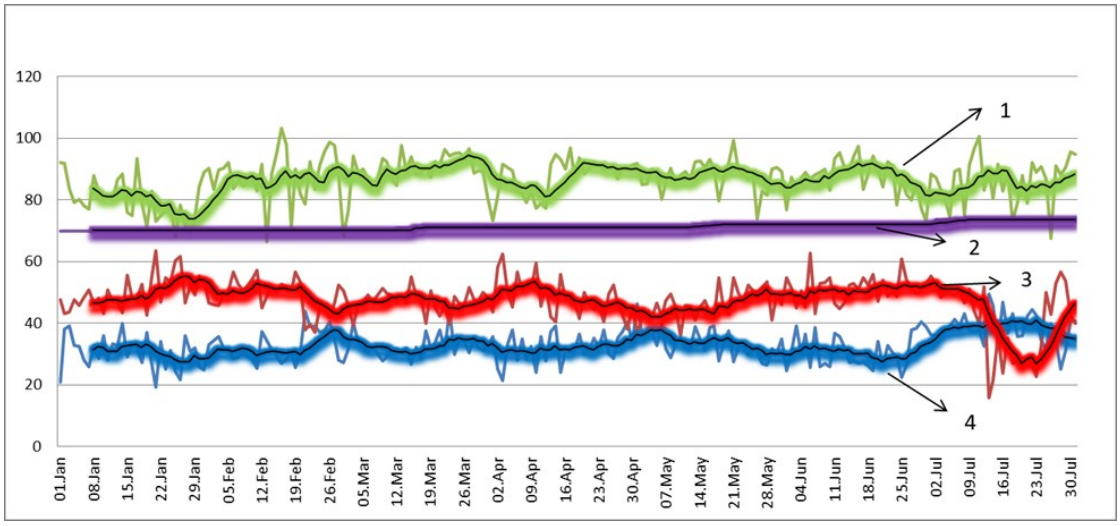
Təcrübələrin nəticələrinin üyütmə prosesinə təsirini nəzərə alaraq sonrakı sınaqlar üçün qaldırıcı sinə astarlarının hündürlüyünün 325 mm, sinə astarlarının qalınlığı 130 mm qəbul olunması qərara alınmış, eləcə də sinə astarlarının yerləşmə bucağının ölçüsünün 70^0 qəbul etmək (beləki onların yeyilməsi səbəbindən kifayət qədər küraəni qaldıraraq traektoriya boyu zərbələr endirə bilməməsini nəzərə alınmaqla) təklif olunsada istehsalçı şirkətin onun 76^0 olmasını əsaslandırmağa çalışmışdır. Arqument olaraq tərəfimizdən təklif olunan qaldırıcı sinə astarlarının hazırlanması üçün xüsusi qəliblərin layihələndirilməsinin tələb olunduğunu və bunun üçün böyük həcmdə vəsaitin olmasını göstərmişdir.

Yeni dizaynlı qaldırıcı astarların istismarı zamanı dəyirmanın sürətinin aşağı salınması məcburiyyəti yaranmış, bu isə öz növbəsində kürələrin zərbə intensivliyinin az olmasına və yekunda dəyirmanın ilk 14 gündə istismar zamanı üyütmənin pozulmasına səbəb olmuşdur. Qaldırıcı astarların yerləşmə bucaq ölçüsünün yanlış seçimi üyütmə göstəricilərində qeyri stabilliyə səbəb olmuşdur. Astarların dizaynının təkmilləşməsi istiqamətində aparılan mərhələli təaqiqat işləri nəticəsində qaldırıci sinə astarlarının dəyişmə intensivliyi hər istismar ili üçün 6 dəfədən 2 dəfəyə qədər endirilmişdir. Bu zaman onların təmir və bərpasına sərf olunan vaxt itkisinin 72 saatdan 23 saata qədər azaldılmasına nail olunmuşdur.

Belə olduqda sınaq işləri dayandırılaraq qaldırıcı astarların 70^0 altında yerləşdirilməsi təmin olunmuş və üyütmə prosesi davam etdirilmişdir. A/B nisbətinin 2,19 olaraq başlaması qaldırıcı sinə astarının ömrünün 180 günə 4000 saatdan çox uzanmasına səbəb olmuşdur. Eyni zamanda qaldırıcı astarların ortalama istismar müddətinin uzadılmış və təmir müddəti 54 saatdan 20 saata kimi azalmışdır.

Bir dəst qaldırıcı sinə astarı istismar olunub dəyişdiriləndə sinə astarları öz istismar resursunun 30%-ni istifadə etdiyini nəzərə alsaq o zaman ikinci dəst qaldırıcı astarlarla işlədikdə A/B nisbəti 1.8-ə qədər düşmüşdür.

Şəkil 4-də 70 dərəcəli qaldırıcı astarlarla yeni sinə astarlarının eyni zamanda istismara (A/B nisbəti 2.19) verildikdən sonra əldə olunmuş nəticələr qeyd olunmuşdur.

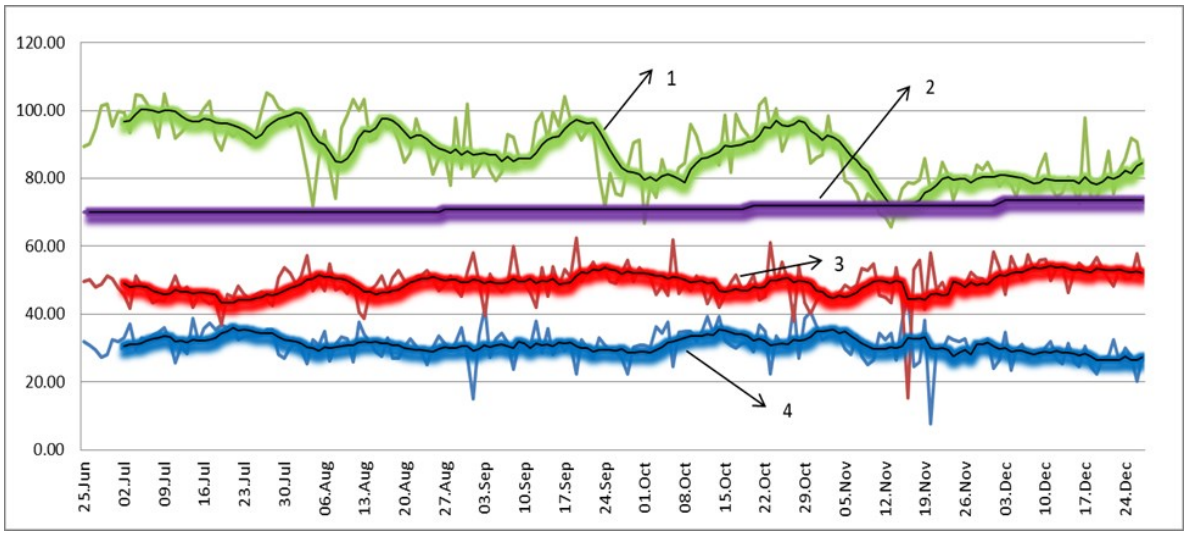


***Şəkil 4**. Yeni dizaynlı qaldırıcı astarlarla təchiz olunmuş dəyirmanda üyütmənin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat; 2-dəyirmanın sürəti; 3-150mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4– 500 mkm böyük hissəciklərin çıxış %.*

Şəkil 3-ün təhlilindən göründüyü kimi, dəyirmanın bütün istismar müddətində məhsuldarlıq sabit ortalama 90 ton/saat olmuşdur. Bu zaman 150 mkm-dən kiçik hissəciklər ortalama çıxış göstəricisi - 50%, 500 mkm-dən böyük hissəciklər üçün - 20% ətrafında saxlamaq mümkün olmuşdur. İstismarın 190-cı gününə qədər parametrlərin ideal saxlanılması təmin olunmuş, lakin 190-210 günlər aralığında artıq A/B nisbətinin 4,17-yə qədər yüksəldiyindən üyütmə prosesinin pozulduğu müşahidə olunmuşdur.

Tədqiqatlar zamanı müəyyə olunmuşdur ki, qaldırıcı və sinə astarlarının resursları fərqlidirlər. Bu isə onların təmiri prosesində boş dayanmaların həcminin artmasına səbəb olur.

Şəkil 5-dən təklif olunan dizaynla hazırlanmış qaldırıcı sinə astarlarında və 30% resursunu istifadə etmiş sinə astarları ilə istismar prosesinin nəticələri əks edilmişdir.



Şəkil 5. *Təklif olunan dizaynla hazırlanmaş qaldırıcı sinə astarları və 30% resursunu istifadə etmiş sinə astarlarının istismar prosesinin nəticələri: 1- məhsuldarlıq, ton/saat; 2-dəyirmanın sürəti; 3-150 mkm-dən kiçik hissəciklərin çıxışı, %; 4– 500 mkm böyük hissəciklərin çıxış, %*

Şəkil 5-dən göründüyü kimi A/B nisbətinin kiçik olması (A/B =1,8) ilkin istismara verildikdə özünün müsbət təsirini, yəni məhsuldarlıq ortalama 105 ton/saat olmuşdur. Burada eyni zamanda kürələrin traektoriya boyunca hərəkət etməsi və qarşı tərəfdəki qaldırıcı astarları zədələyərək daha tez A/B ölçünün kiçilməsinə səbəb olmuşdur. Bu da mərhələli şəkildə məhsuldarlığın aşağı düşməsinə gətirib çıxarır.

Apardığımız araşdırmalar, eləcə də çoxsaylı təcrübə-sınaq işlərinin nəticələri, eləcə də simulyasiya proqramlarındakı edilmiş təhlillərə əsallanaraq SAG tipli dəyirmanlarda (diametr D=5,0 m olduqda) qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafənin (A) onun hündürlüyünə (B) olan nisbətinin (A/B) ideal qiymətinin dəyirmanın konstruktiv parametrləri arasında aşağıdakı emprik ifadənin tövsiyə olunması əsas verir:

- dəyirmanda fırlanma sürəti dəyişə bilən olduqda

$$\frac{A}{B} = \left(1 - \frac{70-\beta}{100}\right) \cdot \frac{\pi(D-2b)}{D} \cdot K$$

Burada Ball Mill dəyirmanı üçün K= 1,044, SAG Mill dəyirmanı üçün isə K=0,76 korreksiya əmsalıdır; A- qaldırıcı sinə astarları arasındakı məsafə; B- qaldırıcı sinə astarının hündürlüyü; D- dəyirmanın diametri; b- sinə astarının qalınlığı və β- hesablanmış kritik sürətin faiz göstəricisidir.

Nəticə. Beləliklə, aparılmış tədqiqatların yekunlarına əsaslanaraq aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

- kürəli dəyirmanların məhsuldarlığı və çıxış məhsulunun keyfiyyəti (narınlama dərəcəsi) dəyirmanın sürəti və yüklənmə əmsalı ilə bərabər astarların dizaynından, o cümlədən A/B nisbətindən ciddi şəkildə asılıdır;
- kürəli ilkin istismar prosesi üçün A/B nisbətinin 2,2 dən kiçik götürülməsi məqsədəuyğun deyildir;
- qaldırıcı astar və sinə astarlarının istismar resurslarının arasındakı fərqin bərabərləşdirilməsi və təmir-bərpa işlərində boş dayanmaların azaldılması önəmli faktordur və bu məqsədlə ikinci dəst qaldırıcı astarlarının hündürlüyünün kiçildilməsi (D = 280 mm) tövsiyə olunur.
- diametri 5 m olan dəyirmanlarda qaldırıcı sinə astarlarının sayının 24-dən 28 qədər artması məqsədə uyğundur.

Ədəbiyyat

1. Həmidov, F.M. Azərbaycanın dağ-mədən sənayesində istifadə olunan dəyirmanların hissələrinin yeyilmə intensivliyinin analizi/ F.M. Həmidov, İ.Ə. Həbibov// "Нефтин, qazın geotexnoloji problemləri və kimya" ETİ-nun Elmi Əsərləri, -Bakı: -2015. XVI cild, -s. 282-287.
2. Габибов, И. А. Результаты усовершенствований мельниц типа SAG, используемых в Азербайджанской международной горнодобывающей компании/ И.А. Габибов, Ф.М. Гамидов, П.П. Чакраборти// Известия уральского государственного горного университета, -2018. №2(50), -с. 102-106.
3. Гамидов, Ф.М. Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей промышленности Азербайджана// Материалы XLI Международной Научной Конференции «Теоретические и практические вопросы современной науки», Eurasian Scientific Association, №7(41), -с.28-29.
4. Перов, В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В.А. Перов. - М.: Недра, -1990. -301с.
5. Лукина, К.И. Процессы и основное оборудование для обогащения полезных ископаемых / К.И. Лукина, В.П. Шилаев, В.П. Якушкин. - М.: Издательство МГОУ, -2006. -216 с.
6. The Selection and Design of Mill Liners
7. Дырда, В. И. Резиновые футеровки технологических машин / В. И. Дырда, Р. П. Зозуля, А. П. Левицкий, И. В. Хмель. –Днепропетровск: -2014. -255 с.
8. Чижик, Е.Ф. Барабанные рудоизмельчительные мельницы с резиновой футеровкой/ Е.Ф. Чижик. -Барнаул: -2005. -360 стр.
9. Богданов, В.С. Рабочие элементы измельчающего оборудования: тематическая подборка/ В.С. Богданов. Цемент и его применение. -СПб: "Цемент", -2015. №2. -с. 46-74.
10. Həmidov, F.M. Dağ-mədən sənayesində tətbiq olunan üyüdücü dəyirmanların kürələrinin istismar göstəricilərinin yeksəldilməsi // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX respublika elmi-konfransının materialları, –Bakı: ADNSU-mətbəəsi, 1-ci cild, -c.307-308.

Məqalə qəbul olunub: 26.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 621.396

REGİONAL YERÜSTÜ MOBİL RABİTƏ ŞƏBƏKƏLƏRİNİN QURULMASININ PRAKTİKİ MƏSƏLƏLƏRİ

Məmmədov İ.R., Hüseynov E.M.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ 1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: isamamedov@bk.ru, eldaniz.huseyn@huawei.com

Xülasə. *Məqalədə regional yerüstü mobul rabitə şəbəkələrində xidmət zonasının və radiovericilərdən tələb olunan tam gücün hesablanması məsələlərinə baxılmışdır. Trank tipli və şanvari yerüstü mobil rabitə şəbəkələrinin hesablanması xüsusiyyətləri araşdırılmışdır. Hesabat zamanı regional yerüstü mobil rabitə şəbəkələrinin xüsusiyyətləri nəzərə alınmışdır.*

Müxtəlif faktorlar və keçid maneələri nəzərə alınmaqla radiovericinin gücünün dəqiqləşdirilmiş qiymətinin hesablanması üçün riyazi ifadə çıxarılmışdır. Trank rabitəsində dinamiki rejimdə radioqəbuledicinin xidmət zonasının radiusu qrafiki olaraq tapılmışdır. CDMA

sistemində qəbul məntəqəsində tələb olunan siqnal/maneə nisbətini təmin edən güc ilə xidmət zonasının radiusu arasında qarşılıqlı əlaqəni əks etdirən riyazi ifadə çıxarılmışdır.

Abstract. *In this paper questions of calculation of service area and required power of transmitters in the network of regional terrestrial mobile communication are considered. Features of calculation of network of trunking and cellular mobile communication are studied. At the calculation the peculiarities of the types of regional terrestrial mobile communication systems are taken into account.*

Mathematical expression for more accurate calculation of the transmitter power, taking into account the cross distortions and other influencing factors is obtained. The radius of the service area in the trunked communication system is graphically determined taking into account the sensitivity of the receiver and the signal attenuation during propagation. An expression for the interconnection between the power providing the required signal-to-interference ratio at the receiving end and the radius of the service area in the CDMA system is found.

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы расчета зоны обслуживания и требуемой мощности передатчиков в сети региональной наземной мобильной связи. Изучены особенности расчета сети транкинговой и сотовой мобильной связи. При расчете учтены особенности видов региональной наземной мобильной связи.*

Получено математическое выражение для уточненного расчета мощности передатчика с учетом переходных помех и других влияющих факторов. Графически определен радиус зоны обслуживания в системе транкинговой связи с учетом чувствительности приемника и затухания сигнала при распространении. Найдено выражение для взаимной связи между мощностью, обеспечивающей требуемое отношение сигнал/помеха в точке приема и радиусом зоны обслуживания в системе CDMA.

Açar sözlər: *regional yerüstü mobul rabitə, xidmət zonası, radiovericinin şüalanma gücü, düz radiogörmə məsafəsi, şəbəkənin tezlik-ərazi planlaşdırılması, Fraunqofer zonası.*

Keywords: *regional terrestrial mobile communication, service area, radiated power of transmitter, distance of direct visibility, frequency-territorial planning of network, Fraunqofer zone.*

Ключевые слова: *региональная наземная мобильная связь, зона обслуживания, излучаемая мощность передатчика, расстояние прямой видимости, частотно-территориальное планирование сети, зона Фраунгофера*

Giriş. Mobil rabitə sistemləri yüksək tələblərə cavab verən, dünyada öz geniş tətbiqini tapmış, sürətlə inkişaf edən ikisəviyyəli rabitə sistemləridir. Radiosəviyyə və ümumi istifadəli telefon şəbəkəsi (ÜİTŞ) kimi uyğun olaraq birinci və ikinci səviyyədən təşkil olunmuş bu rabitə sistemlərində abonent eyni zamanda bir və ya bir neçə abonent ilə rabitə yaradaraq, verilənlər, səs və (və ya) təsvir signallarını mübadilə edə bilir [1, səh. 4, 2, səh. 13-18]. Mobil və baza stansiyalarının hər ikisi həm radioqəbuledicidən, həm də radiovericidən ibarət olur. Çox zaman onlar oxşar sxem üzrə qurulurlar [3, səh. 155-156]. Mobil rabitə sistemləri müxtəlif göstəricilərinə görə siniflşdirilir və həm də nəsillərə bölünürlər. Şəbəkənin strukturuna görə regional yerüstü, qlobal peyk, fərdi radioçağırış tipli mobil rabitə sistemlərini fərqləndirirlər [1, səh. 6-12]. Regional yerüstü mobil rabitə sistemləri trank, şanvari və xətti mobil rabitə sistemlərinə bölünürlər. Burada regional yerüstü mobil rabitənin trank və şanvari növlərinə baxılacaqdır.

Baza stansiyasının (BS-in) xidmət zonası dedikdə, elə ərazi nəzərdə tutulur ki, burada faydalı siqnalın yaratdığı sahə gərginliyi zamanın və ərazinin verilmiş faizi müddətində radioqəbuledicinin məxsusi küylərindən və təsir edən maneələrin səviyyəsindən müəyyən dərəcədə artıq olsun [4, səh. 6-8]. Mobil rabitə şəbəkələri planlaşdırılan zaman müxtəlif faktorlar, o cümlədən mobil rabitənin tipi, radiodalğaların yayılma şəraiti və s. nəzərə alınır. Tezlik-ərazi planlaşdırılması radioqəbuledicinin həssaslığı, düz radiogörmə məsafəsi, siqnalın yayılma zamanı sönməsi və s. kimi faktorların hesablanmasına əsaslanır [2, səh. 267-271, 5, səh.145-147]. Həm də sistemdə təmin olunacaq maneədayanıqlığı digər prametrlərin də tələb olunan qiymətlərinə ciddi təsir edir. Ona

görə də hər hansı tip mobil rabitə şəbəkəsinin tezlik-ərazi planlaşdırılmasının əsas prinsiplərinin araşdırılması və müqayisəsi elmi-texniki maraq doğurur.

Məqalənin məqsədi trank və CDMA (Code Division Multiple Access – Koda görə bölünmüş çoxstansiyalı giriş) tipli şanvari mobl rabitə şəbəkələrinin tezlik-ərazi planlaşdırılmasının əsas prinsiplərinin təhlili və müqayisəli analizidir.

Şəbəkənin planlaşdırılması zamanı nəzərə alınan əsas faktorlar. Yerüstü mobil rabitə sistemlərinin işlədiyi tezlik diapazonunda etibarlı qəbul zonası olaraq səthi dalğaların düz radiogörmə məsafəsində yaratdığı sahə gərginliyinin minimal tələb olunan qiymətinin təmin olunduğu zona nəzərdə tutulur. Düz radiogörmə məsafəsindən daha uzaqda səthi dalğaların yayılması kəskin pisləşir. Düz radiogörmənin hesablanması zamanı Yerin sivriliyi, atmosferin refraksiyası, verici və qəbuledici antennaların ekvivalent hündürlükləri nəzərə alınmalıdır. Həmin məsafəni aşağıdakı ifadə ilə hesablamaq olar [4, səh. 14]:

$$R_d = 4{,}1\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right),\ \text{km}, \tag{1}$$

burada h_1 və h_2 – uyğun olaraq verici və qəbuledici antennaların m-lə olan hündürlükləridir.

Yerüstü şanvari mobil rabitə şəbəkələrində qonşu klasterlər arasında məsafə klasterdəki kanalların sayından asılı olur. Klasterlər arasında minimal məsafə aşağıdakı məlum ifadə ilə tapılır [6, səh.16]:

$$R_{min} = R_s\sqrt{3N}\ , \tag{2}$$

burada N – klasterdəki kanalların sayı, R_s – sotun radiusudur.

Sahə gərginliyinin minimal tələb olunan qiyməti müxtəlif sistemlər üçün ədəbiyyatlarda verilmişdir. Məs., TETRA (Terrestrial Trunked Radio – Yerüstü trank radiosu) sistemi üçün olan standartda statik və dinamiki rejimdə BS və abonent stansiyalarının (AS-in) radioqəbuledicilərinin həssaslıqları ayrı-ayrılıqda dBm-lə verilmişdir [7, səh.2]. Bu parametrlərin qiymətlərindən şəbəkənin qurulması zamanı istifadə edirlər.

Sistem ilkin olaraq seçildikdən sora onun parametrləri, yəni bu sistemi əks etdirən hər hansı variant qiymətləndirilə bilər. Əgər əvvəlki verilənlər çoxluğu analiz olunduqdan sonra sonrakı parametrlər həmişə dəqiqləşdirilir və düzəldilirsə, onda planlaşdırma prosesi iterativ adlanır [8, səh. 579]. Trank mobil rabitə şəbəkəsinin planlaşdırılması iterativ xarakter daşıyır və aşağıdakı üç faza üzrə yerinə yetirilə bilər: 1. İlkin qiymətləndirmə. 2. Daha dəqiq qiymətləndirmə. 3. Kommersiya və istismar faktorlarının qiymətləndirilməsi.

Bu şəbəkənin tezlik-ərazi planlaşdırılması mərhələlər üzrə aşağıdakı ardıcıllıqla həyata keçirilə bilər. Əvvəlcə xidmət zonası üzrə tələb olunan güc seli sıxlığının (və ya gücə görə siqnal/küy nisbətinin $w_{s/k}$) buraxıla bilən qiyməti hesablanır [2, səh. 245]:

$$w_{s/k} = P_s(R) - P_k\ , \qquad \text{dB}, \tag{3}$$

burada $P_s(R) - R$ məsafəsində siqnalın faydalı gücü, dB; P_k – küylərin gücüdür, dB.

Bundan sonra maneələrin gücü, yəni interferensiya məsələləri öz həllini tapmalıdır. Yürüstü mobil rabitə sistemlərində sistemdaxili maneələrin təsiri böyük olur. Qonşu klasterlərin BS-lərinin bu klasterdə yaratdığı maneələr sistemdaxili interferensiyalara yol açır. CDMA sistemində bütün abonentlər eyni tezlik zolağında işlədiyindən, bir abonentin faydalı siqnalı digər abonent üçün maneə sayılır [3, səh. 147, 9, səh. 1788, 10, səh. 550-556]. Ona görə də siqnal/sistemdaxili maneələr nisbəti tapılır [2, səh. 266]:

$$w_{S/I} = P_{s0} - P_{m0}\ , \qquad \text{dB}, \tag{4}$$

burada P_{s0} və P_{m0} – uyğun olaraq siqnalın və maneənin güclərinin median (və ya orta) qiymətləridir.

Daha sonra trafik problemi, yəni tələb olunan telefon yükünün təmin olunması imkanı həll olunmalıdır.

BS-in xidmət zonasında etibarlı qəbul. Qəbul məntəqəsində yaradılan faydalı sahə gərginliyi BS-in radiovericisinin gücü və radiodalğaların yayılması zamanı baş verən sönmələrin səviyyəsi ilə müəyyən olunur. Sahə gərginliyinin qiymətini hesablamaq üçün radiovericisinin effektiv şüalanma gücünü təyin edirlər. BS-in *i*-ci kanalının radiovericisinin 1 Vt-a nəzərən dB ilə ifadə olunan effektiv şüalanma gücü belə tapıla bilər [4, səh. 10, 11, səh.40]:

$$P_{i0} = P_i + G_A + \eta_k, \quad \text{dBVt}, \tag{5}$$

burada P_i – *i*-ci kanalının radiovericisinin 1 Vt-a nəzərən dB ilə gücü, G_A – verici antennanın yarımdalğa vibratoruna nəzərən dB ilə ifadə olunmuş gücə görə gücləndirmə əmsalı, η_k – fiderin dB ilə gücü ötürmə əmsalıdır.

Lakin qeyd olunmalıdır ki, radiovericinin gücünün bir hissəsi faydalı olmayan məhsullara sərf olunur. Məs., genişzolaqlı siqnalların gücləndirilməsi zamanı AM-AM (amplitud-amplitud) və AM-FM (amplitud-faz) keçidləri kimi qeyri-xətti təhriflər yaranır [12, səh. 330, 13, səh. 214]. Ona görə də radiovericinin gücünün hesablanması zamanı bu itkilər nəzərə alınmalıdır.

Radiodalğaların yayılması zamanı baş verən sönmələrin səviyyəsinin təyin olunması üçün müxtəlif modellərdən istifadə edirlər. Mobil rabitənin işlədiyi tezlik diapazonu üçün EUROCOST (Avropa Elmi və TexnikiTədqiqatlar Birliyi) modeli Okamura modeli, Okamura-Xata modeli, Li modeli və ya faydalı siqnalın gücünün məsafənin *n*-ci dərəcəsindən (burada *n* – sönmə parametridir) asılı olaraq tərs mütənasib qanunla azaldığı model xarakterik hesab olunur [6, səh.15]. Bu modellərdən hər hansı birini tətbiq etsək, onda qəbul məntəqəsində gücün qiymətini belə ifadə edə bilərik [2, səh. 207]:

$$P_q = P_{i0} - L_{s0}, \quad \text{dB}, \tag{6}$$

burada L_{0s} – siqnalın gücünün yayılma trassında dB ilə ifadə olunan sönməsidir.

Radioqəbuledicinin girişində lazımi güc təmin olunmalıdır. Qəbuledicinin girişində tələb olunan güc müxtəlif amillərdən asılı olur. Həmin güc rəqəmli sistemlər üçün, məs., aşağıdakı məlum ifadə ilə təyin oluna bilər [14, səh.55]:

$$P_t = h_b^2 T_k k / \tau_s, \tag{7}$$

burada $h_b^2 = E_b / N_0$ – energetiki parametr, E_b – bitin enerjisi, N_0 – küyün intensivliyi, T_k – küy temperaturu, $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} C/K$ – Bolsman sabiti, τ_s – kanal siqnalının davametmə müddətidir.

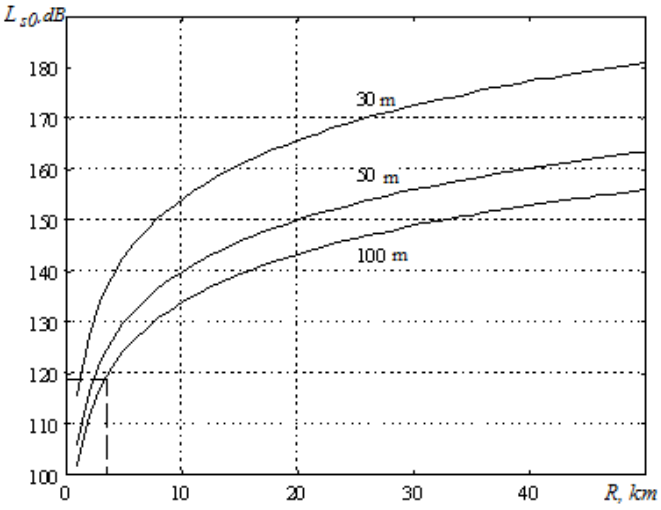
Trank tipli yerüstü mobil rabitə sistemində şəbəkənin tezlik-ərazi planlaşdırılması zamanı həm AS-in, həm də BS-in radioqəbuledicilərinin həssaslığının müxtəlif qəbul şərtləri üçün standartlarda göstərilmiş qiymətlərindən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Radiosiqnalların yayılma şərtlərindən asılı olaraq statik və dinamiki qəbul şəraitində nitq siqnallarının qəbulu üçün bu həssaslıq -103...-115 dBm arasında olur, həm də statik rejim öz yüksək həssaslığı ilə fərqlənir (BS-in qəbuledicisi üçün bu həssaslıq -115 dBm-dir) [7, səh.2]. Şəbəkənin qurulması zamanı relyef də nəzərə alınmalıdır. Məs., Azərbaycan İnşaat Mühəndisləri Universitetinin binası üzərində olan trank rabitəsi BS-inin xidmət zonasının radiusu hesablandıqda ərazinin "kvazihamar" olması, sıx şəhər tikintilərindən ibarət olması nəzərə alınmalıdır. Bu halda TETRA standartında Bux modelindən istifadə olunur.

Dinamiki rejimdə AS-in radioqəbuledicisinin həssaslığını -103dBm qəbul edək. Verici antennanın ekvivalent hündürlüyünün 94 m olduğunu hesablayırıq (bu zaman antennanın yerləşdiyi

yerin elektron xəritədən tapılmış dəniz səviyyəsindən hündürlüyünü, ətraf ərazinin qeyri-hamar olmasını və antennanın öz hündürlüyünü nəzərə alaraq, məlum üsulla ekvivalent hündürlüyü hesablayırıq).

BS-in radiovericisinin gücünün P_i = 20 Vt = 13 dBVt, η_k = - 0,15 dB, G_A = 3 dB olduğunu bilərək, şüalanma gücünü hesablayırıq: P_{i0} = 15,85 dBVt. Xidmət zonasında ən azı radioqəbuledicinin həssaslığına P_{0A} bərabər güc təmin olunmalıdır: $P_q = P_{0A}$. Onda (6) ifadəsindən itkiləri hesablayırıq: $L_{s0} = P_{i0} - P_{0A}$ = 15,85+103= 118,85 dB.

Ədəbiyyatlarda siqnalın fəzada yayılması zamanı baş verən sönmələrin məsafədən asılılıq qarfikləri verilmişdir. Baxılan şərtlər üçün verilmiş asılılıqdan istifadə edək [7, səh. 2].



Şəkil. *Şəhər yerlərində sıx tikinti olan ərazilərdə "kvazihamar" relyef üçün radiodalğaların yayılma zamanı məsafədən asılı olaraq sönməsi qrafiki*

Şəkildən aydın olur ki, verilmiş şərtlər daxilində xidmət zonasının radiusu: $R_x \approx$ 3,5 км. Aydındır ki, bu məsafə düz radiogörmə məsafəsindən kiçikdir.

Lakin daha böyük radiusa malik xidmət zonasının hesablanması zamanı digər modeldən istifadə olunması daha dəqiq nəticələr almağa imkan verir. Belə ki, uzaq zonanın "başlanğıcı" sayılan R_0 məsafəsində L_0 güc itkisi nəzərə alınmaqla R məsafəsində siqnalın gücü belə hesablana bilər [6, səh.15]:

$$P_q(R) = P_{i0} - L_0 - 10n_1 \, lg(R / R_0). \qquad (7a)$$

Burada n =2...5 – şəhər şəraitində elektromaqnit dalğalarının yayılması zamanı orta sönmə əmsalıdır. R_0 məsafəsi (Fraunqofer zonasının sərhəddi) aşağıdakı şərtlərdən tapılır: $\lambda < R_0$ və $2D^2 / \lambda < R_0$. Burada D – verici antennanın maksimal xətti ölçüsüdür.

Lakin müxtəlif maneələrin və əksolunmaların təsiri, radiodalğaların yayılma şəraitinin dəyişməsi nəticəsində $P_q(R)$ gücü təsadüfi xarakter daşıyır və bunu nəzərə alaraq (7a) ifadəsini belə yazırıq:

$$P_q(R) = P_{i0} - L_0 - 10n_1 \, lg(R / R_0) + P(\sigma). \qquad (7b)$$

Burada $P(\sigma)$ – gücün təsadüfi dəyişən hissəsidir.

Regional yerüstü şanvari mobil rabitədə CDMA tətbiq olunduqda qəbul məntəqəsində tələb olunan gücün qiyməti aşağıdakı ifadə ilə hesablanır [15, səh. 9, 16, səh.18]:

$$P_t = P_{OA} + \frac{1}{2}\left[10 \, lg(\gamma f_{ks} / r) - w_t + 1\right], \quad \text{dBVt}, \qquad (8)$$

burada w_t – qəbuledicinin girişində gücə görə tələb olunan siqnal/küy nisbəti, dB; P_{OA} – radioqəbuleicinin həssaslığı, dBVt; r – simvolların veriliş sürəti, f_{ks} – küyəoxşar siqnalın

spektrinin enidir. γ – sabit əmsal olub, siqnalın radioqəbuledicidə işlənmə xüsusiyyətini xarakterizə edir. Bu ifadədəki 1 rəqəmi siqnal/küy nisbətinin buraxıla bilən qiymətinin 1 dB azaltmaq imkanını göstərir.

Tutaq ki, CDMA-nın tətbiq olunduğu yerüstü mobil rabitədə qəbul məntəqəsində tələb olunan güc təmin olunmuşdur $P_q = P_t$. Şüalanan gücün məsafənin *n*-ci dərəcəsindən asılı olaraq tərs mütənasib qanunla azaldığı modeli tətbiq edərək, qəbul məntəqəsindəki gücü hesablaya bilərik [6, səh.15]:

$$P_q = P_{i0} A R_i^{-n}, \tag{9}$$

burada R_i – *i*-ci qəbuledicidən BS-ə qədər olan məsafə, A – sabit əmsaldır.

(9) ifadəsini dB ilə ifadə etmək üçün hər iki tərəfi 10-a vurub loqarifmləsək və nəticəni (8)-də nəzərə alsaq taparıq:

$$P_{i0} = P_{OA} + \frac{1}{2}\left[10\,lg(\gamma f_{ks} / r) - w_t + 1\right] - 10\,lg\,A + 10n\,lg\,R_i, \quad \text{dBVt}, \tag{10}$$

(5) ifadəsini (10)-da nəzərə alaraq radiovericidən tələb olunan faydalı gücü hesablaya bilərik

$$P_i = P_{OA} + \frac{1}{2}\left[10\,lg(\gamma f_{ks} / r) - w_t + 1\right] - G_A - \eta_k - 10\,lg\,A + 10n\,lg\,R_i, \text{ dBVt} \tag{11}$$

Lakin CDMA sistemində küyəoxşar siqnallardan istifadə olunur ki, onların spektrinin eni geniş olur. Belə siqnalların gücləndirilməsi həmişə AM-AM və AM-FM tipli keçid maneələri ilə müşaiyət olunur, yəni hasil olunan gücün bir hissəsi keçid maneələrinə sərf olunur [13, səh. 361-364]. Ona görə də radiovericinin hasil etdiyi güc $P_{\Sigma i}$ tələb olunan P_i gücündən artıq olmalıdır. Ədəbiyyatlarda AM-AM və AM-FM keçid maneələrinin gücü təyin olunmuşdur. Bu zaman radiovericinin hasil etdiyi cəm güc [11, səh.41]:

$$P_{\Sigma i} = P_i\left(1 + \frac{1}{4}b^2 P_i^2 + \frac{9}{64}b_3^2 P_i^2\right). \tag{12}$$

Burada

$$P_{AM-AM} = \frac{9}{64}b_3^2 P_i^3 \tag{13}$$

AM-AM maneələrinin gücü,

$$P_{AM-FM} = \frac{1}{4}b^2 P_i^3 \tag{14}$$

AM-FM maneələrinin gücü, b_3 – polinomun kub həddinin əmsalı, b – AM-FM keçid maneələrinin səviyyəsini göstərən əmsaldır.

Gücü dBVt-la ifadə etmək üçün (12) ifadəsinin hər iki tərəfini loqarifmləyərək 10-a vururuq:

$$P_{\Sigma i} = P_i + 10lg\left(1 + \frac{1}{4}b^2 P_i^2 + \frac{9}{64}b_3^2 P_i^2\right). \tag{15}$$

Burada $P_{\Sigma i}$ və P_i gücləri dBVt-la ifadə olunmuşdur.

(15)-dən (11) ifadəsində istifadə etsək alarıq:

$$P_{\Sigma i} - 10lg\left(1+\frac{1}{4}b^2P_i^2+\frac{9}{64}b_3^2P_i^2\right)= \\ = P_{OA}+\frac{1}{2}\left[10lg(\gamma f_{ks}/R)-w_t+1\right]-G_A-\eta_k-10lg\,A+10n\,lg\,R_i \quad (16)$$

Aydındır ki, bu ifadədə əmsalları ilə verilmiş P_i^2 gücü faydalı güc kimi istifadə oluna bilməz. Lakin radiovericinin gücü radioqəbuledicinin verilmiş həssaslığında gücə görə tələb olunan siqnal/maneə nisbətinin (və deməli, maneədayanıqlığının) təmin olunması üçün tələb olunan gücdən artıq olmalıdır. Həm də hesablamalar göstərir ki, həmin keçid maneələrinin gücü aktiv elementin xarakteristikasının qeyri-xəttiliyindən asılı olaraq müəyyən səviyyədə, hətta 20% ola bilər [17, səh. 1890].

Nəticə. Mobil rabitə şəbəkələri planlaşdırılan zaman mobil rabitənin tipi, radioqəbuledicinin həssaslığı, düz radiogörmə məsafəsi, siqnalın yayılma zamanı sönməsi kimi faktorlar əsas götürülür. Sistemdə təmin olunacaq maneədayanıqlığı digər prametrlərin qiymətinə ciddi təsir edir.

Regional yerüstü mobil rabitə şəbəkələrinin planlaşdırılmasında radiodalğaların yayılması zamanı baş verən sönmələrin səviyyəsinin təyin olunması üçün müxtəlif modellərdən istifadə oluna bilər.

CDMA-nin tətbiq olunduğu şanvari mobil rabitə sistemində küyəoxşar siqnallardan istifadə olunur ki, onların spektrinin eni geniş olur. Belə siqnalların gücləndirilməsi həmişə AM-AM və AM-FM tipli keçid maneələri ilə müşaiyət olunur və ona görə də radiovericinin hasil etdiyi güc tələb olunan gücdən artıq olmalıdır.

Məqalədə ilk dəfə olaraq AM-AM və AM-FM tipli keçid maneələri nəzərə alınmaqla radiovericidən tələb olunan gücün hesablanması üçün ifadə çıxarılmışdır. Alınmış nəticələr 3-cü nəsil GSM tipli yerüstü mobil rabitə şəbəkələrinin planlaşdırılması zamanı istifadə oluna bilər.

Литература

1. Мухин, А.М. Энциклопедия мобильной связи/ А.М. Мухин, Л.С. Чайников, -СПб: Наука и техника, -т. 1. –2001. -240 с.
2. Маковаева, М.М. Системы связи с подвижными объектами/ М.М. Маковаева, Ю.С. Шинаков, –М.: Радио и связь, -2002. - 440 с.
3. Берлин, А.Н. Цифровые сотовые системы связи/ А.Н. Берлин. –М.: Эко-Трендз, -2007. -296 с.
4. Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания: Справочник/ М.Г. Локшин, А.А. Шур, А.В. Кокорев [и др.]. – М.: Радио и связь, -1988. -144 с.
5. Мамедов, И.Р. Уточнение территориального разноса ТВ станций с учетом быстрых замираний сигнала в канале ТВ вещания/ И.Р. Мамедов, И.Д. Ахадов// Метрология и измерительная техника в связи, -2005. № 6, -с.145-149.
6. Апорович, А.Ф. Адаптация по энергетическим параметрам в системах сотовой связи / А.Ф. Апорович, М.Б. Березка, Г.Н. Демидович// Электросвязь, -2001. №11, -с. 14-17.
7. http://www.sagatelecom.ru/encyclopedia/protocol/detail.
8. Телевидение/ Под ред. В.Е. Джаконии. – М.: Горячая Линия-Телеком, -2007. -616 с.
9. Shimon Moshavi, Daniel Yellin, John S. Sadowsky, Yoni Perets, Kobby Pick. Pilot Interference Cancellation Technology for CDMA Cellular Networks// IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 54, No. 5, September, -2005, -p. 1781-1792
10. Галькин, В.А. Цифровая мобильная связь/ В.А. Галькин. –М.: Горячая линия-Телеком, -2012. -592 с.
11. Мамедов, И.Р. Расчет требуемой мощности передатчика базовой станции мобильной связи / И.Р. Мамедов, М.А. Велиев, Н.Т. Керимов// Научн. Труды Азерб. Государственной Морской Академии, -2008. №7, -с. 40-42.

12. Мамедов, И.Р., Эфендиев, И.Д. Вопросы определения мощности искажения типа АМ-АМ переходов // Труды 19-й Международной НТК «Современные телевидение и радиоэлектроника», -Москва: -2011, -с. 329-332.
13. Варакин, Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами/ Л.Е. Варакин. –М.: Радио и связь, -1985. -384 с.
14. Мамедов, И.Р. Особенности применения многоканального ТВ в г. Баку и на Апшеронском полуострове/ И.Р. Мамедов, И.Д. Эфендиев// Электросвязь, -2016. №12, -с. 57-61.
15. Шинаков, Ю.С. Управление мощностью в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов // Электросвязь, -2001. № 2, -с.8-11.
16. Мамедов, И.Р. Выбор и управление мощностью абонентского передатчика в интерактивном телевидении с интеграцией служб // Электросвязь, -2008. №1, -с. 34-36.
17. Sanches-Garsia J., Smith D. Capture Probability in Rician Fading Channels With Power Control in the Transmitters// IEEE trans. On Communications, -2002. v.50, No 12, -p.1889 - 1891.

Məqalə qəbul olunub: 01.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

УДК 681.513

МЕТОД ОТБОРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

[1]Павленко М.А., [1]Тристан А.В., [1]Осиевский С.В., [1]Борозинец И.А., [2]Бердник П.Г.

[1]Харьковский национальный университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба
г. Харьков, ул. Сумская, 77/79
[2] Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина
г. Харьков, пл. Свободы, 4
E-mail: bpgpma@ukr.net, bpgpma@gmail.com

Аннотация. *В статье предложен метод формирования информационных признаков информационной модели конфликтных ситуаций, который предназначен для решения задач проектирования системы информационного обеспечения процессов принятия решений оператором при управлении сложными динамическими системами.*

Abstract. *The article proposes a method for the formation of information signs of the information model of conflict situations, which is designed to solve the problems of designing a system of information support for decision-making processes by the operator when managing complex dynamic systems.*

Xülasə. *Məqalədə mürəkkəb dinamik sistemləri idarə edərkən operator tərəfindən qərar qəbul etmə proseslərinə informasiya dəstəyi sisteminin layihələndirilməsi problemlərini həll etmək üçün nəzərdə tutlmuş müqayisəli vəziyyətlərin informasiya modelinin informasiya əlamətlərinin formalaşdırılması metodu təklif olunur.*

Ключевые слова: *информационная модель, интеллектуальная деятельность оператора, процесс принятия решения, системы управления, контроль, динамические объекты*

Key words: *information model, intellectual activity of the operator, decision-making process, control systems, control, dynamic objects*

Açar sözlər: *məlumat modeli, operatorun intellektual fəaliyyəti, qərar qəbuletmə prosesi, idarəetmə sistemləri, nəzarət, dinamik obyektlər*

Введение. Анализ процессов принятия решения в автоматизированных системах управления (АСУ) [1] показывает, что деятельность оператора имеет явно выраженный информационный характер. До 90% времени оператор расходует на выполнение операций, непосредственно связанных с информационной моделью сложившейся обстановки. Такую деятельность во многих работах, например, [2, 3, 4], обычно называют информационной или деятельностью оператора с информационной моделью. Для такой деятельности характерна прямая зависимость «качество ИМ – эффективность деятельности оператора».

Результаты анализа работ в предметной области «информационное обеспечение деятельности оператора» [2, 3, 4 и др.] позволяют сформулировать положение, которое можно считать определяющим при проектировании системы информационного обеспечения (СИО). Информационные модели и их фрагменты должны обеспечивать не только эффективный поиск и восприятие сведений о проблемной ситуации, но и формирование оперативного образа этой ситуации в сознании оператора, т.е. ее концептуальной модели.

Реализацию этого положения на практике можно обеспечить, если при проектировании ИМ в полной мере учесть основные эргономические принципы [2, 3, 5]: принцип адекватности ИМ; принцип структурирования; принцип оптимального объема информации; принцип оптимального кодирования; принцип наглядности; принцип выделения конфликтных ситуаций.

Следует отметить, что принципы адекватности ИМ, структурирования и оптимального объема информации определяют требования к содержанию фрагментов и системы моделей в целом. Содержание ИМ определяется множеством информационных признаков (ИП), содержащихся в ИМ. Таким образом, задача формирования множества информационных признаков, обеспечивающих решение всех частных задач, стоящих перед оператором, является актуальной.

Основная часть. В интересах систематизации процесса формирования ИП классифицируем их по функциональному признаку, т.е. по их назначению в информационной деятельности оператора. Все ИП разделим на следующие группы [5]:

1. Определяющие ИП ($П^{О}$) характеризуют наиболее важные свойства оцениваемой ситуации или ее элементов.

2. Дополнительные ИП ($П^{Д}$) характеризуют детали свойств оцениваемой ситуации или ее элементов. Использование этих ИП способствует повышению надежности решения частных задач.

3. Вспомогательные ИП ($П^{В}$) характеризуют статичные элементы ИМ, которые служат опорой при поиске и восприятии отображаемой информации. Такие признаки используются практически во всех ИМ.

Анализ возможных методов формирования ИП, имеющих различное функциональное назначение, показывает, что методы формирования $П^{О}$ и $П^{В}$ имеют много общего.

Дополнительные ИП имеют большой вес при принятии решений на основных этапах разрешения КС. Содержание $П^{Д}$ во многом определяет конкретная мыслительная деятельность оператора при решении задач.

Поэтому выделим две частные задачи, которые необходимо решить для формирования ИП:

1. Формирование определяющих и вспомогательных ИП – $П^{О}$ и $П^{В}$;

2. Формирование дополнительных ИП – $П^{Д}$

Тогда множество ИП, используемых оператором для решения i-й задачи, составит

$$П_i = (П_i^{О}, П_i^{Д}, П_i^{В}).$$

Определяющие ИП это такие, которые характеризуют основные, наиболее существенные свойства ситуации. По этим признакам судят о принадлежности ситуации к определенному классу.

Тогда рассматриваемую задачу можно сформулировать так: для формирования определяющих ИП выбрать такие, которые необходимы и достаточны для эффективного решения i-й задачи. Формально в упрощенном варианте эту задачу можно представить так:

$$\Pi_i^O = \text{opt} \bigcup_{j \in \Omega_i} \hat{} \ , \ \pi_j^O \in \Pi^O, (i = 1, 2, \dots , m; j = 1, 2, \dots, ni), \quad (1)$$

где π_j^O – j-й определяющий признак; Ω_i - область признаков, относящихся к i-той задаче. Здесь принцип оптимизации сводится к минимизации количества признаков, относящихся к i-й задаче при выполнении условий: $O \le O_З$, $P \ge P_З$.

Формирование Π_i^O целесообразно выполнять по результатам решения задачи распознавания КС, выбирая ИП описывающие i-й класс КС.

$$\Pi_i^O = \bigcup_j \hat{} \ , \ \pi_{ij}^O \in \Pi^O, \quad (2)$$

где π_{ij}^O – j-й признак, описывающий i-й класс КС; Π^O – множество основных ИП, которые использовались для классификации КС.

Восприятие и оценка обстановки практически всегда связана со статичной информацией. Такие признаки, называемые вспомогательными (Π^B), служат фоном для отображения данных об обстановке. Вместе с этим многие из таких ИП в конкретных ситуациях оценки обстановки имеют далеко не второстепенное место. Они являются опорными признаками для принятия решений при динамично изменяющейся обстановке. Такие признаки также необходимо формировать, так как ИП, не относящиеся к решаемой задаче, отвлекают внимание оператора, являются помехой.

В общем виде рассматриваемая задача формулируется по аналогии с определяющими ИП.

В такой постановке точные методы решения задачи не применимы. Поэтому для отбора Π_i^B обычно используют метод экспертных оценок [6].

Если определяющие ИП характеризуют сложившуюся ситуацию в целом, то дополнительные признаки ($\Pi^Д$) характеризуют ситуацию в деталях, отражая ее особенности. Использование этих ИП в процессе анализа ситуации дает возможность разрешить конфликт, т.е. снять неопределенность в отношении этой ситуации.

Из всех этапов рассматриваемой деятельности оператора наиболее сложным является заключительный этап – собственно разрешение КС. Этот этап насыщен мыслительной деятельностью оператора, здесь в полной мере проявляются его знания, умения, опыт, интуиция.

Фактически $\Pi^Д$ содержит информацию, являющуюся основой для достижения цели интеллектуальной деятельности оператора. Поэтому обязательными элементами модели интеллектуальной деятельности оператора должны быть операции, связанные с анализом информации, содержащейся в $\pi_j^Д \in \Pi^Д$.

При предположении, что общее множество $П^{Д}$ известно, можно представить модель интеллектуальной деятельности оператора. Далее, решая обратную задачу, можно установить те $\pi_j^{Д}$, которые необходимы оператору для достижения цели.

Таким образом, метод формирования дополнительных ИП можно представить двумя составляющими:

1 Разработка модели интеллектуальной деятельности оператора (МИД).

2 Разработка метода формирования дополнительных ИП.

Модель интеллектуальной деятельности оператора.

При принятии решения оператор руководствуется принципом причинно-следственной связи между исходными данными и искомым результатом. Поэтому связи между ИП и принимаемым решением R могут быть описаны на естественном языке, а затем формализованы в виде совокупности логических высказываний типа «ЕСЛИ … ТО … ИНАЧЕ».

Для представления такого рода знаний обычно используется модель данных основанная на продукциях [7]. Знания в таких системах представляются в виде правил (продукций) «ЕСЛИ (условие) – ТО (выражение)». В качестве данных используются ИП.

Продукционные модели можно описать с помощью двух составляющих ее основных компонент:

1) набор правил (база знаний или база правил);

2) механизм логического вывода.

Вывод на такой базе знаний чаще всего бывает прямой (от исходных данных к искомой цели) или обратный (от цели – к данным, ее подтверждающим).

Данные – это исходные факты, которые хранятся в базе данных. Механизм логического вывода просматривает существующие данные и правила в базе знаний, а также осуществляет добавление новых данных.

Правила выполняются, если находятся факты, которые удовлетворяют их левой части – условию.

В общем случае, продукция – это тройка, которая имеет следующий вид:

< имя продукции >

< условие > (α)

< выражение > (β)

Символически продукции еще записывают так:

Если (α) то (β) или (α) $\rightarrow$ (β). (1)

Условия α могут принимать значения «Истина» (T) или «Ложь» (F) $\alpha = \{T, F\}$.

В качестве α могут выступать сложные выражения, построенные на операциях конъюнкции и дизъюнкции

$$\alpha_1 \vee \alpha_2 \rightarrow \beta,$$
$$\alpha_1 \wedge \alpha_2 \rightarrow \beta.$$

Продукционную систему в общем виде можно представить так:

$$F = (П, R, P)$$

где $П$ – множество данных, описывающих условия α; R – множество целей и подцелей системы; P – множество продукций.

Порядок формирования МИД рассмотрим подробнее.

Целью работы оператора на этапе разрешения КС является приведение системы к состоянию «КС разрешена». Обозначим эту цель r. Тогда множество глобальных целей системы будет состоять из одного элемента

$$R = \{r\}.$$

Прежде всего, необходимо сформировать множество логических высказываний типа «ЕСЛИ … ТО … ИНАЧЕ», используемых оператором для достижения r. Например: «Если воздушная обстановка простая и отклонение координат воздушных объектов незначительно, то КС может быть разрешена командой «Отождествить ВО» с пульта оператора». Полученное множество обозначим

$$V = \{v_1,\ldots, v_n\}.$$

Из полученных высказываний строится множество исходных фактов

$$A = \{\alpha_1,\ldots, \alpha_m\}$$

Каждому такому факту соответствует множество ИП, на основании которых оператор принимает решение о выполнении условия. Тогда

$$\alpha_i = \bigcup_j \quad , \ \pi_{ij} \in \Pi \ .$$

Такое описание исходных фактов с помощью ИП выполняется также экспертами. На основании полученных признаков формируется базовое множество ИП

$$\Pi = \{\pi_1,\ldots,\pi_k\}.$$

При большом количестве параметров (исходных фактов) построение системы высказываний о причинно-следственных связях «параметр – принятие решения» становится затруднительным. В связи с этим целесообразно ввести ряд промежуточных целей, обобщающих исходные параметры и уменьшающих разрядность задачи. Из них формируется множество промежуточных целей

$$B = \{\beta_1,\ldots, \beta_l\}.$$

Сформированные множества A и B являются подцелями системы (A является подцелью по отношению к множеству ИП П). Следовательно, объединение этих множеств пополнит множество R

$$R = \{r, A, B\}.$$

С помощью множества высказываний, а также сформированных наборов R и П строим формируется набор правил

$$P = \{p_1,\ldots, p_t\}.$$

Формирование дополнительных ИП на основе модели интеллектуальной деятельности

В результате разработки модели интеллектуальной деятельности сформировано множество ИП $П^{Д}$. Однако подобное множество может превышать требования оператора по информации, в связи с тем, что в сложившейся обстановке некоторые ветви модели интеллектуальной деятельности не реализуемы.

Необходимо разработать метод формирования $П_i^Д$ учитывающий возможные пути разрешения КС оператором в рамках МИД.

Для работы с МИД используется механизм логического вывода. Сущность логического вывода заключается в определении значения одной логической переменной в зависимости от заданного набора значений исходных логических переменных [7, 8]. В общем случае существует три стратегии логического вывода: прямой, обратный и двунаправленный логический вывод.

Прямой логический вывод используется, если необходимо получить результат из имеющихся исходных посылок. Для решения поставленной задачи этот метод не применим.

В случае использования обратной стратегии вывод осуществляется от требуемого результата к исходным данным. Этот метод позволяет выделить из общего множества данных, только те, которые необходимы для достижения требуемой цели. С помощью обратной стратегии логического вывода возможно решение задачи.

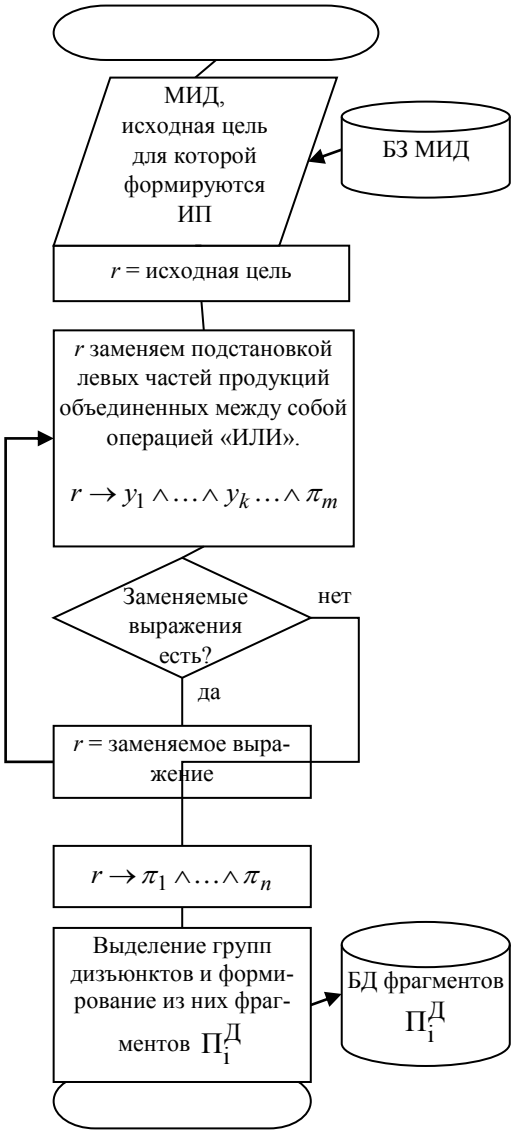


Рис. *Схема формирования* $П_i^Д$

Двунаправленный логический вывод ведется одновременно в прямом и обратном направлениях. Данный метод наиболее сложен в применении и используется только в специфических задачах для ускорения прямого логического вывода. Для решения поставленной задачи этот метод также не применим.

Выводы. Предложенный метод формирования ИП ИМ КС позволяет выполнить формирование ИМ в соответствии со складывающейся обстановкой и с учетом интеллектуальной деятельности оператора при разрешении КС. При этом оператору для принятия решения обеспечивается минимально необходимый набор информации. Метод может быть использован при разработке системы информационного обеспечения деятельности оператора в перспективных системах управления сложными динамическими системами.

Литература

1. Pavlenko, M. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / M. Pavlenko, S. Shilo, I. Borosenets [та ін]// Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. -Полтава: ПНТУ, -2018. Т. 6 (52). -с. 25-29. doi:https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.6.025.
2. Павленко, М. А. Процедура оцінки ступеня небезпеки ситуації обстановки для системи підтримки прийняття рішень в АСУ повітряним рухом / М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець [та ін] // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць, – Полтава: ПНТУ, -2018. 6 (52), -с. 25-29.
3. Павленко, М. А. Напрями розробки інтелектуальних моделей та методів обробки інформації для управління процесом інформаційної підтримки прийняття рішень в автоматизованих системах управління повітряним рухом / М. А. Павленко, S. Shilo, I. Borosenets [та ін] // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць, -Полтава: ПНТУ, -2018. Т. 5 (51), -с. 24-28. doi:https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.5.024.
4. Основи теорії систем та системного аналізу: підручник для слухачів курсантів та студентів вищих навчальних закладів / В.І. Богомья, А.В. Горбань, М.А. Павленко [та ін] за заг. ред. О.М. Тимощук. -Київ: ДУІТ, -2018. -305 с.
5. Математические основы эргономических исследований: монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, Н. Г. Кучук, Д. Н. Обидин, М.А. Павленко, А.В. Петров, В.Н. Руденко, О.И. Тимочко. Кропивницкий: КЛА НАУ,- 2016. -248 с.
6. Данилов, Ю.А. Разработка метода синтеза оптимального алгоритма сопровождения плотных потоков воздушных объектов / Ю.А. Данилов, Д.Н. Обидин, М.А. Павленко [та ін] // Системи управління, навігації та зв'язку, -Полтава.: ПНТУ, -2016. Випуск 1 (37), -с 8-12.
7. Теоретичні основи автоматизації процесів вироблення рішень в системах управління Повітряних Сил: Монографія // Автори: М.А. Павленко, Л.М. Сакович, О.І. Тимочко, С.В. Герасімов, П.Г. Берднік, Г.А. Кучук, В.М. Руденко, В.Г.Чернов, Н.А. Королюк, Г.А. Пухальська К.: ДУТ, -2017. -176 с.
8. Толкаченко, Є. А. Аналіз методів ергономіки для оцінки та розробки автоматизованих робочих місць в АСУ спеціального призначення / Є. А. Толкаченко, М. А. Павленко, П. Г. Берднік [та ін] // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, -2017. № 4, -с. 119-121.

Məqalə qəbul olunub: 24.04.2020
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UDK 657:658

ECOLOGICAL ACCOUNTING IN THE MANAGEMENT OF MARINE TRANSPORT ENTERPRISES IN UKRAINE

Semenova S.

State University of Infrastructure and Technologies
Ukraine, Kyiv, Lukashevicha Street, 19
E-mail: f430@ukr.net

Abstract. *Exacerbation of global environmental problems, climate change, air pollution and water areas require increased environmental standards. At the same time, information on the expenditures on environmental protection is not properly regulated in the accounting and reporting system of maritime transport companies. The introduction of environmental accounting in the overall financial accounting information system allows you to effectively manage the environmental activities of maritime transport enterprises, to carry out information support of the process of managing environmental costs, environmental potential, to ensure the determination of the economic effectiveness of environmental and nature restorative activities, as well as to provide reliable users with reliable information enterprises of maritime transport.*

Xülasə. *Qlobal ekoloji problemlərin, iqlim dəyişikliyinin, havanın və su sahələrinin çirklənməsinin kəskinləşməsi daha sərt ekoloji standartlar tələb edir. Bununla yanaşı, dəniz nəqliyyat müəssisələrinin mühasibat uçotu və hesabat sistemində çəkilən ətraf mühit xərcləri barədə məlumatlar düzgün tənzimlənmir. Ümumi mühasibat uçotu məlumat sistemində ekoloji mühasibat uçotunun tətbiqi dəniz nəqliyyat müəssisələrinin ekoloji fəaliyyətini səmərəli idarə etməyə, ekoloji xərclərin, ekoloji potensialın idarə edilməsi prosesinə informasiya dəstəyi verməyə, ekoloji və bərpa tədbirlərinin iqtisadi səmərəliliyinin təyin olunmasını təmin etməyə, habelə müəssisələrin ətraf mühit komponentləri barədə maraqlı istifadəçilərə etibarlı məlumat verməyə imkan verəcəkdir.*

Аннотация. *Обострение глобальных экологических проблем, изменение климата, загрязнение воздуха и акватории требуют ужесточения экологических норм. Наряду с этим информация о произведенных расходах природоохранного значения должным образом не регламентированы в системе учета и отчетности предприятий морского транспорта. Внедрение экологического учета в общую информационную систему финансового учета позволит эффективно управлять природоохранной деятельностью предприятий морского транспорта, осуществлять информационное сопровождение процесса управления экологическими затратами, экологическим потенциалом, обеспечить определение экономической эффективности природоохранных и восстановительных мероприятий, а также предоставить достоверную информацию заинтересованным пользователям по экологической составляющей деятельности предприятий морского транспорта.*

Key words: *ecology, accounting, ecologic accounting, maritime transport*
Açar sözlər: *ekologiya, mühasibat uçotu, ekoloji mühasibat uçotu, dəniz nəqliyyatı*
Ключевые слова*: экология, учет, экологический учет, морской транспорт*

Introduction. As of January 1, 2020, the IMO Regulation on Environmental Fuel Standards for Ships, namely reducing the sulfur content of fuel oil from 3.5% applied from 2012 to 0.5% [1], which will apply from 2012, will come into force. 2020 This restriction is aimed at improving the environmental situation, as reducing the amount of sulfur oxide during the operation of ships can improve the quality of air in ports and coastal areas, hinder climate change and global warming.

One of the problems of environmental management for maritime transport enterprises is the development and improvement of areas and principles of environmental accounting and control, which include financial and management accounting, environmental reporting and environmental

audit. The accounting records of an enterprise should reflect its relation to the environment and the impact of the costs, risks and obligations arising from environmental activities on the financial status of maritime transport enterprises. In addition, investors need to have information on environmental measures and costs associated with environmental activities to make investment decisions. Environmental issues are also a matter of management: managers need to identify and allocate environmental costs so that transportation products are properly valued and investment decisions are based on real costs and benefits for service efficiency.

The problems of accounting for environmental costs in maritime transport businesses are related to the following aspects:

– the short-term nature of the information generated, while addressing environmental issues is of a long-term nature and usually requires significant investment from shipping companies;

– lack of a comprehensive methodology for reflecting environmental aspects in accounting, requirements and recommendations for the formation and disclosure of this information in the financial statements of the company;

– insufficient regulatory and legal regulation of issues related to information support for environmental protection management, rational use of nature and environmental safety of economic entities.

In today's environment, environmental accounting should be the key to sustainable development and an important aspect of management at maritime transport enterprises, which made the topic of research relevant.

Formulation of the issue. In the conditions of integration and development of the maritime transport market, the economic mechanism of finding maximum profitability requires enterprises to increase their competitiveness. Shipbuilding trends tend to increase the capacity of ships, improve their environmental performance, and ensure the safety of transportation for both freight and passengers, as well as for the natural environment. Exacerbation of global environmental issues, such as climate change, air pollution and water areas, requires increased environmental standards. At the same time, information on the costs incurred for environmental protection is not properly regulated in the system of accounting and reporting of maritime transport enterprises, which requires careful consideration.

According to a number of authors, environmental accounting problems remain unresolved. In the scientific literature, accounting for environmental costs in the financial accounting system are reflected in the works of such scientists as I.V. Zamula [7, 16], N. Malyuga [7], L.A. Sakhno, O. Veklic, L. Gnylytska, T.A. Demina, P.M. Maidanovich, O.I. Malyshkin [6], I.S. Kovova [3] and others. However, standards and accounting rules covering all environmental accounting components and their impact on objective management decisions have not yet been adopted [8-11]. The specifics of the activity of maritime transport enterprises are presented in the works of O.O. Karpenko [2], O.M. Palivoda [2], O.M. Shpyrko [12] and others, however, aspects of environmental accounting remain undisclosed. The purpose of the article is to determine the main aspects of environmental accounting, the necessity and features of its management and the impact on management decisions at maritime transport enterprises in Ukraine.

Analysis of the results achived. Marine navigation consumes mainly the extractive fuels. In 2017 alone, more than 3.5 million barrels of sulfur fuel oil (bunker fuel) are consumed on average per day, causing harmful emissions of sulfur oxide into the atmosphere. Bringing emissions down to 0.5% will significantly reduce environmental pollution. But at the same time, the new regulations require significant changes in the specifications of maritime cargo vessels, especially in the case of the container fleet. Changes to IMO-2020 will inevitably have an impact on the increase in shipping costs, freight rates, the prices paid by shippers and therefore can also have an impact on the cost of goods to consumers.

The marine fuel market is about 300 million tonnes per year, valued at US $ 150 billion [4]. There are three major regions of production and consumption of this fuel: Houston, Northern Eu-

rope and Singapore. In this case, container transportation, whose fleet accounts for 13.4% of the world's fleet [15], consumes about 28% of the world's fuel, of which 4% is high sulfur fuel.

The following fuels and their derivatives are used: heavy - Fuel Oil; more expensive but lighter and with lower sulfur content - Marine Gas Oil (MGO); a mixture of these two fuels - Low Sulfur Fuel Oil. And pure species, LNG and methanol, can also be used [1].

The new IMO-2020 Regulation provides three options, each with its own advantages, disadvantages and difficulties. It:

1) conversion to low-sulfur (MGO) more expensive fuel;

2) mix the fuel independently to obtain the required level, however, it must be equipped with the necessary equipment;

3) use clean fuels (LNG and methanol), but this requires a complete replacement of the engine and is only appropriate for new ships, which therefore challenges the shipbuilding industry.

Only CMA CGM has declared its readiness to equip its fleet with the latest liquefied gas engines. Analysts estimate that the total cost of switching to low sulfur fuels is about $ 12-15 billion [5]. Also considered is the use of special filters (scrubbers) that delay harmful emissions, but require the disposal of appropriate waste, which causes a number of problems, in addition, the installation of filters requires the decommissioning of the ship for several months, the overall filters reduce the cargo space of the ship, the cost within the range of US $ 3-4 million for medium and US $ 5-6 million [4] for large container ships. Moreover, the low environmental performance of such filters limits the prospects for their use - China has already banned the use of open-type scrubbers in its waters.

The implementation of IMO-2020 will have consequences for all parties involved in maritime container shipping:

1) for fuel producers who need to have information on what types of fuel are in greatest demand, how much to produce and at what price they sold;

2) for carriers to bring the fleet into compliance with the new IMO-2020 requirements, to decide on the choice of fuels for different types of ships and flights;

3) for customers who end up paying for it all.

Accounting should provide information on natural resources and the impact of economic activities on them in order to meet the information needs of external and internal users. This function can be implemented by accounting for environmental related objects.

Environmental activity at the enterprise is associated with the relevant costs that directly or indirectly affect the economic performance of the enterprise. The amount of such costs for maritime transport companies is considerable, but today, accounting for environmental costs does not separate them from the total cost. This leads to the lack of reliable accounting data on the size, direction and types of environmental costs of enterprises, which is impossible to do with the existing accounting organization. Depending on the type of activity, environmental costs are operational and investment.

Operating environmental costs arise in the ordinary course of business and are associated with the use and protection of natural resources.

Investment environmental costs are associated with the creation, acquisition, reconstruction, modernization, technical re-equipment, overhaul of environmental protection buildings. That is why the cost of upgrading ships to comply with the new IMO-2020 requirements is an environmental investment cost.

By the nature of the environmental impact, environmental costs are divided into operational costs related to the production of natural resources, their exploitation and recovery, and environmental costs related to environmental protection measures against pollution. Accordingly, the installation of purification filters should be reflected in the accounts of environmental costs.

Synthetic accounting of environmental costs should be formed, taking into account the sectoral features of maritime transport and features of the enterprise itself, its size, subordination, spe-

cialization. The objects of analytical accounting depend on the degree of influence of the enterprise, its activity, on the environment and the directions of ecological activity carried out. The basis for choosing the objects of analytical accounting of environmental costs of the company, it is advisable to put a developed classification detailing each type of costs.

The second component of economic means is the natural resource potential, which contains: land, water, forest resources; atmospheric air; mineral resources and mineral resources; biodiversity. The reduction of natural resources as a result of economic activity is not reflected in accounting. This reveals the problem of the need to improve the display of these resources in the system of national accounts, and, accordingly, to develop a methodology for accounting of natural resources.

In order to generate information about natural resources for the national accounts system, it is necessary to enter them into the accounting objects. Thus, land, water and forest resources, subsoil and mining areas, as well as biological diversity in accounting are recorded in the context of the following economic transactions:

1. Availability and movement of natural resources (if owned by the entity).
2. Rental operations of natural resources.
3. Operations for the protection of natural resources: activities of the enterprise to prevent pollution; the impact of the enterprise's activity on the environment; the activities of the enterprise to eliminate pollution. Atmospheric air differs from other natural resources by the absence of the owner, therefore in accounting it can be reflected only in part of operations on protection of natural resources.

Accounting for non-current assets for environmental purposes has no features compared to accounting for other non-current assets. But for the purpose of management, control, financing and cost accounting, we propose to account for them in separate analytical accounts to the corresponding subaccounts of the accounts of the Accounting Accounts Plan [9]: 10 “Fixed assets” (like Property, plant and equipment [10]), 11 “Other fixed assets”, 12 “Intangible assets”. Depreciation on these assets must be accounted for in the analytical account before subaccounts of account 13 “Depreciation (amortization) of fixed assets”.

Sources of economic formation include environmental liabilities and environmental income.

The concept of "environmental commitments" has not been fully disclosed in legislation and literature. Until now, international and national Ukrainian standards have not developed and recommended accounting standards that include the concept of "environmental commitments". According to the Law of Ukraine “On Accounting and Financial Reporting in Ukraine” [14], liabilities are the arrears of an enterprise that has arisen as a result of past events, and which repayment in the future is expected to result in a decrease in the resources of the enterprise embodying economic benefits. According Standard 11 “Liabilities” [11], liabilities are recognized when they can be measured reliably and there is a likelihood of diminishing economic benefits in the future due to their repayment; there is no interpretation of the concept of "environmental commitments".

Environmental commitments are defined as the environmental impact of an enterprise's interaction with the environment, which can have a material impact on its financial position. Environmental commitments may result from:

- implementation of the main activity (payment for the use of natural resources);
- non-compliance with environmental legislation, which causes compensation for the damage caused (for example, by the pollution of ships by the air from sulfur or water in the port by harmful emissions);
- voluntary action by the company to eliminate adverse environmental impacts, taking into account the concern for its reputation and brand.

There are two types of environmental commitments: conditional and realistic.

Contingent environmental commitments are formed on the basis that in the future the enterprise will be forced to carry out environmental protection activities due to the pollution made today. Such obligations are difficult to calculate. There are a number of reasons for this because of the dif-

ficulty of identifying sources of emissions or discharges and taking remedial action; technological uncertainties that make it difficult to determine the level of pollution and the level of cost associated with corrective action; lack of cost sharing between pollutants; unadjusted environmental legislation. Consequently, contingent environmental liabilities are not reflected in the traditional accounting system. However, they can be taken into account in the strategic management accounting system.

Real environmental liabilities may be reflected in the enterprise accounting system on analytical subaccounts to accounts 64, "Payroll and Payments", 63 "Payments to suppliers and contractors," and 68, "Other Operations."

Environmental income as an object of accounting is less obvious than the probable costs incurred by the owners of equity in the nature of such income. Environmental costs do not coincide with environmental revenues over time, and the gap between these events can be significant. This leads to low interest of enterprises in environmental activities.

Sources of environmental income can be the introduction of non-waste production (the effect of saving raw materials and natural resources), environmentally friendly activity (the effect is formed by pricing). Keeping environmental accounts in a separate account is inappropriate due to the difficulty of identifying them. It is possible to distinguish environmental income in the amount of sales revenue only within the framework of internal accounting (management) within the analytical accounts up to the account 70 "Revenue from sales". Raw material savings can be determined within the analysis of the efficiency of raw material and fuel use. Revenue in this case is defined as the sum of the following components: the cost of the raw material saved, the amount of income from the processing of industrial waste. These revenues can also be allocated only within domestic accounting. Conservation of natural resources is determined at the macro level and affects the health and well-being of the nation.

Eco-friendly business operations are economic processes related to the environmental performance of an enterprise that lead to changes in the company's assets, capital, liabilities and financial results. The accounting of the maritime transport enterprise of all objects providing environmental activities and the results of such activities is carried out through environmental economic operations [13].

As an accounting entity, an environmental effect (profit or loss) is formed by comparing current environmental revenues with current environmental costs. Keeping an environmental impact record in a separate analytical account to account 44 “Retained earnings (uncovered losses)” will allow you to determine the impact of environmental activities on the total financial result, and therefore on the financial position of the enterprise.

Greening of accounting information allows to solve a number of urgent problems, among which to determine the environmental performance of the enterprise, from a comprehensive information point of view to simulate the environmental activity of the economic entity, provide information about the economic and environmental activities of the company, generate environmental information of financial and non-financial nature.

Result. The new IMO-2020 requirements concern the protection of the environment, the reduction of atmospheric pollution and the fight against global warming. Concern for ecology has been a worldwide trend for a long time. And despite the number of obstacles and obstacles that carriers, fleet owners, fuel manufacturers, shipbuilding industry representatives will have to overcome, our planet and people's health are worth the care and protection. The introduction of environmental accounting in the overall financial accounting information system allows you to effectively manage the environmental activities of maritime transport enterprises, to provide information support to the process of managing environmental costs, environmental potential, to ensure the determination of the economic effectiveness of environmental and nature restorative activities, as well as providing reliable information about the user enterprises of maritime transport.

Literature

1. IMO 2020 - prospects for the shipping industry and oil refineries. *MODCON*. URL: https://modcon.ru/applications/судоходство-и-морские-перевозки/имо-2020-перспективы-судоходной-отрасл/ [in Russian]
2. Karpenko, O.O. Palyvoda, O.M. Bondar, N.M. (2018). *Modeling the integral performance of transport and logistics clusters. Scientific bulletin Polesie.* No. 1 (13). 155-160 pp. [in EU]
3. Kovova, I., Malyshkin, O. (Ukraine), Vicen, V. (Slovakia), Shulyarenko, S., Semenova, S., Shpyrko, O. (Ukraine) (2018). V*alue Added Tax: Effectiveness and Legal Regulation in Ukraine and the European Union.* Economic Annals-XXI, Volume 171, Issue 5-6, Pages 4-14, October 03, 2018 doi: 10.21003/ea.V171-01 [in Ukrainian]
4. Kuzmenko, A. (2019). How will the new IMO requirements affect carrier policy? *Ports of Ukraine*. 01.11.2019. URL: https://ports.com.ua/opinions/kak-povliyayut-novye-trebovaniya-imo-na-politiku-perevozchikov [in Ukrainian]
5. Maritime ports freight and passenger statistics. *Statistics Explained*, May 2019, 17 p. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/6652.pdf [in EU]
6. Malyshkin, O. & Bezverkhyy, K. & Kovova, I. & Semenova, S. & Shulyarenko, S. & Karyev, V. (2018). *Harmonizatsiya bukhhalters'koho obliku ta opodatkuvannya na pidpryyemstvakh Ukrayiny v konteksti normatyviv YES* [Harmonization of accounting and taxation at Ukrainian enterprises in the context of EU norms] Monohrafiya – Monograph. Derzhavnyy universytet infrastruktury ta tekhnolohiy – State University of Infrastructure and Technologies. Kyyiv, «Ar-tEk», DUIT, 418 p. [in Ukrainian]
7. Malyuga, N. & Zamula, I. (2009). Ecological Vitrati: classification and accounting. *Accounting region and audit: sciences Journal*, No. 5, P. 35-41. [in Ukrainian]
8. National Accounting Standards (Standard) 1 "General Requirements for Financial Statements": Regulation of the Ministry of Finance of Ukraine dated February 7, 2013, No. 73 [online]. Access mode: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0336-13[in Ukrainian]
9. Plan rakhunkiv bukhhalterskoho obliku aktyviv, kapitalu, zoboviazan i hospodarskykh operatsii pidpryiemstv i orhanizatsii ta Instruktsiia do yoho zastosuvannia: Zatverdzheno nakazom Ministerstva finansiv Ukrainy 30.11.1999 № 291. [in Ukrainian]
10. Polozhennya (standart) bukhhalters′koho obliku 7 “Osnovni zasoby” [Property, plant and equipment] Zatv. Nakazom Ministerstva finansiv Ukrayiny 24.07.2000 № 92. [in Ukrainian]
11. Polozhennya (standart) bukhhalters′koho obliku 11 “Zobovyazannya” [Liabilities] Zatv. Nakazom Ministerstva finansiv Ukrayiny 20.10.1999 № 246. [in Ukrainian]
12. Semenova, S. M. & Shpyrko, O. M. (2015). *Upravlinnya groshovymy potokamy na pidpryyemstvah vodnogo transportu: oblikovo-analituchnyi aspekt [Cash Flow Management at Water Transport Enterprises: Accounting and Analytical Aspect]*. Kyiv: TSUL, ISBN 978-611-01-0752-5 [in Ukrainian]
13. Semenova, S. (2019). Problems of accounting of rental operations in water transport enterprises under the new rules. *XIV International scientific-technical conference on «Water Transport Problems»*, Azerbaijan State Marine Academy, 2-3 May 2019, Baki. P.14. [in Azerbaijan]
14. The Verkhovna Rada of Ukraine (1999), Pro bukhhalters′kyy oblik ta finansovu zvitnist′ v Ukrayini [About Accounting and Financial Reporting in Ukraine] (Accessed 16 July 1999). [in Ukrainian]
15. UNCTAD (2019). Review of Maritime Transport 2019. *United Nations publication.* Sales No. E.19.II.D.20, New York and Geneva. ISSN 0566-7682 [in EU] Zamula, I.V. (2010). The accounting region of environmental protection at the secure development of economy: *monograph*, Zhytomyr, View of ZhDTU, 440 p. [in Ukraini

Məqalə qəbul olunub: 28.04.2020
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: 02.11.20. Çapa imzalanıb 30.11.20.
Format 60x84 $^{1}/_{8}$. F.ç.v.26,3. Sifarış №23.
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi