“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-2022

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

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

Redaksiya heyəti

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

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

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

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

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

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

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

Bölmələr üzrə redaktorlar:

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

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

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

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

****

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

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

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

©Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, 2022

MÜNDƏRİCAT

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI..... 7
Фатьянова Н.В. Методика поиска рациональных составов судовых ЛКМ..... 7
Göyüşov R.Q. Plunjer dabanı – aşağı nimçə birləşməsində yeyilmənin gəmi mühərriklərinin yanacaq nasoslarının yanacaqvurma göstəricilərinə təsiri..... 14
Горчакова С.А. Влияние термической обработки на структуру и свойства инструмента из порошковой быстрорежущей стали..... 18
Məmmədov A.T., İsmayılov N.Ş., Hüseynov M.Ç.,Quliyev F.T. Orucov F.S., Süleymanov M.Ə. Fasiləsiz tökmə ilə alınmış boru pəstahlarında qaysağın yaranma səbəbləri 21
Mənsimov A.H., İsmayılov N.Ş. Additiv texnologiyaların siyirtmə gövdələrinin hazırlanması prosesinə inteqrasiyası..... 25
Рагимова А.А., Нариманов Р.Н., Мамедов Э.Д. Влияние условий эксплуатации на корпуса судов и штанг глубиннонасосных штанговых установок из стекловолокнистого материала 29
Yusubov N.D., Abbasova H.M. Müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahlarında çoxalətli emalın xüsusiyyətləri və problemi..... 33

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI..... 44
Abbasov E.O. Naviqasiya ölçmələrində yaranan xətaların başvermə səbəbləri..... 44
Гасанов Р.Р. Формирование системы принятия решений для судоходной компании при управлении флотом на основе последовательной оценки параметров фрахтового рынка..... 49
Rüstəmov Z.Ə. Gəminin təhlükəsizliyi və psixoloji amil..... 52
Semenova Svitlana. The relevance of the transition to international financial statement standards for maritime transport enterprises…… 57

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI..... 68
Фатьянова Н.В., Алмамедов Н.М., Гадирли Дж.С. Коррозионная и кавитационная стойкость цилиндровых втулок судовых дизелей..... 68
Fərhadov V.Q., Qurbanov E.M., Bayramova İ.P. Qeyri-müəyyənlik şəraitində fəaliyyət göstərən obyektlər üçün tənzimləyicilərin sintezi..... 74
İsmayılov A.Ş., Kərimov E.N. Sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin konstruksiyası və onun hidravlik sisteminin hesablama metodikası..... 82
Мурадалиев А.З., Абдуллаева С.А., Ашурова У.К. Количественная оценка оперативной эффективности работы однотипных энергетических объектов 91
Məmmədov L.V., Həsənov E.A., Məmmədov E.M., Allahverdiyeva A.T. Gəmi göyərtə mexanizmlərinin asinxron intiqallarında tətbiq olunan tezlik çeviricilərinin parametirlərinin yaxşılaşdırılması üsulları..... 98
Рак А.Н. Определение генерирующей способности инновационных систем утилизации тепла главных двигателей морских судов..... 104
Səlimova A.K., Sultanov E.F., İsmayılov S.S. Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylanılan gəmi elektroenergetika sistemlərində qısaqapanma cərəyanlarının hesabatının nəzəri məsələləri.... 116

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ..... 122
Əhmədova C.A., Məlikov T.C. Duzlu suların nanosüzülmə üsulu ilə yumşaldılması texnologiyasının tədqiqi..... 122
Həsənov V.H., Osmanov K.G. Yeni üsulla ovuntu materiallarında korroziya sürətininin təyini 128
Həsənov V.H., Bayramova F.İ. Ağarmanın yaranmasının səbəbləri və onun aradan götürülməsi üsulları..... 132
Qasımov A.F., Barxalov R.R., İbrahimli C.A. Qrunttullayıcı maşının parametrlərinin təyini.. 137
Nəsirov Ş.N., Verdiyev N.M. GT8C2 növlü qaz turbininin rejim parametrlərinin tədqiqi..... 140
Rəhimov F.A., Zeynalova M.İ. Böhrandan yüksək təzyiqlərdə energetik qurğuların üfüqi borularının generasiya səthlərində istiliyin ötürülməsi..... 146

CONTENT

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIR TECHNOLOGY …… 7
Fatyanova N.V. Method for searching for rational compositions of ship paint materials..... 7
Goyushov R.G. Effect of plunger heel - lower tray joint wearing on fuel pumps' injector indicators of Marine Engines……. 14
Gorchakova S.A. Influence of heat treatment on the structure and properties of tools made of powdered high-speed steel…… 18
Mammadov A.T., İsmayılov N.Sh., Huseynov M.Ch., Guliyev F.T., Orujov F.S., Suleymanova M.A. The formation reason of cork in the pipe joints obtained by continuous casting……. 21
Mansimov A.H, İsmayılov N.Sh. Integration of additive technologies into the process of making drawer bodies……..…… 25
Rahimova A.A., Narimanov R.H., Mamedov E.D. Influence of operating conditions on the ship hulls and rods of deep-pump rod installations made of fiberglass material……. 29
Yusubov N.D., Abbasova H.M. Features and problems of multi-tool processing on modern RPI multi-purpose machines…… 33

SHIPPING AND EXPLOITATION OF WATER TRANSPORT ……..… 44
Abbasov E.O. Causes of errors in navigation measurements…… 44
Hasanov R.R. Formation of a decision-making system for a shipping company in fleet management based on a consistent assessment of the freight market parameters……..… 49
Rustamov Z.A. Ship safety and psychological factor…… 52
Semenova Svitlana. The relevance of the transition to international financial statement standards for maritime transport enterprises……. 57

SHIPPING TECHNOLOGY …… 68
Fatyanova N.V. Almammadov N.M., Gadirli J.S. Corrosion and cavitation resistance of marine diesel cylinder liners…… 68
Farhadov V.G., Gurbanov E.M., Bayramova İ.P. Synthesis of regulators for objects operating under conditions of uncertainty …… 74
Ismayilov A.Sh., Karimov E.N. Design of the piston automatically alterating the compression rate and the calculation methodics of its drive hydraulic system..... 82
Muradaliev A.Z., Abdullayeva S.A., Ashurova U.K. Quality evaluation of operative efficiency of work of single type energy facilities..... 91
Mammadov L.V., Hasanov E.A., Mammadov E.M., Allahverdiyeva A.T.
Methods of improving parameters of frequency converters applied in asynchronous transmissions of ship deck mechanisms…… 98
Rack A.N. Determination of the innovative heat recovery systems' generating capacity for the main engines of marine vessels…….. 104
Salimova A.K., Sultanov E.F., Ismayilov S.S. Theoretical problems of reporting short closing currents in shıp electrıc power systems distributed with continuous electricity..... 116

NATURAL SCIENCE PROBLEMS IN NAVIGATION..... 122
Ahmadova J.A., Malikov T.J. Study of softening technology of salt water by nanofiltration method…….. 122
Hasanov V.H., Osmanov K.G. Determining the rate of corrosion in abrasive materials by a new method……... 128
Hasanov V.H., Bayramova F.İ. Causes of whitening and methods of its elimination…….. 132
Gasimov A.F., Barkhalov R.R., İbrahimli J.A. Determination of the parameters of the soil compactor..... 137
Nəsirov Ş.N. , Verdiyev N.M. Research of the operating parameters of the GT8C2 gas turbine 140
Rəhimov F.A., Zeynalova M.İ. Heat transfer at the generation surfaces of horizontal pipes of power plants at high pressures from the crisis..... 146

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

МЕТОДИКА ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ СУДОВЫХ ЛКМ

Фатьянова Н.В.

Азербайджанская Государственная Морская Академия
А31000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: natali92@mail.ru

Аннотация. *В данной статье проанализированы методы поиска рецептур ЛКМ. Выявлены перспективные методы поиска. Сформулирована совокупность требований к поиску рецептур ЛКМ, применяемых в судоремонте и судостроении.*

Xülasə. *Bu məqalədə LBM tərkibinin axtarış metodu analiz edilmişdir. Axtarış metodunun perspektiv metodu tapılmışdır. Gəmi təmiri və gəmiqayırmada LKM reseptinin axtarış metoduna tələblər formalaşdırılmışdır.*

Abstract. *In this article analyzes methods for searching for formulations of coatings. Promising search methods have been identified. A set of requirements for the search for formulations of coatings used in ship repair and shipbuilding has been formulated.*

Ключевые слова: *лакокрасочные материалы, универсальный критерий качества, диалоговый модуль, эмаль, разбавитель, искусственная нейронная сеть, итерационный подход, имитационный подход*

Açar sözlər: *lak-boya materialları, universal keyfiyyət meyarı, dialoq modulu, emal, qarışdırıcı, süni neyron şəbəkəsi, iterativ yanaşma, simulyasiya yanaşması.*

Key words: *paint materials, universal quality criterion, dialogue module, enamel, thinner, artificial neural network, iterative approach, simulation approach*

Введение. При поиске рецептуры ЛКМ традиционный подход является итерационным подбор компонентов и их концентраций. Ограничения на концентрации компонентов устанавливают в соответствии с правилами составления рецептур. Итерационный подход не обеспечивает учёт всех факторов, во многом является субъективным. Перспективным методом поиска рецептуры ЛКМ является имитационный подход с использованием математического планирования экспериментов.

Основная часть. Анализом итерационного подхода установлено, что эффективное управление рецептурой составов ЛКМ возможно при разработке УКК. Универсальный критерий обеспечивает учёт многокомпонентного состава ЛКМ, качества, а также трудовых и временных затрат на приготовление.

Чтобы достичь поставленной цели, нужно определить требования по поиску и моделированию процесса, изучению полученной модели и выбору критерия качества лакокрасочного материала [1].

Прежде всего, требуется разработка универсального критерия качества лакокрасочного материала (УКК). Универсальный критерий качества – это свертка ранжированных частных критериев оценки свойств. Ранжирование производится при помощи метода парных сравнений.

Универсальный критерий качества использует разные виды функций принадлежности (табл.1) [2], задающиеся следующим образом:

$$\mu(y_i) = \begin{cases} 0 & y_i > y_i^{max} \\ f_n(y_i) & y_i^{min} \le y_i \le y_i^{max} \\ 0 & y_i < y_i^{min} \end{cases}$$

где y_i-свойство, i=$\overline{1,n}$, n - количество свойств, y_i^{min}, y_i^{max}- допустимые значения свойств, f_n- вид функции принадлежности, $\mu(y_i)$- значение функции принадлежности.

Выражение для расчёта УКК:

$$Q = \begin{cases} \bar{A}\, x\, \bar{\psi}, \forall \mu_i \neq 0 \\ 0, \forall \mu_i = 0 \end{cases} = \begin{cases} \mu_1(y_1) \cdot a_1 + \mu_2(y_2) \cdot a_2 + \cdots + \mu_n(y_n) \cdot a_m, \forall \mu_i \neq 0 \\ 0, \forall \mu_i = 0 \end{cases}$$

где Q- УКК,

$\bar{\psi} = \begin{bmatrix} \mu_1(y_1) \\ \mu_2(y_2) \\ \dots \\ \mu_n(y_n) \end{bmatrix}$– вектор принадлежности,

$\bar{A} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix}, 1 \ge a_1 \ge 0, \sum_{i=1}^{n} a_1 = 1$- вектор весов (рангов).

Универсальный критерий качества принимает значение из интервала [0,1].

Таблица 1

Соответствие вида функции принадлежности лингвистическому описанию параметра

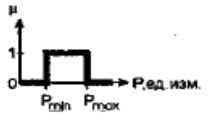
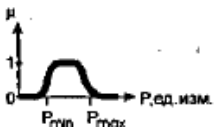
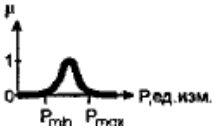
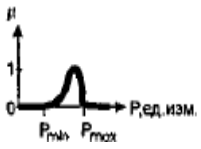
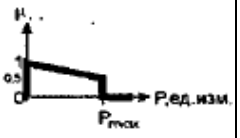
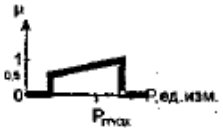
Лингвистическое описание параметра	**Обоснование вида функции принадлежности**	**Форма функции принадлеж-ности**	**Аналитический вид функции принадлежности**	**Графический вид функции принадлеж-ности**
Значение находится в заданном диапазоне	1) Параметр – стабилен 2) Параметр не является важным при определении качества	Прямоугольная	$f_n = 1$	
Значение находится в заданном диапазоне, нежелательные значения в пограничной области	1) Параметр –нестабилен 2) Параметр является важным при определении качества	Сигмоидная (двойная сигмоидная)	$f_n = \frac{1}{1 + e^{(-d)(y-d)}}$	
Значение находится в центре заданного диапазона	1) Параметр –очень нестабилен 2) Параметр является важным при определении качества	Гауссова с центром симметрии в середине диапазона	$f_n = e^{-\left(\frac{y-d}{b}\right)^2}$	

Таблица 1 (продолжение)

Лингвистическое описание параметра	**Обоснование вида функции принадлежности**	**Форма функции принадлежности**	**Аналитический вид функции принадлежности**	**Графический вид функции принадлежности**
Значение находится ближе к границе заданного диапазона	1) Параметр–нестабилен 2) Параметр является важным при определении качества	Гауссова с центром симметрии в желаемом значении диапазона	$f_n = e^{-\left(\frac{y-d}{b}\right)^2}$	
Значение должно быть минимизировано в заданном диапазоне	1) Параметр –стабилен 2) Требуется минимизация параметра	Линейная с максимальным значением в точке минимального значения параметра	$f_n = -dy + b$	
Значение должно быть максимизировано в заданном диапазоне	1) Параметр –стабилен 2)Требуется максимизация параметра	Линейная с максимальным значением в точке максимального значения параметра	$f_n = dy + b$	
Значение указывает на наличие/ отсутствие компонента на складе	1)Применяют для описания наличия/отсутствия	Логическая	$f_n(y) = \begin{cases} 0, y = 0 \\ 1, y = 1 \end{cases}$	-

Задача заключается в нахождении рецептуры лакокрасочного материала, достигающей максимум универсального критерия качества

$$Q \rightarrow \max,\ Q = f(c_1, \ldots\ldots, c_n),$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} c_1^{min} < c_1 < c_1^{max} \\ \ldots \\ c_n^{min} < c_n < c_n^{max} \end{cases}$$

где $c_1,\ldots c_n$ - концентрация компонентов.

Решение задачи управления составом ЛКМ производится в несколько этапов: разрабатывается модель общего вида с ограничениями; уточняется ряд ограничений относительно концентрации компонентов; производится поиск модельной рецептуры и создаётся модель влияния рецептуры на качество лакокрасочного материала.

Первым этапом алгоритма решения данной задачи управления является анализ технического задания. В конечном итоге получается перечень свойств лакокрасочных материалов, допустимый диапазон изменения свойств, их значения, результаты сравнений свойств ЛКМ и виды функций принадлежности [3].

Эксперимент для получения опорной рецептуры проводится в найденной ограниченной области. Планирование эксперимента осуществляется посредством стандартных симплекс-центроидных и симплекс-вершинных планов. На основе опорных рецептур производятся образцы

лакокрасочных материалов, а также формулируются их свойства и вычисляется значение универсального критерия качества.

Имитационная модель создана на основе искусственной нейронной сети (ИНС) типа RBF. Значения универсального критерия качества и опорные рецептуры составляют обучающую выборку.

Задачу определения оптимальной рецептуры можно решить при помощи методов поиска экстремума универсального критерия качества. Связанные с потенциальным наличием локальных максимумов проблемы решаются на основании применения их критериев устойчивости. Качество материала, устанавливаемого рецептурой в точке максимума универсального критерия качества, проверяют экспериментальным путём. При неадекватности прогноза корректируют имитационную модель с учётом новой, полученной опорной рецептуры. Поиск длится до той поры, пока оптимальная рецептура не будет найдена [4].

Автоматизированная система поиска рецептуры (АСПР) лакокрасочного материала включает следующие модули: диалоговый, обработки знаний, специального плана эксперимента, отбора компонентов, базы знаний, построения имитационной модели, анализа имитационной модели, расчёта и сравнения УКК (рис.1).

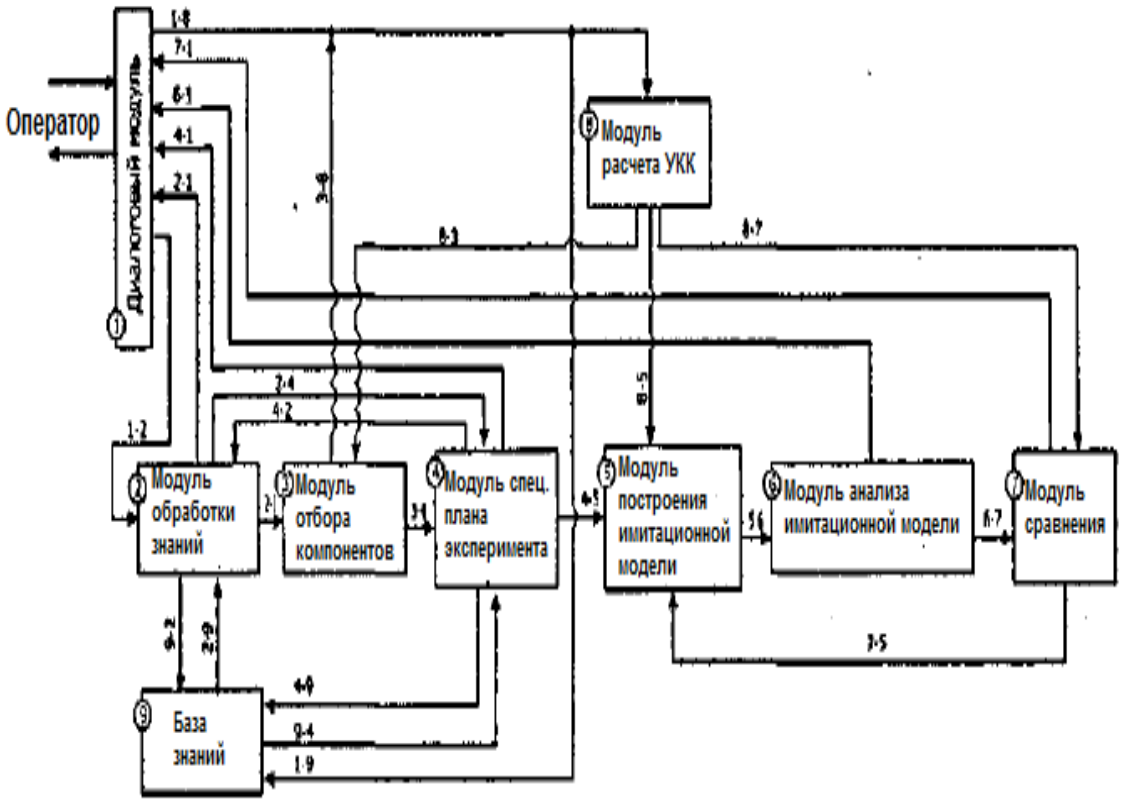


Рис.1. *Структурная схема автоматизированной системы поиска рецептур*

Диалоговый модуль предназначен для ввода нижеследующих технических требований:

- список свойств с уточнением допустимого диапазона их значений и предпочтений номинальных величин;
- предпочтения конкретным компонентам в группах;
- предпочтения группам используемых компонентов;
- значения результатов парных сравнений свойств.

Технические требования необходимо вводить через диалоговый модуль 1-ый в модуль обработки знаний 2-ой.

Основываясь на технических требованиях во 2-ом модуле обработки знаний, формируется запрос в базу знаний 9. Формирование запроса осуществляется с целью поиска знаний (моделей, ограничений, рекомендаций) в 9 базе знаний, которые относятся к интересующему вопросу. Далее запрос передаётся в 9 базу знаний.

В 9 базе знаний происходит поиск нужных знаний по запросу, далее знания поступают во 2-ой модуль обработки знаний. В итоге уточняются ограничения на применение групп компонентов либо компонентов, а также устанавливаются группы компонентов-аналогов.

Для того, чтобы производить визуальный контроль, результаты запроса выводят на диалоговый модуль 1. С целью определения необходимого набора компонентов, из которых должна состоять рецептура, осуществляется анализ качества компонентов в группах компонентов-аналогов. Этот процесс осуществляется модулем отбора требуемых компонентов 3. С этой целью устанавливают взаимосвязи между рядом свойств разрабатываемого лакокрасочного материала и свойствами компонентов каждой из групп компонентов-аналогов.

Взаимосвязи задаются при помощи рекомендаций и функциональных зависимостей. Ранжирование частных критериев свойств осуществляется при помощи метода выставления оценок парных сравнений свойств компонентов в каждой из групп компонентов-аналогов. Эти оценки участвуют в расчёте универсального критерия качества, реализующийся в модуле расчёта УКК (связь 8-3).

Из групп компонентов-аналогов производится выбор необходимого набора компонентов на основании расчётных значений универсального критерия качества в группе компонентов-аналогов.

Список компонентов и ограничений на концентрации компонентов является результатом работы модульного отбора требуемых компонентов 3. Происходит передача этих данных в 4-ый модуль специального плана эксперимента (связь 3-4). Там в условиях ограничений на концентрации, осуществляется планирование эксперимента для конкретного набора компонентов. План эксперимента является результатом работы данного модуля.

В диалоговый модуль 1 выводится результат планирования эксперимента (связь 4-1) и далее передаётся в 5-ый модуль построения имитационной модели (связь 4-5), где на основе полученных экспериментальных данных происходит синтез имитационной модели.

При помощи универсального критерия качества, расчёт которого производится в модуле расчёта УКК (связь 8-5) производится оценка качества образцов лакокрасочных материалов. В диалоговый модуль 1 выводятся результаты значений универсального критерия качества (связь 1-8). Имитационная модель является результатом работы данного модуля.

В модуле анализа имитационной модели 6-ом происходит поиск рецептуры, которая обеспечивает необходимое качество лакокрасочного материала. Этот анализ производится путём поиска глобального максимума с оценкой его устойчивости в последующем.

В случае, если величина экспериментального значения отличается от прогнозируемого результата не в лучшую сторону и полученный образец материала соответствует неудовлетворительным качествам, полученные данные используются с целью корректировки имитационной модели. В определении новой рецептуры помогает повторный поиск максимума. Далее в модуле сравнения 7 проверяется правильность прогноза. В диалоговом модуле 1 отображается найденная рецептура.

Если же поиск не дал возможности получить рецептуру материала нужного качества, в таком случае необходимым условием является пополнение базы знаний по заданной теме. Далее на основе полученных новых знаний необходимо повторить поиск рецептуры.

В состав системы интеграции с информационным комплексом устанавливаются возможности встраивания автоматизированной системы поиска рецептур. Результаты апробации системы поиска рецептуры показаны на примере поиска рецептур эмали и разбавителя. В процессе разработки разбавителя была синтезирована имитационная модель (рис.2) [5], позволившая сделать прогноз рецептуры, максимизирующий универсальный критерий качества (таблица 2).

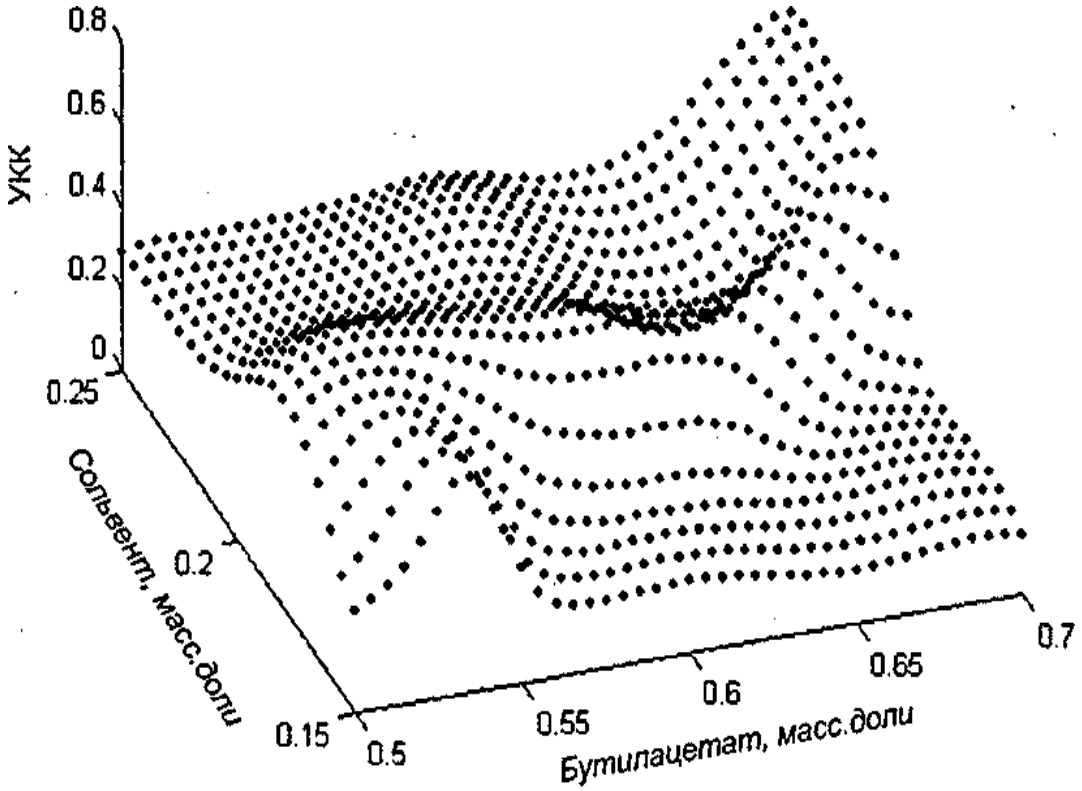


Рис. 2. *Зависимости универсального критерия качества от рецептуры разбавителя*

Таблица 2

Состав рецептуры разбавителя

Наименование компонентов	**Масс. доля, в %**
Сольвент нефтяной (высшего сорта)	70,0
Бутилацетат (марка А)	24,0
Этилцеллозольв технический (высшего сорта)	6,0

Разработка эмали для окраски корпуса судна включала поиск оптимальной рецептуры и выбор сырья. Выбор компонентов сырья осуществлялся на основе УКК. По полученным с использованием имитационной модели результатам была выработана оптимальная рецептура эмали (рис. 3). Сравнение качества образцов разработанной эмали, которые были получены при помощи автоматизированной системы поиска рецептуры и группы экспертов подтвердило эффективность автоматизированной системы поиска рецептур (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный анализ качества образцов эмали

Разработчик	**УКК**
АСПР	0,83
Группа экспертов	0,76

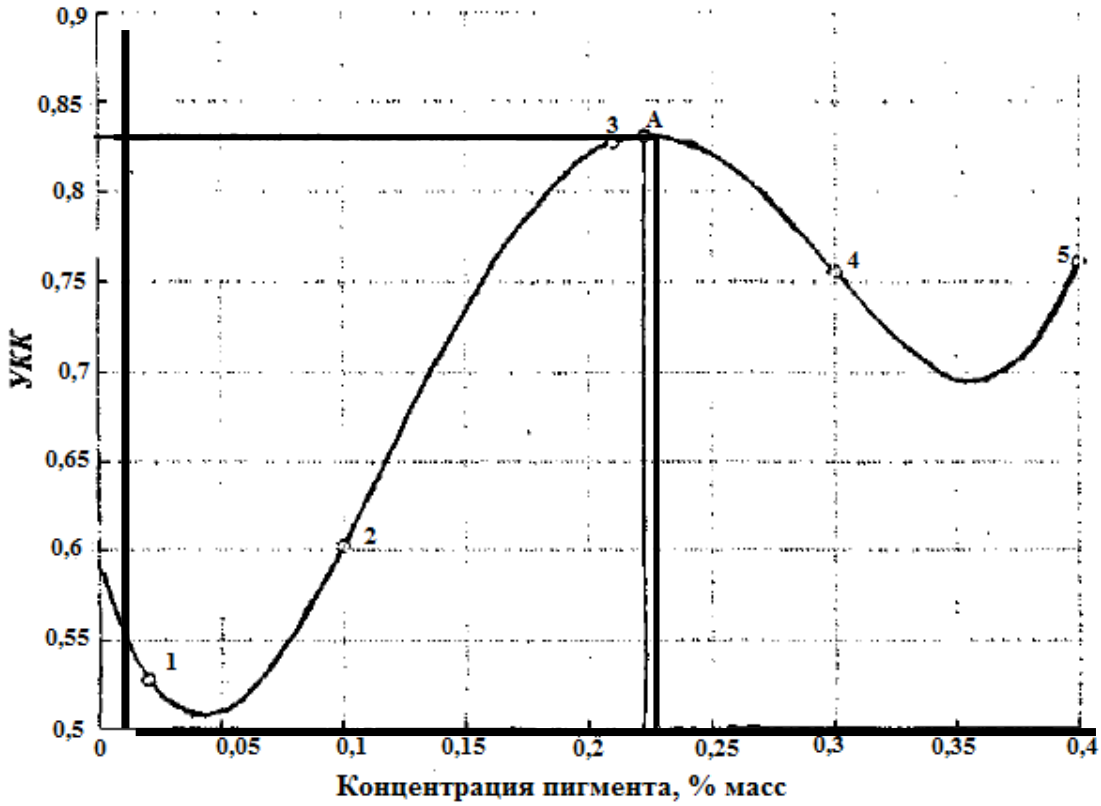


Рис. 3. *Зависимость универсального критерия качества от рецептуры эмали*

Выводы. Таким образом, сформулирована совокупность требований к поиску рецептур ЛКМ и показана неэффективность итерационного подхода поиска рецептуры. На основании анализа различных методов комплексной оценки качества лакокрасочных материалов и на базе теории нечетких множеств был представлен УКК.

Литература

1. Миронов А.А. Концепция управления свойствами ЛКМ // ЛКМ. 2005. №3
2. Пат. 250571 РФ C09C1/24 (2006.01), C09C1/28 (2006), C09C1/40 (2006.01), C09C1/02 (2006.01), C09D5/08 (2006.01) / Степин С.Н., Гатиятуллин А.Х., Сагбиев И.Р., Сафиуллин М.И., Вахин А.В.; заявитель и патентообладатель ООО «Научно-производственное предприятие «ПигБи»; заявл.20.07.2012; Бюлл. №3, 7 с.
3. Пат. 210420 РФ C09C1/62 (2006.01), C09C3/08 (2006), C09C3/12 (2006.01). Способ получения антикоррозионных пигментов на базе трифосфата алюминия / ЗАО «Производственная фирма «Оксид»»; заявитель и патентообладатель ЗАО «Производственная фирма «Оксид». – заявл. 22.02.1995; Бюлл. №5, 6 с.
4. Фатьянова Н.В. Современные методы применения наночастиц в производстве судовых ЛКМ // Сб. XVI -ой межд. научно-технической конференции «Проблемы водного транспорта», Баку: -2021, с. 5-7.
5. Фатьянова Н.В. Современные методы повышения коррозионной стойкости металлоконструкций с применением нанонаполнителей в лакокрасочных покрытиях в судо- и авиастроении // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, Баку: -2020, №4, -с.40-46.

Məqalə qəbul olunub: 11.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.002

PLUNJER DABANI – AŞAĞI NİMÇƏ BİRLƏŞMƏSİNDƏ YEYİLMƏNİN GƏMİ MÜHƏRRİKLƏRİNİN YANACAQ NASOSLARININ YANACAQVURMA GÖSTƏRİCİLƏRİNƏ TƏSİRİ

Göyüşov R.Q.

"Azərbaycan Xəzər Dəniz Gəmiçiliyi" QSC
AZ1003, Bakı şəh., Neftçilər pr., 2
E-mail: rashad.goyushov@asco.az

Xülasə. *Məqalədə plunjer dabanı–aşağı nimçə birləşməsində yeyilmənin gəmi mühərriklərinin yanacaq nasoslarının yanacaqvurma göstəricilərinə təsiri tədqiq edilir. Yanacaq nasoslarına qoyulan əsas tələblər arasında ən əsas yeri tsiklikötürmə və yanacaq paylanmasının fazası tutar. Yanacaq paylanması fazalarının yaxud da yanacaq ötürülməsinin başlanğıc və son anlarının pozulması mühərrikin stabil işləməsinə mənfi təsir göstərir.*

Tədqiqatçıların böyük əksəriyyəti düşünür ki, bu iki göstəriciyə ən böyük təsiri plunjer cütünün pretsezion hissələrinin vəziyyəti göstərir. Aydındır ki, bu onunla əlaqədardır ki, konstruksiyası paylayıcı tipli nasoslardan fərqli konstruksiyasında aktiv gedişin və yanacağın başlanğıc vurma bucağının tənzimlənilməsi nəzərədə tutulan gəmi mühərriklərinin nasoslara baxılmışdır. Nasosların konstruksiyasında belə bir tənzimləmələri yalnız nasosun təmiri zamanı həyata keçirmək olar.

Abstract. *The article refers to the study of the effect of ingestion of plunger heel–bottom tray combination on fuel pumps of ship engines on fuel injection indicators. Among the basic requirements for fuel pumps, the most important place is the phase of cyclic transmission and fuel distribution. Violations of the fuel distribution phases or the beginning and end moments of fuel transmission have a negative impact on the stable operation of the engine.*

The vast majority of researchers think that the greatest effect on these two indicators indicates the condition of the pretreatment parts of the plunger pair. It is clear that this is due to the fact that the pumps of ship engines, the design of which is different from the distribution type pumps, are considered for regulating the active movement and starting angle of fuel. In the construction of pumps, such adjustments can be carried out only during the repair of the pump.

Аннотация. *Статья относится к исследованию влияния попадания комбинации пятки плунжера и нижнего поддона на топливные насосы судовых двигателей на показатели впрыска топлива. Среди основных требований, предъявляемых к топливным насосам, наиболее важное место занимает фаза циклической передачи и распределения топлива. Нарушения фаз распределения топлива или моментов начала и окончания подачи топлива оказывают негативное влияние на стабильную работу двигателя.*

Подавляющее большинство исследователей считают, что наибольшее влияние на эти два показателя оказывает состояние деталей предварительной обработки плунжерной пары. Понятно, что это связано с тем, что насосы судовых двигателей, конструкция которых отличается от насосов распределительного типа, рассматриваются для регулирования активного перемещения и угла пуска топлива. В конструкции насосов такие регулировки могут быть выполнены только во время ремонта насоса

Açar sözlər: *yeyilmə, plunjer cütü, yanacaq nasosu, gəmi mühərriki, analiz*
Key words: *wear, plunger pair, fuel pump, ship engine, analysis*
Ключевые слова: *износ, плунжерная пара, топливный насос, судовой двигатель, анализ*

Giriş. YTYN-a qoyulan əsas tələblər arasında ən əsasları yeri tsiklik ötürmə və yanacaq paylanmasının fazasıdır [1]. Yanacaq paylanması fazalarının yaxud da yanacaq ötürülməsinin

başlanğıc və son anlarının pozulması mühərrikin stabil işləməsinə mənfi təsir göstərir.

Tədqiqatçıların böyük əksəriyyəti düşünür ki, bu iki göstəriciyə ən böyük təsiri plunjer cütünün pretsezion hissələrinin vəziyyəti göstərir. Aydındır ki, bu onunla əlaqədardır ki, konstruksiyası paylayıcı tipli nasoslardan fərqli konstruksiyasında TOZ zamanı aktiv gedişin və yanacağın başlanğıc vurma bucağının tənzimlənilməsi nəzərədə tutulan gəmi mühərriklərinin nasoslara baxılmışdır. Nasosların konstruksiyasında belə bir tənzimləmələri yalnız nasosun təmiri zamanı həyata keçirmək olar. Bu məqsədlə [2] işin müəllifləri nasoslarda yanacağın başlanğıc ötürülümə vurma bucağını aşağı nimçələrin seçilməsi üsulu ilə aparmağı təklif edir.

Lakin istismar prosesi zamanı nasoslarda yanacaq paylanması fazalarının dəyişməsinin müşahidə edilməsi [3] işin müəlliflərinə belə bir nəticəyə gəlməyə imkan verdiki, bu göstəriciyə görə nasosların işgörmə qabiliyyəti bütövlükdə plunjerin ötürmə qrupu detallarının yeyilməyə davamlılığından asılıdır.

[4] işdə bu qrupa daxil olan hər bir detalın ölçülərinin dəyişməsinin yanacağın başlanğıc vurma bucağına təsirinin analizinin aparılmasına cəhd edilmişdir. Bu işdəki məlumatlara əsasən bucağın dəyişməsinə ən böyük təsiri aşağı nimçə (23,25%), ən az təsiri isə plunjer (2,4%) göstərir. Sonuncu ilə razılaşmaq çətindir, çünki hər iki detalın səthi bir birləşmədə işləyir və onların yeyilməyə davamlılığı təxminən bərabərdir.

V.V.Majrimas öz işində [5] göstərmişdir ki, plunjerin dabanının, aşağı nimçənin, itələyici diyircəklərin yeyilməsi ilə əlaqdar olaraq plunjerin aktiv gedişinin azalması ilə tsiklik vurmanın azalması baş verir. Vurma qrupu detallarının birləşməsində cəm yeyilmənin ölçüsü artdıqca bu azalma daha çox hiss olunur. O da qeyd olunur ki, plunjer cütünün pretsezion hissəsinin yeyilməsi zamanı aktiv gedişin artması yanacağın tsiklik vurmasını artırmağa imkan verir. Təəssüf ki, müəllif buna necə nail olunması haqqında konkret məlumatlar və nasosların təmiri zamanı bu effektdən istifadə edilməsi haqqında tövsiyyələr verməmişdir.

Hal-hazırda ədəbiyyatlarda plunjerin ötürücü səthlərinin tsiklik ötürmənin ölçüsünə və yanacaqpaylanması fazasına təsiri haqqında müəfəssəl məlumatlar yoxdur. Yanacaq nasoslarının istismarından sonra plunjerdə bu səthlərin yeyilməsi haqqında da məlumatlar yoxdur. Bu həm gəmi mühərriklərinin nasosların konstruksiyasının təkmilləşdirilməsi istiqamətində sonrakı tədbirlər görməyə, həmçinin onların təmirindən sonra etibarlığının artırlması istiqamətində işlərə mane olur.

Əsas hissə. Plunjerin ötürücü birləşmələrinin iş şərtləri pretsiziondan fərqlənir. "Plunjer dabanı – aşağı nimçə" birləşməsi özlüyündə sıxılan yanacağın gücü, yayın gücü, plunjerin 30 m/san sürətində irəliləmə-gerilmə hərəkəti və 15 san^{-1} fırlanma sürəti ilə şərtlənən yüksək, ~3000 MPa kontakt təzyiqində işləyən bir növ dayaq sürüşmə yastığı rolunu oynayır. "plunjer kvadratı – dişli oymaq kvadratı" birləşməsi isə özlüyündə əksər maşın mexanizmləri üçün tipik olan sürüşmə sürtünməsi cütünü ifadə edir. Bu birləşmədə xüsusi təzyiqin qiyməti plunjerin aşağı nimçəsi ilə birləşməsi ilə müqayisədə xeyli az olur. Hər iki birləşmənin yeyilməsi abraziv xarakterə malikdir. Nasosda yağın filtirasiyası nəzərdə tutulmamışdır, buna görə də onda hər zaman abraziv və yeyilmə məhsulları olur.

Beləliklə də, analiz göstərir ki, plunjer cütünün işgörmə qabiliyyətinə həm pretsezion səthlərin yeyilməsi, həm də "plujerin dabanı – aşağı nimçə" birləşməsinin yeyilməsi təsir göstərir. Sonuncunun təsiri ədəbiyyatlarda kifayət qədər işıqlandırılmadığından xüsusi araşdırmalar tələb edir. Bu zaman birləşmənin yeyilməsinin [1, 3, 6, 11, 15] işlərdə olduğu kimi yalnız keyfiyyət baxımından deyil, həmdə kəmiyyət baxımından qiymətləndirməsini aparmaq tələb olunur.

ГОСТ 9927-73 tələblərinə əsasən polad ХВГ-dən hazırlanmış plunjer cütü detallarının silindrik səthlərinin bərkliyi ən azı HV 820 olmalıdır. Adı çəkilən ГОСТ-da detalların səthinin mikrobərkliyi və korroziyaya davamlığı haqqında heç bir xüsusi tələblər yoxdur. Bununla yanaşı bu göstəricilərin aşağı olması istismar zamanı plunjer cütlərinin vaxtından əvvəl imtinalarına səbəb olur. Bu imtinalar üçün ilkin şərait dizel yanacağında üzvi və mineral mənşəli aqressiv təşkiledicilərin, suyun, eləcə də plunjer cütü detallarının işçi səthlərinin aşağı yeyilməyə davamlığa və korroziyaya davamlığa malik olmasıdır.

[10] işdə azotlaşdırılmış polad 25X5MA-nın, pretsenzion detalların hazırlanmasında istifadə olanun polad ШХ15, ХВГ VƏ 18XHBA ilə müqayisədə daha böyük korroziyaya davamlığa malik olması haqqında göstərilmiş məlumatlar müqayisəvi xarakter daşıyır. Azotlaşdırılmış polad 25X5MA-dan hazırlanmış detallarda korroziya zədələnmələrinin olması onların kifayət qədər korroziyaya davamlığa malik olmamasına dəlalət edir .

Beləliklə də, plunjer cütü detallarının etibarlığının artırılması üçün onların səthlərinin korroziyaya davamlığı bütün xidmət müddəti ərzində korroziya zədələnmələri tam istisna edilənə qədər artırılmalıdır. Səthlərin korroziyaya davamlığının lazımi səviyyəsinin qiymətləndirilməsini (kəmiyyətlə ifadəsi) yanacağın ən aqressiv təşkil edicilərini – üzvi və mineral mənşəli turşuların suda məhlullarını nəzərə almaqla aparmaq lazımdır.

Abraziv yeyilmə plunjer cütlərini yeyilməsinin əsas səbəbidir, buna görədə onun tam olaraq aradan qaldırılması yaxud da kəskin azaldılması onların etibarlığının artırılmasının əsas yoludur. Abraziv yeyilmənin maşın detallarında hərtərəfli yayılmasına baxmayaraq o hələdə bütün növ yeyilmələr arasında ən az öyrənilənidir [9].

Sovet və qərb tədqiqatçıları olan M.M.Xruşov, M.A.Babiçev, M.M.Tenenbaum, İ.V.Kraqelski, M.M.Severnev, F.P.Bouden, D.Tabor, V.Myurett tərəfindən göstərildiyi kimi bu yeyilmənin çox şərtli olması, həmçinin sürtünmə cütü materiallarının müxtəlifliyi, abrazivin və mühütün xarakteri ilə bağlıdır.

Materialın bərkliyi abraziv yeyilməni müəyyənləşdirən vacib parametrdir, çünki o hissəciklərin daxil olması dərinliyini xarakterizə edir [10-11]. Lakin [9-13] işlərdə qeyd edildiyi kimi, abraziv yeyilmə arasında müəyyən ölçüdə abrazivlərin olduğu səthlərin bərklikləri nisbətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Bu zaman əgər abraziv hissəciklərin bərkliyi səthlərin bərkliyindən yüksək olarsa, o zaman yeyilməyə davamlığın əsasən kriteriyası kimi səthlərdən bərkliyi qiymətcə ən aşağı qiymətə malik olanı qəbul etmək lazımdır.

Poladların yeyilməsini tədqiq edərək M.M.Xruşov və M.A.Babiçev belə nəticəyə gəlmişlər ki, yeyilmənin əsas səbəbi kövrək dağılma təbiətinə malik bərk karbid və nitrid təşkiledicilərinin dispersion paylandığı yumşaq metallik əsasdır [5, 10]. Yeyilmə prossesi zamanı əvvəlcə cızılmaqla, mikrokəsilmə və sıxışdırılma ilə yumşaq əsasın dağılması, ardınca isə bərk təşkil edicilərin dağılması gedir.

M.A.Elizavetin sadalanan məlumatlar, eləcə də şəxsi tədqiqatları əsasında belə qənaətə gəlmişdir ki, poladların struktur təşkiledicilərinin mikrobərkliyi abraziv hissəciklərin mikrobərkliyindən artıq olarsa, hər iki materialların struktur təşkiledicilərinin bərkliyi isə təxmini bərabər olarsa yeyilməyə davamlılıq poladdakı bu təşkiledicilərin miqdarının və mikrobərkliyinin artması ilə artacaqdır [6]. Belə artımın həddi halı kvars abraziv hissəciklərin bərkliyindən 1,3 dəfə artıq olan tamamilə bərk karbid yaxud da nitrid təşkiledicilərdən ibarət səthdir.

Belə bir nəticəyə öz işində A.D.Mamaev gəlmişdir. Poladların azotlama, sianlama və döynəklənmə ilə bərkidilməsi bəs etmir, yaxud da quru sürtünmə və abraziv yeyilmə zamanı yeyilməyə davamlığı kifayət qədər artırmır [9]. Kvarsın bərkliyinin 11000 MPa [8], ШХ15, ХВГ-nin mikrobərkliyi 260...960, azotlaşdırılmış polad 25X5MA-nın isə 9000...10500 MPa aralığında olduğunu nəzərə alaraq plunjer cütlərin yeyilməsinin səbəbi aydın olur.

Nəticə. Beləliklə də plunjer cütlərinin yeyilmə mexanizmlərinin öyrənilməsi və abraziv yeyilmə nəzəriyyəsinin əsas vəziyyətləri əsasında demək olar ki, plunjerin, oymağın işçi səthləri abrazivin bərkliyindən 1,3...1,4 dəfə artıq olan bərabər şəkildə səthi bərkliyə malik olmalıdırlar. Göstərilən mikrobərkliyə səthlərin diffuziya metallaşdırma nanotexnologiya metodu ilə nail olmaq olar.

Ədəbiyyat

1. Орлов Александр Евгеньевич - Производство и технологии – ВАК 05.08.05 – 2009 год. Методика определения расхода топлива и эффективной мощности судовых ДВС в условиях эксплуатации
2. Леонтьев Андрей Львович - Производство и технологии – ВАК 05.08.04 – 2012 год. Повышение долговечности плунжерных пар топливных насосов высокого давления судовых дизелей нанесением износостойких покрытий
3. Асадов Ш.Н. Исследование повышения долговечности пары плунжер-втулка глубинных скважинных насосов, изготовленных из различных материалов Aspirant və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransın məruzə materialları. (1-ci hissə) Bakı 2004, c. 279-282.
4. Гусейнов А.Г. Восстановление и упрочнение прецизионных деталей машин и топливной аппаратуры комплексной диффузионной металлизацией // Вестник машиностроения. - 2000. № 5. - с. 40- 44.
5. Иванов В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин. Техноперспектива, 2007, 460 с.
6. Красовский Г.Н., Филаретов Г.Ф. Планирование экспериментов. Минск, БГУ, 1982, 302 с.
7. Лизун О.Я. Влияние активаторов на строение и свойства титановых покрытий. – Защитные покрытия на металлах, 2006, вып.
8. Чебанов Владимир Сергеевич – Производство и технологии – ВАК 05.08.05 – 2012 год. Повышение эффективности эксплуатации комплекса главный двигатель - обслуживающие системы судовой дизельной установки на основе оценивания и прогнозирования функциональной надежности его элементов с использованием информационных технологий
9. Тормашев Дмитрий Сергеевич – Производство и технологии – ВАК 05.08.05 - 2012 год. Оценка технического состояния и прогнозирование функциональной надежности- насосов систем судовых дизелей.
10. Возницкий И.В. Топливная аппаратура судовых дизелей - конструкция, проверка состояния и регулировка. - ГМА им. адм. С.О. Макарова, изд-во "Моркнига", 2007. - 128 стр.
11. Дьяченко В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания. Учебник - Перевод с украинского языка. - Харьков: ХНАДУ, 2009. - 500 с.
12. Покудин В.Г., Вихров Н.М. Технология судоремонта. Учебник. СПб. ПаркКом, 2007г. 424с.
13. Возницкий И.В. Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1 2010, стр: 260
14. Возницкий И.В. Пунда А.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания (конструкция, теория эксплуатация) 2010, стр: 384

Məqalə qəbul olunub: 11.04.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

УДК 621.762

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТА ИЗ ПОРОШКОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Горчакова С.А.

Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского
Российская Федерация, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а
E-mail: gorchakova@msun.ru

Аннотация. *В статье приведены результаты исследования возможности использования порошковых быстрорежущих сталей для оснащения режущих инструментов, применяемых при судоремонте и техническом обслуживании судов. Представлена методика определения экспресс-анализа количества остаточного аустенита и результаты фрактографического анализа.*

Xülasə*. Məqalədə gəmi təmiri və gəmilərin texniki xidmətində istifadə olunan kəsici alətlərin təchiz edilməsi üçün yüksək sürətli toz poladlarından istifadə imkanlarının öyrənilməsinin nəticələri təqdim olunur. Saxlanılan austenitin miqdarının ekspress analizinin təyini üsulu və fraktoqrafik analizin nəticələri təqdim olunur.*

Abstract. *The article presents the results of a study of the possibility of using powder high-speed steels for equipping cutting tools used in ship repair and maintenance of ships. A method for determining the express analysis of the amount of retained austenite and the results of fractographic analysis are presented.*

Ключевые слова: *судоремонт, режущий инструмент, быстрорежущая сталь, термическая обработка, структура и свойства*

Açar sözlər: *gəmi təmiri, kəsici alət, tezkəsən polad, termik emal, quruluş və xassələr*

Key words: *ship repair, cutting tool, high speed steel, heat treatment, structure and properties*

Целью данной работы является исследование эффективного использования быстрорежущих сталей при оснащении режущих инструментов, используемых при судоремонте.

Введение. Судоремонт является одним из основных факторов обеспечения работы и жизнеспособности флота, так как судам необходимо техническое обслуживание и ремонт. По системе ППР (планово-предупредительный ремонт) восстановление, поддержание и изменение технико-эксплуатационных характеристик судна осуществляется комплексом мероприятий, которые разделяются на техническое обслуживание, ремонт, модернизацию и переоборудование. Судоремонтные предприятия выполняют как плановые, так и межрейсовые, либо аварийные ремонты, в том числе при выполнении грузовых операций в порту; ремонт осуществляется для восстановления технико-эксплуатационных характеристик судна. Технологический процесс ремонта — это часть производственного процесса, связанная с транспортировкой изделия с судна, разборкой его на сборочные единицы и детали, изготовлением новых и восстановлением дефектных деталей, сборкой и монтажом изделия на судне.

Основная часть. Технология судоремонта предусматривает использование металлообрабатывающего режущего инструмента: резцы, свёрла, фрезы, зенкеры, развёртки и другие. Применяемый инструмент должен обладать требуемым комплексом эксплуатационных свойств, в числе которых высокая твёрдость, теплостойкость и износостойкость. Для изготовления инструментов используют инструментальные материалы, выбор которых зависит от вида инструмента, типа обрабатываемого материла и режима резания. К инструментальным материалам относятся стали, твёрдые сплавы, минералокерамика и сверхтвёрдые материалы. При оснащении различных режущих инструментов широко используются быстрорежущие

стали, причём используются как литые, так и порошковые стали. Порошки получают различными способами, например распылением жидкого расплава либо измельчением твёрдых стружечных отходов в размалывающих мельницах. Получаемые порошки различаются фракционным составом, химическим составом, формой и, что особенно важно, – свойствами. Вследствие этого при последующей термической обработке фазовые и структурные превращения протекают не одинаково. Химический состав порошков, получаемых размолом стружкоотходов, содержит повышенное количество углерода, который вводят принудительно в виде графита с целью снижения окислов, приобретённых порошком в процессе размола. В результате сталь получается высокоуглеродистой, что влияет на температурный режим при закалке и отпуске.

Термическая обработка в значительной степени влияет на срок службы инструмента, так как может в широких пределах изменять структуру и свойства быстрорежущих сталей [1]. В данной работе в качестве исходного сырья была использована стружка быстрорежущей стали Р6М5, образовавшая в процессе фрезерования при изготовлении инструмента из данной марки стали. Порошки получали механическим измельчением стружки в шаровых мельницах, затем полученный порошок прессовали, спекали. Режущие пластинки из быстрорежущей стали, изготовленные порошковой металлургией, подвергали термической обработке, включающей в себя отжиг, закалку и отпуск. В данной работе были разработаны режимы термической обработки исследуемых сталей и определено оптимальное содержание в них углерода.

Состав полученной порошковой быстрорежущей стали отличается от состава литой стандартной быстрорежущей стали повышенным содержанием углерода вследствие того, что для уменьшения содержания кислорода в исходный порошок вводили углерод (графит). Повышенное содержание кислорода возникает в процессе механического измельчения стружки, а последующее повышенное содержание углерода изменяет критические температуры фазовых превращений в стали, так как на кинетику фазовых превращений значительное влияние оказывают термодинамические и структурные особенности порошковых сталей. К таким факторам относятся: повышенное количество дефектов, таких как флуктуации по углероду вследствие его различной концентрации внутри частиц и на граничных поверхностях, разнородность формы и размеров порошков, неоднородность распределения легирующих элементов, скопление дислокаций вблизи пор и др. Действие пор, как и действие других дефектов, очевидно, создаёт условия быстрого зарождения центров кристаллизации, что благоприятно сказывается на образование мелкодисперсной структуры [2].

Качество термической обработки контролировали по величине зёрен аустенита, которые должны соответствовать 10…11 баллу, а также по количеству остаточного аустенита, определяемому экспресс-анализом. Данный экспресс-анализ основан на использовании шкалы мартенситно-аустенитного балла закалённых и отпущенных порошковых сталей Р6М5 и 10Р6М5, изготовленных из стружечного порошка. Шкала дополняет традиционные методы контроля стали по величине аустенитного зерна, но даёт более точные характеристики [3]. Определение количества аустенита является важным, так как наличие в сталях повышенного содержания остаточного аустенита снижает стабильность режущих свойств инструмента.

Результаты исследования показали, что порошковая сталь по сравнению с литой обладает более низкой склонностью к росту зерна аустенита, что объясняется измельчением первичного зерна при стружкообразовании и размоле; при этом измельчаются карбиды, разрушается карбидная (дендритная) ликвация. На уменьшение склонности к росту зерна также может повлиять остаточная пористость вследствие того, что границы зёрен при движении, выходя на поры, закрепляются на них.

На основании дилатометрического исследования была определена оптимальная температура нагрева при закалке. Было установлено, что температура закалки порошковой стали из стружкоотходов в среднем на 30 градусов ниже по сравнению с литой (компактной) сталью Р6М5 с аналогичным содержанием углерода. Это объясняется наличием в порошковых сталях

повышенного количества дефектов, которые являются центрами кристаллизации аустенитного превращения. Кроме того, мелкие и равномерно распределённые в структуре порошковой стали карбиды имеют высокую растворимость в твёрдом растворе, что также понижает температуру закалки. Структура после термической обработки состоит из мартенсита, карбидов и повышенного количества остаточного аустенита. Для снижения количества аустенита после закалки проводили обработку холодом в жидком азоте с выдержкой 15 минут. Отпуск после закалки обеспечивает снятие закалочных напряжений, уменьшение количества остаточного аустенита до 5…7% и высокую вторичную твёрдость.

Вследствие введения сажистого графита с целью удаления окислов порошковая сталь имеет содержание углерода выше по сравнению с аналогичной литой сталью. Это в свою очередь приводит к повышению твёрдости и снижению вязкости, что подтверждается результатом фрактографического анализа при этом стали с повышенным количеством углерода имеют более хрупкий излом (рис.).

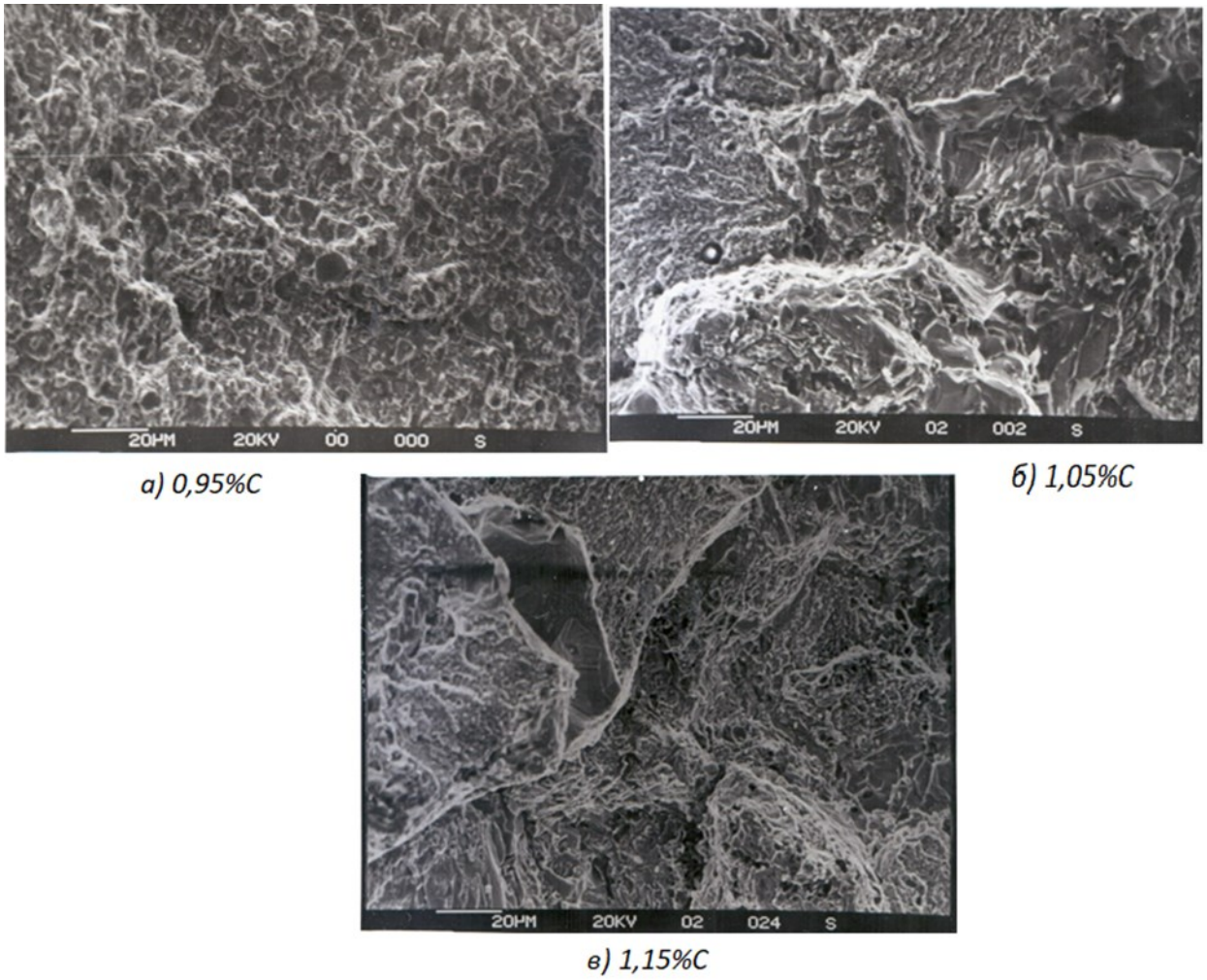


Рис. *Изломы порошковых сталей типа Р6М5 с разным содержанием углерода: а) 0,95% С; б) 1,05 %С; в) 1,15% С*

Испытания ударной вязкости показали, что ударная вязкость порошковой быстрорежущей стали ниже по сравнению с компактной сталью в связи с наличием в порошковой стали повышенной дефектности. Исследование структурных и фазовых превращений позволяет рекомендовать применение двукратного отпуска при температуре 560…580° С. В результате

окончательной термической обработки прочность при сжатии увеличилась, повысилась стабильность режущих свойств, а твёрдость и износостойкость соответствовали показателям литой стали Р6М5

Испытания режущих свойств проводили при точении термоулучшенной стали 40ХФА, скорость резания составляла 20 м/мин, подача 0,11 мм/об, глубина резания 0,5 мм, критерий затупления – износ по задней грани 0,5 мм.

Испытания показали, что стойкость порошковой стали достигала 35 мин, литой стали 27 мин, коэффициент относительной стойкости составил 1,3.

Вывод. Таким образом, применение в практике судоремонта инструмента, изготовленного из стружкоотходов быстрорежущих сталей, обеспечивает как качественный ремонт судов, так и вносит вклад в экологию окружающей среды.

Литература

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. 5-е изд. М.: Металлургия, 1983. - 584 с.
2. Горчакова С.А. Структурные превращения в порошковой быстрорежущей стали // Сборник статей НПК «Машиностроение: новые концепции и технологии.» г. Красноярск, 23-24 октября 2019, с. 115-118.
3. Попандопуло А.Н. Способ контроля качества распылённого порошка и спечённого инструмента из быстрорежущей стали / Попандопуло А.Н., Горчакова С.А., Смирнов А.А., и др. А.с. № 1168837, 22.03.1985.

Məqalə qəbul olunub: 29.03.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

UOT 621.746.075

FASİLƏSİZ TÖKMƏ İLƏ ALINMIŞ BORU PƏSTAHLARINDA QAYSAĞIN YARANMA SƏBƏBLƏRİ

[1]Məmmədov A.T., [1]İsmayılov N.Ş., [1]Hüseynov M.Ç.,[2]Quliyev F.T.
[3]Orucov F.S., [3]Süleymanov M.Ə.

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

Xülasə. *Fasiləsiz tökmə üsulu ilə alınan poladın boru pəstahlarında qaysaq tipli qusurların tədqiqi aparılmış və onun yaranma səbəbləri araşdırılmışdır. Borunun qaysaq yaranmış hissəsinin yaxınlığında və ondan bir qədər kənarda metalloqrafik tədqiqatlar həyata keçirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, boru pəstahının qaysaq yaranan sahələrində qeyri-metal ünsürlərin toplanması müşahidə edilir. Bu sahələrdə qeyri-metal ünsürlərin element analizi burada böyük miqdarda karbonun, oksigenin, bəzi hallarda silisiumun olmasını təsdiqləmişdir. Boru pəstahlarında qaysaq tipli qüsurların yaranmasının qarşısının alınması üçün əridilən poladın oksigensizləşdirmə dərəcəsinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi tövsiyə olunmuşdur.*

Аннотация. *Проведено исследование дефектов типа плен на трубных заготовках, полученных методом непрерывной разливки и определены причины его образования. Металлографические исследования проведены вблизи и на удаленной от плен части трубы. Опреде-*

лено, что на участках образования плен трубных заготовок наблюдается скопления неметаллических включений. Элементный анализ на этих участках подтвердил на них наличие большого количества углерода, кислорода и в некоторых случаях кремния. Для предотвращения образования дефектов типа плен на трубных заготовках рекомендовано повышение качества степени раскисления стали выплавляемой стали.

Abstract. *A study was made of captive-type defects on tubular blanks obtained by continuous casting, and the reasons for its formation were determined. Metallographic studies were carried out near and on the part of the pipe remote from the captivity. It has been determined that accumulations of non-metallic inclusions are observed in the areas of formation of shells of pipe blanks. Elemental analysis in these areas confirmed the presence of a large amount of carbon, oxygen and, in some cases, silicon. To prevent the formation of captive-type defects on pipe billets, it is recommended to improve the quality of the degree of deoxidation of the steel of the steel being smelted.*

Açar sözlər: *qaysaq, boru, şlif, qeyri-metal ünsürlər, optik mikroskop, yanıq*

Ключевые слова: *плен, труба, шлиф, неметаллические включения, оптический микроскоп, окалина*

Key words: *captivity, pipe, thin section, non-metallic inclusions, optical microscope, scale*

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

Giriş. Maye poladın pəstah üçün tökülməsində fasiləsiz tökmə texnologiyası ən mütərəqqi texnologiya sayılır. Bu, xüsusən neft-qaz sənayesi üçün tikişsiz boru pəstahlarının istehsalında xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Lakin fasiləsiz tökmə texnologiyasının əsas tələblərindən biri maye poladın sobada yüksək səviyyədə emalıdır. Digər tərəfdən, tökmə prosesi çox mərhələli, yəni əsas çalov-aralıq çalovu ilə həyata keçirildiyinə görə tökmə zamanı metalın oksidləşməsi baş verə bilir.

Aydındır ki, bu halda maye metalda qeyri-metal ünsürlərin yaranması sürətlə gedir, nəticədə alınan pəstahda təzyiqlə emal zamanı müxtəlif qüsurlar, o cümlədən qaysaq tipli qüsurlar yaranır. Qaysaq sonrakı mərhələdə hazır metallurji məhsulda yaranma ocağı rolunu oynayır [1,2].

Əsas hissə. Bu işdə qaysağın poladın strukturunda oynadığı neqativ rol şərh olunur, onun ətrafında və ondan kənarda aparılmış element analizinin nəticələri verilir. Onun ləğv edilməsi üçün zəruri tədbirlərin görülməsi haqqında tövsiyələr qeyd edilir.

Metalın mikrostrukturunun tədqiqini nital (HNO_3-ün 4%-li spirt məhlulu) reaktiv ilə aşındırmadan sonra ×200 və ×500 böyütmələrdə optik mikroskopda yerinə yetirdik. Metalın mikrostrukturu borunun divarının qalınlığı üzrə bircinsdir və termiki emal (tablama+tabəksiltmə) rejimindən sonra xırda dənəli formalaşmış ferrit-karbid qarışığından ibarətdir.

Poladın qeyri-metallarla çirkliliyinin qiymətləndirilməsini "GX51" markalı "Olympus" optik mikroskopun və "Philips" firmasının, "EDAX" kimyəvi analizatorla təchiz olunmuş "XL30" rastr elektron mikroskopunun tətbiqilə aşılanmamış uzununa mikroşliflərdə apardıq.

Bu tətqiqatlardan sonra müəyyən olunmuşdur ki, borunun metalı müasir poladlar üçün anomal yüksək dərəcədə qeyri-metal ünsürlərlə çirklənmə dərəcəsilə səciyyələnir (cədvəl). Boruda qeyri-metal ünsürlərinin uzunluğu 6 mm-dək təşkil edir. Cədvəldən göründüyü kimi ünsürlərlə poladın çirkliliyi keyfiyyətli boru poladının tələblərinə, məsələn ГОСТ 34636-2020 və ОСТ 14-21-77-nin tələblərinə uyğun deyildir.

Bundan əlavə az ünsürlərdə həm də Ca, K, Ti vardır, onlar metala posadan və ya posaəmələgətirici qarışıqdan düşə bilərlər. Ən iri oksidlərin ehtimal olunan yaranma səbəbi - əritmə və tökmə texnologi prosesinin pozulması ucbatından posanın polada düşməsidir. Bu ünsürlər yaymada dartılmış formaya malik olur.

Cədvəl

Borunun metalında qeyri-metal ünsürlərin növləri

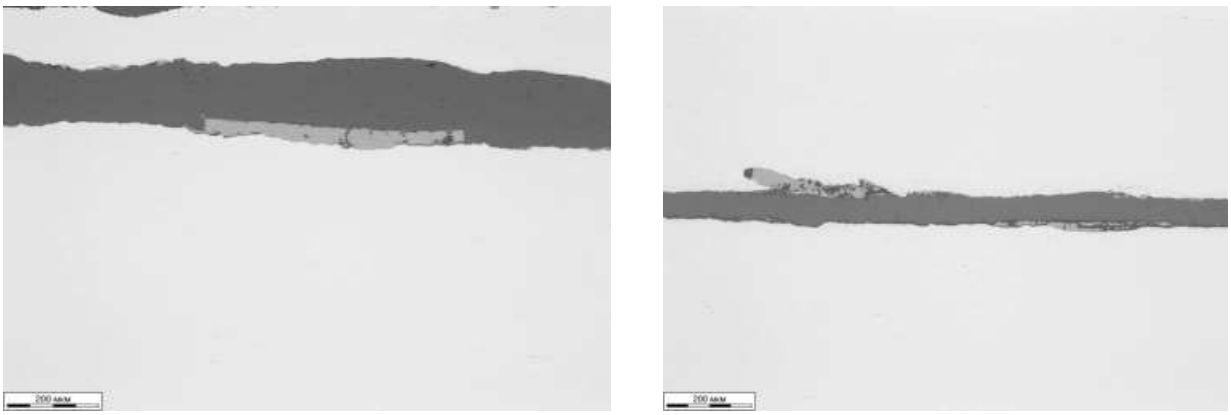
Ərintilərin növləri	Poladın qeyri-metal ünsürlərlə çirkliliyi						
	Nöqtəvi oksidlər	Sətirvari oksidlər	Sulfidlər	Kövrək silikatlar	Lövhəvari silikatlar	Deformasiya olunmayan silikatlar	Nitridlər
1	1,5	-	1,5	-	5	-	-
2	1,5	-	1	-	5	-	-
ГОСТ34636-2020 tələbləri çox olmadan							
1k	3	3	3	3	3	3,5	2
2k	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5	3
OCT1421-77 çox olmadan							
5	4,5	4,5	4,5	-	4,5	-	-

Aydındır ki, iri dartılmış ünsürlər gərginliklər konsentratorudur və boru metalının kövrək dağılmasını çağıra bilər. Qaysaqların yaranma səbəblərinin təyini üçün bir sıra metalloqrafik tədqiqatlar aparılmışdır. Aşılanmamış şliflərdən görünür ki, qaysaqların səthində dəmir oksidləri – yanıq mövcuddur. Yanığın qatının qalınlığı qaysağın səthində qeyribircinsdir və 50-200 mkm diapozonunda dəyişir. Qaysağın səthinin altında metalın həcmində manqan və silisiumla zənginləşmiş dairəvi oksid ünsürlər müəyyən olunmuşdur (şəkil 1 və şəkil 2). Bu ünsürlər havanın oksigenilə metalın təkrar oksidləşməsinin nəticəsidir. Silisium və manqanın artırılmış konsentrasiyası onunla şərtlənir ki, bu elementlər dəmirə nisbətən oksigenə böyük hərisliyə malikdir və ona görə oksidlərdə dəmiri əvəz edirlər.

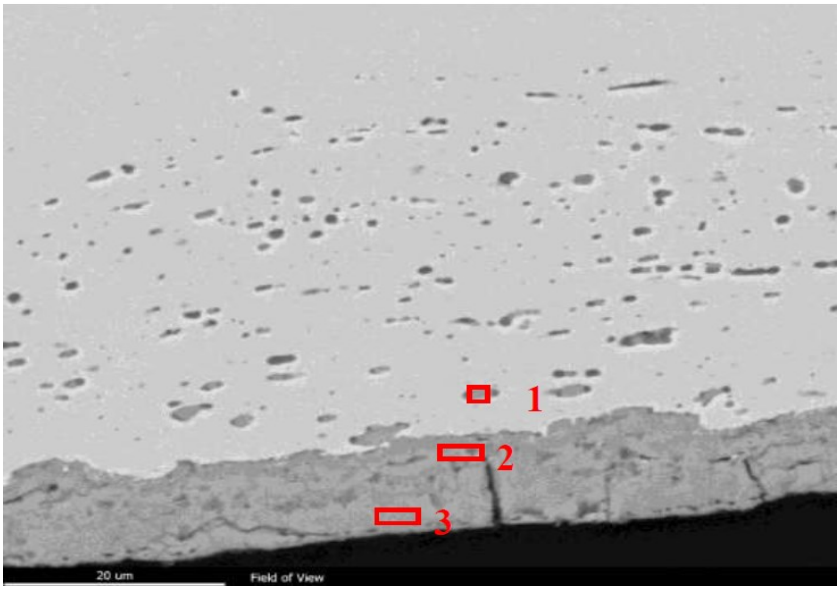
Aşılanmaq şliflərdən görünür ki, qaysaqlar karbonsuzlaşmışlar, bu, qüsurun altında metalın oksidləşməsi ilə izah olunur. Bu ona dəlalət edir ki, istehsalın hansısa mərhələsində qüsurun açıq səthi yüksək temperaturda havanın oksigenilə kontaktda olmuşdur. Ehtimal olunur ki, bu, külçənin dairəyə və dairənin deşilməsindən qabaq qızdırma mərhələsində baş vermişdir.

Nəticə. Yuxarıda deyilənləri umumiləşdirərək qaysağın və karbonsuzlaşmış zolaqların inkişaf mexanizmini aşağıdakı kimi fərz etmək olar. Pəstahın səthi yaymadan əvvəl dərin cizgilər və çatlar şəkilində qüsurlara malik olmuşdur. Yaymaya pəstahın qızdırılmasında bu qüsurların səthinin oksidləşməsi baş vermişdir, bu, səthdə pasın formalaşmasına, metalın həcmində isə qüsurların altında karbonsuzlaşmış qatın və dairəvi oksid birləşmələrinin yaranmasına gətirmişdir. Sonrakı yaymada göstərilən qüsurların bir hissəsi qaynaqlanmış və həcmdə karbonsuzlaşmış zolağın yaranmasına gətirmişdir.

Boruların səthində qaysaqların yaranmasının ən ehtimal olunan səbəbi boru pəstahının səthində uzununa qüsurların (çatların) mövcudluğudur. Öz növbəsində pəstahın səthində qüsurların yaranmasına metalın qeyri-metal ünsürlərlə artırılmış lokal (və ya ümumi) çirklənməsi kömək edə bilər [3,4].



Şəkil 1. *Borunun uzununa kəsiyində xarici səthdə qaysağın görünüşü*



		C	O	Si	Mn	Fe
Sahə 1	Wt, %	02,13	-	00,54	01,27	96,05
Sahə 2		02,78	13,63	-	-	83,59
Sahə 3		15,92	12,98	-	-	70,47

Şəkil 2. *Qaysaqda qeyri-metal ünsirlərin görünüşü və kimyəvi tərkibi*

Metalda qeyri-metal ünsürlərin azalması üçün əritmə və sobadankənar emal proseslərində maye metalı silisium və manqanla yanaşı, həm də kifayət dərəcədə alüminiumla oksigensizləşdirmək lazımdır.

Mikrostruksutun analizi ona dəlalət edir ki, qüsurların səthi və qüsurlar altında metalın həcmi yüksək temperaturlu oksidləşməyə məruz olmuşdur. Ona görə boruların xarici səthində qaysaqların yaranmamasına gətirən qüsurlar, artıq pəstahın yaymaya qızdırılma prosesində iştirak etmişlər, yayma prosesində onların bir hissəsi qaynaqlanmış və metalda karbonsuzlaşmış zolağın yaranmasına gətirmişdir. Beləliklə, boruların səthində olan qaysaqlar metallurji təbiətə malikdir (külçənin metalının ilkin keyfiyyətinin təsiri).

Ədəbiyyat

1. Məmmədov V.A., Kərimov R.İ., Quliyev F.T. Fasiləsiz tökmə pəstahlarında yaranan daxili qüsurların təhlili. / "Təhsil-tədqiqat-istehsalat mexanizminin qurulması" mövzusunda keçirilən Elmi-texniki konfransının materialları. 4-5 aprel 2018-ci il, AzTU, Bakı. s.158-161
2. Рахмахов С.Р., Мамедов А.Т. и др. Процессы и машины электрометаллургического производства. Монография. Баку-Днепр: «Системные технологии» - Издательство «Сабах», 2017. 568 с.
3. Величко А.Г., Мамедов А.Т. и др. Внепечная обработка при производтве высококачественных сталей (Монография), НМетАУ и АГУНП, Баку, 2021, 467 с.
4. Babanlı M.B., Kerimov R.İ., Bayramov A.T., Abbasov İ.B. An impact of the ladie lining on the refining of reinforeed steel when blowing with powders // EASTERN-EUROPEAN JOURNAL OF ENTERPRISE TECHNOLOGIES. ISSN 1729-3774, 2019. p.65-71

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

UOT 621.742

ADDİTİV TEXNOLOGİYALARIN SİYİRTMƏ GÖVDƏLƏRİNİN HAZIRLANMASI PROSESİNƏ İNTEQRASİYASI

Mənsimov A.H., İsmayılov N.Ş.

Azərbaycan Texniki Universiteti
AZ1073, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
E-mail: aykhanm00@gmail.com

Xülasə. *İnternet informasiya texnologiyaları sahəsində inqilab yaratdığı kimi, additiv texnologiyalar da siyirtmələr və hidravlik klapanlar da daxil olmaqla fiziki obyektlərin istehsal texnologiyasını əhəmiyyətli şəkildə dəyişdirmişdir. Bu texnologiyların üstünlüklərinə tamamilə avtomatlaşdırılmış sistemin insan əməyinin minimum həddə endirilməsi, hazırlanan məhsulun yüksək dəqiqliyi, ənənəvi üsullarla müqayisədə məhsulun dəfələrlə qısa müddətdə hazırlanmasını şamil etmək olar. Müasir istehsal texnologiyalarının əsas prioritet vəzifəsi istehsalın təşkili üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli, eyni zamanda istismar üçün zəruri keyfiyyət, təhlükəsizlik və funksionallıq kimi tələblərə cavab verən məhsul hazırlamaqdır.*

Siyirtmə və klapanların additiv istehsalının ənənəvi proseslərlə istehsalından əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bu mürəkkəb konfiqurasiyalı hissələr model tərtibatı olmadan birbaşa hazırlana bilər. Məsələn, ayrı-ayrı elementlərdən yığılmasına ehtiyac olmadan bütün klapanı additiv texnologiya ilə birbaşa istehsal etmək mümkündür. Mütərrəqi texnologiya kimi AT-nin əsas üstünlükləri mürəkkəb həndəsə və mürəkkəb axın bölmələri ilə olduqca dəqiq hissələrin istehsalına imkan verməsidir.

Abstract. *Additive technologies have revolutionized the technology of manufacturing physical objects, including valves and hydraulic valves, just as the Internet revolutionized information technology. The advantages of these technologies include minimization of human resources of a fully automated system, high product accuracy, and product manufacturing in a much shorter time frame than traditional methods. The main priority of modern production technologies is at the same time cost-effective operation.*

The main advantage of additive valve manufacturing over traditional processes is that some complex parts can be manufactured without manufacturing processes. For example, the entire valve can be manufactured using additive manufacturing to avoid the need for installation. The main advantage of advanced AT technology is the ability to produce high-precision parts with complex geometries and complex flow patterns.

Аннотация. *Аддитивные технологии произвели революцию в технологии производства физических объектов, включая клапаны и гидравлические клапаны, точно так же, как Интернет произвел революцию в информационных технологиях. К преимуществам аддитивных технологий можно отнести минимизацию человеческих ресурсов, полностью автоматизированную систему, высокую точность продукции, изготовление изделий в гораздо более короткие сроки, чем традиционные методы. Главный приоритет современных производственных технологий – рентабельность производства.*

Основное преимущество аддитивного производства клапанов по сравнению с традиционными процессами заключается в том, что некоторые детали сложной конфигурации можно изготавливать без производственных процессов. Например, весь клапан может быть изготовлен с использованием аддитивных технологий, чтобы избежать необходимости в установке. Основным преимуществом передовой технологии АТ является возможность изготавливать высокоточные детали со сложной геометрией и сложными узлами потока.

Açar sözlər: *additiv istehsal, qatlı hazırlama, 3D çapı, prosesin parametrləri, modelləşdirmə*
Key words: *additive production, layered production, 3D printing, process parameters, process modeling*
Ключевые слова: *аддитивное производство, слоистое изготовление, 3D печать, параметры процесса, моделирование*

Giriş. Müasir dövrdə dünyada təzahür edən inkişaf prosesləri digər sahələr kimi metallurgiya sahəsinə də öz təsirini göstərməkdədir [1,2]. İqtisadiyyatda baş verən dəyişikliklər, informasiya texnologiyalarının inkişafı daimi, yeni və sürətli texnologiyalara keçidi tələb edir. Bazar iqtisadiyyatı şəraiti təkcə istehsalı həyata keçirtməklə kifayətlənməməyi, həmçinin yüksək texnologiyaların da satıcısı olmağı üçün şərait yaradır [3,4]. İstehsal müəssisələri artan azad rəqabət şəraitində bazara daima keyfiyyətli və müasir tələblərə cavab verən məhsullar çıxarmalıdırlar. Əsas tələblərdən biri isə yeni texnologiyaların tətbiqində istifadə olunan vaxta və resurslara qənaət etməkdir [5,6].

Klapan sənayesində, ənənəvi tökmə üsulu ilə klapan istehsalı son 200 il ərzində qum tökmə prosesində inqlabı əhəmiyyət yaratmışdır. Müasir dövrdə istehsal prosesi çərçivəsində layihələr məhz tibbi sahəsi üçün modellərin işlənib hazırlanmasında əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərmişdir [7]. 2016-cı ilin may ayında İtaliyanın Talamon şəhərində yerləşən GE Oil & Gas zavodu qaz turbinlərinin yanması kameraları üçün torsov odluqlarının 3D-çapı üçün lazer texnologiyasından istifadə edən yeni xətti istismara verib [8].

Metallurgiya sənayesində baş verən dəyişikliklər digər ölkələr kimi, Azərbaycana da təsir etmişdir. Azərbaycanda pəstah istehsalı sahəsində yeni texnologiyaların tətbiqi, sahənin maddi-texniki bazasının gücləndirilməsi, müasirləşdirilməsi və səmərəli idarə edilməsi üçün tədbirlər həyata keçirilir.

Əsas hissə. Dünyada metal məmulatlar hazırlanarkən tərtibatların layihələndirilməsi zamanı dəqiqlik və möhkəmlik kimi göstəricilərin tələblərə uyğun olması vacibdir ki, bu səbəbdən də yeni və sürətli texnologiyalar işlənib hazırlanır. Layihələrin qısa zaman ərzində hazırlanması məhsulun istehsalında mühüm rol oynayır. Məhsulun tez ərsəyə gəlməsi istehsalçıya bir müddət sonra yarana biləcək olan fəsadların aradan qaldırılması üçün kifayət qədər vaxt qazandırır [3,5].

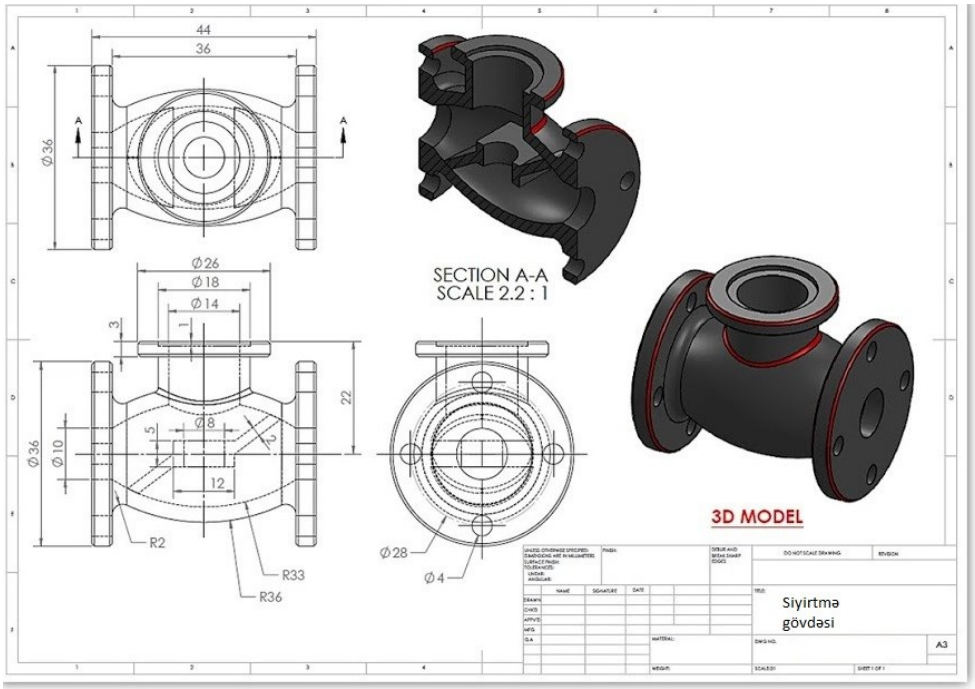
Layihəsi hazırlanmış məhsullar istehsalatdan əvvəl bir sıra testlərdən keçməlidir ki, bu da ənənəvi üsullardan istifadə nəticəsində həftələrlə vaxt itkisinə səbəb ola bilər. Lakin sürətli prototipləmə vasitəsilə bu prossesin davam etmə müddəti əhəmiyyətli dərəcədə azaldıla bilər. Bu isə böyükmiqyaslı texniki-iqtisadi səmərə əldə etmək deməkdir [6,8].

Hazırda respublikanın metallurgiya müəssisələrində tətbiq olunan əritmə texnologiyalarında xammal kimi əsasən metal qırıntıları və tullantılarından istifadə edilir. Ölkə iqtisadiyyatının sürətli inkişafı müasir dövrün tələblərinə cavab verən yeni istehsal müəssisələrinin yaradılmasını tələb edir. Hazırda inkişaf etməkdə olan sürətli prototipləmə üsulu vasitəsi ilə məhsulun eyni olan yeni modelini qısa müddətdə əldə etməyə imkan yaranır. SolidWorks CAD kimi proqramlar və 3D texnologiyaların köməyi ilə çətin konfiqurasiyalı materialların istehsalı prosesi sadələşmişdir (şəkil 1).

Sürətli prototipləmə texnologiyaları maye, bərk və toz halında olmaqla 3 qrupa bölünür. İlkin mərhələdə maye halında olan məhsul lazer, işıq və temperaturun təsiri ilə bərk hala keçir. Bərk halda olan məhsuldan isə qəliblər vasitəsi ilə yeni məhsul bütöv şəkildə çıxardılır. Toz halında olan məmulatlar forma baxımından fərqli kateqoriyaya aid edilir və təhlil olunur. Belə ki, toz dənəcikləri əridilir və ya yapışdırıcı vasitə ilə birləşdirilərək məsaməsiz vəziyyətə gətirilir.

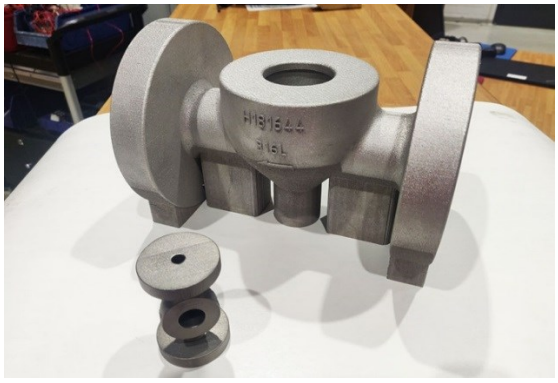
Müasir kompüter layihələndirmə sistemləri (CAD) yeni məmulatların işlənib hazırlanmasında vaxt və vəsait sərfinin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılmasına imkan yaradır. Lakin məmulatın ilk fiziki nümunəsinin hazırlanması problemi hələ də zəif cəhət kimi qalır. Detalların və müvafiq qəliblərin hazırlanma texnologiyasının işlənib hazırlanması böyük məsrəf tələb edir. Modernizasiya olunmuş istehsal məhsulları nisbətən sürətli dəyişməsi və məhsulun funksional keyfiyyətlərini müəyyən edən əsas komponentlərin dəyişməzliyi ilə xarakterizə olunur. Dizayn xüsusən termoplastik avtomatlarına,

qəlibləmə üsulu ilə hazırlanmış gövdə hissələrinə, dekor elementlərinə aiddir. Additiv texnologiyasından istifadə edərək daha aşağı bir qaynaq ilə yüngül lehimli bir qəlib hazırlamaq mümkündür.



Şəkil 1. *SolidWorks proqramında siyirtmə gövdəsinin hazırlanması üçün 3D modeli*

Ənənəvi tökmə texnologiyası üçün AT texnologiyaları yeni imkanlar təklif edir. Məsələn, bir qəlib, adi işləmə metodları ilə hazırlana bilməyən konfiqurasiya soyutma kanalları ilə birlikdə asan sadə bir CAD dizayn və 3D qurğunun köməyi ilə hazırlanması kimi erqonomik həllər təklif edir (şəkil 2 və 3).



Şəkil 2. *3D texnologiyası ilə hazırlanmş siyirtmə gövdəsi*



Şəkil 3. *3D çapı ilə hazırlanmış metal hidravlik kollektorlar*

3D texnologiyası ilə hazırlanmış hidravlik kollektorların çəkisi 1,5 kq-dan 0,98 kq-a qədər azalır, çəki itkisi 35%-ə qədərdir. Həcmi 535 sm3-dən 116 sm 3-ə qədər azalır, həcminin azalması 78%-ə qədərdir. Bu da ənənəvi üsullarla hazırlanmış kollektorlardan əhəmiyyətli dərəcədə üstünlükləri ilə seçilir. Axının xüsusiyyətləri qövdə boyunca hamar keçid üçün düz bucaqlı keçidlə axın trayektoriyasının dəyişdirilməsi hesabına yaxşılaşır. Metal qəliblərin istehsalı hidravlik kollektorun inteqrasiya olunmuş strukturunu yarada biləcəyi üçün əlavə texnoloji qazma tələb olunmur, bu da sızma riskini azaldır və performansını və sabitliyini artırır.

3D çap klapan istehsalında yeni bir dövrdür və demək olar ki, hər gün yeni texnologiyaların inkişafına töhfə verir. 3D çap klapan mühəndislərinin məhsulların necə inkişaf etdirildiyini və

təkmilləşdirildiyini, eləcə də istifadəçilərin xüsusi klapan istehsalı prosesinin necə istifadəyə yararlı olduğunun bariz nümunəsidir.

"3D-çap" termini bu gün adətən siyirtmə və hidravlik klapanlarin layihələndirməsinin modelləşdirilməsi istehlakçı yönümlü modellərlə assosiasiya olunur. "Additive Production" termini insanların sənaye proseslərini nəzərdə tutduqları zaman prosesə daxil olur. Bu iki proses adətən eynidir. Polimerlər və ya metallar maddələr olub-olmamasından asılı olmayaraq, texnologiya ardıcıl qat ilə avtomatlaşdırılmış nəzarət altında bütün 3D iş texnologiyalarının birləşməsi ilə nəticələnir.

Tədqiqat layihələri, keçmişdə mümkün olduğundan daha sürətli, daha iqtisadi və daha yaxşı mexaniki xüsusiyyətləri ilə emal sənayesi üçün tənzimləyici klapanların layihələndirilməsi və istehsalı üçün metodların inkişaf etdirilməsini sürətləndirir. İnkişaf etdirilən texnologiyaların əksəriyyəti müxtəlif sənaye sahələrində də tətbiq oluna biləcəyinə inanılır. Additiv istehsal əsasən subtraktiv istehsalın ənənəvi üsullarından fərqli olaraq, məhsulun yaradılması üçün qat-qat əlavə edilən üçölçülü modeldən obyektlərin yaradılması üçün materialların birləşdirilməsi prosesidir.

Nəticə. Beləliklə, apardığımız təhlil göstərir ki, additiv texnologiyalarin siyirtmə və hidravlik klapanlarin layihələndirmə və istehsal dinamikasını xeyli sürətləndirir. Yeniliklərlə də paralel olaraq standartlara ehtiyac yaranır və bu problemi həll etmək üçün Additiv texnologiyalar əlavə istehsal standartlaşdırma üzrə birgə proqram yaradılmasına ehtiyac yaranır.

Additiv texnologiyanin məqsədi ümumi sənaye standartlarının və additiv istehsal spesifikalarının inkişafını koordinasiya etmək və sürətləndirməkdir. Additiv istehsal və ya 3D çap böyük miqyaslı kütləvi istehsalı və ya daha ixtisaslaşdırılmış klapan istehsalı üçün iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğun hesab olsa da, bu sahə də zamanla siyirtmə və hidravlik klapan sənayesinin inkşafına öz müsbət tövhələrini verəcəkdir.

Additiv texnologiyalar vasitəsi ilə yeni məhsul bazara çıxmadan təkcə prototip hazırlanmasında yox, kütləvi istehsalda da aktual məsələyə çevrilmişdir. 2020-ci ildə İtaliyada pandemiyadan tibbi ləvazimat qıtlığı yaşanarkən kütləvi sistem klapan istehsalının köməyi ilə böhrannan qısa müddətdə çıxmaq mümkün olmuşdur. Additiv texnologiyalar hal hazırda təkcə metallurgiya sahəsində yox digər sənaye sahələrindədə aktiv istehsal olunur.

Ədəbiyyat

1. Gebhard, A. Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping - Tooling – Produktion. Verlag: Carl Hanser, München; 2016, 736 S.
2. Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Verlag: Springer; 2010- 459 p.
3. Pham, D.T., Dimov, S.S. Rapid Manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. London-Berlin Heidelberg, 2000. pp. 206.
4. Meyer, R.(Hrg.) Euro-u Rapid 2002 (Tagungsband) Internationale Konferenz zu RP & RT & RM, Frankfurt/Main 2./3. 12.2002. Fraunhofer- Allianz Rapid Prototyping
5. Messe Erfurt AG (Hrg.) Rapid.Tech (Tagungsband) Anwendertagung und Fachausstellung für Rapid-Technologien 25./26.05.04. DESOTRON Verlagsgesellschaft Dr. Günter Hartmann & Partner GbR Erfurt[1]
6. Ambos, E., Hornig, T. et al.: Erfahrungen zum Einsatz von Stereolithographiemodellen in der Giessereitechnik// Giesserei-Praxis Nr. 13/14 1995.
7. Jacobs, P.F. Recent Advances in Rapid tooling from Stereolithography. 3D- Systems, Darmstadt 1997.
8. Jacobs, P.F. Rapid Prototyping&Manufacturing. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn 1992.

Məqalə qəbul olunub: 29.03.2022
Tövsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş.İsmayılov

УДК 629.5

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА КОРПУСА СУДОВ И ШТАНГ ГЛУБИННОНАСОСНЫХ ШТАНГОВЫХ УСТАНОВОК ИЗ СТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА

Рагимова А.А., Нариманов Р.Н., Мамедов Э.Д.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности
AZ1010, г. Баку, пр. Azadlıq, 20
Азербайджанская Государственная Морская Академия
AZ1000, г. Баку, ул. З.Алиевой, 18
E-mail: ragimova.adila@mail.ru, rustam.narimanov.73@inbor.ru, elxantec@mail.ru

Аннотация. *Тема статьи указывает на тяжелые условия работы конструкций корпусов судов и глубиннонасосных штанговых установок. Корпуса судов и наиболее ответственная деталь в глубиннонасосных сважинных установках штанга изготавливаются из стекловолокнистого материала. В качестве примера для штанг приводится материал марки СВАМ, так как он по своей однонаправленной структуре более прочный материал. Рассматриваются нагрузки, действующие при эксплуатации корпусов судов и глубиннонасосных штанг. Так же отмечаются неблагоприятные условия работы, отрицательно, влияющие на структуру стекловолокнистого материала. Учитываются определенные преимущества стекловолокнистого материала по сравнению со сталью и другими материалами.*

Xülasə. *Məqalənin mövzusu gəmi gövdəsi strukturlarının və dərin quyu nasos ştanq qurğularının çətin iş şəraitini göstərir. Gəmi gövdələri və quyu nasos qurğularının ən vacib hissəsi olan ştanq şüşəlifli materialdan hazırlanır. Ştanq üçün nümunə olaraq ŞLAM markasının materialı verilmişdir, ona görə ki o, bir istiqamətli strukturunda daha güclü bir materialdır. Gəmi gövdələrinin və dərin quyuların nasos ştanqlarının istismarı zamanı təsir edən qüvvələr nəzərə alınır. Şüşəlifli materialın strukturuna mənfi təsir göstərən əlverişsiz iş şəraiti də qeyd olunur. Şüşəlifli materialın polad və digər materiallarla müqayisədə müəyyən üstünlükləri nəzərə alınır.*

Abstract. *The subject of the article points to the difficult working conditions of the structures of ship hulls and deeppumping rod installations. The hulls of ships and the most important part in deeppumping borehole installations, the rod are made of fiberglass material. As an example for barbells, the material of the SWAM brand is given, since it is a more durable material in its unidirectional structure. The loads operating during the operation of ship hulls and deep-pumping rods are considered. Unfavorable working conditions are also noted, negatively affecting the structure of the fiberglass material. Certain advantages of glassfiber material in comparison with steel and other materials are taken into account.*

Ключевые слова: *условия эксплуатации, корпуса судов, глубинные насосы, штанги, стекловолокнистый материал*

Açar sözlər: *istismar şəraiti, gəmi gövdəsi, dərin nasoslar, ştanqlar, şüşəlifli material*

Key word: *operating conditions, ship hulls, deep pumps, rods, fiberglass material*

Введение. Эксплуатация конструкций деталей, корпусов и других частей оборудования в различных областях промышленности в данном случае нефтегазодобыче, судопроизводстве, происходит в тяжелых условиях и агрессивных средах. Это приводит к износу и старению.В глубинонасосных нефтедобывающих скважинных установках, одной из наиболее нагруженной деталью является колонна штанг, соединенная с плунжерным механизмом глубинного насоса. Корпуса и корпусные детали малых судов, подвергаются действию агрессивной морской среды и т.д. В целях экономии металла, применяют стекловолокнистый материал, как для

глубиннонасосных штанг, так и для корпусов судов. Необходимо учитывать влияние условий эксплуатации данного типов деталей и частей из этого материала, для его рационального применения. Для этого учитывается структура материала и его механические характеристики.

Основная часть. Известно что стекловолокнистый материал со времени его создания учеными, технологами является одним и основных конструкционных материалов. Он применяется в различных отраслях промышленности в том числе судопроизводстве и нефтегазодобыче.

Конструкции корпусов судов взаимодействуют с агрессивной морской средой. При статическом положении, то есть в неподвижном состоянии корпус судна больше подвержен агрессивной среде. В этом случае уменьшается прочность стекловолокнистого материала корпуса судна при взаимодействии с морской водой. Вспомогательные суда малых размеров с корпусами из стекловолокна (стеклопластика), в условии морского нефтегазового промысла, транспортируют оборудование и их части, в том числе глубинные насосы и штанги на эстакады. Следовательно, корпус судна при транспортировке определенного груза, воспринимает нагрузку от веса груза, ударную нагрузку морской волны и агрессивной среды воды. Учитывая эти факторы, необходимо увеличить прочность стекловолокнистого материала. Например обработкой адгезионно-гидрофобным веществом. Так же необходимо отверждение стекловолокна, при специальном условии не ниже температуры 18^0 и не высокая относительная влажность воздуха. Преимущество конструкции корпусов судов из стекловолокна этих антикоррозионность, меньший вес по сравнению с деревом и металлом при той же прочности, имеют высококую ударную стойкость и т.д.

В отличии от судопроизводства, добыча нефти и газа, скважинными глубиннонасосной установки, работающие в этих условиях. С этой целью рассмотрим, какие процессы происходят в структуре стекловолокнистого материала штанг. Для эксплуатации штанг из стекловолокна в глубинных насосах, необходимо применять наиболее прочный и долговечный материал то есть высокого качества и соответствующей марки. Технология изготовления стекловолокна и ее механические характеристики, отличаются от стали. Приведем пример стекловолокна марки СВАМ (рис1).

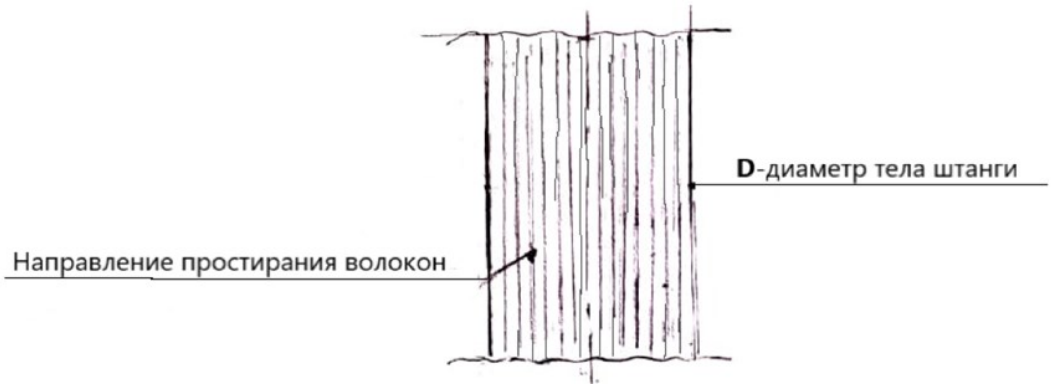


Рис.1. *Схематичное изображение части тела глубиннонасосной штанги, изготовленной из стекловолокнистого материала марки СВАМ*

Ниже приводится таблица изменения прочности стекловолокнистого материала этой же марки горячего прессования после выдерживания в воде.

Таблица 1

Изменение прочности стеклопластиков горячего прессования после выдерживания в воде

Тип стекло-пластика	Связующая смола	Армирующее стекло-волокно	Объемный вес, г/см^3	Толщина образца, мм	Испытание	Предел прочности, МПа					
						контрольные образцы	после выдерживания в воде, час				
							24	72	240	480	960
СВАМ	Эпоксид-нофе-нольная (35,8 %)	Волокно из бесще-лочного чтекла (1:1)	1,69	3,25	Растя-жение	1360	122,2 (89,8 %)	129,6 (95,3 %)	-	115,5 (84,7%)	113,5 (81,5%)
					Изгиб	2311	210,1 (91 %)	175,1 (75,8%)	175,1 (75,8%)	172,9 (75,8%)	171 (74,0)

Этот материал изготовляется, как непрерывное, однонаправленное волокно, как непрерывное, однонаправленное волокно, покрываемое жидкой синтетической смолой или ее раствором без замасливателей. Следовательно связь между волокнами этого материала более прочная, что способствует более надежной эксплуатации стекловолокнистых штанг. На рис.2 показана схема установки, для изготовления материала стекловолокна марки СВАМ.

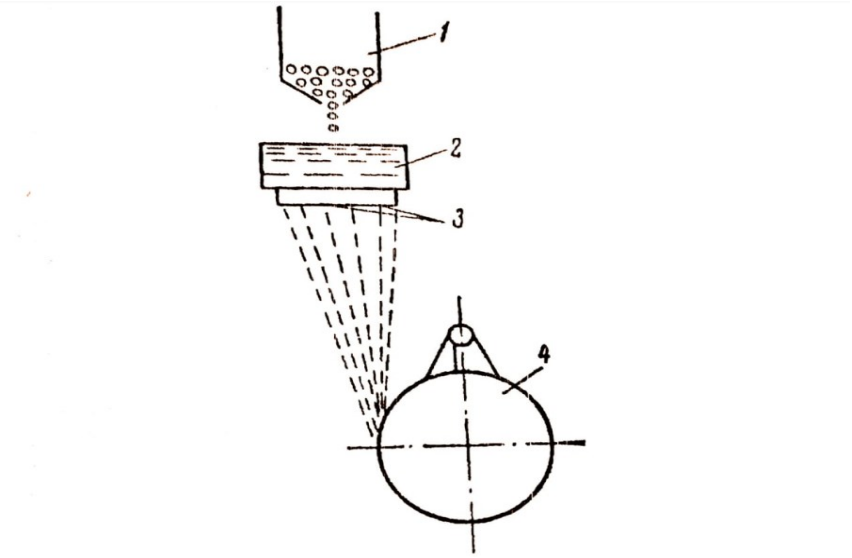


Рис. 2. *Получение стекловолокна СВАМ*
1-бункер для стеклянных шариков; 2-электропечь; 3 – фильеры; 4 – наматывающий барабан

Известно что, наиболее высокая прочность стеклопластика обеспечивается при 65%-ном содержании стекловолокна. При вертикальном движении штанги вниз, на ее тело действует сжимающая нагрузка P_c, что приводит к сжимающим напряжениям в структуре материала (стекловолокна). То есть волокна в теле штаги подвергаются сжимающей деформации и относительному изгибу. Перемещение штанги вверх, будет действовать растягивающая нагрузка P_p, следовательно волокна материала растягивают воспринимают напряжения растяжения σ_p. В результате этих нагрузок и напряжений, образуется определенная температура в теле штанги, способствующим усталостным напряжениям. Это приводит к расширению волокон в поперечном сечении штанги и образованию деффекта, а так же есть вероятность обрыва. Вышеуказанные растягивающие и сжимающие нагрузки и напряжения, так же есть действуют при образовании давлений всасывания и нагнетания плунжером глубинного насоса, из-за движения штанг вверх и вниз.

Учитывая волокнистую, однонаправленную структуру выбранного в качестве примера материала марки СВАМ для штанг и атомно-молекулярное строение волокна, можно проанализировать движение и взаимодействие этих частиц в структуре волокна данного материала при эксплуатации штанг. Как указанно выше на штангу действуют растягивающие

нагрузки, что приводит к смещению по вертикальной плоскости сечения тела волокнистого материала штанги, его атомов и молекул, то есть увеличению расстояния между ними и уменьшению взаимодействия между этими частицами. Сжимающие нагрузки в теле штанги, уменьшают расстояние между молекулами волокна, приводящие к их сближению. Эти процессы способствуют анизотропности материала и как следствие к его износу. В тяжелых условиях эксплуатации глубинных насосов, как на суше так и на морских эстакадах (сооружениях), материал штанг воспринимает влажность среды и температуру. Антикоррозионные свойства стекловолокнистого материала, аналогично как с конструкцией корпуса судна, уменьшает действие влажной среды. Действие температуры, расширяет или сужает тело штанги, цилиндрической конструкции значит и сам ее материал. Относительно высокая температура, повышает движение молекул в стекловолокне, а низкая температура уменьшает подвижность частиц.

Неблагоприятные условия работы, как глубиннонасосных штанговых установок на суше и на морских эстакадах, так же вспомогательных судов малых размеров, отрицательно влияют на стекловолокнистый материал их конструкций штанг и корпусов судов то есть на ихнюю структуру. Учитывая это, уменьшается долговечность материала. Но определенные преимущества стекловолокнистого материала, перед другими материалами, применяемыми как в судопроизводстве, так и в нефтегазодобыче, в частнасти, как сталь, делает эксплуатацию корпусов судов и глубиннонасосных штанг рационально и экономично.

Выводы. Эксплуатация вспомогательных судов в суровых морских промысловых условиях, способствует износу конструкций их корпуса. Так же тяжелые условия работы глубинных скважинных насосных установок, как на суше так и на море, изнашивают их колонну штанг. С целью экономии металла или стали, корпуса судов и колонны штанг изготовлают из стекловолокнистого материала. Этот материал по своим характеристикам по сравнению с металлом или сталью имеет определенные преимущества. При выборе данного материала, необходимо учитывать условия работы и их влияние на эксплуатацию корпусов судов и колонны глубиннонасосных штанг с целью повышения долговечности материала и конструкции.

Литература

1. Мейслинг Г. Оборудование и отделка судовых помещений (пер. с немец.), Судпромгиз.
2. Михайлов Н.В. Полимерные химические волокна, изд-во «Знание».
3. Николаев Л.А. Синтетические материалы в народном хозяйстве, Изд-во «Знание».
4. Петров Г.С., Рутовский Б.Н., Лосев И.П. Технология синтетических смол и пластмасс, Госхимиздат.
5. Пешехонов А. А. Физико-механические свойства пластиков.
6. Сборник «Пластмассы в машиностроении, сборник.
7. Delmont G., Plastics in Engineering, Cleveland, USA.
8. Kinney G. F. Engineering Properties and Application of plastics, New-York.
9. Mandler Heinz. Duroplaste, Halle.

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

UOT 621.941.01

MÜASİR RPİ ÇOXMƏQSƏDLİ DƏZGAHLARINDA ÇOXALƏTLİ EMALIN XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ PROBLEMİ

Yusubov N.D., Abbasova H.M.

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

Xülasə. *Məqalədə müasir RPİ ÇMD-lər, onların üstün cəhətləri, müasir RPİ ÇMD-lərin imkanlarının çoxalətli emal nöqteyi-nəzərindən araşdırılması, çoxalətli sazlamalar şəklində ÇMD-lərin texnoloji imkanları nümunələri, çoxalətli çoxsupportlu emal (paralel çoxalətli emal) prosesinin xüsusiyyətləri, çoxalətli emalın ölçü-dəqiqlik nəzəriyyəsi, mexaniki emal texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi, ölçülərin təhrif olunmasının tamfaktorlu modeli kimi məsələlərə baxılmışdır.*

Analiz əsasında müasir RPİ ÇMD-lər konstruksiyasına görə 5 tipə ayrılmışdır. ÇMD-lərin konstruksiya tiplərinin hər birinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir şərtlər daxilində RPİ avadanlıqlarından istifadə zamanı maksimal effektivliyin əldə olunması qarşıya məqsəd olaraq qoyulur. Çoxalətli sazlamanı ÇMD-lərə tətbiq etməklə hissələrin emal vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq, buraxılan məmulun keyfiyyətini yüksəltmək və stabilləşdirmək, alət xərclərini azaltmaq mümkündür.

Abstract. *The article discusses modern multi-purpose CNC machines, their advantages, study of the capabilities of modern multi-purpose CNC machines from the point of view of multi-tool machining, examples of the technological capabilities of multi-tool machines in the form of multi-tool adjustments, features of the process of multi-tool multi-carriage machining (parallel multi-tool machining), dimensional-accuracy theory of multi-tool machining, mathematical modeling of technolo-gical processes of mechanical processing, full-factor size distortion model.*

Based on the analysis of the design, 5 types of modern multi-purpose CNC machines were identified. The analysis of the capabilities of each of the design types of multipurpose machines is carried out and the possibilities of adjustment are considered. It should be noted that the goal is to achieve maximum efficiency when using CNC equipments in modern conditions. By applying a multi-tool adjustment to multi-purpose machines, it is possible to significantly reduce the machining time of parts, improve and stabilize the quality of the product, and reduce tool costs.

Аннотация. *В статье рассматриваются современные многоцелевые станки с ЧПУ, их преимущества, исследование возможностей современных многоцелевых станков с ЧПУ с точки зрения многоинструментной обработки, примеры технологических возможностей многоцелевых станков в форме многоинструментных наладок, особенности процесса многоинструментной многосуппортной обработки (параллельной многоинструментной обработки), размерно-точностная теория многоинструментной обработки, математическое моделирование технологических процессов механической обработки, полнофакторная модель искажения размеров.*

На основании анализа по конструкции выделено 5 типов современных многоцелевых станков с ЧПУ. Проведён анализ возможностей каждого из конструктивных типов многоцелевых станков и рассмотрены возможности наладки. Следует отметить, что целью является достижение максимальной эффективности при использовании оборудования с ЧПУ в современных условиях. Применяя многоинструментную наладку на многоцелевых станках с ЧПУ, можно значительно сократить время обработки деталей, улучшить и стабилизировать качество изделия, снизить затраты на изготовление инструмента.

Açar sözlər: *çoxalətli emal, çoxməqsədli dəzgahlar, çoxalətli sazlamalar, dəqiqlik modelləri*
Key words: *multi-tool machining, multi-purpose machines, multi-tool adjustments, accuracy models*
Ключевые слова: *многоинструментная обработка, многоцелевые станки, многоинструментные наладки, модели точности*

Giriş. Çoxməqsədli dəzgahlar (ÇMD) – bir neçə müxtəlif növ kəsmə ilə emalı (yonma, frezləmə, içyonuş, burğulama, yiv açma və s.) yerinə yetirmək üçün alətin avtomatik dəyişdirilməsinə və rəqəmli proqramla idarəetməyə malik dəzgahlardır. Başqa sözlə, RPİ ÇMD mürəkkəb hissələrin müxtəlif tərəflərdən və onların başqa yerə (digər dəzgaha) köçürülməsi olmadan kompleks emalını təmin edən və bir qayda olaraq, alətin avtomatik dəyişdirilməsinə malik RPİ dəzgahı adlanır [1, s. 3-5], [2, s. 57]. Bu dəzgahlar fırlanma cisim tipli və müstəvi hissələrin, gövdələrin emalı üçün buraxılırlar. Birinci halda emal üçün torna-frez və pardaq dəzgahları qrupundan, ikinici halda isə burğu-frez-içyonuş dəzgahları qrupundan ÇMD-lər (emal mərkəzləri (EM-lər) və ya çoxəməliyyatlı dəzgahlar (ÇƏD-lər) istifadə olunur [1, s. 3].

EM-lərdə sağ tərəfli düzbucaqlı koordinat sistemi qəbul edilir. Bu sistemin X, Y, Z koordinat oxları sağ əlin böyük (baş), şəhadət və orta barmaqları istiqamətinə uyğun olur. Ümumi proqramlaşdırma halında, Z oxu şpindelin fırlanma oxları ilə üst-üstə düşür və onun müsbət istiqaməti hissə tərəfdən qəbul edilir. Adətən EM hissəni ardıcıl olaraq bir neçə alət ilə emal edir. Frez emalının konturu bir çox prosedurlarda X-Y planında formalaşır, burğulama isə alətlərin Z ox boyunca hərəkəti zamanı həyata keçirilir [3, s. 5-6].

ÇMD-lər çoxməqsədli olmayan, lakin alətlərin avtomatik dəyişdirilməsi ilə digər RPİ dəzgahlarından yüksək emal konsentrasiyası ilə xüsusilə seçilir [4, s. 176]. Onlarda özündə onlarla emal olunan səthləri birləşdirən mürəkkəb gövdə pəstahlarının kobud, yarımtəmiz və təmiz emalını, ən müxtəlif texnoloji keçidləri – müstəvilərin, çıxıntıların, qanovcuqların, quyuların frezlənməsini, hamar və pilləli deşiklərin burğulanmasını, zenkerlənməsini, rayberlənməsini, içyonuşunu, xarici və daxili səthlərin emalını və s. həyata keçirirlər [5, s. 36-37].

Bu əməliyyatları yerinə yetirmək üçün dəzgah metalkəsən alətlərin böyük ehtiyatına malik olmalıdır. ÇMD-lər 15-30 ədəd ehtiyatı ilə, ehtiyac olduqda 50-100 və daha çox alət ehtiyatına malik alət mağazalarına (anbarlarına) malik olur. Bu da onları digər RPİ dəzgahlarından fərqləndirən cəhətlərdən biridir [6, s. 305-355].

Əksər ÇMD-lərin daha bir mühüm xüsusiyyəti onlarda stolun və ya dövri və ya fasiləsiz (proqram üzrə) bölgü ilə bölücü tərtibatın olmasıdır. Bu yenidən yerləşdirmə olmadan bir neçə tərəfdən pəstahın emalı üçün mütləq (zəruri) şərtdir. Yeni konstruksiyalı dəzgahları əlavə stollar və pəstahı avtomatik dəyişmək üçün qurğular ilə təchiz edirlər. Pəstah ilkin olaraq tərtibat-peykdə (cığırdaşda) bərkidilir və onlar birlikdə əlavə stoldan əsas stola ötürülür. Pəstahın sputnikə (peykə) yerləşdirilməsi və emal olunmuş hissənin çıxarılması dəzgahın işi zamanı yerinə yetirilir. Beləliklə, dəzgahın yüklənməsinə sərf olunan köməkçi vaxt minimuma endirilir [1, s. 3; s. 176-178].

Müasir RPİ çoxməqsədli dəzgahların imkanlarının çoxalətli emal nöqteyi nəzərindən araşdırılması. Texnoloji avadanlıq bazarında təqdim olunmuş RPİ ÇMD-lərin bazasında çoxalətli emala imkan verən analiz aparılmışdır. Araşdırma zamanı ÇMD-lərin konstruksiyalarının 5 tipi qeyd edilmişdir [7, s. 67]. Hər konstruksiya tipi üçün dəzgah modelləri və istehsalçı firma (dəzgah nümayəndələri) qeyd edilmişdir. Tez-tez rast gəlinən ÇMD-lərin konstruksiya tipləri ilə tanış olduqdan sonra hər avadanlıq tipinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Dəzgahların konstruksiyalarının sxemləri, texniki xarakteristikaları və bu dəzgahlarda mümkün sazlamalar hər avadanlıq tipi üçün müvafiq olaraq cədvəllərdə göstərilmişdir [2, s. 60-61].

Çoxalətli sazlamalar şəklində çoxməqsədli dəzgahların texnoloji imkanları nümunələri. Sazlamanı layihələndirərkən sazlamada iştirak edən alətlərin eyni vaxtda işləməsinə səy göstərməli və səthlərin emalının elə uyğunlaşdırılmasına nail olmaq lazımdır ki, bu zaman bir alətdən yaranan kəsmə qüvvəsi digər alətdən yaranan kəsmə qüvvəsi ilə balanlaşdırılsın.

ÇMD-lərdə emalın dəqiqliyi 11-13-cü kvalitetdə təmin olunur. Sazlama və texnoloji təchizatın düzgün seçilməsi nəticəsində dəqiqlik 6-9-cü kvalitetə qədər yüksəldilə bilər [2, s. 61].

Eyni zamanda işləyən alətlərin sayını artırarkən dəzgahın sərtliyi, hissə və onun dəzgahda bərkidilməsi mütləq nəzərə alınmalıdır.

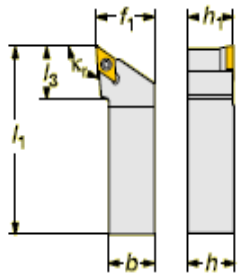
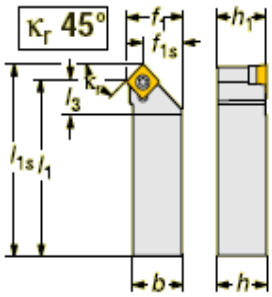
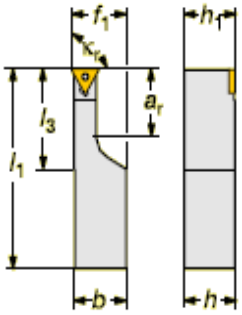
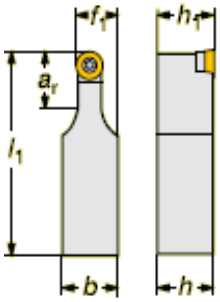
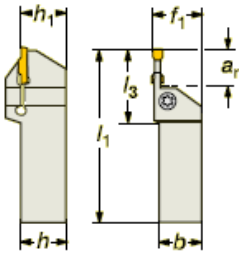
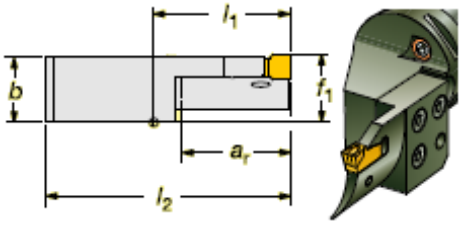
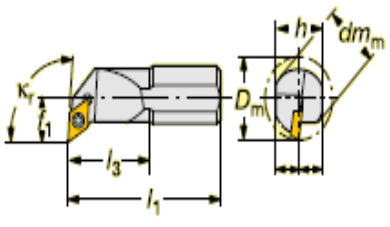
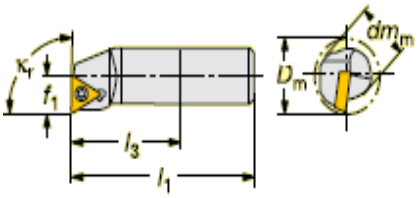
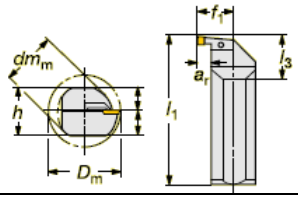
Sazlama zamanı alətlərin sayını həddən artıq götürmək olmaz, belə ki, bu zaman dəzgahda titrəmələrə, kəsmə qüvvəsinin artması isə alətin sürətlə yeyilməsinə və onun tez-tez tənzimlənməsinə və dəyişilməsinə gətirib çıxarır.

Çoxalətli texnoloji avadanlıqlardan tam istifadə etmək məqsədilə sürətli kəsmə rejimlərində sazlama zamanı iki və az hallarda üç alət götürmək məsləhətdir. Bu zaman kəsmə sürətinin və verişin artması hesabına məhsuldarlıq 30-40% yüksəlir, eləcə də alət xərcləri də azalmış olur [4, s.176].

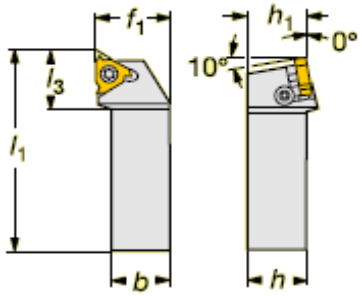
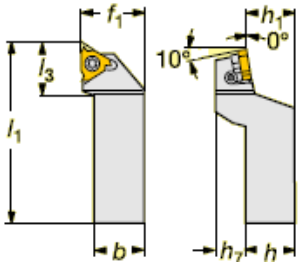
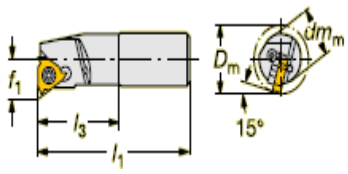
Cədvəl 1-də RPİ ÇMD-lərdə geniş istifadə olunan alətlər göstərilmişdir.

Cədvəl 1

RPİ ÇMD-lərdə istifadə edilən kəsən alətlər

<table>
<tr><td colspan="4">Tutqaclı alətlər qrupu</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">5</td><td colspan="2">6</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">İçyonuş sağanaqlı kəskilər qrupu</td></tr>
<tr><td>7</td><td>8</td><td colspan="2">9</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

Cədvəl 1-in ardı

<table>
<tr><td colspan="4">Yiv açmaq üçün alətlər qrupu</td></tr>
<tr><td colspan="3">10</td><td>11</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td>
</td><td rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Xarici yivləri açmaq üçün</td></tr>
<tr><td>Aləti aşağıdan yaxınlaşdırmaq üçün</td><td>Aləti yuxarıdan yaxınlaşdırmaq üçün</td><td>Daxili yivləri açmaq üçün</td></tr>
<tr><td colspan="4">Oxlu alətlər qrupu</td></tr>
<tr><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>burğu</td><td>zenker</td><td>rayber</td><td>sekovka</td></tr>
<tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Haşiyə frezi</td><td>Ümumi təyinatlı frez</td><td>Nov frezi</td><td>Lövhə frez</td></tr>
<tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Yiv burğusu</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Cədvəl 2-də isə hər 5 tip dəzgahda çoxalətli emal zamanı istifadə olunan sazlamalarda alətlərin uyğunluğu və iki alətdən ibarət olan sazlamaların xülasəsi bütün variantlarda verilmişdir.

Cədvəl 2

ÇMD-lərdə iki alətdən ibarət olan sazlamaların xülasəsi

1-ci tip avadanlıq üçün

Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır	Alətin nömrəsi (cədvəl 1 üzrə)																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
2	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
3	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
4	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
5	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	o	o	o
6	t	t	t	t	t	o	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
7	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	t	t	t	t	t	t	t	t	o	+	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+	o	+
11	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
12	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+	+
14	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+	+
15	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+	+
16	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+	+
17	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+	+
18	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+	+
19	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+	+
20	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+

2-ci tip avadanlıq üçün

Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır	Alətin nömrələnməsi cədvəl 1-ə əsaslanır																				
	1	2	3	4	5	6	(7)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	o	o	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
2	t	o	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
3	t	t	o	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
4	t	t	t	o	o	o	+/-	o	o	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
5	t	t	t	t	o	o	+/-	o	o	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
6	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
(7)	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+/-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
8	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
9	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
10	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
11	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
12	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	o	+!
13	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!
14	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!	+!	+!	+!	+!	+!	+!

Cədvəl 2-in ardı

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	15	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!	+!	+!	+!	+!	+!
	16	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!	+!	+!	+!	+!
	17	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	o	+!
	18	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	o	+!
	19	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	o	+!
	20	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	+!

+	Istehsalatda istifadə olunan sazlama
+	Avadanlıqların imkanlarına əsaslanan nəzəri mümkün sazlama
+!	əks şpindeldə yerləşən alətlə ancaq mərkəz yuvalarını emal etmək mümkündür, belə ki, eninə yerdəyişmə mümkün deyil.
+/-	Sazlama iqtisadi cəhətdən məqsədyönlü deyil, belə ki, xüsusi kəsici alət hazırlanmasını tələb edir.
o	Sazlamada alətlərin belə uyğunlaşdırılması mümkün deyil.
t	Təkrarlanan sazlamalar, yəni 2-1 və 1-2
3-cü tip avadanlıqlar üçün	
1-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.	
4(a) tip avadanlıqlar üçün	
2-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.	
4(b) tip avadanlıqlar üçün	
1-ci tip avadanlıqlarda istifadə olunan sazlamalar hamısı burada istifadə olunur.	

Üçalətli sazlamalara aşağıdakı avadanlıqların imkanları şərait yaradır: 3 revolver başlıqlı birinci tip avadanlıqlar; üçüncü və dördüncü b tipli avadanlıqlar. Dördalətli sazlamalara üçüncü tip dəzgahların imkanları şərait yaradır.

Qeyd etmək lazımdır ki, hazırda istənilən RPİ dəzgahından maksimum sə-mərəlilik əldə olunmasına çalışırlar. RPİ ÇMD-lərdə də çoxalətli sazlamaların tətbiq edilməsi hissələrin emal vaxtının kəskin azalmasına, buraxılan məhsulun keyfiyyətinin stabilləşdirilməsinə və yüksəldilməsinə və alət sərfininn azaldılmasına imkan verər.

Çoxalətli sazlamaların tətbiqinin araşdırılması göstərir ki, nəzəri olaraq mümkün 400 sazlamadan (cədvəl 2) yalnız 36-sı, yəni 9 %-dən istifadə olunur. Bu fakt isə ondan xəbər verir ki, müasir RPİ ÇMD-lərin yüksək potensialına baxmayaraq, belə texnoloji imkanların reallaşdırılması çox aşağı səviyyədədir. Bu isə öz növbəsində, belə sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiq edilməsi ilə əlaqədar tövsiyələrin olmaması ilə izah olunur [7, s. 68].

Hazırda RPİ dəzgahları ilə bağlı ədəbiyyatlarda [8, s. 108-159], [9, s. 185-404], [10, 472 s.] kəsmə rejimlərinin və vaxt normalarının təyini üzrə tövsiyələr mövcuddur. Lakin bu ədəbiyyatlarda çoxalətli emal haqqında və belə emal zamanı kəsmə rejimlərinin təyini haqqında heç bir məlumat verilmir. Bu səbədən məhz çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi zəruridir [4, s.177].

Çoxalətli çoxsupportlu emal prosesinin xüsusiyyətləri. Torna avtomat-dəzgahlar qrupunda çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələləndirilməsi zamanı bir sıra xüsusiyyətləri nəzərə almaq lazımdır.

Buraya ayrı-ayrı mövqe və keçidlərin qarşılıqlı kinematik və təşkilati əlaqəsi, supportların verişlərinin təyin edilməsi məsələsi, sazlamanın ayrı-ayrı alətlərinin qarşılıqlı təsiri və s. daxildir. Bununla əlaqədar, limitləyici alət üzrə dövrlər sayının təyin edilməsi sazlamanın əksər alətlərinin konkret alət üçün qeyri-rasional kəsmə şərtlərində (adətən kiçik sürətlər zonasında) işləməsinə gətirib çıxarır. İstehsalatda əldə olunan təcrübə göstərir ki, emalın keyfiyyətini təmin etmək üçün (ölçülərin qeyri-stabilliyindən və emal olunan səthdə pillələrin əmələ gəlməsindən qaçmaqdan ötrü) müxtəlif

alətlərin işlərinin başlanğıc və son anlarını üst-üstə salmaq lazımdır. Bu məqam uzununa və eninə supportların verişlərinin işçi gedişlərinin vaxtlarının bərabərləşdirilməsi yolu ilə həll edilməsini tələb edir. Çoxalətli çoxsupportlu sazlamalar zamanı alətlərin sayının çox olması ilə əlaqədar olaraq, onların dəyişdirilməsi üçün paralel-qrup üsulundan istifadə edilməsi rasional hesab edilir. Bu da kəsmə rejimlərinin lazımı korrektə edilməsini (xüsusilə, kəsmə sürətlərini) zəruri edir.

Bundan başqa, çoxalətli çoxsupportlu əməliyyatın layihələndirilməsi sazlama strukturunun seçilməsinin çoxvariantlı məsələ olması ilə fərqlənir. Belə ki, hər bir səthin formalaşdırılması zamanı işçi gedişlər üzrə emal payının bölüşdürülməsi, mövqelər və supportlar üzrə alətlərin paylaşdırılması, keçidlərin üst-üstə salınması müxtəlif üsullar ilə həyata keçirilə bilər. Zavod sazlamalarının araşdırılması əməliyyatın məhsuldarlığının sazlamanın strukturundan əhəmiyyətli dərəcədə asılı olduğunu göstərir. Eyni zamanda texnoloji variantın seçilməsi icra edənin (məsələn, texnoloqun) şəxsi təcrübəsinə əsaslanır. Əlbəttə ki, emal sxemlərinin mümkün böyük sayında hissənin texniki tələblərini yerinə yetirməklə qəbul edilmiş variant texnoloji maya dəyəri, məhsuldarlıq və s. baxımından optimal olmayacaqdır.

Beləliklə, çoxalətli çoxsupportlu emal əməliyyatlarının mürəkkəbliyi və çoxvariantlığı layihələndirmə zamanı müəyyən avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərinə və ya konkret sazlamalar üçün tövsiyələrə ehtiyac olduğunu göstərir.

Maşınqayırma istehsalının müasir inkişaf mərhələsi RPİ dəzgahlarının istehsala geniş tətbiqi ilə səciyyələnir. Hazırda respublikanın müxtəlif istehsal sahələrində böyük sayda RPİ dəzgahları istismar edilir. Son dövrlərdə əlavə funksiyalara (koordinat yerdəyişmələrinin asılı olmayan idarə edilməsi, kəsmə proseslərinin kinematikasının idarə edilməsi və s.) malik ikisupportlu RPİ dəzgahlarının istehsalatda istifadə edilməsinə xüsusi diqqət verilir. Belə dəzgahların mürəkkəb və bahalı olması onların istismarı zamanı yüksək məhsuldarlığı təmin edən istehsalın səmərəli hazırlığını tələb edir. Lakin belə dəzgahların istismarı zamanı müxtəlif supportlarda alətlərin yerləşdirilməsinə baxmayaraq (burada koordinat yerdəyişmələrinin müstəqil idarəetmə funksiyalı RPİ mikroprosessor qurğusu olmasına rəğmən) ikialətli ikisupportlu emal əsas etibarı ilə keçidlərin ardıcıl yerinə yetirilməsi ilə müşahidə olunur.

Müasir RPİ ÇMD-lərdə əməliyyatların proqramlaşdırılmasının mövcud avtomatlaşdırılmış sistemlərində ikisupportlu torna dəzgahları üçün texnoloji keçidlərin üst-üstə salınması məsələsinin həlli sınaq və səhvlər metodu ilə əl rejimində həyata keçirilir. Bu isə RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli çoxsupportlu emalın layihələndirilməsi üzrə elmi əsaslandırılmış metodikanın olmamasını bir daha təsdiq edir və onun işlənməsinin aktual olduğunu bildirir.

Çoxalətli emalın ölçü-dəqiqlik nəzəriyyəsi. Yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyi texnoloji prosesin layihələndirilməsi, sazlanması və reallaşdırılması zamanı ən birinci tələbdir [11, s. 39-42]. Buna görə də layihələndirilən texnoloji prosesin parametrləşdirilməsinin birinci məsələsi "Texnoloji prosesin ölçü araşdırılması" vahid bölməsini təşkil edən emal paylarının və əməliyyat ölçülərinin hesablanmasıdır. Parametrləşdirmə mərhələsinin ikinci məsələsi isə kəsmə rejimlərinin hesablanmasıdır [8, 368 s.], [9, s. 108-159].

Çoxalətli sazlamalarda yerinə yetirilən ölçülər və aralıq emal payları məhz kəsmə rejimlərinin parametrləri ilə əlaqəlidir. Bu səbəbdən texnoloji prosesin parametrləşdirilməsinin bu iki məsələsi eyni zamanda həll olunmalıdır [12, s. 191-232].

Ölçü-dəqiqlik layihələndirilməsi zamanı çoxalətliliyin nəzərə alınması metodları A.A. Koşin [12, s. 127-189] və N. D. Yusubovun [13, s. 36-39], [14, s. 52-54], [15, s. 15-188], [16, s. 51-117] işlərində göstərilmişdir. Çoxalətli sazlamaların alətlərinin qarşılıqlı qüvvə təsirinin nəzərə alınmasına əsaslanan çoxalətli emalın layihələndirilməsi və optimallaşdırma nəzəriyyəsinin əsasları A.A. Koşinin işlərində işlənmişdir [12, s. 127-211]. A.A. Koşin torna yarımavtomatları və avtomatlarında çoxalətli sazlamalar sistematikasını yaradaraq, eləcə də dəqiqlik üzrə məhdudiyyətin qrup xarakterini nəzərə alaraq çoxalətli sazlamaların üç əsas qrupu üçün dəqiqlik modellərinin baza dəstini işləmişdir. Bu modellər texnoloji sistemin və emal olunan materialın xassələri və rejim parametrlərindən başqa, çoxalətli sazlamanın strukturunu – kəsən alətlərin tiplərini və sazlamada yerləşmə sxemini nəzərə

alırlar. O, işlənmiş bu modellər bazasında çoxalətli emalın idarəetmə modelləri dəstini də yaratmışdır. Amma onun tərəfindən yalnız yumruqlu idarəetməli dəzgah-avtomatlarda reallaşdırılan sadə müstəvi çoxalətli sazlamalara baxılmışdır. N.D. Yusubov müasir çoxşpindelli və çoxsupportlu RPİ dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin alətlərin əyri xətli trayektoriya üzrə hərəkət imkanları, eləcə də sazlamadakı alətlərin ixtiyari fəza yerləşməsi nəzərə alınmaqla sazlamadakı alətlərin qarşlıqlı qüvvə təsiri balansı əsasında qurulmalı olduğunu əsaslandırmış və müasir RPİ dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi üçün funksional idarəetmə səviyyəsinə qədər çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsini yaratmışdır. O, çoxalətli emalın təşkili üzrə müasir RPİ torna dəzgahları qrupunun texnoloji imkanlarını nəzərə almaqla çoxalətli sazlamaların çoxfaktorlu sistematikasını - təsnifatını işləmiş, sonra isə çoxalətli sazlamaların yaradılmış təsnifatı əsasında yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyinin təhrif edilməsi və pəstah dəstlərinin emalı zamanı ölçülərin səpələnmə sahəsi modelindən ibarət kompleks matris modellərini işləmişdir. Burada ilk dəfə olaraq o, bütün koordinat oxları üzrə texnoloji sistemin elastikliyini nəzərə alınmış, sazlamanın alətlərinin ixtiyari fəza yerləşməsi mümkünlüyünü göstərmişdir [15, 256 s.], [16, 216 s.].

Çoxalətli emal matris nəzəriyyəsinin əsasını çoxalətli sazlamalarda alətlərin yerinə yetirdiyi ölçülərin dəqiqliyinin riyazi modelləri təşkil edir. Buna görə də çoxalətli sazlamalarda ölçülərin xətalarının formalaşmasının riyazi modellərinin müasir səviyyəsi xüsusi maraq doğurur.

Mexaniki emal texnoloji proseslərinin riyazi modelləşdirilməsi. Çoxalətli emalın dəqiqlik nəzəriyyəsinin əsasını çoxalətli sazlamalarda alətlər tərəfindən yerinə yetirilən ölçülərin dəqiqliyinin riyazi modelləri təşkil edir. Ona görə də çoxalətli sazlamada ölçü xətalarının formalaşmasının riyazi modelinin müasir səviyyəsi maraq yaradır.

Emal dəqiqliyinin miqdarca xüsusiyyəti emal xətasıdır. Bu emal xətası real hissənin forma və ölçülərinin hissənin konstruksiyasında verilmiş onun ideal sxeminə uyğunsuzluq (müvafiq olmama) dərəcəsini səciyyələndirir.

Emal dəqiqliyinin modelləşdirilməsi zamanı kəsmə qüvvəsi təsirindən texnoloji sistemin elastiki yerdəyişmələri nəticəsində yaranan Δ_y elementar xətası xüsusi yer tutur. Onun qiyməti kəsmə rejimləri ilə, texnoloji sistemin xüsusiyyətləri ilə müəyyənləşdirilir. Bu səbəbdən Δ_y elementar xətası burada əsas idarəetmə obyekti kimi çıxış edir və onun riyazi təsviri tələb olunur.

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən qeyd etmək olar ki, çoxalətli sazlamaların hesabi layihələndirilməsi nəzəriyyəsinin işlənməsi üçün yerinə yetirilən ölçülərin təhrif olunması və onların səpələnmə sahələrinin kompleks modelləri lazımdır və bu modellər çoxalətli sazlamanın strukturunu – uzununa supportdan və ya eninə supportda müxtəlif növ kəskilər, uzununa və eninə supportların eyni zamanda işini nəzərə almalıdırlar.

Araşdırılmış xarici mənbələrdə çoxalətli emalın çox vaxt eksperimental olaraq tədqiqinə rast gəlinir. Məsələnin riyazi modelləşdirilməsi və bu zaman çoxalətli emalın spesifikasiyası demək olar ki tam olaraq heç bir mənbədə rast gəlinmir.

Çoxalətli emalın layihələndirilməsinin hesablama nəzəriyyəsinin yaradılması zamanı A.A. Koşin [12, s. 9-72; s. 122-224] və N.D. Yusubov [15, s. 63-188], [16, s. 51-96], [17, s. 268-271], ilk növbədə, yerinə yetirilən ölçülərin təhrif edilməsi və onların səpələnmə sahələrinin modellərinin çoxalətli sazlamaların strukturunu (uzununa supportun və eninə supportun müxtəlif növ alətlərini, uzununa və eninə supportların eyni zamanda işləməsini və s.) nəzərə alan kompleks riyazi modellərinin işlənməsinin zəruri olduğunu göstərmişlər. N.D. Yusubov göstərmişdir ki, müasir çoxşpindelli və çoxsupportlu RPİ dəzgahlarında çoxalətli emalın layihələndirilməsi nəzəriyyəsi alətlərin əyri xətli trayektoriya üzrə hərəkət imkanları, eləcə də sazlamadakı alətlərin ixtiyari fəza yerləşməsi nəzərə alınmaqla sazlamadakı alətlərin qarşlıqlı qüvvə təsiri balansı əsasında qurulmalıdır. Bu səbəbdən, ilk növbədə, fəza yerləşməli alətlərli çoxalətli sazlamalarda sazlamadakı bütün alətlərin kəsmə qüvvəsinin bütün təşkiledicilərinin eyni zamanda təsirini və texnoloji sistemin bütün koordinat istiqamətləri üzrə elastiki yerdəyişmələrini nəzərə alan emal xətaları modellərinin olması zəruridir. Bunun üçün isə fəzada maddi cisimlər sisteminin qarşılıqlı elastiki qüvvə təsirini təsvir edən matris

nəzəriyyəsi əsasında analitik mexanika aparatı əlverişli hesab olunur. Bununla da o, çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsinin yaradılması zərurətini göstərmiş və bu nəzəriyyəni yaratmışdır.

Beləliklə, emal dəqiqliyi modelinin işlənməsində iki əsas amil var: kəsmə qüvvələri və texnoloji sistemin elementlərinin elastikliyi. Çoxalətli emalda kəsmə qüvvələri kompleksi fəaliyyət göstərir. Bu qüvvələrin təsiri sxemi sazlamanın strukturu tərəfindən verilir, yəni kəsən alətlərin emal olunan pəstaha nisbətən yerləşdirilməsi sxemi ilə, onların tipi və hər bir alətdə kəsmə dərinliyi ilə. N. D. Yusubov tərəfindən işlənmiş çoxalətli emalın dəqiqlik matris modelləri çoxalətli sazlamanın strukturunu təsvir edir və bütün əsas təsir edici amilləri nəzərə alır. Bu səbəbdən çoxalətli emalın layihələndirilməsinin hesabı nəzəriyyəsinin əsasını təşkil edir. Lakin burada da işlənmiş modellərin sistematikası və onların çoxalətli sazlamalar təsnifatı ilə müqayisə edilməsi göstərir ki, dəqiqliyin proqnozlaşdırma ilə qiymətləndirilməsinin analitik modelləri texnoloji keçidlərin üst-üstə salınmasının bütün variantlarını nəzərə almır.

Ölçülərin təhrif olunmasının tamfaktorlu modeli. N.D. Yusubovun çoxalətli emalın dəqiqliyinin matris nəzəriyyəsi əsasında işlədiyi emal xətalarının demək olar ki, əksər modelləri texnoloji sistemin altsistemlərinin XYZ dekart koordinat sisteminin oxları boyunca düzxətli-paralel yerdəyişmələrini nəzərə alır [15, s. 63-165], [16, s. 51-96; 97-114], [17, s. 268-271]. Emal xətalarının formalaşma prosesinə belə yanaşma qabarit ölçüləri bütün koordinat oxları boyunca eyni tərtibdə olan hissələr üçün buraxıla biləndir.

Lakin praktikada torna əməliyyatı zamanı qabarit ölçüləri müxtəlif istiqamətlərdə kəskin fərqlənən hissələr də emal edilir. Məsələn, uzun vallar (xətti ölçüləri üstünlük təşkil edən), disk və flans (diametral ölçüləri üstünlük təşkil edən) tipli hissələr. Belə hallarda emal xətalarına əhəmiyyətli dərəcədə mövcud vəziyyətdə emal edilən pəstahın dönmələri, xüsusilə də qabarit ölçülərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamətdə dönməsi də təsir edəcəkdir [15, s. 168].

Beləliklə, texnoloji sistemin elastikliyinin hər bir altsistem üçün iki matrisdən ibarət kompleks xarakteristikası (koordinat oxları və onların qarşılıqlı təsiri üzrə altsistemlərin elastikliyini xarakterizə edən koordinat elastiklik matrisi və koordinat oxları ətrafında dönməyə müqaviməti və onların qarşılıqlı təsirini xarakterizə edən bucaq elastiklik matrislərinin qiymətləri) müəyyən edilə bilər.

Nəticədə, texnoloji sistemin altsistemlərinin deformasiyası xassəsini bilməklə dəqiqlik modellərin bazasında [15, s. 179-181] sazlamaların strukturu üzrə kəsmə rejimlərinin emal dəqiqliyinə təsir səviyyəsinin müəyyən edilməsi və proqnozlaşdırılması üçün imkan yaranır.

Nəticə. Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Analiz əsasında müasir RPİ ÇMD-lər konstruksiyasına görə 5 tipə ayrılmışdır. ÇMD-lərin konstruksiya tiplərinin hər bir tipinin imkanlarının analizi aparılmış və sazlama imkanlarına baxılmışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, müasir şərtlər daxilində RPİ avadanlıqlarından istifadə zamanı maksimal effektivliyin əldə olunması qarşıya məqsəd olaraq qoyulur. Çoxalətli sazlamanı ÇMD-lərə tətbiq etməklə hissələrin emal vaxtını əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmaq, buraxılan məmulun keyfiyyətini yüksəltmək və stabilləşdirmək, alət xərclərini azaltmaq mümkündür.

Müasir RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli emal texnoloji imkanlarının analizi və Azərbaycan Respublikasının maşınqayırma zavodlarında ÇMD-lərin potensialından istifadənin araşdırılması göstərir ki, zavodlarda 400 nəzəri mümkün sazlamanın yalnız 9%-i tətbiq edilir. Bizim ölkəmizdə isə bu rəqəm sıfıra bərabərdir. Bu zavodlardakı ÇMD-lərdən eyni zamanda bir neçə səthin emalı üçün deyil, müxtəlif detalların eyni zamanda emalı (şpindel və əksşpindel) üçün istifadə edilir. Bu fakt onu göstərir ki, müasir RPİ ÇMD-lərin yüksək potensialının olmasına baxmayaraq, belə dəzgahlarda çoxalətli sazlamaların reallaşdırılması çox aşağı səviyyədədir. Zavodda eyni zamanda bir neçə səthin çoxalətli emalına imkan verən avadanlıqların olmasına baxmayaraq, çoxalətli emalın tətbiq edilməməsinin başlıca səbəbi də orada bu istiqmət üzrə layihələndirmə və müvafiq olaraq sazlama sxemləri üzrə tövsiyələrin olmamasıdır. Hazırda müasir RPİ ÇMD-lər ilə bağlı ədəbiyyatlarda kəsmə rejimlərinin və vaxt normalarının təyini üzrə tövsiyələr mövcuddur. Lakin bu ədəbiyyatlarda ÇMD-

lərdə çoxalətli emal haqqında və belə emal zamanı kəsmə rejimlərinin təyini haqqında heç bir məlumat verilmir. Bu səbəbdən müasir RPİ ÇMD-lərdə məhz çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi zəruridir [4, s.177].

Digər tərəfədən müasir RPİ ÇMD-lərdə onların dəqiqlik imkanlarından tam istifadə olunmur, belə ki emalın dəqiqliyi 11-13-cü kvalitetdə təmin olunur. Amma sazlama və texnoloji təchizatın, kəsmə rejimlərinin düzgün seçilməsi nəticəsində dəqiqlik 6-9-cu kvalitetə qədər yüksəldilə bilər. Sənayedə müasir RPİ ÇMD-lərdə əməliyyatların layihələndirilməsi üzrə avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemlərindən istifadə olunur, amma onlarda da ölçülərin dəqiqliyi üzrə məhdudiyyətin və eyni zamanda işləyən alətlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla texnoloji sistemin elasitiki yerdəyişmələrinin modelləşdirilməsi əsasında verişlərin hesabi müəyyən edilməsi metodikası yolu ilə çoxalətli emalın dəqiqliyinin və məhsuldarlığının yüksəldilməsi imkanları nəzərdə tutulmamışdır.

Çoxalətli çoxsupportlu sazlamaların layihələndirilməsi və tətbiqi üzrə tövsiyələrin işlənməsi üçün əsas zəmin müasir RPİ dəzgahlarının imkanlarını nəzərə almaqla N.D. Yusubov tərəfindən işlənmiş çoxalətli emalın matris dəqiqlik nəzəriyyəsidir. Araşdırma göstərmişdir ki, N.D. Yusubovun çoxalətli çoxsupportlu emalın dəqiqliyinin matris nəzəriyyəsi əsasında işlədiyi emal xətalarının əksər modelləri texnoloji sistemin altsistemlərinin düzxətli-paralel yerdəyişmələrini nəzərə alır. Emal xətalarının formalaşma prosesinə belə yanaşma qabarit ölçüləri bütün koordinat oxları boyunca eyni tərtibdə olan hissələr üçün buraxıla biləndir.

Lakin praktikada torna əməliyyatı zamanı qabarit ölçüləri müxtəlif istiqamətlərdə kəskin fərqlənən hissələr də emal edilir. Belə hallarda emal xətalarına əhəmiyyətli dərəcədə mövcud vəziyyətdə emal edilən pəstahın dönmələri, xüsusilə də qabarit ölçülərinin üstünlük təşkil etdiyi istiqamətdə dönməsi də təsir etdiyindən dəqiqlik modellərində nəzərə alınmalıdır.

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq çoxməqsədli dəzgahlarda çoxalətli emalin problemi müəyyən edilir. Problem RPİ ÇMD-lərdə çoxalətli sazlamada eyni zamanda işləyən alətlərin qarşılıqlı təsirini nəzərə almaqla texnoloji sistemin elastiki yerdəyişmələrinin modelləşdirilməsi əsasında verişin hesablanması yolu ilə çoxalətli emalın dəqiqliyinin müəyyən edilməsi, proqnozlaşdırılması və məhsuldarlığının yüksəldilməsi yollarının araşdırılmasıdır.

Ədəbiyyat

1. Багров, Б.М. Многоцелевые станки. Учебное пособие. / Б.М. Багров, А.М. Козлов; – Липецк: ЛГТУ, – 2004. – 193 с.
2. Юсубов, Н.Д., Багирова Г.М. Многоинструментная обработка на многоцелевых станках с ЧПУ // – Баку: Машиноведение, – 2012. №1, – с. 57-62.
3. Чуваков, А.Б. Современные тенденции развития и основы эффективной эксплуатации обрабатывающих станков с ЧПУ / А.Б. Чуваков.- Нижний Новгород: НГТУ, – 2013. – с. 174.
4. Юсубов, Н.Д., Багирова, Г.М. Проектирование многоинструментной обработки на современных многоцелевых токарных станках с ЧПУ // Седьмая Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в промышленности», – Минск: ОИПИ НАН Беларуси,– 30-31 октября, – 2012, – с. 176-178.
5. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. Т. 2 / В.В. Бушуев [и др.]; под ред. В.В. Бушуева. Т. 2. - Москва: Машиностроение, - 2011. - 586 с.
6. Гузеев, В.И. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. / В.И. Гузеев, Батуев В.А., Сурков И.В. Под ред. В.И. Гузеева. 2-е изд.– Москва: Машиностроение, – 2007. – 368 с.
7. Abbasova, H.M. RPİ çoxməqsədli dəzgahlarının texnoloji imkanlarının tam istifadə edilməsi zamanı çoxalətli emalın rolu // – Bakı: Elmi əsərlər, – 2019. №3, – s. 67-74.
8. Машиностроение. Энциклопедия: [в 40 томах]. Технология изготовления деталей машин. / А. М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров [и др.]. –Москва: Машиностроение. Т. III-3. – 2000. – 840 с.

9. Обработка на токарных станках: наладка, режимы резания: Справочник / Под общей ред. проф. А.А. Кошина. – Челябинск: Сити-Принт, – 2012. –744 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Част II. Нормативы режимов резания // - Москва: Экономика, -1990, -472 с.
11. Балакшин, Б. С. Основы технологии машиностроения / Б. С. Балакшин. – Москва: Машиностроение, – 1969. – 358 с.
12. Кошин, А. А. Теория точности и оптимизация многоинструментной токарной обработки: / диссертация доктора технических наук, специальность 05.02.08 – Технология машиностроения. / − Челябинск, 1997. − 290 с.
13. Юсубов, Н.Д. Матричная полнофакторная модель искажения размеров, выполняемых в многоинструментных наладках // – Москва: Техника машиностроения, – 2008. № 1 (65), – с. 36-39.
14. Юсубов, Н. Д. Матричные модели точности в многоинструментных двухсуппортных наладках // – Москва: Вестник машиностроения, – 2009. № 3, – с. 52-54.
15. Юсубов, Н. Д. Многоинструментная обработка на станках - автоматах токарной группы (Матричная теория точности многоинстументной обработки на современных станках с ЧПУ токарной группы) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: AV Akademikerverlag Gmbh & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 256 с.
16. Юсубов, Н. Д. Основы матричной теории точности многоинструментной токарной обработки (Принципы и структура теории, проектирования и управления процессами многоинструментной обработки) / Н. Д. Юсубов. – Саарбрюккен: OmniScriptum GmbH & Co. KG / LAP LAMBERT Academic Publishing, – 2013. – 216 с.
17. Yusubov, N. D. Matrix Models of the accuracy in multitool two-support setup // – Moscow: Russian Engineering Research, – 2009. Volume 29, issue (3), – p. 268-271.

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

GƏMİÇİLİK VƏ SU NƏQLİYYATININ İSTİSMARI

UOT. 656.6.052

NAVİQASİYA ÖLÇMƏLƏRİNDƏ YARANAN XƏTALARIN BAŞ VERMƏ SƏBƏBLƏRİ

Abbasov E.O.

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

Xülasə. *Dənizdə gəminin yerinin təyin edilməsi gəmi sürücülərin əsas vəzifəsidir. Təyin olunmuş yerin dəqiqliyinin hesablanması bir çox parametrlərdən asılıdır. Məqalədə naviqasiya parametrləri və onların ölçülməsi zamanı yaranan xətalar öyrənilmişdir.*

Abstract. *Determination of the position of the ship at sea is the main task of ship navigators. The calculation of the accuracy of the determined position of the vessel depends on many parameters. The article studies the navigation parameters and errors occurred during their observations.*

Аннотация. *Определение местонахождения судно в море – основная задача судоводителей. Расчет точности полученного местоположения зависит от многих параметров. В статье исследуются навигационные параметры для определения местоположение судна и погрешности при их измерении.*

Acar sözlər: *xəta, pelenq, naviqasiya, ölçmə, parametr*

Key words: *error, bearing, navigation, measurement, parameter*

Ключевые слова: *ошибка, пеленг, навигация, измерение, параметр*

Giriş. Dəniz üzgüçülüyünün təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədilə gəmi sürücülər naviqasiya parametrlərinin araşdırılmasında, müxtəlif texniki vasitələrdə yaranan xətaların və xarici mühütin təsirini nəzərə almaqla gəminin hesablanmış yerinin hesabatını aparmağı bacarmalıdır.

Bütün bu xarıcı mühütin təsirini və naviqasiya texniki vasitələrində yaranan xətaları nəzərə almaqla gəminin təyin olunmuş yerinin dəqiqliyi qiymətləndirilməsini öyrənən elm gəmi sürücülüyünün riyazi təminatı adlanır.

Əsas hissə. Gəminin ümümi vəziyyətinə və hərəkət parametrlərinə təsir göstərən kompleks məlumatlar **naviqasiya informasiyaları** adlanır.

Bu məlumatlar naviqasiya elementlərinə təsir göstərir. Naviqasiya elementləri aşağıdakılardır.

a) Gəminin yerinin koordinatı (φ, λ);

b) Naviqasiya parametrləri. Müşahidə zamanı (ölçmə) gəminin yerini təyin etmək üçün parametrlər. (pelenq, distansiya, dərinlik, üfüqi bucaq);

c) Hesablanmış elementlər (HK, α, V_t, S, t);

d) Naviqasiya texniki vasitələrin düzəlişləri (ΔGK, ΔL%, ΔD);

Naviqasiya parametrlərinin təyin edilməsi **naviqasiya ölçmələri** adlanır.

Naviqasiya ölçmələri (müşahidləri) bir çox amillərdən aslıdır:

1. Müşahidənin (ölçmənin) növləri;
2. Hər hansı bir ölçmənin bir necə dəfə təkrarlanmasından və ölçmənin keyfiyyətini artırılmasından;
3. Ölçmələrin dəqiqliyindən;

1. Müşahidə (ölçmənin) növləri:
   - Düz ölçmə;
   - Dolayı ölçmə;

Axtarılan kəmiyyət ölçmə prosesi zamanı təyin edilərsə, belə ölçmə **düz ölçmə** adlanır. Məsələn: pelenq, məsafə, dərinlik və s.

Axtarılan kəmiyyət ölçmə prosesindən sonra, yəni sonraki hesablamalar zamanı təyin edilirsə, onda belə ölçmə **dolayı ölçmə** adlanır. Məsələn: İki obyekt arasındakı üfüqi bucağı təyin etmək üçün, bu obyektlərə olan pelenqlərin fərqinə baxmaq lazımdır.

$$\Delta P=HP_2 - HP_1$$
$$\Delta D = D_2 - D_1$$

2. Hər hansı bir ölçmənin bir necə dəfə təkrarlanmasından və ölçmənin keyfiyyətini artırılmasından:

- Lazımlı (zəruri) ölçmələr;
- Əlavə ölçmələr (çox saylı ölçmələr);

Axtarılan kəmiyyəti təyin etmək üçün istifadı edilən ölçmələr **lazımlı və ya zəruri ölçmələr** adlanır. Məsələn: 2 pelenq, 2 məsafə, pelenq və məsafə üsulları.

Ölçmələrin dəqiqliyini artırmaq və yoxlamaq üçün aparılan ölçmələr **əlavə ölçmələr** adlanır. Məsələn: 2 pelenq, 2 məsafə, 3 və ya daha artıq naviqasiya ölçmələri, üçüncü vəziyyət xətti dəqiqliyyi artırmaq və yoxlama xarakteri daşıyır.

3. Ölçmələrin dəqiqliyindən:

- Bərabərdəqiqlikli ölçmələr
- Bərabərdəqiqlikli olmayan ölçmələr

Əgər ölçəmələr eyni alətlərlə və ya cihazlarla aparılmışdırsa, əldə olunmuş qiymətlərdə bərabərdirsə, onda belə ölçmələr **bərabərdəqiqlikli ölçmələr** adlanır.

Ayrı-ayrı alətlərlə və müxtəlif şəraitlərdə aparılmış və alınmış qiymətləri bərabər olmayan ölçmələr **bərabərdəqiqlikli olmayan ölçmələr** adlanır.

Məsələn: pelenq – məsafə ilə ölçmə zamanı, pelenq kompasla, məsafə isə radar ilə götürülərsə ölçmə dəqiq olmaya bilər. Həmdə xarici mühütın təsiri (külək, dalğa və s.) özünü göstərir.

Naviqasiya ölçmələrində yaranan xətaların baş vermə səbəbləri.

Naviqasiya parametrlərinin xətaları. Hər hansı bir müşahidənin (ölçmənin) dəqiq aparılmağına və cihazların dəqiqliyinə baxmayaraq xətalar yaranır.

Baş verən xətaların nəticəsini dəyişmək və onların səbəbini öyrənmək üçün, onun yaranma mənbəyini və ölçmənin xarakterini öyrənmək (araşdırmaq) lazımdır.

Ölçmələrin nəticəsinin araşdırılması.

Ölçmə prosesində və gəminin yerinin təyin etdikdə biz naviqasiya parametrlərini araşdırdıqda əlavə xətalar yaranır.

Bu cür xətalar qaçılmazdır və onların düzəliş kimi hesabatda nəzərə alınır. Bu xətalar aşağıdakı xətalardır:

- Mütləq xəta;
- Nisbi xəta;

Mütləq xəta ölçmənin nəticəsində yaranan xətadır.

$$\Delta= U- U_0 \quad (1)$$

Δ – ölçmənin mütləq xətası;

U – ölçülmüş naviqasiya parametrinin qiyməti;

U_0 – həqiqi qiymət;

Məsələn: $\Delta GK = HP-GKP$

Ölçmələrin verilən qiymətinin xarakterizə edən xəta nisbi xəta adlanır:

$$\Delta_{nis}= \frac{\Delta}{U} = \frac{U-U_0}{U} = 1 - \frac{U_0}{U} \quad (2)$$

Xətaların klassifikasiyası.

Xarakterinə görə xətalar 3 növə bölünürlər:

1. Təsadüfi xətalar;

2. Sistematik xətalar;
3. Yalnış kobud xətalar (promax);

Xarakterik və yaranma səbəbləri müəyyənləşdirilən və ölçmələrin nəticələrində düzəliş kimi nəzərə alınan xətalara **sistematik xətalar** deyilir. Məsələn: üfüqin əyilmə bucağı (d), sekstanın instrumental düzəlişi (S).

Müxtəlif formalı və bir-birindən asılı olmayan səbəblərin bircə təsirindən yanan və ölçülmüş kəmiyyətin nəticəsində təsir edən xətalara **təsadüfi xətalar** deyilir.

Promax ölçmələrin nəticəsinə təsir göstərən aralıq xətalardır.

Ölçmələrin dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi və onların hesablanması.

Təsadüfü xətalar və onların xassələri. Təsadüfi xətalar – müxtəlif formalı və bir-birindən aslı olmayan səbəblərin təsirindən yaranan və ölçülmüş kəmiyyətin nəticəsində təsir edən xətalara deyilir.

Təsadüfü xətalar sistematik xətalara nisbətən dəyişkəndirlər. Əgər sahildə yerləşən iki oriyentir arasında qalan eyni bucağı bir neçə dəfə ölçsək alınan nəticələrin hamısı bir-birindən fərqli olacaq. Bu onu göstərirki, hər bir nəticənin özünün qiyməti və işarəsi məlum olmayan təsadüfi xətası var. Bu dəyişkənlik onunla izah olunur ki, təsadüfi xətalar bir-birindən aslı olmayan müxtəlif səbəblərdən yaranır və hər müşahədəçiyə müxtəlif cür təsir edin.

Ehtimal nəzəriyyəsindən məlumdur ki, əgər hər hansı sabit bir kəmiyyətin çox saylı ölçməsi aparılırsa, onda burada yaranan təsadüfi xətalar müəyyən qanuna uyğunluğun təsirinə tabe olacaq.

Təsadüfi xətaların aşağıdakı xüsusiyyətləri var:

1) Verilən ölçülər sırası çoxluğunda yaranan təsadüfi xətaların qiymətləri müəyyən həddi keçmir;
2) Böyük sırasında ölçülən kəmiyyətin olçüləri kiçik təsadüfi xətaları böyüklərə nisbətən az olurlar;
3) Böyük sırasında ölçülən kəmiyyətin qiymətcə bərabər işarəcə əks olan təsadüfi xətaları bərabər sayda olurlar;

Təsadüfi xətaların xassələrindən aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar:

1) Təsadüfi xətaların orta cəbri qiymətlərindən düzəldilmiş sira sıfıra yığılır:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{\sum \Delta}{n} = 0$$

Bu o deməkdir ki, hər hansı kəmiyyəti sonsuz sayda ölçsək, onda təsadüfi xətaların qiyməti sıfıra bərabər olar.

1. Ölçmə sırasının orta cəbri qiyməti (a_0) həqiqi qiymətə (a) yaxın olur. Əgər ölçmələri sonsuz sayda aparsaq onda $a_0=a$ olur. Amma həqiqətdə sonsuz sayda ölçmə aparmaq mümkün deyil, ölçmələr adətən 3÷5 dəfə aparılır.

Aparılmış ölçmələrin nəticələrinin gəminin ölçmələrin sayına olan nisbətən ölçmənin **orta cəbr qiyməti** deyilir:

$$a_0 = \frac{\sum x_i}{n} \qquad (3)$$

a_0 - ölçmənin orta cəbri qiyməti;

x_i - ölçmənin nəticəsi (pelenq distansiya);

n - ölçmənin sayı;

(3) formulundan göründüyü kimi çox sayda aparılmış ölçmələrin orta cəbri qiyməti (a) yaxınlaşır.

Ölçmə sırasının OKX–nın hesablanması. Səhvləri xarakterizə etmək üçün OKX anlayışından istifadə olunur və "m" hərfi ilə işarə olunur. OKX-nın aşağıdakı hesablama qaydaları var.

a) Ölçmənin həqiqi qiymətinə görə OKX-nın hesablanması:

Ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətindən (a) hər bir ölçmənin qiymətini çıxsaq ölçmə zamanı yaranan səhvi tapmış olurlar. Heç bir ölçmə üçün Δ-nın qiymətini hesablayaq: (həqiqi qiymətdən meyletmə);

$$\begin{cases} \Delta_1 = a - x_1 \\ \Delta_2 = a - x_2 \\ \Delta_n = a - x_n \end{cases} \quad (4)$$

a - həqiqi qiymət;

x_n- ölçmələrin nəticəsi;

Δ_n- ölçmənin xətası;

Əgər ölçmələrin xətalarını kvadrata yüksəkldib toplayıb, ölçmələrin sayına bölsək ölçmənin OKX-nı alarıq:

$$m^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \cdots + \Delta_n^2}{n} \quad (5)$$

Sonda OKX-nın hesablanması formulu aşağıdakı şəkildə olar:

$$m = \pm\sqrt{\frac{\sum \Delta_n^2}{n}} \quad (6)$$

b) Ölçülən kəmiyyətlərin ölçmə qiymətlərinin orta cəbri qiymətindən meyletməyə görə OKX-nin hesablanması:

Bildiyimiz kimi ölçmə nəticələrinin orta cəbri qiyməti aşağıdakı kimi hesablanır:

$$a = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} \quad (7)$$

Ölçmə nəticəsinin orta cəbri qiymətinin olçmə nəticələrinə fərqi yaranan xətanın meyilliyi adlanır:

$$\begin{cases} V_1 = a_0 - x_1 \\ V_2 = a_0 - x_2 \\ \vdots \\ V_n = a_0 - x_n \end{cases} \quad (8)$$

V_n-xətanın meyilliyidir (orta cəbri qiymətdən meyletmə).

Əgər xətaların həqiqi qiymətində meyletməsilə orta cəbri qiymətdən meyletməsini tərəf-tərəfə çıxsaq alarıq:

$$\begin{gathered} \Delta_n = a - x_n \\ V_n = a_0 - x_n \\ \Delta_n - V_n = a - a_0 = \delta \end{gathered} \quad (9)$$

δ- səhvlərin cəbri ortası adlanır.

(9) ifadəsini $\Delta_n = V_n + \delta$ şəklində yazsaq, n sayda ölçmə üçün formul aşağıdakı şəkildə olar:

$$\begin{cases} \Delta_1 = V_1 + \delta \\ \Delta_2 = V_2 + \delta \\ \Delta_n = V_n + \delta \end{cases} \quad (10)$$

Tənliklərin hər iki tərəfini kvadrata yüksəldib toplasaq alarıq:

$$\begin{cases} \Delta_1^2 = V_1^2 + 2V_1\delta + \delta^2 \\ \Delta_2^2 = V_2^2 + 2V_2\delta + \delta^2 \\ \Delta_n^2 = V_n^2 + 2V_2\delta + \delta^2 \end{cases} \quad (11)$$

$$\Rightarrow\gg \sum \Delta^2 = \sum V^2 + 2\delta \sum V + n\delta^2$$

Tənliyin hər iki tərəfi ölçmələrin sayına bölək

$$\frac{\sum \Delta^2}{n} = \frac{\sum V^2}{n} + \frac{2\delta \sum V}{n} + \frac{n\delta^2}{n} \quad (12)$$

(12) düsturu aşağıdakı şəkilə düşür:

$$\frac{\sum \Delta^2}{n} = \frac{\sum V^2}{n} + \delta^2 \quad (13)$$

$\delta = a - a_0$ olduğu üçün səhvlərin riyazi ortasını (δ) orta qiymət kimi qəbul edə bilərik:

$\delta^2 = \frac{m^2}{n}$ və olacaq $\frac{\sum \Delta^2}{n} = m$

Onda alırıq $$m^2 = \frac{\sum \Delta^2}{n} + \frac{m^2}{n} \quad (14)$$

$$\begin{cases} m^2 n - m^2 = \sum V^2 \\ m^2(n-1) = \sum V^2 \end{cases} \quad (15)$$

Sondakı OKX-ni hesablamaq üçün aşağıdakı düsturu alarıq:

$$m = \pm\sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}} \quad (16)$$

c) Ölçülən xətaların razmax (amplitudası) ilə OKX-nın hesablanması.

Razmax dedikdə ölçülən kəmiyyətlərin ən böyük və ən kiçik qiymətlərinin fərqi başa düşülür.

$$W = X_{max} - X_{min} \quad (17)$$

W - razmaxdır.

Razmax ilə OKX arasında aşağıdakı asılılıq var:

$$m = K_1 \cdot W \quad (18)$$

K_1 - razmax əmsalıdır.

Orta riyazi qiymətin OKX-i ilə razmax arasında əlaqə var:

$$m_{a_0} = K_2 \cdot W \quad (19)$$

Aparılan ölçmələrdən asılı olaraq K_1 və K_2 əmsallarının qiymətləri aşağıdakı cədvəldə verilir.

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11
K_1	0,59	0,49	0,43	0,40	0,37	0,35	0,34	0,32	0,32
K_2	0,34	0,24	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10

Nəticə. Bəzi ölçmələrin nəticəsində bir-birindən asılı olmayan xətalar yaranır. Belə xətalar aşağıdakı səbəblərdən baş verir:

1. Naviqasiya texniki vasitələrinin işləməsi zamanı yaranan xətalar.
2. Hesablama üsulunun çatışmayan cəhətlərdən.
3. Xarici qüvvələrin təsiri və ölçmənin aparılma şəraitindən (gəminin yırğalanan, dalğa, görünüş)
4. Hissiyyat orqanlarının mükəmməlliyindən və məlumatların müşahidəçi tərəfindən qəbulunda.

Ölçmələrin nəticəsində təsir edən sadaladığımız səbəbləri azaltmaq mümkün olarsa, onda hesablamanın dəqiqliyini artırmaq olar. Ölçmə zamanı xətaları azaltmaq üçün aşağıdakıları nəzərə almaq lazımdır:

1. Cihazların və alətlərin ölçmə üçün yüksək dəqiqliklə işləməsinə nail olmaq lazımdır;
2. Hesablamaları dəqiq aparmaq lazımdır;
3. Ardıcıl olaraq müşahidələr aparmalı və hesabatları təkrar etmək lazımdır;

Ədəbiyyat

1. Abbasov E.O. Naviqasiya və lotsiya. Dərslik./E.O.Abbasov, Ç.M.Əliyev, A.H.Xəlilov - Bakı.: ADDA, -2018, - 486s.
2. Кожухов В. П. *Математические основы судовождения. Учебник./* В. П.Кожухов, В.В. Григорьев, С.М. Лукци, – Москва: Транспорт – 1996. – 200с
3. Николаев А.В. Оценка точности плавания корабля *Учебник./* А.В.Николаев. – Баку – 1986. – 120 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

УДК 656.62

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СУДОХОДНОЙ КОМПАНИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ФЛОТОМ НА ОСНОВЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ФРАХТОВОГО РЫНКА

Гасанов Р.Р.

Zenith Marine Consultancy Services and Survey Ltd
Азербайджан, Баку
E-mail: linfo@zenithsurvey.net

Аннотация. *Предложено описание основных блоков системы, используемых для принятия решений судоходной компании с учетом уровня и сложности принимаемых решений руководством компании и текущей ситуации на фрахтовом рынке.*

Xülasə. *Şirkət rəhbərliyi tərəfindən qəbul edilən qərarların səviyyəsi və mürəkkəbliyi, yükdaşıma bazarında mövcud vəziyyət nəzərə alınmaqla, daşıma şirkəti üçün qərar qəbul etmək məqsədilə istifadə olunan sistemin əsas bloklarının təsviri təklif olunur.*

Abstract. *The description of the main blocks of the system used for decision-making of a shipping company is proposed, taking into account the level and complexity of decisions made by the company's management and the current situation in the freight market.*

Ключевые слова: *суда флота, алгоритм управления судоходной компанией, система принятия решений, судоходная компания*

Açar sözlər: *donanmanın gəmiləri, gəmiçilik şirkətinin idarəetmə alqoritmi, qərar qəbuletmə sistemi, gəmiçilik şirkəti*

Key word: *fleet vessels, shipping company management algorithm, decision-making system, shipping company*

Введение. Судоходная компания (СК), например GN GROUP Corporation [1], работающая на региональном и международном фрахтовом рынке, вынуждена конкурировать с крупными международными компаниями и корпорациями. Международные СК могут оказывать существенное влияние на фрахтовый рынок за счет большего перераспределения транспортных ресурсов на основе стратегических решений, затрагивающих участников рынка на основе тактического или стратегического управления судопотоками между географическими сегментами рынка [2]. В отличие от них, небольшие СК в большей степени используют методы и модели оперативного управления работой флота, а также формируют типовые наборы управленческих решений для локальных сегментов фрахтового рынка. Это формирует условия для работы системы принятия решений на базе последовательной оценки параметров фрахтового рынка, что позволяет решать задачи в конкретный период времени на основе корпоративной стратегии и текущей рыночной ситуации. Использование параметрической оценки параметров фрахтового рынка на основе оперативного управления создает условия для формирования гибкой ценовой политика и фрахтовой деятельность в различных географических сегментах рынка с учетом текущего состояния рынка.

Основная часть. Формирование системы принятия решений СК по управлению судами флота может формировать с учетом текущей организационно-управленческой ситуации в компании на базе современных методов управления [3].

В соответствии с рисунком 1, основными блоками системы принятия решений выступают последовательность действий в виде набора алгоритмов по управлению флотом СК (оперативный, текущий и стратегический). В качестве первичного блока выступает блок определения начальных условий работы СК, где на основе сбора первичных данных о материально-

технических и управленческих ресурсах компании формируются исходные данные для оценки параметров фрахтового рынка. Блок, отвечающий за оперативное управление судами флота, решает тактические задачи при организации и управлении флотом компании. Переход между блоками выполняется в случае, если высвобождаются суда или необходимо произвести выбор наилучшего варианта их использования. В этом случае алгоритм принятие решений на основе анализа параметров фрахтового рынка производится пошагово.

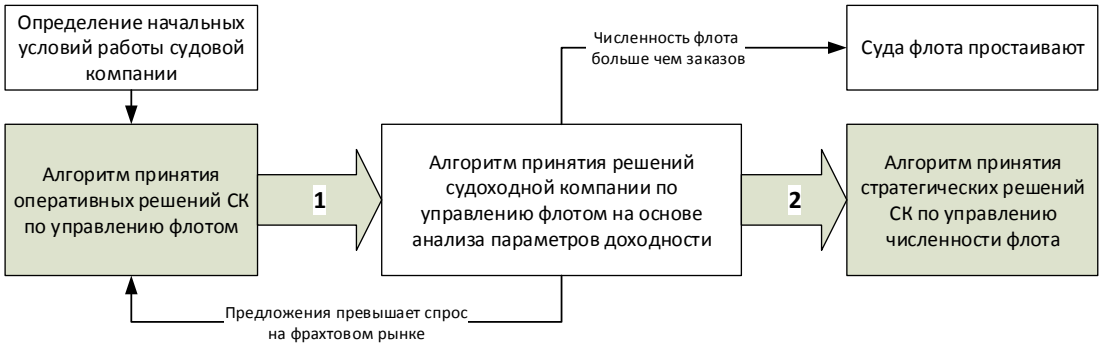


Рис. 1. *Основные блоки системы принятия решений судоходной компании*

На рисунке 2 представлен пошаговый пример принятия решений на основе анализа параметров доходности фрахтового рынка, где на 1-м шаге определяется общее количество судов по типам и тоннажным группам, которые свободны или могут быть использованы в различных региональных сегментах мирового фрахтового рынка в текущий момент времени. Условием выбора решения может выступать оценка текущего и ближайшего объема высвобождающегося тоннажа. На 2-м шаге производится оценка количества судов СК, которые необходимо отфрахтовать в определенных региональных сегментах фрахтового рынка для выполнения имеющегося или потенциального заказа на перевозку грузов. Условием выбора является наличие свободного собственного флота. В случае если на 1-м и 2-м шаге отсутствуют свободный тоннаж, то необходимо произвести оценку возможности запуска алгоритма принятия стратегического решения СК по управлению численностью судов флота. При отсутствии возможности изменить численность судов флота – принимается решение (А), что СК не может отфрахтовать заказ с текущими параметрами свободного тоннажа.

При получении положительных ответов на предыдущих шагах алгоритма, выполняется 3-й шаг, который предусматривает проведение анализа и оценку текущего уровня фрахтовых ставок для судов судоходных компаний, исходя из конъюнктуры региональных сегментов фрахтового рынка. На 4-м шаг определяется уровень спроса на суда судоходных компаний на основе имеющихся предложений на региональном фрахтовом рынке. В случае отрицательного ответа – принимается решение (Б) о выходе на региональные сегменты мирового фрахтового рынка. При положительном ответе на поставленные вопросы, производится переход на 5-й шаг, где выявляются множества типов тоннажных групп судов в различных региональных сегментах фрахтового рынка. При отрицательном ответе на вопрос о возможности сделать предложения грузовладельцам – запускается алгоритм управления численностью судов флота, где рассматривается способы повышения конкурентных преимуществ судов флота. Принимаете решение (В) о модернизации, выкупе или постройки новых судов флота.

В случае если СК может предложить конкурентные суда, то на 6-м шаге - определение множества рынков, на которых имеется такой же тоннаж, как в СК для оценки долгосрочности заключения контрактов. В случае, если предложений не достаточно, то принимается решение (Г) о концентрации ресурсов на этом направлении.

При выбранном сегмента рынка на 7-м шаге выявляются рынки с разницей спроса и уровня фрахтовых ставок с целью принятия оперативных решений по управлению работой

флота СК на мировом фрахтовом рынке в текущий момент времени. При переходе к принятию стратегических решений, СК решается задача по управлению численности и концентрации судов флота, которые необходимо сосредоточить для выбранного направления. В случае если сегмент не выбран, то переходим к алгоритму принятия стратегических решений по анализу сложившейся ситуации. При положительном решении о выбранном сегменте рынка – управление передается на уровень принятия оперативных решений по перемещению судов флота в выбранный сегмент фрахтового рынка.

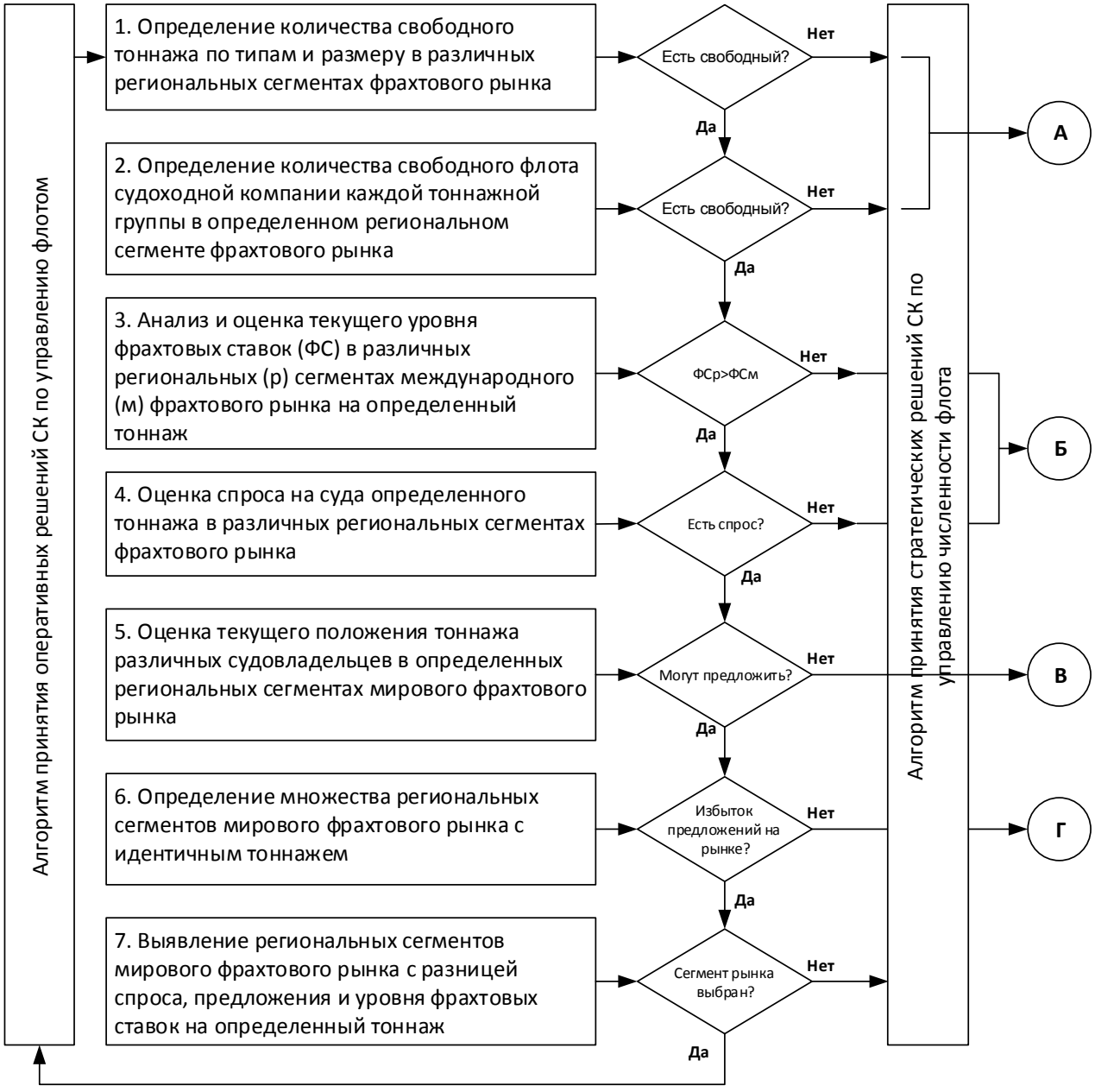


Рис. 2. *Алгоритм принятия решений судоходной компании по управлению флотом*

Как показывает практика, представленные алгоритмы на рисунках 1, 2 являются упрощенным вариантом разработки и принятия решений, так как количество параметров, которые оцениваются руководством для управления СК, может динамически изменяться в зависимости от сложности и планируемых сроков реализации принимаемого решения.

Выводы.

Формирование системы принятия решений судоходной компании по управлению флотом на основе последовательной оценки параметров фрахтового рынка основывается на принятых в компании алгоритмах – схемs организации процесса расстановки судов по секторам регионального или международного фрахтового рынка. Судоходная компания, обладая ограниченными ресурсами, формирует предложения исходя из своих текущих конкурентных преимуществ, которые не всегда востребованы, что требует гибкости при принятии решений и стратегического планирования с учетом постоянной изменения конъюнктуры регионального и международного фрахтового рынков.

Литература

1. GN GROUP Corporation [Электронный ресурс]. – URL: https://gngroup.com.tr/eng/
2. Shipping and Logistics Management / Lun Yuen Ha, Lai Kee Hung, Cheng Tai Chiu Edwin. – 1st Edition, 2010. – 356 p.
3. Луговец, А.А. Основы стратегического управления судоходной компанией / А.А. Луговец, А.В. Степанец, А.Д. Москаленко// – Владивосток: Дальнаука, -2004, – 210 с.

Məqalə qəbul olunub: 10.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UOT 656.6.08

GƏMİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ VƏ PSİXOLOJİ AMİL

Rüstəmov Z.Ə.

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

Xülasə. *Gəmi qəzası səbəbləri müxtəlif olsa da: gəmi və üzən obyekt ilə toqquşma, saya oturma, gövdə zədələnməsi, yana aşma, yanğın, insan amili və c., bunlar müəyyən fəsadlarsız keçinmir. Məhz, bu ana qədər gəminin təhlükəsiz üzmə və zəmanətli iş icrası təmininə zəmin yaradan faktorların qarşılıqlı vəhdətliyinin formalaşmasının insan psixologiyası baxımından qiymətləndirilməsi məqsəd kimi qarşıya qoyulur.*

Abstract. *The causes of water transport accidents are different, collisions of ships and floating objects, grounding, hull damage, capsizing, fire, human factor. All this comes with certain complications. Based on the above, the goal is to assess the formation of the interaction of factors that create the basis for the safe navigation of the ship and the guaranteed performance of work from the point of view of human psychology.*

Аннотация. *Хотя причины кораблекрушения различны: столкновение с кораблем и плавучим объектом, затопление, повреждение корпуса, опрокидывание, пожар, человеческий фактор и т. д., они не проходят без определенных последствий. А именно, факторы, которые до сих пор служили основой для безопасного плавания и гарантированной работоспособности судна. Цель - оценить формирование взаимного единства с точки зрения психологии человека. как это представлено.*

Açar sözlər: *dənizçi, qəza, təhlükəsiz, insan, psixologiya, sosial, peşəkar, spesifik, hazırlıq, təşviş, çaxnaşma*

Key words: *sailor, accident, safety, person, psychological, social, professional, specific, preparedness, emotionality, panic*

Ключевые слова: *моряк, несчастный случай, безопасный, человек, психология, социальная, профессиональная, конкретная, подготовка, тревога, паника*

Giriş. Dəniz nəqliyyat hadisələrinin tədqiqi ilə təsdiqlənmişdir ki, onların böyük əksəriyyətinin "İnsan amili" ilə əlaqələndirilməsi əsaslıdır. Bu baxımdan "İnsan amili", onun psixoloji durumu üzərində qurulsa da, psixologiyanın təsirinin qiymətləndirilməsi üçün tədqiqatın gəminin istismar dövrünü əhatə etməsi əsaslı sayılır. Elə bu baxımdan da, müvafiq nəticəyə yiyələnmək üçün gəmi qəzaları, baş vermə səbəbləri nəzərdən keçirilir. Dəniz qəzaları bildiyimiz kimi insan tələfatı, ekoloji problem, kütləvi maddi itki və heç bir ölçüyə sığmayan psixoloji təsirlər-gərginlik ilə müşayiət olunur. Beləliklə, dənizçi psixologiyasını səciyyələndirən xüsusi iş şəraiti, fəaliyyət və sosial həyat gəmilərin istismar təhlükəsizliyində mühüm əhəmiyyət kəsb etdiyini söyləsək yanılmarıq.

Xüsusi şərtlər, qapalı sistem, məhdud hərəkət sahəsi-zonası, məhdud sosial-peşəkar sahə, səfərdən asılı dəyişkən kollektiv-heyət, dini yanaşma müxtəlifliyi, məhdud təmaslıq, qeyri müəyyən və biri digərini əvəzləyən iqlim mühiti-şəraiti, gözlənilən-gözlənilməyən təbii hava şəraiti, fırtına-tələtüm, məhdud görmə şəraiti, müxtəlif-dəyişkən üzmə şəraiti - regionu və bütün bunlarla yanaşı dəyişkən naviqasiya şəraiti, risklə müşayiət olunan idarəetmə, texniki nasazlıqlar, qəza və fövqəladə hallar. Göstərilənlərin hamısının psixoloji gərginliklər ilə müşayiət olunduğunu, reallıqdan formalaşan dənizçi peşəsi olduğu faktdır [1,2,3,4].

Deməli, qeyd olunanlar ayrı-ayrılıqda və bəzən bir neçəsi birdən *məhdud ölçülü, qapalı məkanlı, tənhalıq, dəniz dərinliklərində, kimsəsiz və çox ani zaman* ərzində baş vermək ilə dənizçidən müvafiq sosial-psixoloji hazırlıq, yüksək professionallıq və adaptasiya tələb edir.

Beləliklə, dənizçinin peşəkar fəaliyyətinin psixoloji mahiyyəti üç səviyyə (öz blokları ilə) olan bir quruluşla təmsil oluna bilər.

1. Sosial (dünya görüşü, qapalı mühit, məhdud şərait, yaşayış yeri, məsuliyyət, qeyri-müəyyənlik, təhlükə).
2. Peşəkar (funksional idarəetmə və iş yeri, davranış, ünsiyyət və fəaliyyət).
3. Spesifiklik (professional hazırlıq, sosial-peşəkar psixoloji məhdudiyyət)

Bu quruluşun ilk iki səviyyəsinin funksional blokları bir çox peşə üçün ümumi ola bilər. Onlar, mənalı mahiyyəti əks etdirir və şərhlərə ehtiyac yoxdur. Üçüncü səviyyə, dənizçi fəaliyyətinin şərtlərinin xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilir, bunun bloklarının ətraflı araşdırılmasını tələb edir. Birinci iki qrup səviyyəsinin mövcudluğu ilə sonuncu qrup səviyyəsinin spesifikliyi, dənizçi psixologiyasının mövcudluğunu xüsusi qabardır və dənizçi psixologiyasının xüsusi öyrənilməsini bir elim kimi daim aktuallaşdırır.

Əsas hissə. Beləliklə, tədqiqatlarla təsdiqlənmişdir ki, gəmiçiliyin təhlükəsizliyinə çox əhəmiyyətli təsir göstərən ən vacib cəhət "insan amili"dir. Qəzaların böyük əksəriyyətində müəyyən bir qrup səbəb nəticəsində olduğu statistik məlumatlarda əksini tapır. Bu səbəblərə aşağıdakılar aid edilir:

- idarə olunan obyektinin texniki vəziyyəti;
- təşkilati-texnoloji tədbirlər;
- ətraf mühit və onun idarə olunan obyektə təsiri;
- insan amilinin təsiri.

Bütün bu hallarda insan və yaranmış qəza və ya fövqəladə vəziyyət hallarında *məharət, bilik, təcrübə, bacarıq, səriştəsizlik, zəiflik, qətiyyətsizlik, psixoloji xüsusiyyət* və s. nümayiş etdirən insan bu və ya digər təhlükəli-təhlükəsiz vəziyyətə sahibliliyi "insan amili" ilə xarakterizə olunur.

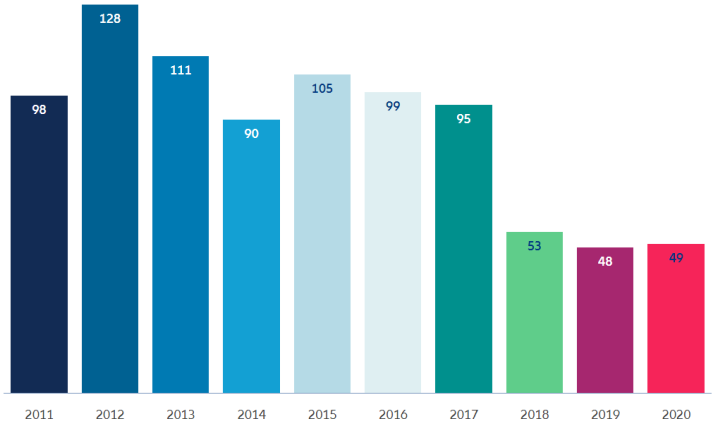
Tədqiqatlar ilə izah olunur ki, gəmiçiliyin təhlükəsizliyi kontekstindəki "insan amili" dedikdə, bir insanın *məlumat alma, dərk etmə, formalaşdırma və bunun müqabilində fəaliyyət göstərməsi* üçün müxtəlif şəraitdən asılı qərar qəbul etmək qabiliyyətlərinin reallaşdırılması bacarığı kimi başa düşülməlidir.

Qəzanın başvermə səbəbindən gəminin, gəmi nəzəriyyəsinə aid edilən bir və ya bir neçə dənizdəüzmə (dənizdə bütün şəraitlərdə təhlükəsiz üzmə, zədələndikdə belə üzmə qabiliyyətini itirməmə) keyfiyyətinin itirilməsi ilə nəticələnə bilməsi reallıqdır. Eyni zamanda qəza üzəgənliyin

(suda yerləşdirilmiş əşyanın müəyyən həddə suya bataraq müvazinətliyinin itirilməməsi), suoturumun və ya qəzasız oturumun və batmamazlığın itirilməsi ilə də nəticələnə bilir. Odur ki, gəmi qəzalarının azaldılması məqsədi ilə müvafiq işlər görülsə də, baş vermiş gəmi qəzalarının elmi-praktiki tədqiqi müvafiq nəticələr üçün əsaslıdır. Təhlil olunmuş statistik məlumatlar gəmi nəqliyyat hadisələrinin başvermə səbəbləri, yəqin ki, insan amilinin yerini müəyyənləşdirməyə və bununla da kapitanın, heyətin psixoloji hazırlığının qəzada müsbət-mənfi tərəfinin müəyyən olunmasına imkan verər. Beləliklə qəzaların səbəblərinin tam xırdalıqlara parçalanmaq ilə təhlili "öz səhvi deyil, başqası səhvi üzərində öyrənilməklə" inkişafa addım sayıla bilər. Təcrübə dərk etmə kriteriyəsıdır, statistika isə bunun üçün alətdir, aynadır [2].

Bu gün gəmi layihələndirilməsində, tikilməsində və idarə olunmasında (gəmi-sürücülüyündə) kifayət qədər elmi-texniki proqres mövcuddur və daim elm-texnikanın ən yüksək nailiyyətlərindən, yüksək texnologiyalardan burada istifadə olunur. Dəniz naviqasiyası cihaz sistemində əsaslı dərəcədə inkişaf, elektron kartoqraf, peyk naviqasiyası, idarəetmənin təkmilləşməsi, energetik qurğuların işinə nəzarət sistemləri və s. gəmi hadisələrinin qarşısının alınmasına yönəldilmiş tədbirlərdəndir. Tətbiq olunmuş peyk GPS sistemi 100-dən 100 dəqiqlik ilə gəminin və gəmilərin yerini təyin etməyə imkan verir.

İngiltərənin "Lloyds Registri" hər il müxtəlif dövlət bayraqları altında üzən gəmilərin su nəqliyyat hadisələrinin statistikasını aparır. Onların və beynəlxalq sığorta şirkəti "Allianz"-n illik "Safety and Shipping Review"-21 hesabatına istinad olaraq qeyd edək ki, 2011-2017ci illərdə orta hesabla ildə 104 hədlərində gəmi tələf olurdusa, bu rəqəm 2018-53, 2019-48 və 2020-ci illərdə 49 gəmi təşkil edir [4,5,6].



Şək. 1. *2011-2020-ci illərdə tələf olmuş gəmilərin sayı*

Deməli, tədqiqatlardan göründüyü kimi, qeyd olunmuş on il müddətində baş vermiş 876 gəmi tələfatına səbəb olmuş qəzadan 346-sı (40%) general yük, 120-si (13,7%) balıqçı gəmilərinin öhdəsinə düşür. Balkerlərə 76-si (8,7%), kimyəvi məhsul daşıyanlara 40-si (4,6%), Ro-Ro 37-i (1,23%), konteynerdaşıyanlara 35-ı (4%), tankerlərə 12-sı (1,37%) düşür. Bütün qeyd olunanlar ilə yanaşı, statistikadan görünür ki, gəmi qəzaları sayında azalma tendensiyası olsa da, "insan amili" ilə əlaqəli qəzalar ümumi qəzalara nisbətdə yüksək qalmaqda davam edir [4,5,6].

Bu baxımdan da, tədqiqatla su nəqliyyatında qəzalara səbəb və bunda heyətin psixoloji hazırlığının əhəmiyyətinin müəyyənləşdirilməsinə üstünlük verildi. Baş vermiş qəza səbəbləri araşdırıldı və onların mənbələrdə müxtəlif xarakterlər üzrə ya ətrafli (*naməlum obyekt; saya oturma; aktiv gəmiçilik şəraiti; məhdud şəraitdə manevr; sürücünün, heyətin səhvi; losmanın səhvi; məhdud görünüş; gəmidə yanğın-partlayış; su oturumunun pozulması; gəmi yerli möhkəmliyinin pozulması; Yük planı xətaları; ballastın tənzimlənməməsi; yükün yerdəyişməsi;* ***texniki nasazlıq; əlverişsiz iqlim şəraiti - fövqəladə hallar.***), ya da ümumiləşdirilərək (***insan amili, texniki nasazlıq, əlverişsiz iqlim şəraiti - fövqəladə hallar***.) səbəb altında göstərildiyi məlum oldu.

Araşdırmalara əsasən, xarakterik olaraq ətraflı 15 mümkün qəza növündən 13-də "insan amilinin" birbaşa və ya dolayısı yol ilə iştirakı öz təsirini tapdı. Nəticə etibarı ilə, bəzi statistik sənədlərdə su nəqliyyat hadisələri yüksək həddə ümumiləşdirilərək "texniki nasazlıq", "pis iqlim şəraiti-fövqəladə hallar" (15-25%) və "insan amili" (75-85%) kimi qeyd olunması əsaslı sayıla bilər.

Belə olduğu təqdirdə, tədqiqatımızın məqsədi, həm "texniki nasazlıq", "fövqəladə hallar" (15-25%) və həm də "insan amili" (75-85%) ilə bağlı qəzalarda heyətin psixoloji hazırlığı dərəcəsinin yerinin mümkünlüyünü araşdırılması ilə, müvafiq tədbir-tövsiyələrin formalaşmasına zəmin yaratmaqdır. İstər qəzanın baş verməməsi üçün aktiv təhlükəsizliyin təmini və istərsə də qəzadan sonra onun ağırlaşmaması üzrə görülən passiv təhlükəsizlik tədbirlərinin operativlik-effektivlik səviyyəsi "insan amili" və onun texniki hazırlığı ilə psixoloji hazırlığı üzərində bərqərar olduğu faktlarla – araşdırmalar ilə təsdiqlənmişdir.

Beləliklə, davamlı olaraq insan amili, kapitan və heyət psixologiyası onların iş, sosial və kommunal şəraitində mümkün təsir edici faktorlarla birlikdə təhlil olundu.

"İnsan amili" insanların iştirakı ilə verilən qərar və onun tətbiqinin təsir nəticəsinin məhsulu sayılır. Ümumi halda istifadə olunan, bütün sahələrdə əksini tapmış və tutduğu vəzifənin böyük-kiçikliyindən asılı olmayaraq insan-mexanizm sistemində (İMS) istifadə olunan operator termini, gəminin hərəkətinə nəzarət və təşkil edənlər başa düşülür. Odur ki, dənizçiyə xarakterik olan İMS də aparılmış tədqiqatlar ilə gəmi heyətinin işinin spesifik xüsusiyyətlərindən qaynaqlanan bir sıra mənfi təsirlərə xüsusi diqqət yetirilmişdir.

Mənfi təsirlər dedikdə, ilk növbədə gəminin istismarından formalaşan ***yırğalanma, səs-küy, titrəyiş*** və s. nəzərdə tutulur. Gəmiyə xas olan bu əlamətlərin hər biri idarə heyətinə özünə məxsus dərəcədə təsir etmək ilə, operatorun iş qabiliyyətinə müvafiq mənfi təsirini qısa, bəzən də uzun müddətli ötürmək ilə peşə simptomu kimi yadda qalır.

Yırğalanma dərəcəsinin təsiri vestibülyar aparatın həyəcanlanmasına-qıcıqlanmasına, beyinə, onun emosional hissiyyatına ötürülür. Yırğalanmanın nəticəsi müxtəlif psixofiziki reaksiyalarla müşayiət olunur - solğun dəri, alındakı soyuq tər, nəfəs alma çətinliyi, başda ağırlıq hissi, başgicəllənmə, bəzən ürək bulanması - qusma, yorğunluq, əzələ zəifliyi, iştahasızlıq və s. Yırğalanma ilə hərəkət etmədə insanın koordinasiyası da pozula bilir.

Səs-küy, xüsusilə zehni iş zamanı işçinin fizioloji və psixoloji proseslərində dəyişiklikləri formalaşdırır. Gəmidə səs əmrlərin mərkəzləşdirilmiş qəbuluna, dəqiq və operativ icrasına mane olur. Alaqaranlıqda və gecə görmə qabiliyyətinin zəifləməsinə, vestibülyar aparatın funksiyasının pozulmasına gətirib çıxarır və nəticə etibarı ilə heyət üzvlərinin vaxtından əvvəl fiziki-psixoloji yorğunluğuna xüsusən səbəb olur.

Titrəmə - bir insanın bir-birindən ayrı deyil, birlikdə qəbul etdiyi 16-18 Hs tezlikli titrəmələr nəzərdə tutulur. Titrəmə, titrəmə səthi ilə təmasda olan bədənin uzununa oxa nisbətən hərəkət istiqamətindən asılı olaraq təsir edir. Adətən titrəmənin təsiri, daha böyük təmas səthində və rahat əzələlər tərəfindən qəbul olunduqda az olur. Titrəməyə dözmə qabiliyyəti insanlarda fərqli dəyişir və onun təsiri ilə ümumi metabolizmə artır, görmə kəskinliyi azalır və əzələ mexanikası pozulur. Məsələn, 38 Hs tezliklə titrəyişdə görmə kəskinliyi 25% azalır. Gəmi mexanikinin uzun müddət titrəməyə məruz qalması yorğunluq və baş ağrısı ilə nəticələnir.

Yuxarıda qeyd olunmuş üç faktor ilə yanaşı gəmi heyət üzvləri daha 10 belə mənfi amillərin daimi təsirini yaşayırlar: *temperaturun qəfil dəyişməsi, atmosfer təzyiqinin dəyişməsi, zaman zonalarında və iqlim zonalarında dəyişikliklər, elektromaqnit sahələrə məruz qalma, ailədən ayrılma, hər cür fizioloji məhdudiyyətlər, təəssürat çatışmazlığı, işin monotonluğu, yüksək məsuliyyət səbəbindən gərginlik, məhdud ünsiyyət* və s. Bütün bunlar heyət üzvilərində davamlı psixoloji gərginliyə səbəb olur.

İnsan amili sahəsindəki qəzaların təhlili səhv qərarların və ya ümumiyyətlə qərar verməməyin, başqa sözlə desək hərəkətsizlik nəticəsində baş verdiyini göstərir. Bu, o deməkdir ki, bu tip qəza dərəcəsinə təsir etmək yollarını axtarmaq üçün operatorlar tərəfindən səhv qərarlar vermə səbəbləri və ya hərəkətsizliyi barədə suala cavab tapmaq lazımdır.

Bildiyimiz kimi, qəza şərtləri demək olar ki, həmişə ekstremal xarakterli olur. Qəza halında operatorun vəziyyəti ələ ala bilməməsi və/və ya qəzanın qarşısını ala bilməməsinin səbəbləri heçdə həmişə səhlənkarlıq və ya səriştəsizlikdən formalaşmır. Beləliklə, qeyri adi şəraitdə düzgün qərar müəyyənləşdirmək və ani bir zamanda dəyişən şərait və verilən informasiyalar əsasında yeganə düzgün qərar-davranış yolunu seçmək psixikanın keyfiyyətlərindən asılı olur. Üstəlik, bu zaman nəzərə almaq lazımdır ki, kirtik bir vəziyyətdə insan davranışı yalnız ümumi psixofizioloji qanunlarla deyil, həm də müəyyən bir şəxsiyyətə xas olan fərdi psixoloji xüsusiyyətləri ilə müəyyən edilir [1,5]. Beləliklə, bir daha sübut olunur ki, dəniz donanmasında "insan-maşın-ətraf mühit" sistemindəki fövqəladə hallarla əlaqəli olaraq qəzaların əsl səbəblərini müəyyənləşdirmək üçün psixoloji təhlillərin aparılması tələb olunur. Bu: ilk növbədə *günahsız insanlara haqq qazandırmağa xidmət etmək*; ikincisi, *gəmi heyətinin peşəkar və psixoloji problemlərinə cəmiyyətin münasibətini dəyişdirmək*; və üçüncüsü, *peşəkar seçim, təlim və qabaqcıl təlim prosesinin optimallaşdırılması, kadrların peşəkar və psixoloji sertifikatlaşdırılması, insanın - operatorunun etibarlılığını artıran psixoloji inkişaf və tövsiyələrin tətbiqi daxil olmaqla naviqasiya təhlükəsizliyini təmin edən vasitələr sisteminin inkişafıdır*.

Araşdırmanı davam edək. Dəniz nəqliyyat hadisələrinin müəyyən hissəsi yanğının öhdəsinə düşür ki, bu anda dənizçinin psixoloji və praktiki hazırlığı xüsusi əhəmiyyət kəsb etdiyi çox saylı faktlarla sübut olunur. Məlum olmuşdur ki, yanğın zamanı insan davranışının psixoloji xüsusiyyətləri ilə formalaşan sərnişinlərin və heyətin *nizamsız davranışlarının, həyəcan, təşviş, çaxnaşma və digər mənfi təsirlərinin* (nəticələrinin) qarşısını almağa yönəlmiş tədbirlərin düzgün təşkili rəhbərin, kollektivin praktiki təlim və təlim məşqlərinin keyfiyyətindən nə dərəcədə asılıdırsa, o dərəcədə də, onların psixoloji cəhətdən təlimlənməsindən, hazırlığından asılıdır.



Şək. 2. *Yanğın, təşviş-çaxnaşma*

Bir çox hallarda, o cümlədən gəmidə insanların kütləvi iştirakı ilə baş verən hər hansı bir hadisə (yanğın, qəza və s.) ilk növbədə elektrik kəsilməsi ilə müşayiət olunur. Təəssüf ki, qaranlıq bir çox halda sağlam düşüncəyə deyil, özünü qoruma instinkti altında *çaxnaşmaya, basırığa, əzilməyə* səbəb olunur. Yanğın zamanı, ümumiyyətlə düşünüldüyündən daha qaranlıq olur. Yalnız alovlanma başlanğıcında alov otağı parlaq şəkildə işıqlandıra bilər, daha sonra, dərhal qalın qara tüstü yayılır və qaranlıq yaranır. Tüstü yalnız tərkibindəki zəhərli maddələrə görə deyil, həm də görmə qabiliyyətinin azaldılması üçün də təhlükəlidir. Bu vəziyyəti çətinləşdirir və bəzən insanların təhlükəli otaqdan çıxarılmasını demək olar ki, mümkünsüz edir. Görmə qabiliyyətinin itirilməsi ilə mütəşəkkil hərəkət pozulur, xaotik olur. İnsanları qorxu bürüyür, bu da iradəni boğur. Bu vəziyyətdə insan oriyentiri, vəziyyəti düzgün qiymətləndirmə qabiliyyətini itirir, gərginlik artır, göstərişlər qavranmadan-anlamadan qəbul olunur, insanların hərəkətləri avtomatik hala keçir və təkrarlamaya meyli daha qabarıq görünür.

Təşviş reaksiyalar əsasən stupor (uyma) və ya funning (qaçaqaç) şəklində görünür. Birinci vəziyyətdə, insanın fiziki olaraq əmri yerinə yetirə bilmədiyi narahatlıq, hərəkətlərdəki süstlük, ümumi süstlük və həddindən artıq tormozlama təzahür dərəcəsi yaranır. Bu reaksiyalar ən çox

uşaqlarda, yeniyetmələrdə, qadınlarda və yaşlılarda görünür. Bu səbəbdən yanğınlar zamanı əsasən onlar yerindəcə qalırlar və evakuasiya zamanı onlar ilk növbədə çıxarılmalıdır.

Tədqiqatlar göstərir ki, tormozlanmanın əksi halı isə həyati təhlükəli vəziyyətdə olan insanların 85-90 %-də müşahidə olunur, bu hal davranışları xaotik olması, əllərin, bədənin, səsin titrəməsi ilə xarakterizə olunur. Danışıq sürətlənsə də tutarsız ola bilir. Ətrafdakı oriyentasiya səthiləşir. İnsanların çaxnaşma vəziyyəti, evakuasiya dövründə rəhbərin olmaması səbəbindən, çıxış yollarında insan tıxaclarının meydana gəlməsinə, qarşılıqlı yaralanmalara, hətta sərbəst və təcili çıxışlara məhəl qoyulmasına səbəb ola bilir.

İnsan və heyətin psixoloji hazırlığı nəinki özünün qətiyyətliliyi, hətta digərlərinə də münasibətdə arxayınçılığı, iradəli olmağı, hünərini və bacarığını düşünülmüş şəkildə nümayiş etdirmək üçün ilk növbədə qorxunun, həyəcanın və stressin boğulmasına, ümumiyyətlə fikrən də olsa zehində formalaşmamasına tam imkan verir. "İnsan amili" əlaqəli su nəqliyyat hadisələrində işçinin xəstəliyi və yorğunluğu da fakt kimi, qeyd oluna bilər. Lakin tədqiqatlarla sübut olunur ki, psixoloji hazırlıq bütün hallarda, çətinliklərdə olduğu kimi bu halda da, yardımçı ola bilir. Aparılmış təhlil və araşdırmalara istinad edərək aşağıdakıları formalaşdırmaq olar.

Nəticə.

1. Statistikaya istinadən, "insan amili" ilə əlaqəli qəzaların yüksək olması iki haldan, ya dənizçinin nəzəri-praktiki biliklərə, ya da peşəsinin spesifikliyindən formalaşan xüsusiyyətlərə, fəsadlara psixoloji hazırsızlığı səbəbindən yaranır.
2. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, hər hansı bir qəza bir çoxlarında sağlam düşüncə deyil, nizamsız davranış, həyəcan, təşviş, çaxnaşma və digər mənfi təsirlər formalaşdırır ki, bu da psixoloji hazırlığın olmamasını sübuta yetirir.
3. Kifayət qədər psixoloji hazırlıqlı dənizçi bütün hallarda etibarlı, səriştəli, düşünülmüş və təcrübəli hərəkətlərini-qərarlarını nümayiş etdirməyə qadirdir.
4. Dəniz nəqliyyatı və onun istismarı ilə formalaşan müsbət və mənfi spesifik xüsusiyyətlərin, tam reallıqları ilə, dənizçi peşəsinə yiyələnmək istəyənlərə ilk anda çatdırılması, onların psixoloji olaraq tədris-təlim prosesinə münasibətini ciddi şəkildə dəyişdirə bilər.
5. Dənizçi peşəsinin spesifikliyinə psixoloji hazırlıq, dəniz nəqliyyat hadisələrinin qarşısının alınmasında və və/ya baş verdiyi təqdirdə ağırlıq dərəcəsinin azaldılması istiqamətində görüləcək tədbirlərin-qərarların daha tutarlı və effektiv olmasında xüsusi əhəmiyyət kəsb edər.

Ədəbiyyat

1. S.İ. Seyidov və prof. M.Ə. Həmzəyevin elmi redaktorluğu ilə. Psixologiya Ali pedaqoji məktəblərin bakalavr pilləsi tələbələri üçün dərslik. Bakı: Çap evi-2007. -651s.
2. Rüstəmov Z.Ə. Daşımaların Təşkili və Menecmenti. Bakı:BXOR MMC.-2015. - 220s.
3. Трудовой конфликт на судне — многонациональная проблема, и решать ее должны инспекторы нескольких стран [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www. seafarersjournal. com/news/ (Дата обращения 12.07.2016)
4. Роль человеческого фактора в безопасности мореплавания [Электронный ресурс]. -Режим доступа: //http://www.tlookup.ru/woc-183.html (Дата обращения 12.07.2016)
5. А.А. Даниленко. «Психологические основы управления на морском транспорте» - СанктПетербург 2004 год;
6. Асеев А. Проблемы и вопросы обеспечения безопасности в современном мире [Электронный ресурс]. - Режим доступа: //http://www.noocosmology.ru/articles-40.html (Дата обращения 12.07.2016)

Məqalə qəbul olunub: 05.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

UDC 658
JEL Classification: M40

THE RELEVANCE OF THE TRANSITION TO INTERNATIONAL FINANCIAL STATEMENT STANDARDS FOR MARITIME TRANSPORT ENTERPRISES

Semenova Svitlana

Kyiv National University of Trade and Economics
Kyiv, Ukraine
E-mail: s.semenova@knute.edu.ua

Abstract. *The article considers the advantages and features of the transition of Ukrainian maritime transport companies to international financial reporting standards. Economic integration and interaction of maritime transport companies in international markets, expansion of multinational corporations, and the need for access to stock markets contribute to the transition to common principles and requirements for accounting and financial reporting, providing transparent information to users for economic decisions. This is the basis for the use of International Financial Reporting Standards (IFRS) and current International Accounting Standards (IAS). Ukraine also seeks to join global economic processes, possibly through the implementation and promotion of IFRS. The signing of the Association Agreement between the European Union and Ukraine in 2014 demonstrated the European integration vector of our country and accordingly obliged to harmonize national legislation in the field of accounting and reporting. The subsequent adoption of Directives 2013/34/EU on financial reporting of companies also affected the amendments to national accounting and reporting standards and the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine", in particular the harmonization of criteria for delimitation of enterprises on micro-, small, medium and large, increase in the number of reports and the range of entities that undertake to use only international standards of accounting and financial reporting.*

Uniform rules, principles and requirements for the preparation of financial statements provide users with the necessary information about the activities of maritime transport companies, while comparing the performance of different companies in different countries and regions. International Financial Reporting Standards transcend boundaries, focus on the current needs of key reporting users, capital providers, and change dynamically in response to changing market requirements and business conditions. This emphasizes the relevance and benefits of the transition of maritime transport companies to international financial reporting standards. Each country that has not yet adopted IFRS as national standard seeks to harmonize its own accounting and reporting system in accordance with generally accepted IFRS.

Despite all the benefits of using IFRS, the transition of companies to international standards has a number of obstacles that hinder the promotion of IFRS in Ukraine. In order to take effective measures to eliminate them, it is necessary to identify existing problems associated with the voluntary or mandatory transition of enterprises to international standards. This will contribute to the spread of IFRS in Ukraine, the best practice of their use, creating an image of the transparent and investment-attractive business in the field of maritime transport, increasing the competitiveness and economic integration of enterprises in this industry.

Xülasə. *Məqalədə Ukraynanın dəniz nəqliyyatı müəssisələrinin beynəlxalq maliyyə hesabatı standartlarına keçidinin üstünlükləri və xüsusiyyətləri nəzərdən keçirilir. Dəniz nəqliyyatı müəssisələrinin beynəlxalq bazarlarda iqtisadi inteqrasiyası və qarşılıqlı əlaqəsi, transmilli korporasiyaların fəaliyyətinin genişləndirilməsi, fond bazarlarına çıxış zərurəti mühasibat uçotu və maliyyə hesabatlarının vahid prinsip və tələblərinə keçidə kömək edir, istifadəçilərə şəffaf informasiya təqdim edir. Bu, Beynəlxalq Maliyyə Hesabatları Standartlarının (BMHS) və mövcud*

Beynəlxalq Mühasibat Uçotu Standartlarının (BMUS) istifadəsi üçün əsasdır. Ukrayna qlobal iqtisadi proseslərə qoşulmağa çalışır ki, bu da xüsusilə MHBS-nin tətbiqi və populyarlaşması yolu ilə mümkündür. 2014-cü ildə Avropa İttifaqı ilə Ukrayna arasında Assosiasiya Sazişinin imzalanması dövlətimizin Avropaya inteqrasiya vektorunun şahidi oldu və müvafiq olaraq mühasibat uçotu və hesabat sahəsində milli qanunvericiliyin uyğunlaşdırılmasını öhdəsinə götürdü. Direktivlərin sonrakı qəbulu Şirkətlərin maliyyə hesabatlarına dair 2013/34/EU milli mühasibat uçotu və hesabat standartlarına və "Ukraynada mühasibat uçotu və maliyyə hesabatları haqqında" Ukrayna Qanununa edilən dəyişikliklərə, xüsusən də meyarların uyğunlaşdırılmasına da təsir göstərmişdir.

Maliyyə hesabatlarının hazırlanması üçün vahid qaydalar, prinsiplər və tələblər istifadəçilərə dəniz nəqliyyatı müəssisələrinin fəaliyyəti haqqında lazımi məlumat verir, eyni zamanda müxtəlif şirkətlərin fəaliyyətini müqayisə etməyə imkan verir. Beynəlxalq Maliyyə Hesabatları Standartları sərhədləri aşır, hesabatın əsas istifadəçilərinin, kapital təminatçılarının müasir ehtiyaclarına diqqət yetirir, dəyişikliklərə uyğun olaraq dinamik şəkildə dəyişir. Bu, dəniz nəqliyyatı müəssisələrinin beynəlxalq maliyyə hesabatı standartlarına keçidinin aktuallığını və faydalarını vurğulayır. MHBS-ni hələ milli standartlar kimi qəbul etməmiş hər bir ölkə özünün mühasibat uçotu və hesabat sistemini ümumi qəbul edilmiş MHBS-lara uyğunlaşdırmağa çalışır.

MHBS-nin təmin etdiyi bütün üstünlüklərə baxmayaraq, şirkətlərin beynəlxalq standartlara keçidində bir sıra maneələr var ki, bu da MHBS-nin dünyada populyarlaşmasına mane olur. Ukraynada onların aradan qaldırılması məqsədilə təsirli tədbirlər görmək üçün müəssisələrin beynəlxalq standartlara könüllü və ya məcburi keçidi ilə bağlı mövcud problemləri müəyyən etmək lazımdır. Bu, Ukraynada MHBS-nin yayılmasına, onlardan istifadənin ən yaxşı təcrübəsinin, dəniz nəqliyyatı sahəsində şəffaf və investisiya cəlbedici biznes imicinin yaradılmasına, bu sənayedə müəssisələrin rəqabət qabiliyyətinin və iqtisadi inteqrasiyasının artırılmasına töhfə verəcək.

Аннотация. *В статье рассмотрены преимущества и особенности перехода украинских предприятий морского транспорта на международные стандарты финансовой отчетности. Экономическая интеграция и взаимодействие предприятий морского транспорта на международных рынках, расширение деятельности транснациональных корпораций, потребность в доступе к фондовым рынкам способствуют переходу к единым принципам и требованиям ведения бухгалтерского учета и составления финансовой отчетности, предоставления прозрачной информации пользователям для принятия экономических решений. Это положено в основу использования международных стандартов финансовой отчетности (МСФО) и действующих международных стандартов бухгалтерского учета (МСБУ). Украина также стремится приобщиться к мировым экономическим процессам, что возможно, в частности, путем внедрения и популяризации МСФО. Подписание Соглашения об ассоциации между Европейским Союзом и Украиной в 2014 г. засвидетельствовало евроинтеграционный вектор нашего государства и соответственно обязало гармонизировать национальное законодательство в сфере бухгалтерского учета и отчетности. В дальнейшем принятие Директив 2013/34/ЕС по финансовой отчетности компаний также повлияло на изменения, внесенные в национальные стандарты учета и отчетности и Закон Украины «О бухгалтерском учете и финансовой отчетности в Украине», в частности приведение в соответствие критериев разграничения предприятий на микро-, малые, средние и крупные, увеличение количества отчетов и круга хозяйствующих субъектов, которые обязуются использовать исключительно международные стандарты ведения учета и составления финансовой отчетности.*

Единые правила, принципы и требования к подготовке финансовой отчетности предоставляют пользователям необходимую информацию о деятельности предприятий морского транспота, позволяя при этом сравнивать показатели функционирования разных компаний в разных странах и регионах. Международные стандарты финансовой отчетности преодолевают границы, ориентируются на современные потребности главных пользователей отчетности, поставщиков капиталов, динамически изменяются в соответствии с изменениями

требований рынков и условий хозяйствования. Это подчеркивает актуальность и преимущества перехода предприятий морского транспорта на международные стандарты финансовой отчетности. Каждая страна, еще не принявшая МСФО в качестве национальных стандартов, стремится гармонизировать свою собственную систему учета и отчетности в соответствии с общепринятыми МСФО.

Несмотря на все преимущества, предоставляемые МСФО, переход компаний на международные стандарты имеет ряд препятствий, что сдерживает популяризацию МСФО в Украине. Для принятия эффективных мер их устранения необходимо идентифицировать существующие проблемы, связанные с добровольным или обязательным переходом предприятий на международные стандарты. Это будет способствовать распространению МСФО в Украине, лучшей практике их использования, созданию имиджа прозрачного и инвестиционно привлекательного бизнеса в сфере морского транспорта, повышению конкурентоспособности и экономической интеграции предприятий этой отрасли.

Key words: *financial statements; International Financial Reporting Standards; International Accounting Standards; transformation of reporting*

Açar sözlər: *maliyyə hesabatı, beynəlxalq maliyyə hesabatı standartları, beynəlxalq mühasibat standartları, hesabatın transformasiyası*

Ключевые слова: *финансовая отчетность, международные стандарты финансовой отчетности, международные стандарты бухгалтерского учета, трансформация отчетности*

Formulation of the problem. Global economic transformations have an impact on the reporting requirements for shipping companies, which allows not only for assessment of the performance of economic entities but also to make important economic, financial, investment, social, environmental decisions. Reforms of the accounting and reporting system in each country are aimed at approximating national standards to international ones, their harmonization and convergence, facilitating the transition of enterprises to international financial reporting standards. This is undoubtedly relevant for Ukraine because it promotes the processes of economic integration, capital movements, development of foreign economic relations, and improving the image of companies operating in the field of maritime transport.

Among the main advantages of preparing financial statements according to international standards are: increasing the popularity and prestige among business entities, including partners, customers, the public, and competitors. Also important is the revival of international business, easier search for partners and investors, access of transport companies to international financial markets, listing on stock exchanges, attracting foreign capital, respectively, intensifying the domestic economy, Ukraine's integration into the European and world economic space. International Financial Reporting Standards (IFRS) [1] is a universal language of accounting, common to all, widely used, which makes them increasingly popular not only in Ukraine but also around the world.

The analysis of basic research and publications. Accounting for the transition to international financial reporting standards means a system of collecting, accumulating, summarizing, presenting, using the information to compile forms of financial reporting in accordance with established principles, rules, quality characteristics and requirements, analysis and interpretation of accounting and reporting indicators to meet user needs in adoption economic decisions. Similar concepts are often used in the literature:

- financial reporting, which is based on accounting data to meet the needs of certain users [2];
- financial statements – are statements that contain information about the financial condition and results of the enterprise [3].

According to the definition of Poleva T.V., Wife A.V., financial statements of the enterprise is a system of generalized indicators that characterize the results of production and financial and economic activities of the enterprise, carried out by reporting for the reporting period (month, quarter, year) [2].

Gutsalenko L.V., Marchuk U.O. [4] argues that Financial Reporting as an economic category is defined through the concepts of "system", "methods", "techniques", "information resources", "economic indicators", reflecting the investment attractiveness of the economic entity.

Panteleev V.P., Yurchenko O.A., Kurilo G.M., Bezverkhy K.V. [5] determine that enterprise reporting is a system of summary and interrelated indicators presented in specially approved reporting forms: accounting, financial, tax, compulsory state social insurance, statistical, internal, etc., which is provided to users and characterize the results and conditions of the enterprise for a certain (reporting) period of time. At the same time, the features and prospects of transition to international financial reporting standards for water transport enterprises, in particular maritime transport, have been insufficiently studied. This emphasizes the relevance of the research topic. Because financial statements prepared according to international standards are an integral part of corporate reporting and an important tool for the global integration of economic processes for maritime transport companies.

Statement of purpose of the article is to characterize of the advantages and peculiarities of the transition of Ukrainian maritime transport enterprises to international financial reporting standards.

The main material of the research. International Financial Reporting Standards – documents adopted by the International Accounting Standards Board, which determine the procedure for preparing financial statements [6]. Therefore, the IFRS is developed by the International Accounting Standards Board (IASB). In general, the term "international financial reporting standards" as a set of methods, principles and procedures for accounting and preparation of financial statements covers [1]:

1. International Financial Reporting Standards (IFRS) – standards adopted after 2001;
2. International Accounting Standards (IAS) – standards adopted before 2001 that have been amended but are still in force;
3. Interpretations of the International Financial Reporting Interpretations Committee (IFRIC).
4. Interpretation of the Standing Committee on Interpretations (PCT).

A separate important document is the Conceptual Basis of Financial Reporting, which reflects the basic principles that underlie the preparation of financial statements and their submission to external users. The conceptual framework is not a separate IFRS and does not set standards for specific disclosures or evaluations. However, it provides a basis for understanding IFRS, its interpretation, application, accounting policies and subsequent changes to standards. If there are in some cases inconsistencies between the Conceptual Framework and the requirements of IFRS, then the requirements of IFRS are dominant [7].

The conceptual framework and IFRS use the concept of general-purpose financial reporting, which provides information about the financial condition of the reporting entity, namely information about the economic resources of the reporting entity and the requirements for the reporting entity. The financial statements also provide information about the consequences of transactions and other events that change the economic resources of the reporting entity and the requirements for it. Information of both types provides useful material for decisions about the provision of resources to the entity [7].

The purpose of financial reporting is to provide users with complete, truthful and unbiased information about the financial condition and results of the enterprise for decision making [7, 8]. Therefore, the concept of financial reporting is closely linked to its users, ie those who are interested in, analyzing and using reporting data in their activities. Users are mostly divided into two large groups [9]: external, outside the company and internal – employees and owners, but the main thing is to highlight the information needs they have because it determines the way and intentions to use financial reporting.

IFRS states that financial statements are not intended to show the value of the reporting entity, but to provide information to help current and potential investors, lenders, and creditors assess the financial condition of the entity.

According to the requirements of IAS 1 [8], the financial statements of maritime transport enterprises must meet the following key characteristics:

1) reliable presentation and compliance with IFRS, as indicated in the report itself - notes;

2) continuity – information on the expected reduction in volumes or activities must be provided in the notes because accounting estimates must be based on the assumption that the company will continue to operate continuously in the near future;

3) the use of accrual basis, according to which elements of financial statements (assets, equity, liabilities, income, and expenses) are recognized when they meet the relevant recognition criteria;

4) materiality and aggregation, which allows you to combine classes of similar articles and present information relevant to user decision-making;

5) convolution, which requires the company not to convert reporting items, if it is not required or not allowed by the relevant IFRS;

6) periodicity of reporting – allocation of the reporting period for annual and interim reporting (or additional period in some cases);

7) comparability of information with the previous reporting period;

8) the sequence of submission to preserve the presentation and classification of articles.

Qualitative characteristics defined by the Conceptual Framework coincide with the characteristics prescribed in the national standards of NP (S) BU 1 "General requirements for financial reporting" [10]. However, the Conceptual Framework emphasizes the importance of dividing these principles into fundamental (basic) and reinforcing (which lose their meaning if the fundamental ones are not followed).

Ensuring these quality characteristics is possible in compliance with the principles of accounting and standards, proper organization of accounting, and reporting at the enterprise.

Objects of accounting as elements of financial reporting in accordance with the Conceptual Framework include the following components: assets, equity, liabilities, income, and expenses. These facilities define approaches to disclosing information about them in the appropriate forms of financial reporting of maritime transport companies.

The composition of financial statements in accordance with international standards includes such forms as: statement of financial position at the end of the period; income statement and other comprehensive income for the period; statement of changes in equity for the period; cash flow statement for the period; notes containing a statement of significant accounting policies, other explanations and comparative information relating to the prior period. Only 5 forms (Fig. 1). However, a statement of financial position may also be prepared at the beginning of the earliest comparative prior period when an entity applies accounting policies retrospectively or retrospectively recalculates items in its financial statements, which are defined in the literature as an additional form of reporting.

Financial statements are classified: 1) by submission period: reporting (for the year) and interim (month, quarter, half-year, 9 months); 2) for affiliation: individual, separate, consolidated; 3) depending on the life cycle of the enterprise: the date of its creation or date of liquidation. Yes, the first reporting period of a newly established enterprise may be less than 12 months, but may not be more than 15 months. The reporting period of the liquidated enterprise is the period from the beginning of the year (from January 1) to the moment of liquidation. For an enterprise that continues its activities, the duration of the reporting period begins on January 1 - the beginning of the reporting year, and until December 31 - the end of the year (the calendar year is 12 months). This is important to consider when planning the transition to international financial reporting standards [11].

Preparation of financial statements involves the formation of information about the financial condition, results of operations, and cash flows of the enterprise for the reporting period to meet the needs of users in decision-making.

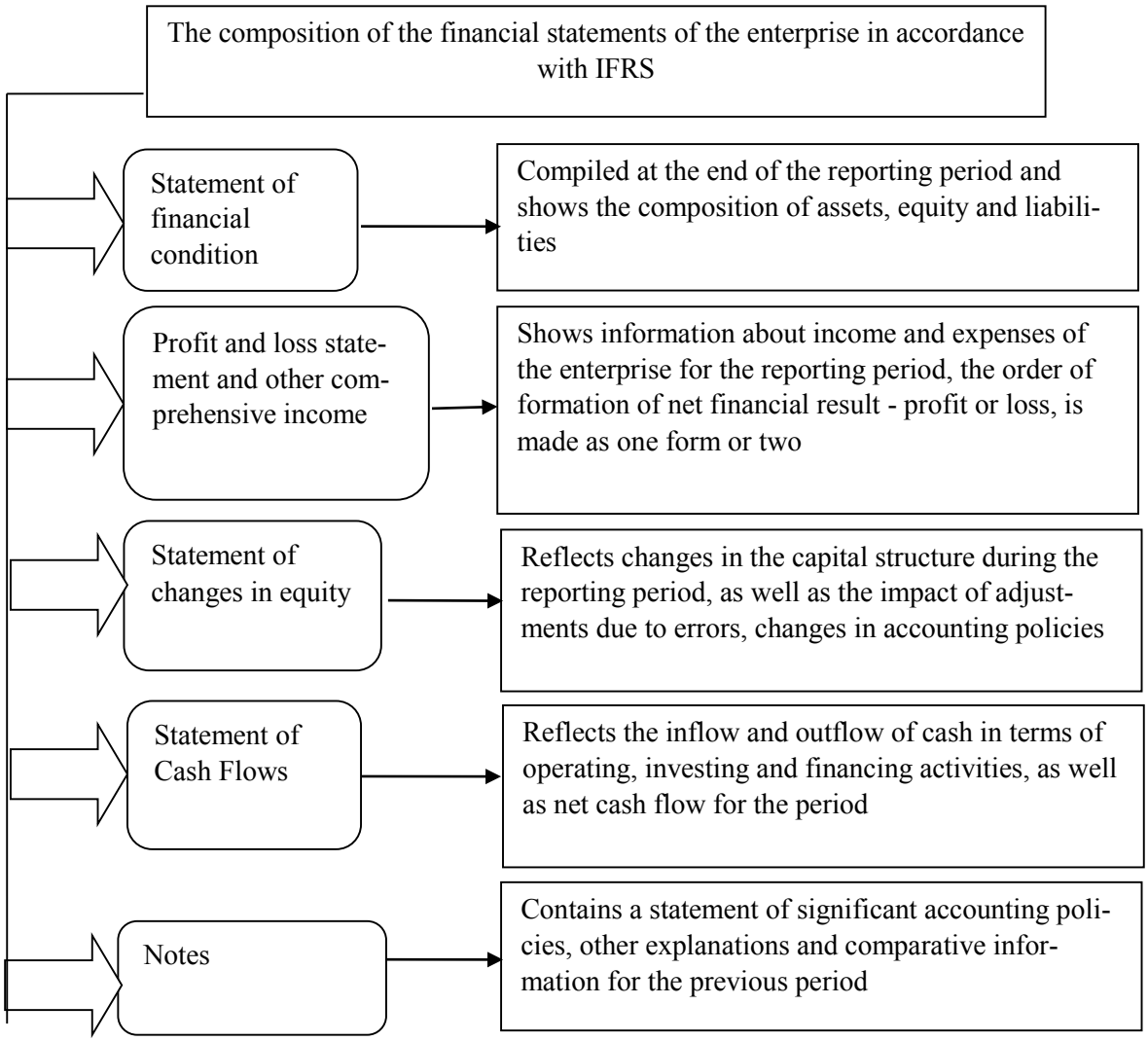


Fig. 1. *Financial Reporting Forms according to IAS 1*
Source: compiled on the basis [7; 8]

According to part 5 of Art. 12 of the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine" [6], enterprises of public interest, public joint-stock companies, business entities operating in extractive industries or conducting business activities by type, the list of which is determined by the Cabinet Ministers of Ukraine, who prepare financial statements and consolidated financial statements in accordance with international standards, submit such reports to public authorities and other users at their request in the manner prescribed by law, based on taxonomy of financial statements in accordance with international standards in a single electronic format. This format is approved by the "central executive body that ensures the formation and implementation of state policy in the field of accounting" [6], ie the Ministry of Finance of Ukraine.

According to the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine" [6], the reporting period for the preparation of financial statements is a calendar year. Interim financial statements are prepared for the first quarter, first half of the month, nine months. In addition, in accordance with the company's accounting policies, financial statements may be prepared for other periods. According to the Tax Code of Ukraine [12], tax (reporting) periods for corporate income tax are calendar: quarter, half-year, three quarters, year. At the same time, for taxpayers whose annual income from any activity (excluding indirect taxes), determined by the Statement of Financial

Performance (Total Income Statement), for the previous annual reporting period, does not exceed 40 million. UAH the annual tax (reporting) period is established.

Enterprises that submit financial statements in a single electronic format to the center of financial reporting, submit annual financial statements (including consolidated) for 2020, interim financial statements for 2021 (I quarter, I half, 9 months), prepared based on IFRS taxonomy, in electronic format until December 31, 2021 [13].

The amendment to the Procedure for Submission of Financial Statements shall enter into force as regards the submission of interim financial statements no later than the 30th day of the month following the reporting quarter, starting from January 1, 2022. However, with the introduction of martial law in Ukraine, the deadlines for submitting financial statements for companies have been extended.

Maritime transport companies in Ukraine widely use the software product M.E.Doc. This program implements the module "Financial reporting in accordance with IFRS (XBRL format)". This module is intended for all companies that prepare financial statements in accordance with international standards. In addition, if necessary, the module provides an opportunity to prepare financial statements in accordance with IFRS on the basis of taxonomy together with the auditor's report in a single electronic format.

Thus, according to paragraph 6 of Article 11 of the Law of Ukraine "On Accounting and Financial Reporting in Ukraine" [6] financial statements and consolidated financial statements in accordance with international standards are based on the taxonomy of financial statements in accordance with international standards.

The taxonomy of financial statements is the composition of articles and indicators of financial statements and its elements that are subject to disclosure [14]. The eXtensible Business Reporting Language (XBRL) is a markup language that allows you to convey financial or other information in a structured way [84]. XBRLs are used to present and report taxonomically prepared IFRS. Technical IFRS taxonomy files can be downloaded and viewed using XBRL-enabled software and tools [15].

XBRL ("eXtensible Business Reporting Language") is an open standard for the exchange of business information, which is widely used in world practice. It is common in America, Africa, Europe, Asia (Fig. 2).



Fig. 2. *Distribution of iXBRL in the world (data for 2020) Source: [15]*

It is important to note that the first reporting period for which companies that are required to apply international standards submit financial statements based on the taxonomy of international standards in electronic form is 2019. That is, maritime transport companies submit financial statements prepared in accordance with international standards in accordance with this taxonomy.

Explanations, examples, and programs that help to prepare financial statements in the format of taxonomy under IFRS, can be found on the official website of the Ministry of Finance of Ukraine.

The procedure for submitting financial statements № 419 [16] explains that the taxonomy of financial statements, prepared in accordance with IFRS, should provide a single format for reporting exclusively in electronic form, their processing, quick access and access to relevant users.

A special portal of the Financial Reporting System (SFS) has been created for official communication of reporting entities with government agencies [17], and the IFI provides information and methodological materials that can help companies submit financial statements in a new format according to the established taxonomy.

Given the above and in connection with the failure to fully launch the System and download the initial data for the initial registration of the enterprise, defined in part two of Article 12 of the Law of Ukraine on Accounting, submit financial statements for 2019 in the manner prescribed by law, according to the forms approved by National Accounting Regulation (Standard) 1 "General requirements for financial reporting". In this case, such enterprises in pursuance of paragraph 2 of the Procedure [16] must also prepare financial statements for 2019 in electronic form in a single electronic format and submit them to the center for collecting financial statements.

The steps required for the submission of electronic reports by maritime transport companies that are moving or have already moved to international standards are the following [15]:

1. Registration on the portal of the Financial Reporting System;
2. Selection of XBRL software;
3. Preparation of financial statements in accordance with the taxonomy of IFRS in iXBRL format;
4. Approval of reporting in iXBRL format;
5. Signing the file with financial statements in iXBRL format;
6. Formation of a package of financial statements;
7. Submission of financial statements.

The UA XBRL taxonomy of IFRSs allows you to choose one of two options for financial reporting for maritime transport companies, as well as for all other entities (except banks), namely [18]:

• financial statements, which contain the Statement of financial position, prepared in accordance with the division of assets and liabilities into current / non-current together with other reports and notes (General Taxonomy - 210-310);

• financial statements, which contain the Statement of financial position, are prepared in the order of liquidity together with other reports and notes (General Taxonomy - 220-320).

Thus, the IFRS taxonomy is a classification system that allows you to tag certain elements of financial statements, through which all data is structured, organized and can be read by a computer. This significantly increases the availability of financial information. IFRS reporting entities report on the basis of the IFRS taxonomy for the first time in 2021 for the period 2020.

Conclusions and recommendations for further research. Accounting support for IFRS reporting at maritime transport enterprises is based on the main stages of the accounting cycle from filling out primary documents, entering them into an automated system that reflects the first stage of primary accounting, to compiling entries using accounting accounts, systematization of data in accounting registers, grouping, accumulation and compilation of reporting forms (intermediate and annual). When preparing financial statements, it is necessary that it meets the following key characteristics: reliable presentation and compliance with IFRS, business continuity, use of accrual, materiality and aggregation, convolution, periodicity of reporting, comparability of information with the previous

reporting period, presentation sequence to preserve presentation and classification of articles. Accounting support for reporting on maritime transport enterprises is based on the requirements of: IFRS, IAS, Interpretations of CITF, PKT, Conceptual Basis of Financial Reporting, which are the basis for the development of accounting policies that must comply with the requirements of completeness, timeliness, prudence, prevalence, impartiality and rationality. These requirements help to prepare the financial statements in accordance with the key characteristics of the information to be presented in the financial statements, and go through successive stages of determining the elements of reporting, their evaluation and disclosure in the financial statements.

References

1. *IFRS Foundation*. URL: https://www.ifrs.org. [in EU]
2. Polova T.V., Druzhina A.V. (2019). Financial reporting as an element of enterprise management system. *Efficient economy*. № 11. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.11.89. [in Ukrainian]
3. Tanasieva M.M., Smola M.R. (2020). Aspects of the formation of accounting policies of business entities for MSB. *Efficient economy*. № 12. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.12.106 [in Ukrainian]
4. Gutsalenko L.V., Marchuk U.O. (2019). Financial reporting according to international financial reporting standards: requirements and realities of implementation. *Economics of agro-industrial complex*. № 6. P. 36. [in Ukrainian]
5. Panteleev V.P., Yurchenko O.A., Kurilo G.M., Bezverkhy K.V. (2017). *Reporting of enterprises*. Kyiv: SE "Inform.-analyst. agency», 432 p. [in Ukrainian]
6. The Verkhovna Rada of Ukraine (1999), *On Accounting and Financial Reporting in Ukraine* (Accessed 16 July 1999). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14#Text [in Ukrainian]
7. *Conceptual Framework for Financial Reporting* (Exposure Draft) (May, 2017). URL: http://www.ifrs.org/-/media/project/conceptual-framework/exposure-draft/published-documents/edconceptual-framework.pdf. or URL: https://www.mof.gov.ua/storage/files/2019_ RB_ ConceptualFramework_ukr_AH%20(2).pdf
8. *International Financial Reporting Standards* (IFRS) Retrieved from https:// www.iasplus.com/en/standards [in EU]
9. 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, «ArtEk», DUIT, 418 p. [in Ukrainian]
10. National Accounting Regulation (Standard) 1 "*General Requirements for Financial Reporting*": Approved. by the order of the Ministry of Finance of Ukraine dated February 7, 2013 № 73. URL: http://zakon.rada.gov.ua [in Ukrainian]
11. Semenova S.M. (2019). Features of IFRS and their implementation in Ukraine. *Accounting-analytical and statistical methods and models in taxation, business, economics*: All-Ukrainian scientific practice. Internet conference, November 25-December 1, 2019, Irpin: SFSU University, 2019. P. 153-155. [in Ukrainian]
12. *Tax Code of Ukraine:* Law of Ukraine of 12.02.2010 № 2755-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2755-17. [in Ukrainian]
13. *Transition to IFRS*. For whom it is obligatory and how to pass. Expert In. Published on 01.02.2021. URL: https://www.expert-in.com.ua/yak-pereyty-na-msfz/. [in Ukrainian]
14. *Approval of the taxonomy of financial statements UA XBRL IFRS 2019*: National Commission on Securities and Stock Market, decision № 807 of 27.12.2019. URL: https://www.nssmc.gov.ua/documents/shtodo-shvalennya-taksonom-fnansovo-zvtnost-ua-xbrl-msfz-2019/ [in Ukrainian]

15. *Preparation of financial statements in iXBRL format. 2021.* NexiaDK. 2021. URL: https://www.apu.com.ua/wp-content/uploads/2021/03/Present_iXBRL_300321-1.pdf. [in Ukrainian]
16. *Procedure for submitting financial statements*: Resolution of the Cabinet of Ministers of February 28, 2000, № 419. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/419-2000-п#Text [in Ukrainian]
17. *Financial Reporting System Portal*. URL: https://portal.frs.gov.ua. [in Ukrainian]
18. *On approval of the translation of the Taxonomy of financial statements according to international financial reporting standards*: Order of the Ministry of Finance of Ukraine dated 13.11.2020. № 709. URL: https://mof.gov.ua/uk/taksonomija. [in Ukrainian]

Məqalə qəbul olunub: 19.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. Z.Ə.Rüstəmov

GƏMİÇİLİK TEXNİKASI

УДК 656.6:620.193; 656.6:620.197

КОРРОЗИОННАЯ И КАВИТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ЦИЛИНДРОВЫХ ВТУЛОК СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Фатьянова Н.В., **Алмамедов Н.М., Гадирли Дж.С.**

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

Xülasə. *Bu məqalədə korroziya və kavitasiyanın gəmi mühərriklərinin silindr vtulkalarının dayanıqlığına təsiri öyrənilmiş, gəmi mühərriklərinin silindr vtulkalarının kavitasiya dağıntısı təhlil edilmişdir. Belə nəticəyə gəlinir ki, kavitasiyanın dağıntısına səbəb qarşılıqlı təsirin əsası olan mexaniki amildir.*

Abstract. *In this article, the effect of corrosion and cavitation on the durability of marine engine cylinder liners is studied, and the cavitation destruction of ship engine cylinder liners is analyzed. It is concluded that the main factor of interaction that causes cavitation destruction is mechanical.*

Аннотация. *В данной статье изучено влияние коррозии и кавитации на стойкость цилиндровых втулок судовых двигателей, проанализировано кавитационное разрушение цилиндровых втулок судовых двигателей. Сделан вывод, что главным фактором взаимодействия, которое вызывает кавитационное разрушение, является механическое.*

Açar sözlər: *kavitasiya, korroziya, məhvetmə, mühafizə, davamlılıq, resurs, səthi aktiv maddələr, kimyəvi və istilik müalicəsi*

Key words: *cavitation, corrosion, destruction, protection, durability, resource, surfactants, chemical and thermal treatment*

Ключевые слова: *кавитация, коррозия, разрушение, защита, стойкость, ресурс, поверхностно активные вещества, химико - термическая обработка*

Введение. Анализ кавитационного разрушения конкретных изделий показывает, что оно зависит от большого числа явлений, определяющих скорость эрозии в течение всего срока эксплуатации - природа материала и кавитирующей жидкости, характер течения и др. Однако одним из главных видов взаимодействия, вызывающего кавитационное разрушение, является механическое. В подавляющем большинстве случаев при кавитации механическому разрушению сопутствует коррозионный износ. Эти два фактора, взаимно усиливая друг друга, приводят к более интенсивной эрозии, чем просто их суммарное действие. В результате механического влияния удаляется оксидная пленка, защищающая поверхность от коррозии. В свою очередь коррозионные впадины, концентрируя волны от схлопывания пузырьков, усиливают микро ударное воздействие жидкости на поверхность металла. Борьба с кавитационным разрушением деталей машин может осуществляться не только выбором соответствующего материала, его специальной антикавитациооной термообработкой, нанесением специальных защитных покрытий и изменением их виброактивности, но и путем воздействия на свойства жидкости с использованием для этой цели специальных добавок, т.е. путем реализации третьего из вышеназванных путей повышения кавитационной стойкости.

Основная часть. К втулкам цилиндров, кроме высокой прочности и жесткости, предъявляют высокие требования по её кавитационной стойкости и износостойкости. Износостой-

кость зеркала цилиндра, при этом, зависит от способности втулки сохранять правильную геометрическую форму под действием механических и термических нагрузок. Химико-термические и физико-механические процессы, используемые для достижения указанных целей, хорошо известны [1].

Например, интенсивность кавитации наружной поверхности втулки цилиндра, приводящей к её разрушению, снижают следующими путями: специальным профилированием тронка поршня (овально-бочкообразная форматронка); уменьшением зазора между поршнем и втулкой; химико-термической обработкой; повышением качество материалов втулки цилиндра; увеличением проходного сечения зарубашечной поверхности охлаждающей полости. Влияние жесткости втулки цилиндра на её кавитационный износ связан с тем, что, чем больше радикальная жесткость втулки (толщина стенки), тем меньше её высокочастотная вибрация, в результате которой возникают очаги сверхвысоких микроразмерных (по охвату поверхности) напряжений.

Если проанализировать кавитационное разрушение отдельных изделий можно увидеть, что оно зависит от большого количества факторов, которые определяют скорость эрозии изделия на протяжении срока его эксплуатации – это такие факторы как природа материала изделия, химической состав жидкости, характер течения разрушения и другие факторы. Однако одним из главных факторов взаимодействия, которое вызывает кавитационное разрушение, является механическое.

Согласно существующей модели, объединяющей образование при кавитации больших импульсных давлений охлаждаюшей жидкости, разрушение изделия происходит в результате воздействия на его поверхность ударных волн. Волны же возникают при схлопывании пузырьков вблизи поверхности. По оценкам многих исследований оказывающее на поверхность детали давление вблизи схлопывающейся каверны может достигать тысячи бар. При этом значимым фактором является увеличение интенсивности волны, которая сходиться к центру впадины, а ее стенки служат своего рода волноводом [2]. Этот фактор усиливает влияние ударной волны, возникающей при схлопывании пузырька уже над существующей впадиной.

Кроме этого при кавитации в преобладающем числе случаев механическомуразрушению также сопутствует коррозионный износ.

Два фактора указанные выше, взаимно усиливая друг друга, влекут к более активной эрозии материала, чем когда они просто одновременно воздействуют на поверхность. В результате механического влияния удаляется оксидная пленка, защищающая поверхность от коррозии. А коррозионные впадины в свою очередь,концентрируя волны от схлопывания пузырьков, усиливают микро ударное воздействие жидкости на поверхность металла.

Согласно множеству экспериментальных данных видно, что эрозия возникает вследствие механического воздействия (в описанном случае гидравлического ударного воздействия), локализованного в объемах, соизмеримых с объемом отдельного зерна или части зерна, т.е. в микрообъемах металла. Из этого мы можем сделать очевидный вывод, что прочность материала заданная его конструкцией будет определяться не условными механическими характеристиками, которые, как правило, оцениваются пределами прочности, упругости, текучести и др., а прочностью отдельных микрообъёмов – свойствами и структурой зерна и границ этого зерна [3].

Основной сложностью при изучении поведения отдельных зерен является то, что зерно можно рассматривать только как составную часть поликристаллического образования, и нельзя рассмотреть его как отдельный монокристалл. При локальном воздействии на отдельное зерно получим реакцию и в соседних кристаллах, окружающих это зерно. А окружающие зёрна, в свою очередь, наоборот воздействуют на деформированные, препятствуя дальнейшему распространению деформации. Это обстоятельство приводит к различномухарактеру распространения по изделию волны деформации, как поверхности, таки вглубь изделия. В одних металлах и сплавах вся нагрузка, полученная от волны, воспринимается телом зерна, а

в других видах металлов и сплавов – границами зерна. В итоге в зерне происходят сдвиговые процессы, или происходит перемещение границ зерна.

При внешних условиях постоянного воздействия жидкости на поверхность детали эффективнее заниматься повышением прочности зерна, чем повышением прочности его границ [4]. Интенсивность же, с которой происходит разрушение в результате воздействия жидкости на материал, зависит от скорости потока этой жидкости и физико-механических свойств жидкости. При низких скоростях потока преобладает коррозионное разрушение, а при высоких скоростях потока преобладает механическое. Чтобы провести оценку скорости, с которой происходит кавитационное разрушение, используют разнообразные критерии: количество и глубину раковин, образующихся за заданное время испытания, площадь эрозии за период её эксплуатации, потерю массы детали за единицу времени, длительность эксплуатации до достижения необходимой степени разрушения и так далее [5]. Чаще всего интенсивность разрушения характеризуется зависимостью потери деталью своей массы от времени кавитационного воздействия на нее. На рисунке приведена диаграмма кинетики разрушения материалов при кавитации.

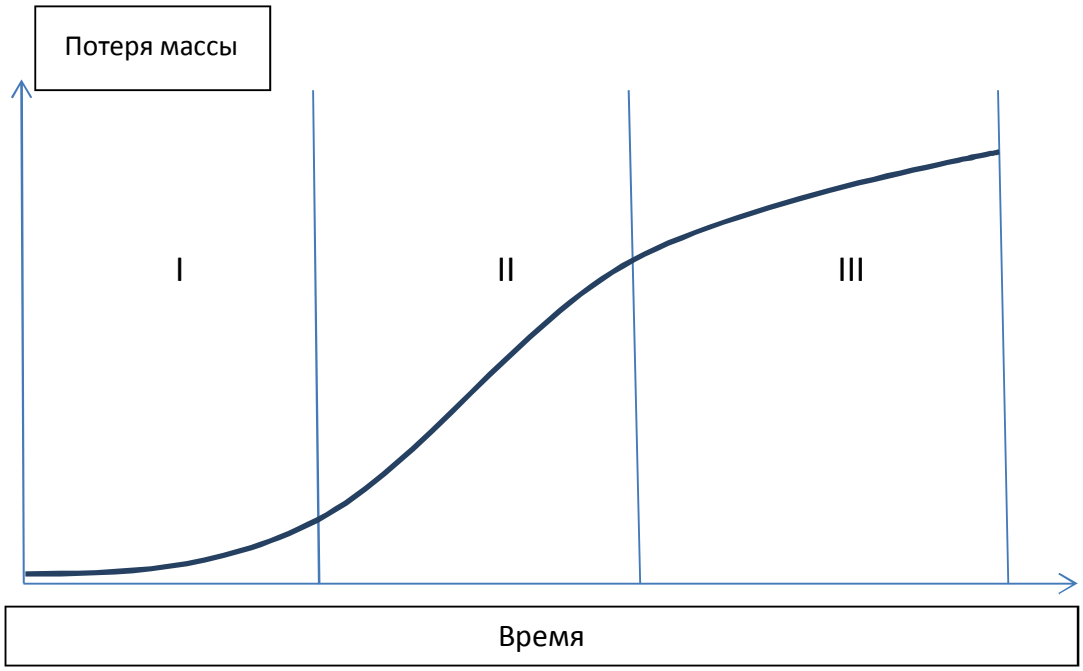


Рис. *Кинетика разрушения материалов при кавитации*

На первой (начальной) стадии проводимого испытания существует инкубационный период (на схеме стадия I), на протяжении которого эрозия практически отсутствует. В инкубационном периоде изменяется состояние поверхности металла (фазовые превращения, пластическая деформация, образование и дальнейшее развитие микротрещин и т.д.). Следующим за инкубационным периодом, идет период, когда происходит резкое увеличение интенсивности эрозионного разрушения (на схеме стадия II). Этот период сопровождается большой потерей изделием своей массы. Для третьего периода (на схеме стадия III) характерна относительно постоянная скорость разрушения. На протяжении этого периода всю поверхность, находящуюся под воздействием кавитационного разрушения [6], постепенно покрывают раковины. С практической точки зрения в данном случае имеет значение длительность первогопериода (инкубационного) и частично второго периода (когда происходит резкое возрастание скорости эрозионного разрушения). Существует множество разнообразных методов борьбы с кавитационной эрозией. Наиболее широким практическим применением пользуются технологиче-

ские методы,предназначенные для защиты металлов от эрозии, а именно: создание кавитационно-стойких сплавов, нанесение металлических и неметаллических антиэрозионных защитных покрытий и термическая обработка.

Чугуны из всех железоуглеродистых сплавов в исходном состоянии обладают самой низкой кавитационной стойкостью. Их разрушение начинается практически сразу, без «инкубационного периода», в течение которого в сталях протекают процессы образования очагов кавитационного разрушения. У чугунов такие очаги уже имеются в виде графитных включений, обладающих низкой механической прочностью [7].

При условии затребованного потребителем ограниченного ресурса, а также замкнутого пространства, в котором циркулирует охлаждающая жидкость, данное

направление увеличения кавитационной стойкости втулки цилиндра двигателявнутреннего сгорания является в особенности перспективным. Это подтверждается и тем что, нанесение на поверхность детали защитных покрытий, повышающих коррозийную стойкость металла, позволяет получитьсущественный положительный результат

При выборе добавок вводимых в охлаждающую жидкость (воду) необходимо опираться на принципиальные позиции, которые направленны на устранение схлопывающихся пузырьков и антикоррозионное влияние.

Жидкость в данном случае рассматривается как фаза, обладающая определенным набором механических свойств: упругость, прочность, вязкость и так далее. В результате механического воздействия, эту жидкость можноподвергнуть некоторому растяжению. Например, воду удается растянуть на 1,5% (без разрыва) [8]. А при высоких скоростях деформации жидкость ведет себякак твердое тело. Характерной особенностью твердых тел является их способность к хрупкому разрушению. Работами ряда исследователей было показано, что при подходящих условиях описанная способность может проявляться и в жидкостях [9].

Таблица

Кавитационная стойкость железоуглеродистых сплавов

Вода	**Потери массы в мг за 1 час испытания**
Водопроводная	257
Дистиллированная	136
Кипяченная	105

С ростом температуры объёмная прочность жидкости уменьшается. Несмотря на это, с ростом температуры кавитирующей жидкости разрушениеметалла в результате кавитационного воздействия так же уменьшается.

С ростом температуры и снижением объёмной прочности в жидкости образуется множество полостей, что увеличивает их фильтрующую роль. При большом количестве пузырьков в жидкости они оказывают сильное буферное влияние, что приводит к смягчению гидравлических ударов при кавитации. Следствием этого является уменьшение разрушения металла.

Возможность образования в жидкости кавитационных пузырьков сильнозависит от давления [10]. Опыты показывают, что при незначительном гидростатическом давлении пузырёк очень устойчив. При достижении определенного гидростатического давления пузырек теряет устойчивость. Призначительном давлении возможность образования пузырьков уменьшается, так как для этого необходимо приложить большие усилия, чтобы достичь разрыва жидкости. Образование кавитации в жидкостях, свободных от газа, затруднено. Простейшим способом удаления газа из жидкости является повышение избыточного давления в системе или длительное кипячение жидкости. В обоих случаях объёмная прочность жидкости возрастает, а разрушение металла в результате кавитационного воздействия уменьшается. Однако, если в жидкости, обладающей высокой объёмной прочностью, удаётся каким-то образом получить разви-

тую кавитацию, то разрушение металла в этом случае интенсифицируется, так как усилие, затраченное на разрыв жидкости, обуславливает значительное ударное действие кавитационных пузырей.

Таким образом, сильное влияние на стойкость металла в условиях кавитационного воздействия оказывает значение объемной прочности жидкости. Наименьшая интенсивность кавитационного разрушения в тех случаях, когда значение объёмной прочности жидкости очень низкое ($\sigma \leq 1{,}0$МПа) или в случае, когда ее значение наоборот очень велико ($\sigma \geq 15{,}0$ МПа).

В случае с малой объёмной прочностью разогревать жидкость легко, большое число пузырьков, которые при этом образуются, влечет за собой демпфирование гидравлических ударов, которые были вызваны кавитацией, т.е. демпфирующая роль пузырьков превалирует над ударной. А в случае с высокой объёмной прочностью разорвать жидкость достаточно трудно, поэтому для создания кавитации требуется приложить значительные давления. В результате отсутствие кавитации предотвращает микроударные воздействия, а следовательно, и разрушение.

Вышеприведенное положение имеет большое практическое значение для борьбы с кавитационным разрушением деталей дизельных двигателей с замкнутой системой охлаждения, так же как и повышение температуры охлаждающей жидкости, приводит к уменьшению кавитационного разрушения деталей двигателя.

Прочность жидкости тесно связана с коэффициентом поверхностного натяжения, который характеризует лёгкость образования поверхностей раздела, а,следовательно, лёгкость образования газовой фазы – пузырьков. Низкие значения поверхностного натяжения характерны для легко рвущихся жидкостей, когда образуется много пузырьков. Следовательно, изменение коэффициента поверхностного натяжения оказывает большое влияние на деформирующую и удароразрушающую роль кавитационных пузырей, что, в свою очередь, оказываетвлияние на кавитационную стойкость металла.

Исследования показывают, что чем ниже поверхностное натяжение жидкости, тем меньше кавитационное разрушение.

Суть действия собирателей сводится к тому, что эти вещества, вступая во взаимодействие с поверхностью твердого тела, закрепляются на ней и защищают поверхность твердого тела от коррозионно-эрозионного разрушения, действуя в качестве гидрофобизатора поверхности (намасливание поверхности).

Чем больше поверхностная активность реагента-пенообразователя, тем более эффективным будет его действие в целях снижения кавитационного разрушения металла. По результатам проведенных экспериментов видно, что основой действия реагентов-пенообразователей является адсорбция молекул поверхностно-активных веществ на поверхности пузырьков.

Уменьшив уровень вибрации хотя бы на 1,5-1,7 ДБ можно добиться серьезного снижения интенсивности кавитации [11]. В результате длительных ресурсоемких испытаний дизелей Ч 8,5/11, Ч 9,5/11, Ч 10,5/13 было установлено, что замена втулок цилиндров с незащищенными водоохладительными поверхностями, при интенсивных кавитационных разрушениях, требуется каждые 4500-5000 часов эксплуатации, в то время как общий моторесурс этих двигателей до необходимости капитального ремонта составляет еще 12000-14000 ч [12].

Также для повышения кавитационной стойкости втулки цилиндров дизелей Ч8,5/11 и Ч9,5/11 существует метод гальванического хромирования с водоолаждаемой стороны. По данным изученных нами работ [13] этот процесс является дорогостоящим, он нетехнологичен и не позволяет получить необходимый ресурс защиты втулок цилиндра от кавитационного разрушения.

Выводы. Исходя, из изложенного выше материала можно сделать вывод:

1. Двигатели Ч 8,5/11 и Ч 9,5/11, предназначенные для эксплуатации на малых рыбопромысловых судах и строительных площадках (на сварочных агрегатах) с ограниченным ресурсом работы до 3000 ч., могут быть оснащены втулками цилиндров без специальной химико-

термической обработки.

2. В замкнутую систему охлаждения этих дизельных двигателей должна быть введена присадка-эмульсоид в количестве 0,1% от общего объёма охлаждающей воды.

3. Возможна рекомендация по повышению давления в системе охлажденияза счет регулировки паровоздушного клапана пробки радиатора или расширительного бачка.

Литература

1. Пат. 2395699 Российская Федерация. С1 Поршень / Масуев М.А. – опубл. 27.07.2010, Бюл. № 21.
2. Шорин С.Н. Теплопередача. / С.Н. Шорин. – М.: Высшая школа, 1969. – 489с.
3. Шуаипов А.А. Аналитическое исследование внутренних потерь в судовом двигателе внутреннего сгорания / А.А. Шуаипов // Вестник Астраханского государственного университета: Серия «Морская техника и технология» – 2011 г. – № 1. – С. 157-163.
4. Шуаипов А.А. Расчётно-аналитический метод определения внутреннихпотерь в судовом двигателе внутреннего сгорания. / Шуаипов А.А. // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2011 – № 2 – с. 128-133.
5. Шуаипов А.А. Методология расчётного и экспериментального исследования внутренних потерь в судовом дизеле. / А.А. Шуаипов, А.Ф. Дорохов, К.К. Колосов, А.П. Будников // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2012 – № 2 – С 10-17.
6. Проватар А.Г. Уменьшение потерь мощности на преодоление сил трения в цилиндропоршневой группе судовых ДВС регуляризацией микрорельефа сопрягаемых поверхностей. / А.Г. Проватар, А.Ф. Дорохов, Ю.И. Матвеев // Научный журнал «Современные технологии. Системный анализ.Моделирование». Иркутский государственный университет путей сообщений. – 2015. – №4. – 50-55.
7. Энглиш К. Поршневые кольца. Теория, изготовление, конструкция и расчет:в неск. томах / К. Энглиш (перевод с немецкого). – Москва, «Машиздат», 1962. – 385 стр. – Т.1
8. Путинцев С.В. Оценка механических потерь современных поршневыхдвигателей / С.В. Путинцев, А.С. Кулешов, А.Г. Агеев // Двигателестроение. – 2013. – № 2. – С. 15-20.
9. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 2. НД №2-020101-077. – Часть IX. Механизмы. 2.4 – коленчатые валы. – Санкт-Петербург, 2014.
10. Санаев Н.К. Новая конструкция всасывающего клапана газораспределительного механизма судового малоразмерного дизеля / Н.К. Санаев, В.П. Тынянский, С.А. Алимов // Вестник машиностроения. – 2011. – № 12. – С. 44-46.
11. Абачараев М. М. Кавитация и защита металлов от кавитационныхразрушений / М. М. Абачараев – Санкт-Петербург: Издательство СПбПУ, 2012. – 198 с.
12. American society of metals. // Atlas of fatigue curves. – 1986. – P. 38-54
13. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. –М.: Машиностроение, 1986.–496 с.–2т.

Məqalə qəbul olunub: 28.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 629.12.066

QEYRİ-MÜƏYYƏNLİK ŞƏRAİTİNDƏ FƏALİYYƏT GÖSTƏRƏN OBYEKTLƏR ÜÇÜN TƏNZİMLƏYİCİLƏRİN SİNTEZİ

Fərhadov V.Q., Qurbanov E.M., Bayramova İ.P.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: vahidf@mail.ru, genclik76@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə real sistemlərdə xarici və parametrik həyəcanlandırıcı təsirlər mövcud olduğundan tənzimləyicinin astatik və adaptiv xassəyə malik olmasını təmin etmək onun tətbiq sahəsini və effektivliyini artırmış olduğu göstərilir. Əsas məsələlərdən biri odur ki, tənzimləyici ən xarakterik həyəcanlandırıcı təsirlər olan vahid təkan və vahid impuls tipli təsirlərə qarşı seçici astatizmə malik olsun.*

Abstract. *The article shows that ensuring that the regulator has astatic and adaptive properties has increased its scope and effectiveness due to the presence of external and parametric excitations in real systems. One of the key issues is that the regulator has selective astatism against single impulse and single impulse-type effects, which are the most characteristic stimuli.*

Аннотация. *В статье указано увеличение области и эффективности применения регуляторов, ввиду обеспечения их астатических и адаптивных свойств, учитывая влияние внешних и параметрических дестабилизирующих факторов, свойственных реальным условиям функционирования объекта. Одним из важных вопросов является, обеспечение регулятора астатизмом против наиболее характерного возмущающего единичного импульсного воздействия.*

Açar sözlər: *qeyri-müəyyənliklər, həyəcanlandırıcı təsirlər, faza portreti, obyektin xassələri, parametrik həyəcanlandırıcı təsirlər*

Key words: *indefiniteness, excitatory effects, portrait phase, object properties, parametric excitatory effects*

Ключевые слова: *неопределенности, возбуждающие воздействия, портрет фаз, свойства обьекта, параметрические возбуждающие воздействия*

Giriş. Real sistemlər, adətən, müxtəlif qeyri-müəyyənliklər şəraitində fəaliyyət göstərirlər. Əsasən, aşağıdakı qeyri-müəyyənlikləri qeyd etmək vacibdir.

a) xarici (koordinat) həyəcanlandırıcı təsirlər;

b) daxili (parametrik) həyəcanlandırıcı təsirlər.

Birinci halda mühitin, ikinci halda isə obyektin xassələri dəyişir. Qeyri-müəyyənliyin dərəcəsinə görə bu təsirləri aşağıdakı tiplərə ayırmaq olar [1]:

a) determinik;

b) stoxastik;

v) robast;

q) qeyri-səlis.

Məqalədə xarici həyəcanlandırıcı təsirlərə qarşı seçici astatizmə malik olan tənzimləyicilərin sintezi məsələsinə baxılır.

Burada fərz olunur ki, sistemə təsir edən xarici həyəcanlandırıcı təsirin tipi yox, yalnız həddi qiyməti məlumdur. Aydındır ki, həyəcanlandırıcı təsirlərin bilavasitə ölçülməməsi sintez məsələsini əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir. Bu halda, invariantlıq nəzəriyyəsindən istifadə etmək mümkün olmadığından astatizmi təmin etmək üçün yeganə çıxış yolu kimi meyletməyə görə, yəni əks əlaqə

prinsipi üzrə qurulmuş sistemlərdən istifadə olunur. Belə sistemlərdə statik xəta yalnız $t \to \infty$ halında tam kompensasiya olunur.

Xətanın azaldılmasının klassik üsullarından biri açıq sistemin gücləndirmə əmsalının artırılmasıdır, lakin bu halda sistemin dayanıqlıq ehtiyatları azalır.

Xətti tənzimləmə sistemlərində həyəcanlandırıcı təsiri kompensasiya etmək üçün idarə qanununun tərkibinə inteqrallar əlavə olunur. Belə yanaşma yalnız

$f = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \ldots + a_n t^n$ polinomu şəklində olan həyəcanlandırıcı təsiri tam kompensasiya edib statik xətanın sırfa bərabər olmasını təmin edir. Bundan başqa, inteqralın mövcudluğu statik xətanı ləğv etsə də, keçid proseslərinin keyfiyyətinə xələl gətirir.

Bundan başqa, həyəcanlandırıcı təsirin tipi dəyişdikdə, məsələn, vahid impuls olduqda inteqral toplananın mövcudluğu avtomatik tənzimləmə sisteminin keyfiyyət göstəricilərini pisləşdirir. Rele idarə qanunun köməyi ilə yaradılan sürüşmə recimində xarici və parametrik həyəcanlandırıcı təsirlər ölçülmədikdə idarə siqnalının səviyyəsini kifayət qədər böyük götürməklə onları kompensasiya etmək mümkündür [2].

Son zamanlar sürüşən rejimdə idarə siqnalının tezliyini azaltmaq üçün qeyri-səlis sürüşən rejimdən istifadə etmək təklif olunur.

Ümumiyyətlə, rele tipli sürüşən reoimlərdə idarə siqnalı maksimal həddi qiymətləri aldığından bu rejimlər enerji məsrəfi baxımıdan səmərəli deyillər. Bundan başqa, həyəcanlandırıcı təsirin həddi qiyməti azaldıqda idarənin qiyməti əvvəlki səviyyədə qaldığından keyfiyyətə mənfi təsir göstərir. Beləliklə, aşağıdakı məsələ meydana çıxır.

Məsələnin qoyuluşu. Elə kompensasiya qanununu qurmaq tələb olunur ki, həyəcanlandırıcı təsir daim təsr etdikdə, məsələn, vahid təkan şəklində, onu kompensasiya etsin, ani təsir edən impuls olduqda isə işləməsin. Başqa sözlə, kompensasiya qanunu həyəcanlandırıcı təsirin tipinə nəzərən seçici astatizmə malik olsun.

Bunun üçün, xətti sistemlərdə seçici astatizmə malik olan tənzimləyicinin sintezi tələb olunur. Obyektə həyəcanlandırıcı qüvvələr təsir etdikdə tənzimləmə sistemində statik (qərarlaşmış) Δ_c xətası meydana çıxır. Bu səbəbdən, tənzimləmə nəzəriyyəsinin və praktikasının əsas məsələlərindən biri həyəcanlandırıcı təsirlərin kompensasiya üsullarının işlənməsidir. Bu üsulları informativlik baxımından iki qrupa ayırmaq olar:

a) həyəcanlandırıcı təsir ölçülən və ya qiymətləndiriləndir;

b) həyəcanlandırıcı təsir öçülmür.

Birinci halda, kompensatorun ötürmə funksiyasını tapmaq üçün invariantlıq nəzəriyyəsindən istifadə olunur.

İkinci halda, həyəcanlandırıcı təsirin tam kompensasiyası sonsuzluqda baş verir, yəni $t = \infty$ nöqtəsində $\Delta_c = 0$ olur. $\Delta_c = 0$ olan sistemlər astatik sistemlər adlanır.

Fərz edək ki, $f = 0$, $g = 1(t) \Rightarrow G(s) = 1/s$. Burada qütb $s_1 = 0$. Obyektin idarə kanalı üzrə ötürmə funksiyasını W_u, tənzimləyicinin ötürmə funksiyasını isə W_T - işarə edək. Onda ATS-in (g-ε) kanalı üzrə ötürmə funksiyasını aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$W_g^{\varepsilon} = \frac{1}{1 + W_T W_u}$$

$W_T = M_T / D_T$, $W_u = M_u / D_u$ - işarə edək.

Onda
$$W_g^{\varepsilon} = \frac{D_T D_u}{D_T D_u + M_T M_u}.$$

W_g^{ε} ötürmə funksiyasının sıfırları, yəni $D_T D_u = 0$ polunomunun köklərinin tərkibində $s_1 = 0$ qütbünün mövcud olması üçün tənzimləyicinin ötürmə funksiyasında $D_T = s$ qəbul etmək kifayətdir, yəni tənzimləyicinin tərkibində I (interqral) mövcud olmalıdır. Əgər $M_T = k_T = const$ qəbul etsək,

W_T = k_T/s və sırf inteqral tənzimləyici almış olarıq. Bu halda, Δ_c-nin mövcud olub-olmamasını yoxlayaq. Xətanın təsviri

$$E = W_g^2 G = \frac{sD_u}{sD_u + k_T M_u} \cdot \frac{1}{s}$$

olduğundan hədd teoreminə əsasən onun hədd qiyməti, yəni $\varepsilon(\infty) = \Delta_c$:

$$\Delta_c = \lim_{s\to 0} s\left(\frac{sD_u}{sD_u + k_T M_u} \cdot \frac{1}{s}\right) = 0 .$$

Göründüyü kimi, inteqral toplananın köməyi ilə giriş vahid təkan siqnalı olduğu halda astatizmi təmin etmək mümkündür.

Avtomatik tənzimləmənin praktikasında nəzarət olunmayan xarici həyəcanlandırıcı təsirləri kompensasiya etmək üçün əsas üsul idarə qanununun tərkibinə xətanın inteqralının daxil edilməsidir. Belə yanaşma həyəcanlandırıcı təsirlər yalnız sabit siqnal, yəni vahid təkan olduğu halda, statik xətanın asimptotik aradan qaldırılmasının təmin edir. Lakin həyadanlandırıcı təsirin kompensasiyası üçün nəzərdə tutulmuş inteqral toplananı sistemin dinamikasına da təsir göstərərək keçid proseslərinin rəqsiliyini artırır.

Bundan başqa, xarici təsir impuls şəklində olduqda, yəni sistemin yalnız başlanğıc vəziyyəti dəyişdikdə interqala ehtiyac olmur. Lakin inteqral daima qoşulu olduğundan keçid proseslərinin rəqsiliyinə gətirib çıxarır.

Əvvəlcə, inteqralın keçid proseslərinin rəqsiliyini artırmasını nümayiş etdirmək üçün sadə bir misala baxaq. Fərz edək ki, obyekt birinci tərtib dayanıqlı aperiodik obyektdir:

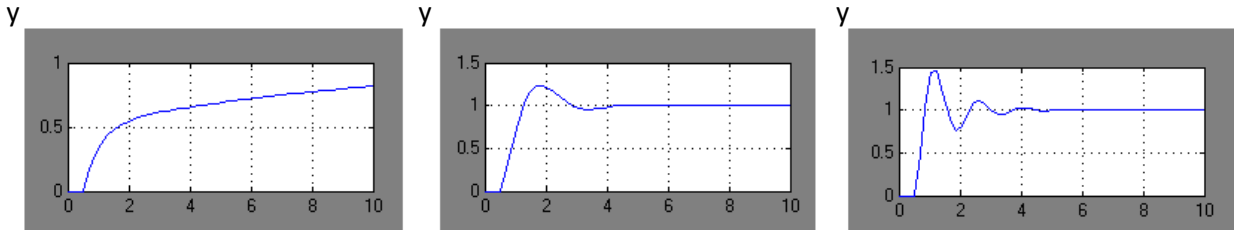
$$\dot{y} = -ay + bu, \quad a > 0,\ b > 0.$$

İdarə qanununu Pİ şəklində seçək:

$$U = k_p \varepsilon + k_i \int_0^t \varepsilon dt .$$

Burada sazlama parametri k_p = 1 və a = 1, b = 1 qəbul edək. $\varepsilon = g - y$ - tənzimləmə xətası, g = 1 tapşırıq siqnalıdır.

Şəkil 1 a, b, c-də k_i = {0,2;5;20} qiymətlərində keçid prosesləri göstərilmişdir.

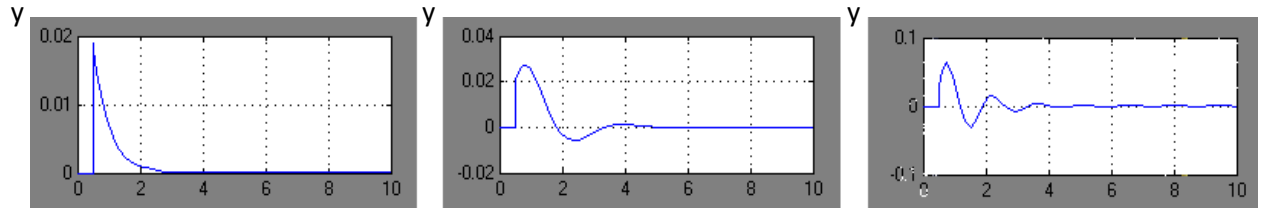


a) *b)* *c)*

Şəkil 1. *İnteqrallama əmsalının müxtəlif qiymətlərində keçid prosesləri*

Şəkildən göründüyü kimi, inteqrallama əmsalı artdıqca keçid proseslərinin rəqsiliyi artır. Əmsalın kiçik qiymətlərində statik xəta artır. Deməli, hər iki göstəricinin eyni zamanda yaxşılaşdırılması ziddiyətlidir.

İkinci halda, tapşırıq siqnalı kimi $g = \delta(t)$ vahid impuls götürülmüşdür. k_i = {0;5;20} qiymətlərində şəkil 2 a, b, c-də keçid prosesləri göstərilmişdir.



a) *b)* *c)*

Şəkil 2. $g = \delta(t)$ *olduqda* k_i *= {0;5;20} qiymətlərində keçid prosesləri*

Baxılan halda, sistemin sərbəst hərəkətinə baxıldığından çıxış $y(\infty) = 0$ sıfra yaxınlaşmalıdır. Göründüyü kimi, $k_i = 0$ qiymətində keçid prosesi (daha dəqiq, çəki funksiyası) həm statik xətaya nəzərən, həm də rəqsilik göstəricisinə görə daha önəmlidir. Deməli, bu halda, inteqral toplananın mövcudluğu lüzumsuzdur. Prinsipcə, xarici təsiri (burada tapşırıq siqnalı) identifikasiya edib $g = \delta(t)$ olduqda inteqral toplananı sxemdən açmaq mümkündür. Lakin bu zaman həyəcanlandırıcı təsir identifikatorundan istifadə etmək lazım gələcəkdir ki, bu da tənzimləmə sisteminin quruluşunu olduqca mürəkkəbləşdirir.

Məqalədə vahid təkan $1(t)$ və vahid impuls $\delta(t)$ halında sistemin dinamik xüsusiyyətlərinin fərqli olması faktından istifadə olunmuşdur. Kompensasiya siqnalı elə siqnallardan tərtib olunur ki, bunlar $1(t)$ halında müəyyən qiymətə malik olur, $\delta(t)$ halında isə baş çoxluq əmələ gətirir. Təcrübədə xarakterik olan iki tip həyəcanlandırıcı təsirlərə qarşı seçici astatizmin təmin olunması məsələsinə baxacağıq: vahid təkan və vahid impuls.

Təcrübədə daha geniş yayılan ikinci tərtib birölçülü obyektə baxaq:

$$\ddot{y}(t) + a_1\dot{y}(t) + a_2 y(t) = bu + f\,,$$

Burada $y(t)$ - tənzimlənən kəmiyyət; u - idarə siqnalı; f - həyəcanlandırıcı təsirdir.

İdarə təsirini aşağıdakı şəkildə təyin edək:

$$u = u_s + u_k\,,$$

Burada u_s - obyektin dinamik keyfiyyət göstəricilərini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuş əks əlaqəli stabilləşdirici idarə: $u_s = \alpha\varepsilon,\ \ \varepsilon = g - y(t)$ - tənzimləmə xətası; u_k - kompensasiyaedici hissədir. Onda qapalı sistemin tənliyi:

$$\ddot{y}(t) + a_1\dot{y}(t) + (a_2 + b\alpha)y(t) = b\alpha g + bu_k\,. \qquad (1)$$

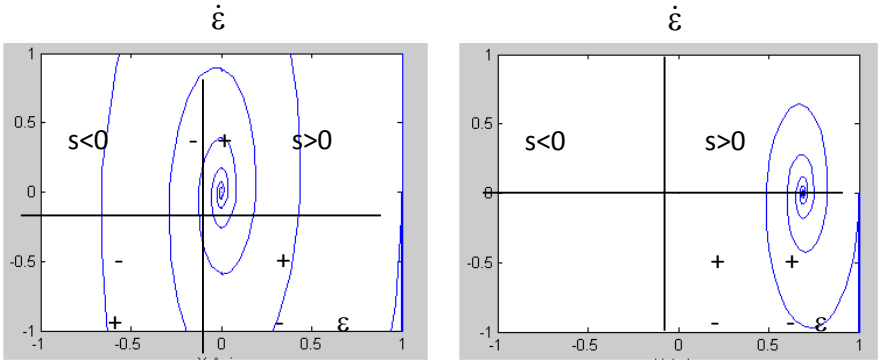
$y = x_1,\ \dot{y} = x_2$ işarə edib (1) tənliyini normal formada yazaq:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2\,, \\ \dot{x}_2 &= -(a_2 + b\alpha)x_1 - a_1 x_2 + b\alpha g + u_k\,. \end{aligned} \qquad (2)$$

Sistem (2)-nin dayanıqlı rəqsi sistem olduğu hala baxaq. Bunun üçün $a_1,\ a_2 > 0,\ a_1^2/4 < (a_2 + b\alpha)$ şərtləri ödənilməlidir.

Kompensasiya qanununun qurulması. Şəkil 3 a və b –də (2) sisteminin $u_k = 0;\ a_1 = 1,\ a_2 = 10;\ \alpha = 4{,}5;\ b = 1$ qiymətlərində faza partretləri göstərilmişdir. Birinci şəkildən göründüyü kimi, $g = \delta(t)$ vahid impuls olduğu halda faza traektoriyasının $s = \varepsilon\dot{\varepsilon} > 0$ oblastından $s < 0$ oblastına keçidləri $\varepsilon \neq 0$ qiymətlərində, $s < 0$-dan $s > 0$ oblastına keçidləri isə xətanın $\varepsilon = 0$ qiymətlərində baş verir. Bu xüsusiyyət $\delta(t)$-nin tarazlıq nöqtəsinin yerini dəyişə bilmədiyindən bü nöqtənin koordinat mərkəzində olması ilə əlaqədardır.

İkinci şəkildə $s < 0$ oblastından $s > 0$ oblastına keçidlər $\varepsilon \neq 0$ qiymətlərində baş verir. Bu fərq $1(t)$ siqnalının tarazlıq nöqtəsini absis oxu üzrə $\Delta_c = 1 - b\alpha g(a_2 + b\alpha) = 0{,}7$ nöqtəsinə sürüşdürməsi ilə əlaqədardır.



a) b)

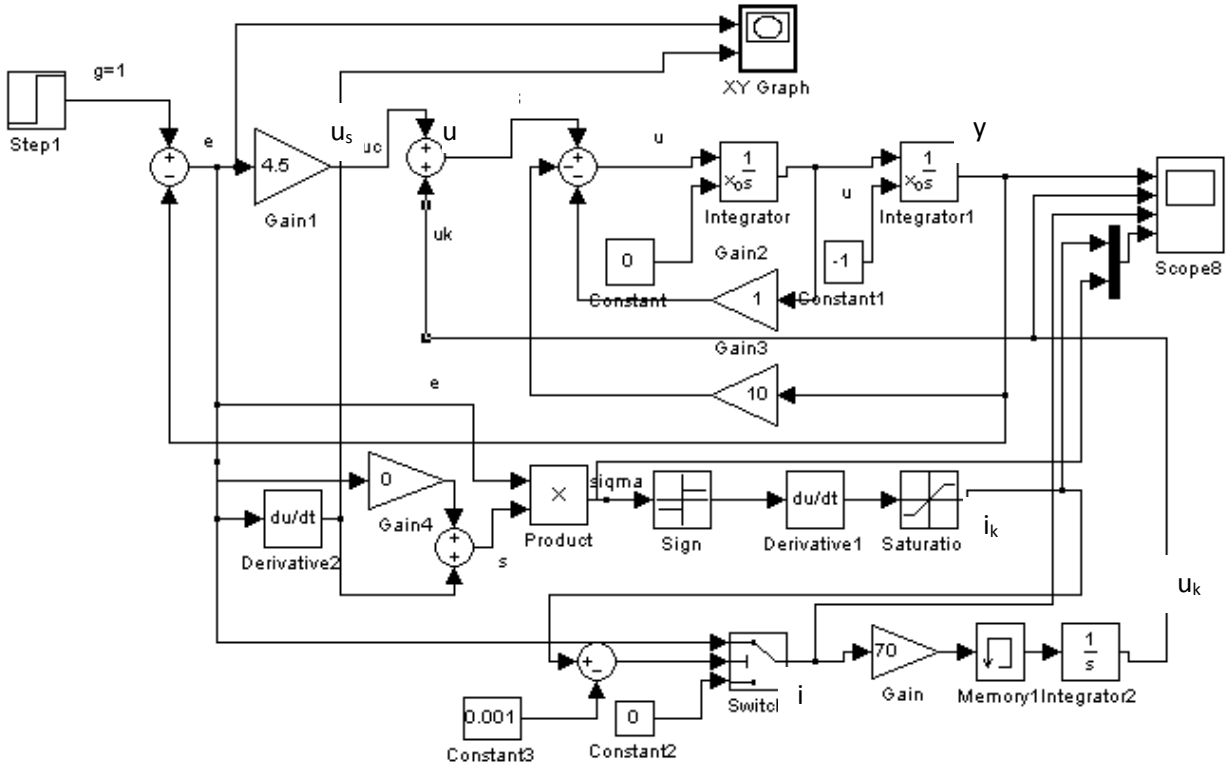
Şəkil 3. *Sistemin $g = \delta(t)$ və $g = 1(t)$ halında faza portretləri*

$s < 0$ oblastından $s > 0$ oblatına keçidlərin absisini ε_-^+ ilə işarə edək. Kompensasiya siqnalını

$$u_k = \beta \sum_{i=1}^{\infty} \varepsilon_-^+(t_i) \qquad (3)$$

şəklində formalaşdırsaq, avtomatik olaraq, $g = \delta(t)$ halında $u_k = 0$, $g = 1(t)$ halında isə $u_k \neq 0$ olacaqdır. Burada β = const - sazlama parametridir.

Kompensasiya siqnalının realizasiyası. Dəyişmə $s = \varepsilon\dot{\varepsilon}$ funksiyasının işarəsi dəyişdikdə «siqn» relenin çıxışında pilləvari siqnal alınır. Bu siqnal «derifative» differensiallayıcısına verilərək əmr impulslarına çevrilir. Trayektoriya $s < 0$-dan $s > 0$ oblastına keçdikdə törəmə $ds/dt > 0$ olduğundan bu impulslar müsbət, əks istiqamətə keçdikdə isə mənfi, yəni aşağı istiqamətlənmiş olur.



Şəkil 4. *ATS-in modelləşdirmə sxemi*

Mənfi impulslar bizə lazım olmadığından onları «saturation» elementinin köməyi ilə aşağı sərhəddini (0) verməklə aradan qaldırırıq.

Müsbət i_k əmr impulslarında «switch» kommutatorunun açarı ani olaraq, yuxarı vəziyyətə keçərək xəta $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ siqnalını i impulsları şəklində götürür. Qalan vaxtda açar aşağı vəziyyətdə olaraq diskret inteqratorun girişinə sıfır siqnalı verir. Beləliklə, (3) ifadəsinə əsasən $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ impulsları toplanaraq u_k kompensasiya siqnalını formalaşdırır. İmpulsların yaxşı inteqrallaşması üçün onlar qısa müddətə «Memory» (yaddaş) elementinin köməyi ilə yadda saxlanaraq intensivliyi (sahəsi) artırılır. Uyğun sistemin modelləşdirmə sxemi şəkil 4-də göstərilmişdir.

Təklif olunan sistemin iş qabiliyyəti parametrlərin $a_1 = 1;\ a_2 = 10;$ b=1; $\alpha = 4{,}5;\ \beta = 80;\ c = 0$ qiymətlərində yoxlanılmışdır. Bu halda «giriş-çıxış» şəklində yazılmış (1) sistemin tənliyi tapşırığın g = 1, f = 0 halında:

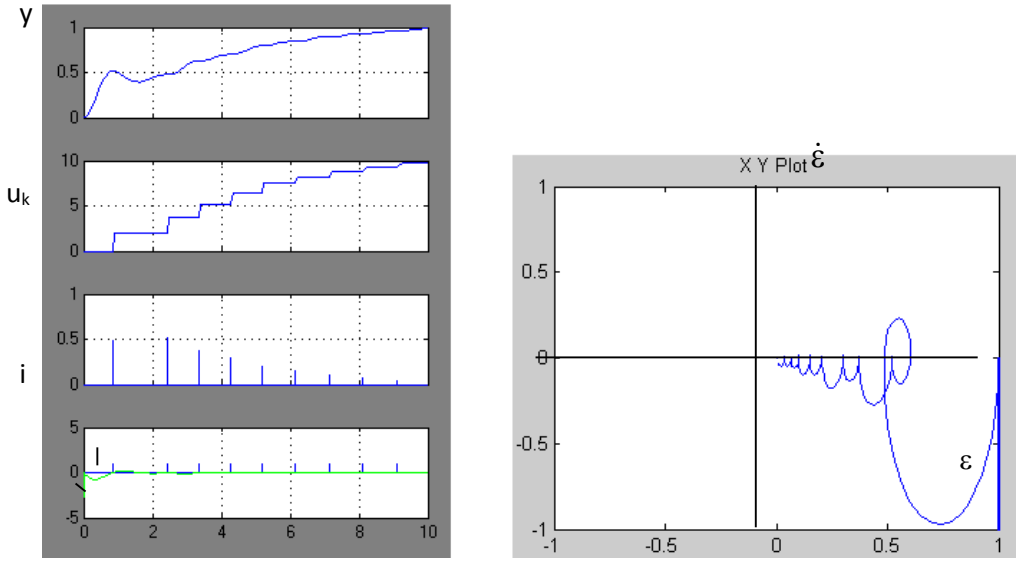
$$\dddot{y}(t) + \ddot{y}(t) + 14{,}5\dot{y}(t) = 4{,}5 + u_k .$$

Tənzim olunan $y(t)$ kəmiyyətinin qərarlaşma qiymətini təyin etmək üçün stasionarlıq şərtindən istifadə edək:

$$14{,}5y(t) = 4{,}5 + u_k.$$

Buradan y = g = *1* qiymətini təmin edən kompensasiya siqnalı u_k = 10 olmalıdır.

Şəkil 5, a və b-də tənzimləmə sisteminin $g = 1(t)$ qiymətində dinamik xarakteristikaları və faza portreti göstərilmişdir. Şəkil 1.5,a-dan göründüyü kimi tnzimlənən kəmiyyət $y(t)$ özünün tapşırıq g = 1 qiymətinə ifrat tənzimləməsiz və $t_T \approx 10$ s. vaxta çatmışdır. Daha sonra u_k kompensasiya siqnalının $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ impulslarının (şəkildə i - ilə işarə olunmuşdur), i_k əmr siqnalının və $s(t)$ dəyişmə funksiyasının dəyişmə xarakteri göstərilmişdir.



a) b)

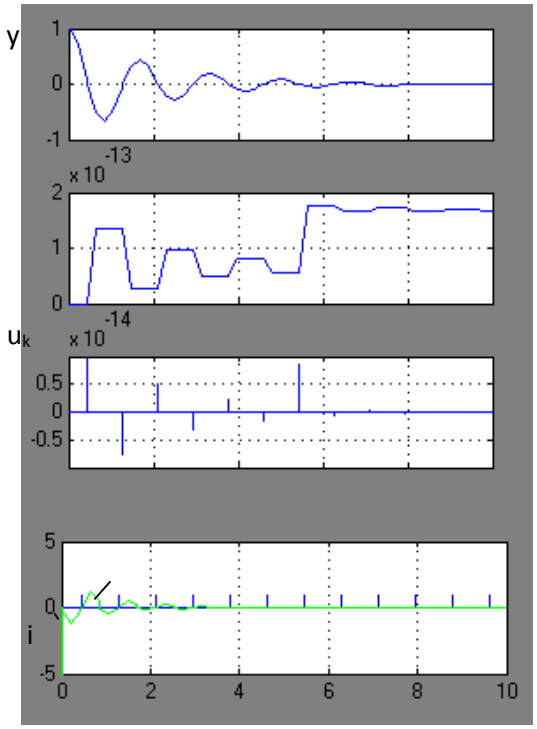
Şəkil 5. *Sistemin g = 1(t) halında dinamik xarakteristikaları və faza portreti*

Şəkil 5 b-də sistemin faza portreti göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi kompensasiyanın hesabına xəta ε və onun törəməsi $\dot{\varepsilon}$ sıfra yaxınlaşır. Koordinat başlanğıcında kiçik amplitudlu rəqslər müşahidə olunur.

Şəkil 6-da sistemin sərbəst hərəkəti zamanı, yəni $g = \delta(t)$ halında analoji xarakteristikaları göstərilmişdir. Kompüter realizasiyası zamanı vahid impuls ekvivalent $x_{10} = y_0 = 1$ başlanğıc şərtlə

və $g = 0$ qiyməti ilə əvəz olunmuşdur. Bir sıra hesablama nüanslarını göstərək. Əvvəldə dəyilənə əsasən, $g = \delta(t)$ qiymətində $u_k = 0$ olmalı idi. Lakin diskretləşdirmə nəticəsində, faza traektoriyasının ordinat oxunu aşdıqda $\varepsilon_{-}^{+}(t_i) = 0$ şərti dəqiq ödənilməyib, kiçik qiymətlər alır. Göründüyü kimi, bu impulsların dəyişmə diapazonu çox kiçik olub $\pm 0{,}5 \cdot 10^{-14}$ təşkil edir. Belə impulsların inteqrallanması isə $u_k \approx 2 \cdot 10^{-13} \approx 0$ olur. $y(t)$-nin sıfra yaxınlaşma dəqiqliyindən göründüyü kimi, bu qiymət keçid prosesinə, demək olar ki, təsir etmir. İlkin (2) sisteminin sərbəst hərəkəti, yəni $g = 0$, $u_k = 0$ halında, rəqsi olduğundan $y(t)$ üzrə keçid prosesi də rəqsi alınmışdır.

Məcburi hərəkətdən ($g = 1$) fərqli olaraq sistemin sərbəst hərəkəti zamanı $u_k = 0$ olması idarəetməyə sərf olunan enerjiyə qənaət etməyə imkan verdiyindən çox mühüm nəticədir.



Şəkil 6. *g = δ(t) halında sistemin dinamiki xarakteristikaları*

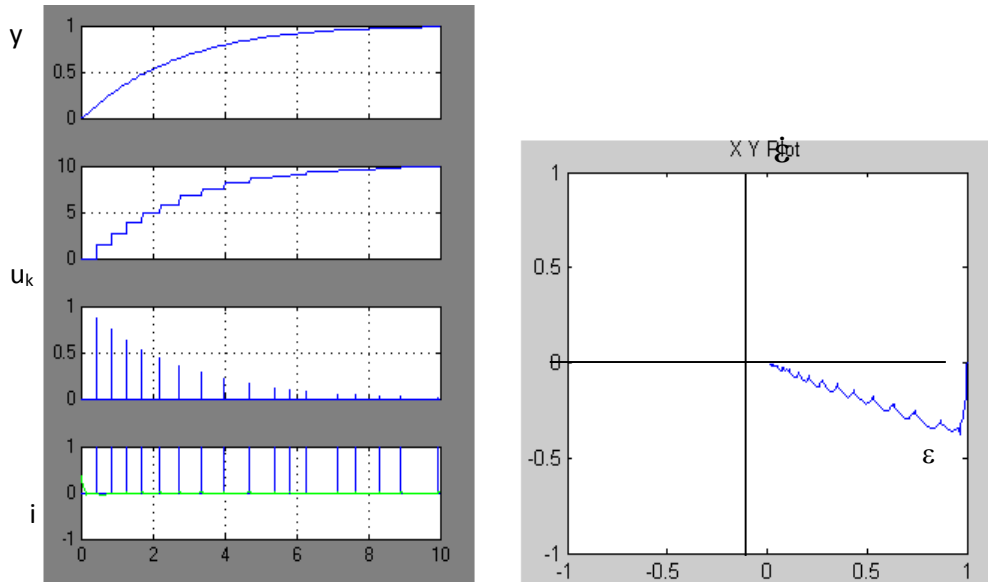
Rəqsiliyin aradan qaldırılması. Əgər hər hansı bir səbəbdən keçid proseslərinin rəqsiliyi yolverilməzdirsə, onda (2) tənliyi üçün α sazlama parametri aperiodik dayanıqlıq şərtini ödəməlidir:

$$a_1, a_2 > 0, \quad a_1^2 / 4 \geq (a_2 + b\alpha).$$

Lakin bu halda faza trayektoriyası absis oxunu $s < 0$ -dən $s > 0$ istiqamətdə kəsə bilmədiyindən hər iki həyəcanlandırıcı təsir halında $u_k = 0$ olacaqdır. $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ elementlərinin meydana çıxmasını təmin etmək üçün absis oxunu $s = \dot{\varepsilon} + c\varepsilon$ -düz xətti ilə əvəz edək. Bu halda, dəyişmə funksiyası $\sigma = sx_1$ olur, yəni $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ elementlərinin formalaşdırılması ordinat $x_1 = 0$ oxunun və $s = 0$ xəttinin üzərində baş verir. $s = 0$, $c > 0$ xətti absis oxundan aşağıda yerləşdiyindən $g = 1(t)$ halında aperiodik faza trayektoriyaları onu kəsəcək. Beləliklə sıfra bərabər olmayan $\varepsilon_{-}^{+}(t_i)$ toplananları meydana çıxaraq u_k kompensasiya siqnalının formalaşdıracaqdır [3].

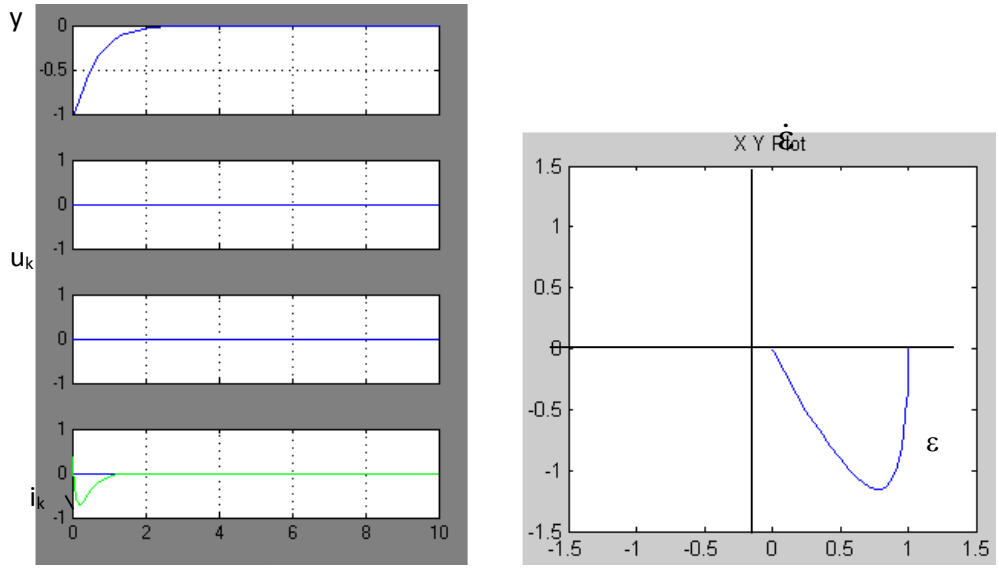
Keçid proseslərinin keyfiyyət göstəriciləri α və β-dan başqa bucaq əmsalı c-nin qiymətindən çox asılıdır.

Şəkil 7 və 8-də $a_1 = 10;\ a_2 = 10;\ b = 1;\ \alpha = 4{,}5;\ \beta = 80;\ c = 0{,}35$ qiymətlərində aperiodik sistemin $g=1(t)$, $x_0 = (0,0)^T$ və $g = \delta(t)$, $x_0 = (-1,0)^T$ halında dinamik xarakteristikaları göstərilmişdir. Göründüyü kimi, hər iki halda keçid prosesi $y(t)$ əvvəlki kimi rəqsi deyil, monoton alınmışdır.



a) *b)*

Şəkil 7. *Aperiodik obyektin g = 1(t) halında dinamik xarakteristikaları*



a) *b)*

Şəkil 8. *Aperiodik obyektin g = δ(t) halında dinamik xarakteristikaları*

Aparılmış təhlillərdən məlum olmuşdur ki, real sistemlərdə xarici və parametrik həyəcanlandırıcı təsirlər mövcud olduğundan tənzimləyicinin astatik və adaptiv xassəyə malik olmasını təmin etmək onun tətbiq sahəsini və effektivliyini artırmaqdır.

Əsas məsələlərdən biri odur ki, tənzimləyici ən xarakterik həyəcanlandırıcı təsirlər olan vahid təkan və vahid impuls tipli təsrlərə qarşı seçici astatizmə malik olsun.

Nəticə. Məqalədə xətti sistemlərdə bu xassəyə malik olan tənzimləmə qanunu, daha doğrusu, tənzimləmə qanununun kompensasiyaedici toplananının formalaşdırılması üsulu təklif olunmuşdur.

Sürüşən rejimdə işləyən sistemlərdə bu üsul vahid təkan olduqda sürüşən rejimin pozulmasının xüsusiyyətinə əsaslanmışdır. Bu halda, trayektoriya $s = 0$ sürüşmə xəttindən uzaqlaşaraq əvvəlcədən nəzərdə tutulmuş «sərhəd zolağını» kəsir. Kəsişmələrin koordinatı hər dəfə yadda saxlanaraq cəmlənir ki, bu da kompensasiya siqnalını təşkil edir.

Nəzəri müddəaların doğruluğu konkret misallarda kompüter modelləşdirilməsinin köməyi ilə təsdiq edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Rzayev T.H. "Sistemlərin identifikasiyası". Dərslik./ T.H. Rzayev – Bakı:, AzTU, - 2008. -518 s.
2. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Особые линейные и нелинейные системы. М.: Энергоиздат, 1981-304 с.
3. Fərhadov, V.Q. "Tənzimləmə texnikası". Dərslik./V.Q. Fərhadov, İ.A. Yolçuyev - Bakı: ADDA nəşriyyatı, - 2018. - 366 s.

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

UOT: 621.3:007

SIXMA DƏRƏCƏSİNİ AVTOMATİK DƏYİŞƏN PORŞENİN KONSTRUKSİYASI VƏ ONUN HİDRAVLİK SİSTEMİNİN HESABLAMA METODİKASI

İsmayılov A.Ş., Kərimov E.N.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: a.ismayilov27@gmail.com, elnur.karimov.8002@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə dizel mühərrikində sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin yeni konstruksiyası və onun hidravlik siteminin təklif olunmuş hesablama metodikasının əsas müddəaları haqqında məlumatlar verilmişdir. Təklif olunan porşenin əsas üstünlüyü onun mühərrikin iş rejimlərinin dəyişməsinə çox həssas olmasıdır. Belə ki, hər bir tsikldə sıxma dərəcəsi mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq maksimumdan minimuma qədər dəyişə bilər. Porşenin hidravlik sistemindəki həcmlərdən baş verən sızmalar, bu həcmlərə qazın düşə bilməsi nəzərə alınmaqla tərtib olunmuş hesablama metodikası həcmlərdəki təzyiqləri daha dəqiq təyin etməyə imkan verir.*

Abstract. *The Article describes the new design and operating principle of a piston that automatically changes the compression rate of the diesel engine and the main provisions of calculation method for the hydraulic system of this piston. The main advantage of the proposed piston design is its more sensitivity to changes in the engine operating mode. Since, the compression rate can vary from the maximum value to the minimum in each duty cycle, depending on the engine operating modes. The proposed calculation method provides the possibility to determine the pressures in these volumes as more as accurately, as well as taking into account the oil leakage from the volumes of hydraulic system of the piston and the ingress of gases into these mentioned volumes.*

Аннотация. *В статье излагаются новая конструкция и принцип работы поршня, автоматически изменяющий степень сжатия дизельного двигателя и основные положения расчетной методики гидравлической системы этого поршня. Основное преимущество предложенной конструкции поршня большая чувствительность к изменениям режима работы двигателя. Так как в каждом цикле степень сжатия может изменяться от макси-*

мального значения до минимального в зависимости от режимов работы двигателя. Составленная расчетная методика с учетом утечек масла из объемов гидравлической системы поршня и попаданию газов в эти объемы, позволяет более точно определить давления в этих объемах.

Açar sözlər: *sıxma dərəcəsi, porşen, əlavə kamera, yuxarı həcm, aşağı həcm, xüsusi həcm, reduksion klapan, doldurucu klapan, hesablama metodikası, hidravlik sistem, yağın hal tənliyi, sızmalar, sıxlıq, təzyiq*

Key words: *compression rate, piston, additional chamber, upper volume, lower volume, special volume, pressure reducing valve, filling valve, calculation method, hydraulic system, oil equation, leakage, density, pressure*

Ключевые слова: *степень сжатия, поршень, дополнительная камера, верхний объем, нижний объем, специальный объем, редукционный клапан, наполнительный клапан, расчетная методика, гидравлическая система, уравнение состояния масла, утечки, плотность, давление*

Giriş. Gəmilərdə dizel mühərriklərindən daha geniş istifadə olunması bir tərəfdən yüksək üstəlik üfürmə tətbiq etməklə onların texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasını, digər tərəfdən isə bu mühərriklərdə daha ucuz başa gələn alternativ yanacaqların tətbiq edilməsini tələb edir. Çoxyanacaqlı, ələlxüsus da sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən poşenli (SDADP) dizel mühərriklərində bu məsələ çox asanlıqla həll olunur. Belə ki, həmin mühərriklərdə sıxma dərəcəsi işə düşmə zamanı yüksək, nominal yük rejimlərində isə kiçik olur. Bu isə, həm yüksək üfürmə sistemi tətbiq etməyə, həm də yüngül yanacaqlardan istifadə olunmasına imkan verir. Lakin hələlik axıra qədər təkmilləşdirilmiş və istismarda olan SDADP-lı mühərrik yoxdur. Bundan başqa porşenin hidravlik sistemində baş verən prosesləri daha dəqiq əks etdirən hesablama metodikasının tərtib edilməsinə də ehtiyac vardır. Odur ki, bu mühərriklərin yaradılması istiqamətində həm nəzəri, həm də eksperimental elmi-tədqiqat işləri davam etdirilir ki, bu da məqalənin mövzusunun aktual olduğunu göstərir.

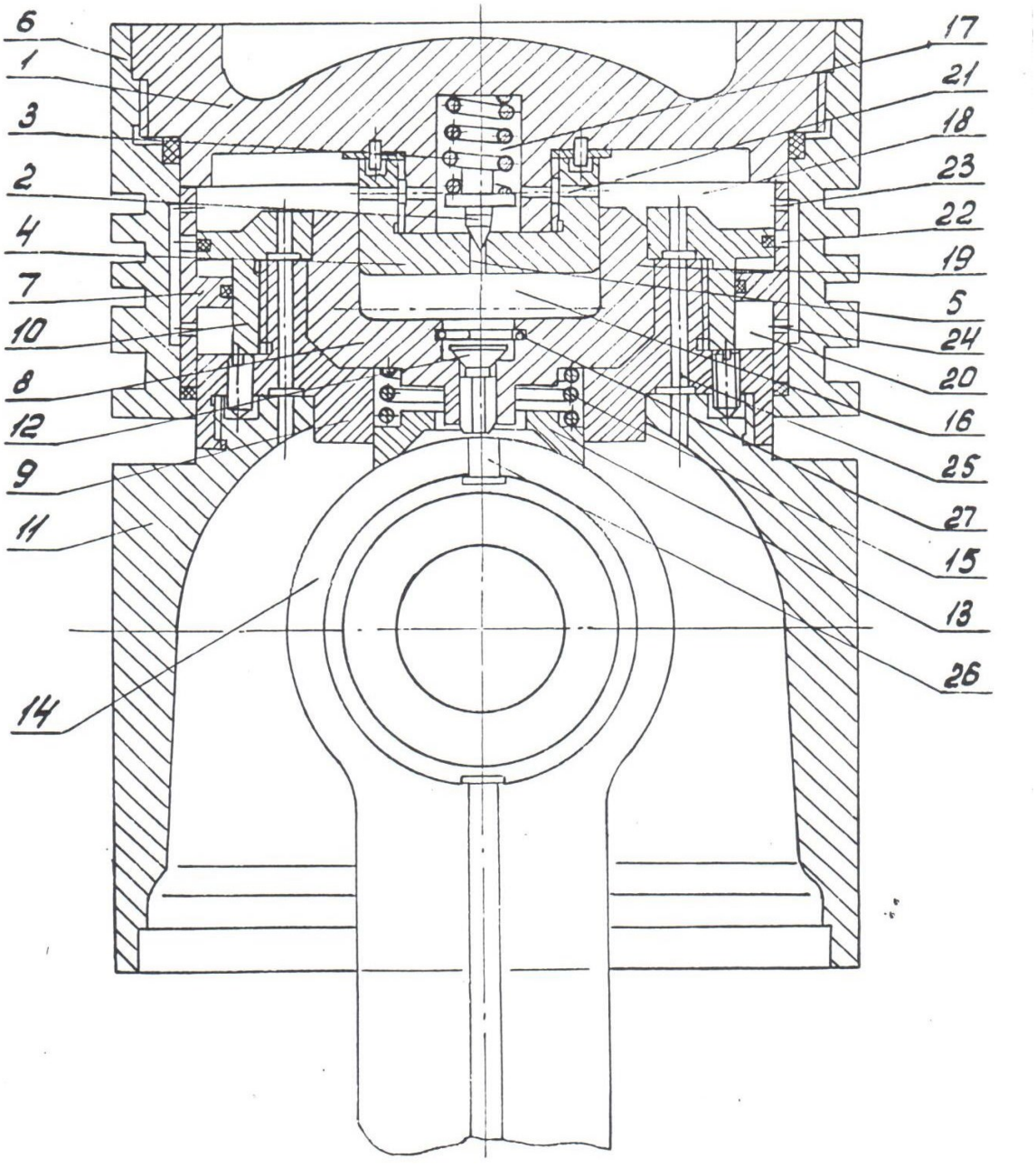
Əsas hissə. Sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin təklif olunan konstruksiyasının [1] əsas üstünlüyü onun mühərrikin iş rejimlərinin dəyişməsinə çox həssas olmasıdır. Belə ki, hər bir tsikldə sıxma dərəcəsi mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq maksimumdan minimuma qədər dəyişə bilər. Bu, təklif olunmuş konstruksiyada nisbətən kiçik həcmə malik olan əlavə kameradan istifadə olunması nəticəsində mümkün olur. Həmin porşenin konstruksiyası şəkil 1-də göstərilmişdir.

Porşen iki hissədən ibarətdir: hərəkət edə bilən başlıq hissəsindən və hərəkətsiz ətək hissəsindən. Hərəkət edə bilən başlıq hissəsinə porşenin təpəsi (1), üzüklərin yerləşdiyi gövdə hissəsi (6), kiçik porşen (4) və aralıq hissə (7) aiddir. Hərəkətsiz ətək hissəsi isə ətəkdən (11), gövdə hissəsindən (9), gilizdən (8) və qapaqdan (10) ibarətdir. Bu konstruksiyada iki ədəd klapandan istifadə olunmuşdur: - kiçik porşen (4) və porşenin təpəsində (1) yerləşən, klapan (2) və yaydan (3) ibarət olan reduksion klapan; gilizdə yerləşən klapandan (12), kipləşdirici şaybadan (13) və yaydan (15) ibarət olan doldurucu klapandan.

Məhdudlaşdırıcı şayba (27) doldurucu klapanın əlavə kameraya (16) düşməsinə imkan vermir. Kipləşdirici şayba (13) isə yay (15) vasitəsilə şatunun (14) başlıq hissəsində hazırlanmış səthə sıxılaraq yağ sızmalarının qarşısını alır və doldurucu klapanın (12) yerləşdiyi həcmdə həmişə müəyyən təzyiq altında yağ olmasına şərait yaradır. Bu isə öz növbəsində, klapan (12) yuxarı qalxan kimi əlavə kameraya (16) yağın dolmasına səbəb olur.

Əlavə kamera (16) deşik (5) vasitəsi ilə reduksion həcmlə (17) birləşir. Reduksion (17) və yuxarı (18) həcmlər isə bir-biri ilə soplo deşikləri (21) ilə əlaqələndirilir. Aşağı (19) və yuxarı (18) həcmlər bir-biri ilə (22) və (23), xüsusi (20) və yuxarı (18) həcmlər isə (24) və (23) deşiklərinin köməyi ilə birləşdirilir. Yuxarı həcmin (18) özü isə kanallar (25) vasitəsi ilə mühərrikin karteri ilə əlaqələndirilmişdir.

Porşenin iş prinsipi aşağıdakı kimidir. O, yuxarı ölü nöqtəyə doğru hərəkət edərkən, təxminən xaricetmə taktının yarısından başlayaraq, ətalət qüvvəsinin təsiri ilə başlıq hissəsi yuxarıya çəkilir, doldurucu klapan (12) açılır və mühərrikin yağlama sistemindən şatundakı (14) kanallar (26) vasitəsi ilə gələn yağ əlavə kameranı (16) doldurur. Əlavə kameranın diametri porşenin öz diametrindən təxminən üç dəfə kiçik olduğuna görə o, qısa bir müddətdə, daha doğrusu, hər bir tsikldə yağla dola bilir.



Şəkil 1. *Sıxma dərəcəsini avtomatik tənzimləyən porşen*

Başlıq hissəsi yuxarıya qalxan zaman aralıq hissə (7) yağı aşağı həcmdən (19) sıxışdırır və yağ (22) və (23) deşiklərindən keçərək yuxarı həcmə (18) daxil olur. Bu halda xüsusi həcm (20) də böyüdüyünə görə orada təzyiq aşağı düşür və yuxarı həcmdən (18) yağın bir hissəsi (23) və (24) deşiklərindən keçərək xüsusi həcmin azad olan hissəsini doldurur. Başlıq hissəsinin ən kənar yuxarı vəziyyətində qapaq (10) deşikləri (22) bağlayır və aralıq hissə (7) aşağı həcmdə (19) yaranan yağ bufer qatına söykənir. Bu zaman sıxma dərəcəsinin ən böyük qiyməti alınır.

Sorma taktının qalan hissəsində və sıxma taktının böyük bir hissəsində maksimum sıxma dərəcəsi saxlanılır.

İşçi qarışıq öz-özünə alovlanıb yanma prosesi başladıqdan sonra silindrdəki təzyiq sürətlə artır və onun qiyməti yayın (3) gərilmə qüvvəsindən çox olduğu zaman reduksion klapan (2) açılır, yağ əlavə kameradan çıxır və başlıq hissəsi azalan həcmə müvafiq olaraq aşağıya düşür. Sıxma dərəcəsi azalaraq həmin rejim üçün optimal qiymət alır. Bu zaman kiçik porşen (4) yağı əlavə kameradan sıxışdırıb (5) deşiyindən reduksion həcmə (17), oradan da soplo deşikləri (21) vasitəsi ilə yuxarı həcmə (18), aralıq hissəsi (7) isə yağı xüsusi həcmdən (20) sıxışdırıb (24) və (23) deşiklərindən yuxarı həcmə (18) qovurlar. Aşağı həcmin (19) azad olmuş hissəsi (23) və (22) deşikləri vasitəsi ilə yuxarı həcmdən (18) gələn yağla dolur.

Özünün ən kənar aşağı vəziyyətində, daha doğrusu, minimum sıxma dərəcəsi alındıqda, gövdə (9) deşikləri (24) bağlayır və aralıq hissə (7) xüsusi həcmdə (20) yaranan yağ buferinə söykənir. Bunun nəticəsində də mayedən olan dayaq sahəsi artdığına görə (xüsusi həcmin sahəsinə müvafiq olaraq) əlavə kameradakı (16) təzyiq kəskin azalır. Bu isə, öz növbəsində, əlavə kameradan (16) sızmaları azaldır və kiçik porşenin (4) gilizin (8) dibi ilə toqquşmasının qarşısını alır.

Qeyd etmək lazımdır ki, aşağı və xüsusi həcmlər yığmadan əvvəl yağla doldurulur. Həmin həcmlərdən yağ sızmalarının olmaması və qapağın (10) üzərindəki çıxıntıya görə yuxarı həcmdə həmişə yağ təbəqəsinin olması sayəsində aşağı və xüsusi həcmlər heç bir vaxt tamamilə boşalmır. Yuxarı həcmdə yağın miqdarı çoxaldıqda isə əlavə kanallar (25) vasitəsi ilə mühərrikin karterinə qaytarılır.

Mühərrikin iş rejimi dəyişdikdə, daha doğrusu, aralıq yük rejimində, sıxma dərəcəsinin aşağı həddi dəyişir, maksimum qiymət isə həmişə saxlanılır.

Beləliklə, sıxma dərəcəsi hər bir tsikldə avtomatik olaraq dəyişir (böyük yük rejimlərində) və mühərrikin bütün iş rejimlərində yanma prosesi maksimum sıxma dərəcəsi ilə başlayır. Çünki, hər bir tsikildə başlıq hissəsi ən kənar yuxarı vəziyyətdə olur. Odur ki, belə konstruksiyalı SDADP-li mühərriklərdə gilizin yuxarı hissəsində "quru" kəmər yaranmır və birinci kompressiya üzüyünün iş şəraiti yaxşılaşır.

Aşağı və xüsusi həcmlərin kipləşdirilməsi üçün ftoroplast üzüklərdən istifadə olunmuşdur (şəkil 1). Belə kipləşdirici üzüklərin olması və həmin həcmlərin yağla yaxşı doldurulması başlıq hissəsinin ən kənar vəziyyətlərdə həmin həcmlərdəki yağ qatına söykənməsini təmin edir ki, bu da zərbələrin qarşısını alır. Bundan başqa gövdənin (9) ətəyə (11), qapağın (10) gövdəyə (9), həmçinin porşenin təpə hissəsinin (1) başlığa (6) bağlanması yivlə həyata keçirilir ki, bu da SDADP-nin sökülüb yığılmasını xeyli asanlaşdırır. Belə ki, bu işlər porşeni mühərrikdən çıxarmadan, silindrlər başlığı çıxarıldıqdan sonra görülə bilər.

Sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin hidravlik sisteminin hesablama metodikası tərtib edilərkən aşağıdakı sadələşdirmələr qəbul olunmuşdur:

1. Hər-hansı bir həcmin bütün nöqtələrində təzyiqlər eynidir;
2. Porşenin divarları ilə yağ arasında istilik mübadiləsi yoxdur;
3. Hər hansı bir həcmin bütün nöqtələrində temperaturlar eynidir.

Porşenin ayrı-ayrı həcmlərindəki təzyiqlər yağın hal tənliyinə görə təyin olunmuşdur. Yağın kəsilməzliyi şəraitində yağ üçün aşağıdakı hal tənliyindən istifadə edilmişdir [2, səh.59]:

$$1 - a_0 p_h - \frac{a_1}{2} p_h - \frac{a_2}{3} p_h = \frac{[0.71 - 0.001345(\rho_{20} - 850)](t-20)}{\rho_h} \quad (1)$$

burada p_h - həcmlərdəki təzyiq, ρ_h – həcmlərdə təzyiq p_h və temperatur t olduqda yağın sıxlığı; ρ_{20} - atmosfer təzyiqində və 20^0C temperaturda yağın sıxlığı; a_0, a_1 və a_2 – tənliyin konstantlarıdır.

Həcmlərdə yağın cari sıxlığı (ρ_h) aşağıdakı kimi təyin edilmişdir:

$$\rho_h = G_h / V_h \quad (2)$$

burada G_h və V_h – uyğun həcmlərdə yağın kütləsi və həcmidir.

Müxtəlif həcmlərdə yağın miqdarı həmin həcmlər üçün tərtib olunmuş kütlə balansı tənliklərinə görə hesablanır.

Yağ axınının kəsilməzliyinin pozulduğu hallarda ayrı-ayrı həcmlərdəki təzyiq aşağıdakı tənlikdən tapılır [2, səh.60]:

$$P_H = \frac{əe \cdot \rho_h \cdot p_0}{\rho_0 - \rho_h + əe \cdot \rho_h} \quad (3)$$

burada əe – yağda havanın həll olunması əmsalından və temperaturdan asılı olan ədədi əmsal; ρ_0 – yağın kəsilməzliyinin pozulduğu an yağın sıxlığı; p_0 – atmosfer təzyiqidir.

SDADP-nin başlıq hissəsinin yuxarıya hərəkəti zamanı yuxarı həcmdə təzyiqin atmosfer təzyiqindən aşağı düşməsi nəticəsində karter qazlarının yuxarı həcmə düşə bilməsi baş verə bilər. Belə ki, yuxarı həcm kanallarla mühərrikin karteri ilə əlaqələnmişdir. Bundan başqa, yuxarı həcm reduksion həcmi ilə birləşdirici kanallar, əlavə kamera ilə isə kiçik porşen və giliz arasındakı boşluq vasitəsi ilə əlaqələndiyinə görə həmin həcmlərə də qaz keçə bilər. Yuxarı həcmdə həmişə müəyyən qalınlıqda yağ qatının olması bu həcmdən aşağı və xüsusi həcmlərə qazın düşməsinin qarşısını alır. Digər tərəfdən, həcmlərdə seyrəklik yaranarsa, onda həmin həcmlərdə elə yağın özündən də ayrılan hava da ola bilər ki, həmin havanın miqdarı belə hesablanar:

$$G_h^r = k_h \frac{V_h^m (P_0 - P_h) T_m \rho_h}{P_h T_0} \quad (4)$$

burada V_h^m - həcmdəki yağın həcmlə miqdarı; k_h – havanın yağda həll olunması əmsalı; T_m – yağın temperaturudur.

Porşenin daxilindəki həcmlərdən yağın sızması aşağıdakı düsturla hesablanmışdır [2, səh 63]:

$$Q = \frac{\pi d h^3}{12 \eta_0 l_0 c_1} \left[1 - \frac{1}{\exp(c_1 P_h)}\right] \quad (5)$$

burada *d*- kameranın (həcmin) diametri; *h* – radial araboşluğu; η_0 - yağın dinamiki özlülüyü; c_1- pyezoəmsal; l_0 – işçi səthin uzunluğudur.

Porşenin başlıq hissəsinin nisbi yerdəyişməsi aşağıdakı tənliyə görə təyin edilir:

$$M_b \frac{d^2 Sb}{dt^2} = M_b \frac{d^2 S}{dt^2} + F_b(P - P_0) - F_{ək}(P_{ək} - P_0) + F_{ah}(P_{ah} - P_0) - F_{xh}(P_{xh} - P_0) - \\ - F_{yh}(P_{yh} - P_0) + G_b \quad (6)$$

burada G_b – başlığın çəkisi, *N*; M_b – başlığın kütləsi, *kq*; *Fək, Fah, Fyh, Fxh* – uyğun olaraq əlavə kameranın aşağı, yuxarı və xüsusi həcmlərinin en kəsk sahələri, m^2; $p_{ək}$, p_{ah}, p_{yh}, p_{xh} – uyğun olaraq əlavə kameradakı, aşağı, yuxarı və xüsusi həcmlərdəki təzyiqlər, *Pa*; *S*-başlığın yerdəyişməsidir, *m*.

Başlığın yerdəyişməsi dirsək –şatun mexanizminin kinematikasına əsasən aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$S = l\left(\sqrt{1 - \lambda^2 sin^2 \omega t} - 1\right) - r(cos\omega t - 1) \quad (7)$$

burada λ– dirsəyin radiusunun (*r*) şatununun uzunluğuna (*l*) olan nisbəti; *t* – zaman, san; ω - dirsəkli halın bucaq sürətidir, san^{-1}.

Reduksion və doldurucu klapanların en kəsik sahələri klapanların qalxma hündürlüyündən asılı olaraq dəyişir. Bu klapanların hərəkət tənlikləri aşağıdakı kimidir:

$$M_{rk} \frac{d^2 x_{rk}}{dt^2} = F_{rk}(p_{ək} - p_0) - C(x_0 + x_{rk}) - M_{rk} \frac{d^2 S}{dt^2} - G_{rk}, \quad (8)$$

$$M_{dk} \frac{d^2 x_{dk}}{dt^2} = F_{dk}(p_y - p_{ək}) - M_{dk} \frac{d^2 S}{dt^2} - G_{dk}, \quad (9)$$

burada x_{RK}, x_{dk}, F_{rk}, F_{dk} – uyğun olaraq reduksion və doldurucu klapanların qalxma hündürlükləri və en kəsik sahələri, *m* və m^2; M_{rk}, M_{dk}, G_{rk}, G_{dk} – uyğun olaraq reduksion və doldurucu klapanların kütləsi və çəkiləri, *kq* və *N*; x_0, *C* – reduksion klapanın başlanğıc deformasiyası və sərtliyi, *m* və *N/m*; p_y – yağverici quruluşda yağın təzyiqidir, *Pa*.

Sıxma dərəcəsini avtomatik tənzimləyən porşenin hesabi sxemi şəkil 2-də göstərilmişdir. Bu porşenli mühərrikin işçi tsiklinin hesablama metodikası əsasən aşağıdakı tənliklərlə ifadə olunur:

$$\frac{dG}{dt} = \mu_{sor} F_{sor} W_{sor} p_{sor} - \mu_{xar} F_{xar} W_{xar} p_{xar} \quad (10)$$

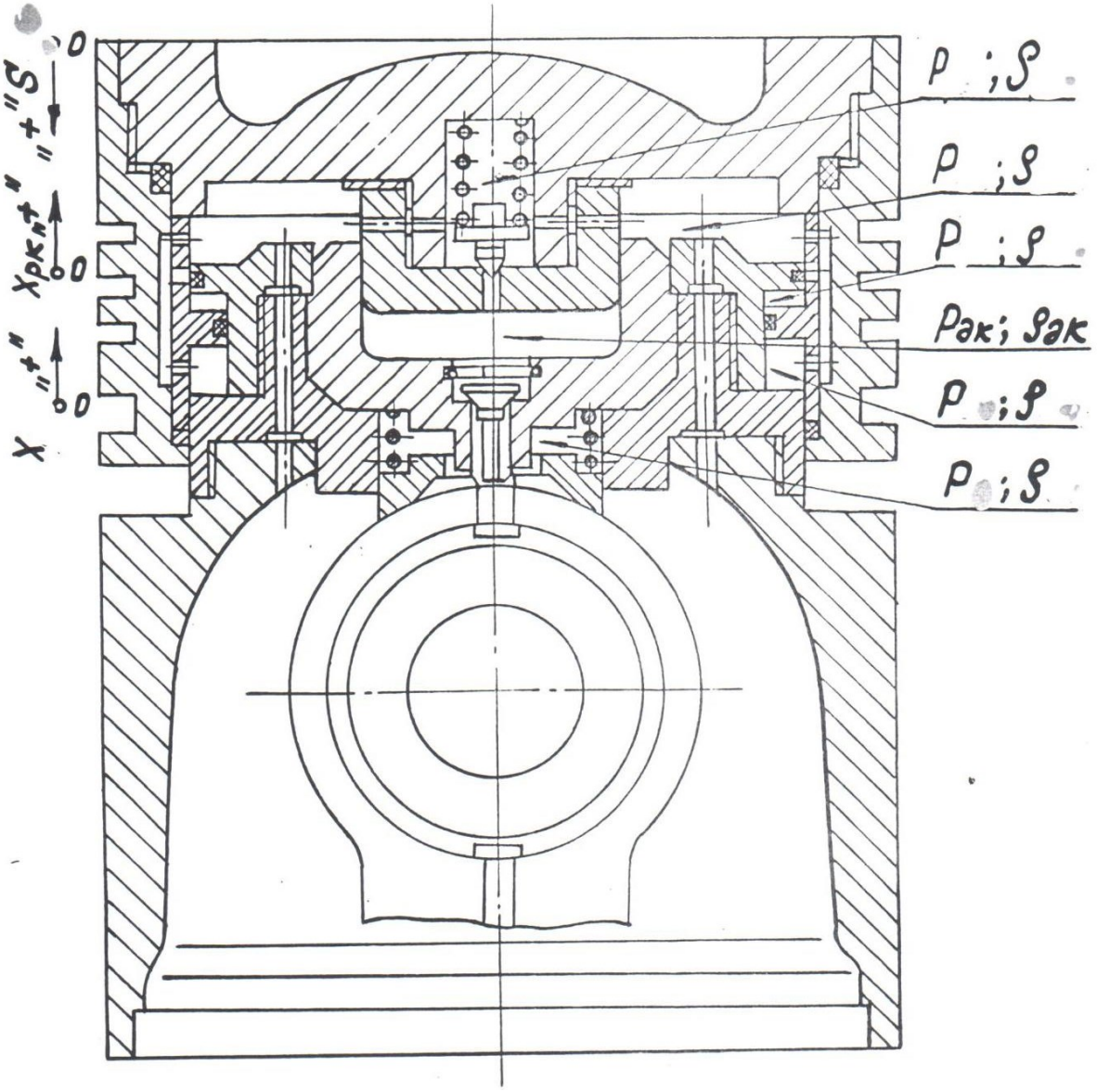
$$du = i_{sor} dG_{sor} - i_{xar} dG_{xar} + dQ_{HU} - dQ_W - dQ_H \quad (11)$$

$$du = \mu c_v M dT, \quad (12)$$

$$\frac{dV}{dt} = F_p\left(\frac{dS}{dt} + \frac{dS_{bas}}{dt}\right), \quad (13)$$

$$d\rho = G/V, \quad (14)$$

$$p = MR_\mu T/V, \quad (15)$$



Şəkil 2. *Sıxma dərəcəsini avtomatik tənzimləyən porşenin hesabi sxemi*

$$S = f(\omega t), \quad (16)$$

$$\mu c_v = f(T, \alpha), \quad (17)$$

$$M_h \frac{d^2 S_{bas}}{dt^2} = M_h \frac{d^2 S}{dt^2} - F_p(p - p_0) - F_{ək}(p_{ək} - p_0) + F_{ah}(p_{ah} - p_0) - \quad -F_{xh}(p_{xh} - \\ -p_0) \quad -F_{yh}(p_{yh} - p_0) + Gh, \quad (18)$$

$$M_{pk} \frac{d^2 X_{pk}}{dt^2} = F_{pk}(p_{ak} - p_{ph}) - c(X_0 + X_{pk}) - M_{pk} \frac{d^2 S}{dt^2} - G_{pk}, \quad (19)$$

$$M_{pk}\frac{d^2X_{dk}}{dt^2} = F_{pk}(p_m - p_{ək}) - M_{pk}\frac{d^2S}{dt^2} - G_{pk}, \quad (20)$$

$$F_{pk}=f(x_{pk}), \quad (21)$$

$$F_{dk}=f(x_{dk}), \quad (22)$$

burada μ_{sor} və μ_{xar}- sorma və xaric klapanlarında sərf əmsalları; F_{sor} və F_{xar} -sorma və xaric klapanlarının en kəsik sahələri; W_{sor} və W_{xar} - sorma və xaric klapanlarında qaz axınının sürəti; p_{sor} və p_{xar} - sorma və xaric klapanlarından əvvəl qazın sıxlığı; i_{sor} və i_{xar} - sorma klapanlarından daxil olan və xaric klapanlarından çıxan qazın entalpoyası; F_p - porşenin alın səthinin sahəsi; S - porşenin getdiyi yol; $S_{baş}$ - porşenin başlıq hissəsinin nisbi yolu; α – hava artıqlıq əmsalı; M_h - porşenin başlıq hissəsinin kütləsi; $p_{ək}$, p_{ah}, p_{yh}, p_{xh}, və p_{ph} - uyğun olaraq əlavə kameradakı, aşağı, yuxarı və reduksion həcmlərdəki təzyiqlər; $F_{ək}$, F_{ah}, F_{yh}, F_{xh}, və F_{ph} - uyğun olaraq əlavə kameranın, aşağı xüsusi, yuxarı və klapanların kütləsi; X_{pk} və X_{dk} -reduksion və doldurucu klapanların qalxma hündürlükləri; C - yayın sərtliyi; X_0- reduksion klapanın yayının başlanğıc gətirilməsi; G_h, G_{pk} və G_{dk} - başlıq hissəsinin, reduksion və doldurucu klapanların ağırlıq qüvvələridir.

Riyazi modeldəki silindrdə kütlə balansı tənliyi (10) silindrə daxil olan və yaxud silindrdən xaric olan qazların miqdarını, (11) tənliyi isə silindrdəki işçi qarışığın daxili enerjisini təyin etmək üçündür. (12), (13), (14) və (15) tənliklərinin köməyi ilə uyğun olaraq silindrdəki qazların cari temperaturunu, həcmini, sıxlığını və təzyiqini hesablamaq mümkündür. (18), (19) və (20) hərəkət tənlikləri porşenin başlıq hissəsinin yerdəyişməsini, reduksion və doldurucu klapanların qalxma hündürlüklərini tapmağa imkan verir. Reduksion və doldurucu klapanların en kəsik sahələri, uyğun olaraq (21) və (22) tənlikləri ilə bu klapanların qalxma hündürlüklərindən asılı olaraq hesablanır.

Sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin hidravlik sisteminin hesablama metodikasına yuxarıda göstərilən tənliklərdən başqa porşenin həcmlərinin kütlə balansı tənlikləri, bu həcmlərin cari qiymətlərini və həcmlərdə sıxlığı təyin etməyə imkan verən tənliklər, o cümlədən, müvafiq həcmlərdəki təzyiqi təyin etmək üçün yağın hal tənlikləri də daxildir. Ayrı-ayrı həcmlər üçün həmin tənliklər sistemi aşağıdakı kimi ifadə edilir:

- əlavə kamera üçün

$$\frac{dG_{ək}}{dt} = G_{dk}^{'} - G_{rk}^{'} - G_{əkyh}^{S} \quad (23)$$

$$\frac{dV_{ək}}{dt} = F_{ək}\frac{dSb}{dt} \quad (24)$$

$$G_{dk}^{'} = MF_{dk}\sqrt{2P_g^y}\cdot\frac{p_y - p_{ək}}{\sqrt{|p_y - p_{ək}|}} \quad (25)$$

$$G_{rk}^{'} = MF_{rk}\sqrt{2p_g^y}\cdot\frac{p_{ək} - p_{rh}}{\sqrt{|p_{ək} - p_{rh}|}} \quad (26)$$

$$G_{əkyh}^{S} = \frac{\pi d_{ək}h_{ək}^3}{12r_0 l_{ək}C_1}\left\{1 - \frac{2}{exp\left[c_1[p_{ək} - p_{yh}]\right]}\right\}\cdot\frac{p_{ək} - p_{yh}}{[p_{ək} - p_{yh}]}\cdot P_g^y \quad (27)$$

$$\rho_{ək} = G_{ək}/V_{ək} \quad (28)$$

$$p_{ək} = f(\rho_{ək}) \quad (29)$$

- reduksion klapan yerləşən həcm üçün

$$\frac{dG_{rh}^y}{dt} = G_{rk}^i - G_{rhyh}^y - G_{yrh}^q \quad (30)$$

$$\frac{dG_{rh}^q}{dt} = G_{yhrh}^q + G_{yrh}^q \quad (31)$$

$$\frac{dV_{rh}^q}{dt} = -\frac{dV_{rh}^y}{dt} \quad (32)$$

$$G_{rhyh} = \mu(NF_r)\sqrt{2p_g^y} \cdot \frac{p_{rh}-p_{yh}}{\sqrt{|p_{rh}-p_{yh}|}} \quad (33)$$

$$G_{yrh}^q = K_h \frac{V_{rh}^y (p_0-p_{rh})T_y p_{rh}}{p_{rh}T_0} \quad (34)$$

$$G_{yhrh}^q = \pm\mu(NF_r)P_g\sqrt{\frac{2k}{k-1}}\frac{p_g}{p_g}\left[(p_{çıx}/p_g)^{2/k} - (p_{çıx}/p_g)^{(k+1)/k}\right] \quad (35)$$

reduksion həcmdə qaz olduqda

$$\rho_{rh} = G_{rh}^q / V_{rh}^q \quad (36)$$

$$p_{rh} = R_\mu \rho_{rh} T_y / \mu_h \quad (37)$$

reduksion həcmdə qaz olmadıqda

$$V_{rh}^y = V_{rh} \quad (38)$$

$$\rho_{rh} = G_{rh}^y / V_{rh}^y \quad (39)$$

$$p_{rh} = f(\rho_{rh}) \quad (40)$$

- yuxarı həcm üçün

$$\frac{dG_{yh}^y}{dt} = G_{rhyh}^y - G_{yhk}^y + G_{əkyh}^s + G_{ahyh}^s + G_{xhyh}^s - G_{yyh}^q + G_{ahyh}^q + G'_{xhyh} \quad (41)$$

$$\frac{dG_{yh}^q}{dt} = -G_{yhrh}^q + G_{yhx}^q + G_{yyh}^q \quad (42)$$

$$\frac{dV_{yh}}{dt} = F_{yh} \cdot \frac{dSb}{dt} \quad (43)$$

$$G_{yhk}^y = \mu(N_0 F_{deş})\sqrt{2p_{yh}(p_{yh}-p_{0k})} \quad (44)$$

$$G_{ahyh}^s = p_g^y \cdot \frac{\pi d_{an} h_{an}^3}{12 r_0 l_{xh} c_1}\left\{1 - \frac{1}{exp[c_1(|p_{ah}-p_{yh}|)]}\right\} \cdot \frac{p_{ah}-p_{yh}}{|p_{ah}-p_{yh}|} \quad (45)$$

$$G_{xhyh}^s = p_g^y \cdot \frac{\pi d_{xh} h_{xh}^3}{12 r_0 l_{xh} c_1}\left\{1 - \frac{1}{exp[c_1(|p_{xh}-p_{yh}|)]}\right\} \cdot \frac{p_{xh}-p_{yh}}{|p_{xh}-p_{yh}|} \quad (46)$$

$$G_{yyh}^q = K_h \cdot \frac{V_{yh}^y (p_0-p_{yh})T_y p_{yh}}{p_{yh}T_0} \quad (47)$$

$$G_{ahyh} = \mu(\mathrm{N_a} F_{r0ah})\sqrt{2p_g^y} \cdot \frac{p_{ah}-p_{yh}}{\sqrt{|p_{ah}-p_{yh}|}} \quad (48)$$

$$G_{xhyh} = \mu(\mathrm{N_x} F_{r0ah})\sqrt{2p_g^y} \cdot \frac{p_{xh}-p_{yh}}{\sqrt{|p_{xh}-p_{yh}|}} \quad (49)$$

$$G_{yhk}^q = \pm\mu(N_0 F_{deş})p_g\sqrt{\frac{2k}{k-1}}\frac{p_g}{p_g}\left[(p_{çıx}/p_g)^{2/k} - (p_{çıx}/p_g)^{(k+1)/k}\right] \quad (50)$$

yuxarı həcmdə qaz olduqda

$$V_{yh}^q = V_{yh} - V_{yh}^y \quad (51)$$

$$\rho_{yh} = G_{yh}^q / V_{yh}^q \quad (52)$$

$$p_{yh} = R_\mu \rho_{yh} T_y / \mu_h \quad (53)$$

yuxarı həcmdə qaz olmadıqda

$$V_{yh}^y = V_{yh} \quad (54)$$

$$\rho_{yh} = G_{yh}^y / V_{yh}^y \quad (55)$$

$$p_{yh} = f(\rho_{yh}) \quad (56)$$

- aşağı həcm üçün

$$\frac{dG_{ah}}{dt} = -G'_{ahyh} - G_{ahyh}^s \quad (57)$$

$$\frac{dV_{ah}}{dt} = F_{ah}\frac{dSb}{dt} \quad (58)$$

$$\rho_{ah} = G_{ah}/V_{ah} \quad (59)$$
$$p_{ah} = f(\rho_{ah}) \quad (60)$$

- xüsusi həcm üçün

$$\frac{dG_{xh}}{dt} = -G'_{xhyh} - G^{s}_{xhyh} \quad (61)$$
$$\frac{dV_{xh}}{dt} = F_{xh}\frac{dSb}{dt} \quad (62)$$
$$\rho_{xh} = G_{xh}/V_{xh} \quad (63)$$
$$p_{xh} = f(\rho) \quad (64)$$

Yuxarıda göstərilən tənliklərdə əlavə olaraq aşağıdakılar göstərilmişdr:
p_{rh} – reduksion həcmdəki təzyiq, *Pa*; $\rho_{ək}$, ρ_{yh} , ρ_{ah} , ρ_{xh} və ρ_{rh} – uyğun olaraq əlavə kameradakı, yuxarı, aşağı, xüsusi və reduksion həcmlərdəki sıxlıqlar, *kq/m*^{3}; $G_{ək}$, G^{y}_{yh}, G_{ah}, G_{xh}, G^{y}_{rh} – uyğun olaraq əlavə kameradakı, yuxarı, aşağı, xüsusi və reduksion həcmlərdəki yağın miqdarı, *kq*; $V_{ək}$, V_{yh} , V_{ah} , V_{xh} , V_{rh} - uyğun olaraq əlavə kameranın, yuxarı, aşağı, xüsusi və reduksion həcmlərin cari qiymətləri, *m*^{3}; G^{q}_{yh}, G^{q}_{rh} - uyğun olaraq yuxarı və reduksion həcmlərdəki qazın miqdarı, *kq*; F_r , $F_{deş}$, F_{0ah} , F_{0xh} , *N*, N_0 , N_a *və* N_x - uyğun olaraq reduksion həcmlə yuxarı həcmi, yuxarı həcmlə mühərrikin karterini, aşağı həcmlə yuxarı həcmi və xüsusi həcmlə yuxarı həcmlə birləşdirən deşiklərin en kəsik sahəsi, *m*^{2} və sayıdır; p_{0k} - mühərrikin karterindəki təzyiq, *Pa*; G'_{dk}, G'_{rk}, $G_{rhyh}{}^{y}$, $G_{yhk}{}^{y}$, G'_{ahyh}, G'_{xhyh} - uyğun olaraq yağverici qurulşdan doldurucu klapan vasitəsi ilə əlavə kameraya keçən, əlavə kameradan reduksion klapan vasitəsi ilə reduksin həcmə keçən, reduksion həcmdən soplo deşikləri vasitəsi ilə yuxarı həcmə keçən, yuxarı həcmdən karterə keçən, aşağı həcmdən yuxarı həcmə keçən, xüsusi həcmdən yuxarı həcmə keçən yağın miqdarı, *kq/san*; G^{q}_{yhrh}, G^{q}_{yhk} - uyğun olaraq yuxarı həcmdən reduksion həcmə, mühərrikin karterindən yuxarı həcmə keçən yağın miqdarı, *kq*; $G^{s}_{əkyh}$, G^{s}_{ahyh}, G^{s}_{xhyh} - uyğun olaraq sızma nəticəsində əlavə kameradan yuxarı həcmə, aşağı həcmdən yuxarı həcmə, xüsusi həcmdən yuxarı həcmə keçən yağın miqdarı, *kq*; ρ^{y}_{g} – yağın çıxdığı həcmdəki sıxlıq, *kq/m*^{3}; $d_{ək}$, d_{ah}, d_{xh} - uyğun olaraq əlavə kameranın, aşağı və xüsusi həcmlərin diametri, *m*; $h_{ək}$, h_{ah}, h_{xh} -uyğun olaraq əlavə kameradakı aşağı və xüsusi həcmlərdəki radial araboşluqları, *m*; $l_{ək}$, l_{ah}, l_{xh} - əlavə kameranın, aşağı və xüsusi həcmlərin işçi səthlərinin uzunluğu, *m*; μ – porşenin hidravlik sistemindəki deşiklərdə yağın sərf əmsalıdır.

Nəticə. Sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin konstruksiyasının və porşenin hidravlik sisteminin hesablama metodikasının təhlili nəticəsində aşağıdakılar aydınlaşdırıldı:

a) sıxma dərəcəsinin avtomatik dəyişdirilməsi yüksək üfürmə təzyiqli mühərriklərdə silindrdəki maksimum təzyiqi və təzyiqin orta yüksəlmə sürətini azaltmağa imkan verir və mühərrikin çox yanacaqlılığını təmin edir;

b) mühərrikin iş rejimlərinin dəyişməsinə həssas olan sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin konstruksiyası daha perspektivlidir;

v) sıxma dərəcəsini avtomatik dəyişən porşenin hidravlik sisteminin dəqiqləşdirilmiş hesablama medodikasından istifadə olunması hesabi eksperimentlərin köməyi ilə alınan nəticələrdən daha doğru təkliflərin hazırlanmasına imkan verir.

Ədəbiyyat

1. A.C. 958675 (СССР) . Поршень для автоматического регулирования степени сжатия. Авт. изобрет. Н.А.Керимов, Р.И.Мехтиев, В.С. Эфендиев и А.Ш.Исмаилов. – Заявл. 10.03.81. № 2965929/25-06,-Опубл. в. Б.И. 1982, № 34
2. Исмаилов А.Ш. Исследование рабочего процесса дизеля с ПАРСС восстанавливающим обьем камеры сгорания в конце выпуска –в начале наполнения. Дис. канд.техн.наук-Баку, 1990, 208 с.

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

УДК 621.019

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ОПЕРАТИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОДНОТИПНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Мурадалиев А.З., Абдуллаева С.А., Ашурова У.К.

Азербайджанский Научно-Исследовательский и Проектно-Изыскательский Институт Энергетики
AZ1012, г. Баку, ул. Г.Зардаби, 94
E-mail: aydin_murad@yahoo.com

Аннотация. *Одной из основных задач энергетики является обеспечение объективного сравнения и ранжирования оперативной эффективности работы (ОЭР) однотипных энергетических объектов (ОЭО). В современном представлении эффективность – это интегральное свойство, состоящее из экономичности, надежности и безопасности. А к ОЭО относятся энергетические объекты с одинаковыми заданными разновидностями признаков. Техническое сопоставление ОЭО характеризуется рядом технико-экономических показателей (ТЭП). Для новых ОЭО оперативная эффективность работы сравнивается и ранжируется по одному из экономических показателей. Считается, что надежность работы и безопасность обслуживания гарантируются заводом-изготовителем. При повышении срока службы ОЭО нормативного значения завершаются и гарантии соответствия их надежности и безопасности предъявляемым требованиям. Сравнение и ранжирование ОЭО в этих условиях без изменения методологии приводит к увеличению риска ошибочных решений и к значимому риску возникновения системных аварий с недопустимыми последствиями. Снижение риска ошибочного решения достигается переходом к расчету интегрального показателя эффективности работы. При этом оказывается необходимым преодолеть многочисленные трудности, обусловленные различием размерностей и масштаба единичных показателей, наличием их взаимосвязи и различной направленности изменения, многомерностью и малым числом реализаций, громоздкостью и трудоемкостью расчетов. Непременным условием становится разработка автоматизированных систем информационной и методической поддержки персонала и Руководства объектов. Приводятся результаты моделирования фидуциальных распределений средних геометрических значений реализаций выборок случайных величин, характер изменения критических значений числа реализаций выборки. Рассматривается вопрос о целесообразности классификации интегральных показателей оперативной эффективности работы.*

Abstract. *One of the primary goals of the power industry is maintenance of objective comparison and ranging of an operative efficiency (OE) of the same type power objects (SPO). In modern view, efficiency is the integrated property consisting of profitability, reliability and safety. And to SPO power objects with the identical set versions of attributes concern. Technical comparison SPO is characterized by a number of technical and economic indicators (TEI). For new SPO the operative efficiency compared and ranged on one of economic indicators. It is considered, that reliability of work and safety of service guaranteed by a manufacturer. At increase of service life SPO of normative value guarantees of conformity of their reliability and safety to shown requirements, come to the end also. Comparison and ranging SPO in these conditions without change of methodology leads to increase in risk of erroneous decisions and to significant risk of occurrence of system failures with inadmissible consequences. Decrease in risk of the erroneous decision reached by transition to calculation of an integrated parameter of an efficiency. Thus, it appears necessary to overcome the numerous difficulties caused by distinction of dimensions and scale of individual indicators, presence of their interrelation and a various orientation of change, multidimensionality and small number of*

realizations, bulkiness and labour input of calculations. An indispensable condition becomes development of the automated systems of information and methodical support of the personnel and the management of objects. Results of modeling fiducially distributions of average geometrical values of realizations samples random variables, character of change of critical values of number of realizations of sample are resulted. The question on expediency of classification of integrated indicators of an operative efficiency is considered.

Xülasə. *Energetikanın əsas vəzifələrindən biri eyni tipli enerji obyektlərinin (ETO) obyektiv müqayisəsini və işin səmərəliliyinin (İS) sıralamasını təmin etməkdir. Müasir terminlə desək, səmərəlilik - qənaətin, etibarlılığın və təhlükəsizliyin ayrılmaz xüsusiyyətidir. ETO-ə eyni növ müxtəlifliyi xüsusiyyətlərə malik enerji obyektləri daxildir. ETO-nin texniki müqayisəsi bir sıra texniki-iqtisadi göstəricilərlə (TİG) xarakterizə olunur. Yeni ETO-lər üçün işin effektivliyi göstəriciləri müqayisə edilir və iqtisadi göstəricilərdən birinə görə sıralanır. İstismarın etibarlığına və xidmətin təhlükəsizliyinə istehsalçı tərəfindən zəmanət verilir. ETO-nun xidmət müddətinin normativ qiymətin artması ilə etibarlılıq və təhlükəsizlik tələblərinə uyğunluq zəmanətləri də tamamlanır. Metodologiyanı dəyişdirmədən bu şərtlərdə ETO-nin müqayisəsi və sıralanması səhv qərarlar riskini və qəbuledilməz nəticələrə səbəb olan sistemli qəza riskini artırır. Səhv qərarın riskinin azaldılması işin səmərəliliyinin inteqral göstəricisinin hesablanmasına keçidlə əldə edilir. Eyni zamanda, ayrı-ayrı göstəricilərin ölçüləri və miqyasındakı fərq, onların qarşılıqlı əlaqəsi və müxtəlif dəyişiklik istiqamətləri, çoxölçülü və az sayda olması, çətin və zəhmətli olması səbəbindən hesabatlarda çoxsaylı çətinliklərin öhdəsindən gəlmək lazımdır. Vacib şərt personalın və obyektlərin rəhbərliyin informasiya və metodiki təminatı üçün avtomatlaşdırılmış sistemlərin inkişafıdır. Təsadüfi dəyişənlərin nümunələrinin reallaşdırılmasının həndəsi orta qiymətlərinin fidusial paylanmalarının modelləşdirilməsinin nəticələri, seçmənin reallaşdırılması sayının kritik dəyərlərindəki dəyişikliklərin xarakteri təqdim olunur. Əməliyyat səmərəliliyinin inteqral göstəricilərinin təsnifatının məqsədəuyğunluğu məsələsinə baxılır.*

Açar sözlər. *Benchmarking, bir növlü, enerji obyekti, iş effektivliyi, inteqral göstərici, səmərəlilik, etibarlılıq, təhlükəsizlik*

Key words*. Benchmarking, of the same type, energy objects, work efficiency, integrated indicator, profitability, reliability, safety*

Ключевые слова. *Бенчмаркинг, однотипный, энергетический объект, эффективность работы, интегральный показатель, экономичность, надежность, безопасность*

Постановка задачи. Возможность объективного сравнения и ранжирования ОЭО по их ОЭР определяет одну из важнейших задач организации эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [1]. Например, объективное ранжирование энергоблоков тепловых электростанций (ТЭС) позволяет снизить риск ошибочного решения при распределении нагрузки, планировании диагностики технического состояния, проведения текущих и капитальных ремонтов и требует умения сравнивать ОЭО, т.е. проводить их бенчмаркинг [2].

Сегодня, как и много лет назад ранжирование ОЭО проводится преимущественно по одному из ТЭП. Например, на ТЭС – это удельный расход условного топлива. Но, удельный расход условного топлива частично характеризует лишь одну из составляющих ОЭР – экономическую эффективность. Принято, что две другие составляющие - надежность работы и безопасность обслуживания гарантируются заводами изготовителями при выполнении соответствующих Правил и руководящих указаний. И эта гарантия действует лишь в течение нормативного срока службы. Последствия от «пренебрежения» к оценкам надежности и безопасности, при превышении срока службы ОЭО нормативного значения приводят к гибели и травмированию персонала, к нарушению экологии, к материальным затратам [3].

Возможны два направления обеспечения эффективности работы ОЭО [2]. Первое и самое простое – заменить объект на современный и эффективный. Но ввод новых объектов боль-

шой мощности требует масштабной концентрации финансовых и иных ресурсов. А это непосильно даже многим экономически развитым странам. Второе направление – это модернизация. И хотя это направление требует в (3-4) раза меньше затрат, чем первое, абсолютная величина этих затрат по-прежнему велика. Предполагается «узаконить» третье направление, которое предусматривает частичную модернизацию объектов и оперативную оценку не только их экономичности, но и надежности и безопасности обслуживания.

Необходимость объективной количественной оценки ОЭО требует разработки компьютерной технологии оценки интегральных показателей ОЭР и методической поддержки руководства ОЭО о возможностях повышения ОЭР ОЭО [4].

Многомерный характер многочисленных показателей, характеризующих ОЭР ОЭО ПЭ, обуславливает многомерность трудностей объективного сравнения и ранжирования ОЭР. Некоторые из этих трудностей преодолены, некоторые преодолеваются, а некоторые еще предстоит преодолеть. К числу преодолеваемых трудностей относится способ расчета интегрального показателя ОЭР.

Большая часть рекомендаций по расчету интегрального показателя основывается на суммировании ТЭП и расчете их среднего арифметического значения [5, 6]. В то же время, известно, что поскольку ТЭП и после соответствующих преобразований могут существенно отличаться друг от друга, то среднее арифметическое их значение не всегда объективно отражает характер распределения слагаемых. Следовательно, и риск ошибочного решения при сравнении и ранжировании интегральных показателей ОЭР неприемлем. В этих условиях рекомендуется применение не средней арифметической, а средней геометрической величины нормированных значений ТЭП. К числу трудностей, которые необходимо преодолеть, относится оценка характера расхождения интегральных показателей, вычисляемых как среднее геометрическое значение при классификации статистических данных по разновидностям признаков.

В работе приводятся результаты оценки фидуциального распределения средних геометрических значений выборок случайных величин, характер изменения их критических значений от числа реализаций выборки. Решены задачи о целесообразности классификации интегральных показателей ОЭР по заданным признакам.

Классификация интегральных показателей оперативной эффективности работы

Интегральный показатель ОЭР ОЭО не самоцель, а предназначен для решения определенных практических задач. В частности, он позволяет ответить на вопрос об оценке ОЭР ТЭС в целом в прошедшем месяце в пятибалльной системе (плохо, удовлетворительно, хорошо), оценить характер изменения ОЭР по сравнению с предшествовавшим интервалом времени (улучшена, ухудшена). Но, чтобы ответить на вопросы о причинах изменения эффективности работы, «слабых звеньях», о целесообразности проведения диагностического контроля, текущего или капитального ремонта и многих других вопросов, необходима классификация ОЭР по заданным разновидностям признаков [8].

Алгоритм оценки целесообразности классификации многомерных данных на базе фидуциального подхода рассмотрен для ряда интегральных показателей (среднее арифметическое значение реализаций, среднее квадратическое отклонений реализаций, коэффициент вариации реализации размах и медиана реализаций) [9].

Рассмотрение ряда показателей не случайно. Случайное расхождение, например, средних арифметических значений выборки и совокупности всех значений является необходимым, но недостаточным условием отсутствия целесообразности классификации. Аналогичное заключение делается и для остальных показателей. Причиной этому служит различие их физической сущности. Чем $M^*[\delta П]$ больше, тем хуже техническое состояние и больше необходимость в проведении капитального ремонта. А чем выше коэффициент вариации, тем больше разброс ТЭП и тем желательнее проведение технического обслуживания и ремонта. Установлено, что при характерном для ОЭО малом числе реализаций ТЭП, при учете наиболее важных

статистических свойств (как среднего значения, так и разброса реализаций ТЭП), риск ошибочного решения при сравнении и ранжировании ОЭО становится минимальным.

Поскольку среднее геометрическое значение нормированных ТЭП $G^*(t_j)$ учитывает степень разброса ТЭП несколько лучше, чем среднее арифметическое их значение $M^*(t_j)$, но несколько хуже, чем коэффициент вариации $Kv(t_j)$ представляет интерес возможность оценки целесообразности классификации $G^*(t_j)$ по заданным разновидностям признаков. Для чего:

❖ в соответствии с [10] формируется совокупность среднемесячных нормированных значений ТЭП объекта. Условимся, что необходимо провести анализ эффективности работы однотипных установок энергоблоков ТЭС в прошедшем месяце. В качестве примера мы сопоставим эффективность работы котельных установок энергоблоков ТЭС на газомазутном топливе.

Нормированные среднемесячные значения котельных установок приведены в таблице 1, в которой введены следующие условные обозначения: $T_П$ – температура питательной воды; $T_В$ – температура воздуха; после РВП; $T_{УГ}$ – температура уходящих газов; $K_В$ – коэффициент избытка воздуха; ΔS – присосы воздуха на тракте; $\eta_б$ – КПД брутто; $Э_Э$ – расход электроэнергии в системе собственных нужд; $Э_Т$ – расход тепловой энергии в системе собственных нужд; $\eta_н$ – КПД нетто; $b_т$ – удельный расход условного топлива.

Таблица 1

Реализации относительных отклонений среднемесячных значений ТЭП котельной установки энергоблока 300 МВт на газомазутном топливе

i	Усл. обоз. ТЭП	Диспетчерский номер энергоблока (i)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	$\delta T_п(t_i)$	0,145	0,09		0,087	0,128	0,099	0,109	0,041
2	$\delta T_в(t_i)$	0,327	0,134		0,302	0,141	0,230	0,233	0,245
3	$\delta T_{уг}(t_i)$	0,304	0,686	Р	0,390	0,782	0,207	0,150	0,232
4	$\delta K_в(t_i)$	0,372	0,142	Е	0,252	0,329	0,372	0,367	0,252
5	$\delta \Delta S(t_i)$	0,603	0,500	М	0,532	0,385	0,532	0,449	0,500
6	$\delta \eta_б(t_i)$	0,632	0,645	О	0,649	0,653	0,686	0,214	0,612
7	$\delta Э_э(t_i)$	0,105	0,098	Н	0,16	0,089	0,188	0,050	0,098
8	$\delta Э_т(t_i)$	0,071	0,092	Т	0,094	0,099	0,129	0,079	0,076
9	$\delta \eta_н(t_i)$	0,232	0,235		0,280	0,235	0,322	0,192	0,221
10	$\delta b_т(t_i)$	0,034	0,125		0,118	0,089	0,135	0,039	0,016

Нормированные значения ТЭП в этой таблице изменяются в интервале [0,1]. Но, несмотря на удаление ошибочных реализаций из совокупности ТЭП, распределение реализаций выборок (в данном случае ТЭП котельных установок) далеко не всегда случайно отличаются от нормального закона [11];

Чтобы учесть эту особенность для каждой котельной установки необходимо:

∗ m реализаций каждого ТЭП котельной установки размещаются в порядке возрастания совместно с номером ТЭП k=1,m. Получаем n вариационных рядов;

∗ каждому r-му значению $\delta\Pi_{i,r}(t_j)$ i-го вариационного ряда с i=1,n сопоставляем статистическую оценку вероятности, равной

$$R^*[\delta\Pi_{i,r}(t_j)]=(1-r/m)=\{1- F^*[\delta\Pi_{i,r}(t_j)]\}$$

где $F^*[\delta\Pi_{i,r}(t_j)]$ – статистическая функция распределения реализаций $\delta\Pi_{i,r}(t_j)$;

∗формируем таблицу, в которой вместо каждого значения $\delta\Pi_{i,r}(t_j)$ таблицы 1 заносятся соответствующие $\delta\Pi_{i,r}(t_j)$ оценки вероятности $R^*[\delta\Pi_{i,r}(t_j)]$.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета среднего геометрического значения величин $R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]$ ТЭП котельной установки i –го энергоблока

i	$R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]$	**Диспетчерский номер энергоблока (i)**							
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	$R^*[T_{n,i}(t_i)]$	0,14	0,71		0,86	0,29	0,57	0,43	1,0
2	$R^*[T_{в,i}(t_i)]$	0,14	1,0		0,29	0,86	0,71	0,57	0,43
3	$R^*[T_{уг,i}(t_i)]$	0,57	0,23	P	0,43	0,14	0,86	1,0	0,71
4	$R^*[K_{в,i}(t_i)]$	0,29	1,0	E	0,86	0,57	0,14	0,43	0,71
5	$R^*[\Delta S_i(t_i)]$	0,14	0,71	M	0,43	1,0	0,29	0,86	0,71
6	$R^*[\eta_{б,i}(t_i)]$	0,71	0,57	O	0,43	0,29	0,14	1,0	0,86
7	$R^*[Э_{э,i}(t_i)]$	0,43	0,71	H	0,29	0,86	0,14	1,0	0,57
8	$R^*[Э_{т,i}(t_i)]$	1,0	0,57	T	0,43	0,29	0,14	0,71	0,86
9	$R^*[\eta_{п,i}(t_i)]$	0,71	0,57		0,29	0,43	0,11	1,0	0,86
10	$R^*[b_{т,i}(t_i)]$	1,0	0,43		0,57	0,71	0,29	0,86	0,14
$G^*\{R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]\}$		**0.399**	**0,594**		**0,452**	**0,462**	**0,246**	**0,749**	**0,616**

О чем же говорят нам эти результаты? Таблица 2:

–поскольку наименьшее значение $G^*\{R^*[\delta\Pi_{i,k}(t_j)]\}$ соответствует наибольшему износу котельной установки, то наихудшее техническое состояние в месяце t_j имело место у котельной установки шестого энергоблока, а наилучшее – у котельной установки седьмого энергоблока. Если сопоставить эти данные с данными нормированных значений удельного расхода условного топлива, то наибольший расход условного топлив имел место у восьмого энергоблока, а наименьший – у первого энергоблока. Этот пример подтверждает высокий риск ошибочного решения практических задач для основного оборудования, срок службы которых превышает нормативное значение, а сравнение эффективности работы проводится по величине удельного расхода условного топлива;

–если разместить эффективность работы рассматриваемых котельных установок в порядке ее повышения, то вариационный ряд их диспетчерских номеров будет иметь вид: {6;1;4;5;2;8;7}. Теперь, если учесть, что усредненное значение эффективности работы котельных установок ТЭС равна 0,477, то превышают эту величину котельные установки 2, 7 и 8 энергоблоков. Следовательно, основное внимание следует уделять котельным установкам {6;1;4;5} энергоблокам;

–эту классификацию можно уточнить, если принять, что в пятибалльной системе интегральный показатель (Ip) меньше, чем 0,2 свидетельствует о критическом состоянии объекта, нахождение в интервале (0,2÷0,4)– об опасном состоянии объекта, нахождение в интервале (0,4÷0,6)– об удовлетворительном состоянии объекта, нахождение в интервале (0,6÷0,8)– о хорошем состоянии объекта, а нахождение в интервале (0,8÷1,0)– о нормальном состоянии объекта. Тогда рассматриваемые котельные установки представляются тремя группами: {6;1} – энергоблоки, котельные установки которых находятся в опасном состоянии; {4;5;2} – энергоблоки, котельные установки которых находятся в удовлетворительном состоянии; {8;7} - – энергоблоки, котельные установки которых находятся в хорошем состоянии.

–однако, несмотря на всю заманчивость, эвристический характер классификаций не позволяет довольствоваться результатом и требует учета случайного характера оценок интегральных показателей, а также причин различия технического состояния котельных установок. Эти причины приведены в последнем столбце табл.3, в виде значимости ТЭП.

Не менее важным является вопрос о целесообразности квалификации по выделенным видам ТЭП. И хотя все эти ТЭП прошли проверку на независимость и нормированы с учетом направленности изменения, важность оценки их влияния на эффективность работы котельных установок неоспоримо. И чтобы учесть характер их распределения необходимо:

–n реализаций k- го ТЭП с k=1, m котельных установок работающих в стационарном режиме энергоблоков размещаются в порядке возрастания совместно с диспетчерскими номерами энергоблока (i). В итоге имеем m вариационных рядов выборок из совокупности нормированных значений $\{\delta\Pi_{i,r}(t_j)\}$ для m котельных установок. Объем совокупности реализаций ТЭП равен $V=n\cdot m=70$;

–каждому *l*- му значению нормированных реализаций ТЭП $\delta\Pi_{l,k}(t_j)$ с l=1,n k- го вариационного ряда сопоставляем статистическую оценку вероятности $R^*[\delta\Pi_{l,k}(t_j)]=(1-l/n)=\{1-F^*[\delta\Pi_{il,k}(t_j)]\}$, где $F^*[\delta\Pi_{il,k}(t_j)]$ – статистическая функция распределения возможных реализаций k- го ТЭП у n котельных установок энергоблоков;

–формируем таблицу, в которой вместо каждого значения $\delta\Pi_{l,k}(t_j)$ таблицы 1 заносятся соответствующие $\delta\Pi_{i,k}(t_j)$ оценки вероятности $R^*[\delta\Pi_{r,k}(t_j)]$. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета среднего геометрического значения величин $R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]$ энергоблоков.

i	$R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]$	**Диспетчерский номер энергоблока (i)**								$G^*\{R^*[\Delta\Pi_{i,k}(t_j)]\}$
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	
1	$R^*[T_{п,i}(t_i)]$	0,7	1,0		1,0	0,7	1,0	0,7	0,9	**0,847**
2	$R^*[T_{в,i}(t_i)]$	0,4	0,6		0,4	0,6	0,5	0,3	0,4	**0,445**
3	$R^*[T_{уг,i}(t_i)]$	0,5	0,1	Р	0,3	0,1	0,6	0,6	0,5	**0,309**
4	$R^*[K_{в,i}(t_i)]$	0,3	0,5	Е	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	**0,350**
5	$R^*[\Delta S_i(t_i)]$	0,2	0,3	М	0,7	0,3	0,2	0,1	0,2	**0,243**
6	$R^*[\eta_{б,i}(t_i)]$	0,1	0,2	О	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	**0,149**
7	$R^*[Э_{э,i}(t_i)]$	0,8	0,8	Н	0,7	1,0	0,7	0,9	0,7	**0,803**
8	$R^*[Э_{т,i}(t_i)]$	0,9	0,9	Т	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	**0,856**
9	$R^*[\eta_{н,i}(t_i)]$	0,6	0,4		0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	**0,494**
10	$R^*[b_{т,i}(t_i)]$	1,0	0,7		0,8	0,8	0,8	1,0	1,0	**0,864**

Данные таблицы 3 позволяют заключить:

–в целом в месяце t_j наименьшее значение вероятности $R^*[\delta\Pi_{i,k}(t_j)]$ имеет КПД брутто, которое находилось в непосредственно близости от минимально допустимого значения и определяет наибольшую значимость;

–при классификации по пятибалльной шкале КПД брутто $[\eta_б(t_i)]$ относится к критическому значению. К опасным значениям относятся величина присоса воздуха на тракте $[\Delta S(t_i)]$, коэффициент избытка воздуха $[K_в(t_i)]]$ и температура уходящих газов $[T_{уг}(t_i)]$. К удовлетворительной группе ТЭП относятся $[T_в(t_i)]$ и $[\eta_н(t_i)]$. К нормативным по значимости относятся следующие ТЭП - $[T_п(t_i)]$, $[Э_э(t_i)]$, $[Э_т(t_i)]$ и $[b_т(t_i)]$.

–критическое значение $\eta_б(t_i)$ наблюдается на котельных установках всех энергоблоков, кроме седьмого; опасные по величине $\Delta S(t_i)$ наблюдаются на всех энергоблоках, кроме четвертого, по величине $T_{уг}(t_i)$ – на пятом, втором и четвертом энергоблоках. Их устранение определяет основные задачи оперативного персонала в следующем месяце года.

Уточнение рекомендуемых автоматизированной системой мероприятий по повышению эффективности работы [12] может быть выполнено на основе критериев оценки целесообразности классификации интегральных показателей.

Заключение

1. Возможность автоматизированной оценки интегрального показателя оперативной эффективности работы однотипных энергетических объектов, безусловно, является существенным результатом, позволяющим сравнить и ранжировать объекты. Дальнейшее снижение риска ошибочного решения достигается учетом случайного характера этих показателей;

2. Проведенные исследования позволили получить статистические функции фидуциального распределения среднего геометрического значения случайных величин. Установлены граничные значения фидуциального интервала с заданным уровнем значимости;
3. Аппроксимация закономерностей изменения критических значений интегрального показателя в функции числа реализаций позволили реализовать «экспресс-метод» расчета для произвольного числа реализаций.

Литература

1. Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф. и др. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике – М.: ООО ИД «Энергия», 2013, 304 с
2. Фонцова Л.В. Бенчмаркинг как инструмент оценки эффективности системы внутреннего контроля. Изд. «Проспект» 2016, 135 с.
3. Дьяков А.Ф., Исамухаммедов Я.Ш., Молодюк В.В. Проблемы и пути повышения надежности ЕЭС России.// Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып.64. Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы// отв. ред. Н.И. Воропай – ИСЭМ СО РАН, 2014, с.8-16.
4. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Рустамова А.А. Обеспечение достоверности методической поддержки руководства объектов ЭЭС. М:, Электричество, №2, 2020, с.4-9
5. Кирьянов Б.Ф., Кирьянов Д.В. К теории построения интегральных показателей качества систем на основе линейных математических моделей. М: Современные наукоемкие технологии. №4, 2008, с.73-74
6. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Исмаилова С.М. Компьютерная технология оценки целесообразности отключения трансформаторов на капитальный ремонт. М; Промышленная Энергетика №7, 2011, 11-18 с.
7. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З. Распределение выборки непрерывной случайной величины Киев, Электронное моделирование №6, 2015, с.69-82
8. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Классификация объектов энергосистемы по надежности и экономичности их работы М., Энергетик №8, 2015, с.27-29
9. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Фарзалиев Ю.З., Рафиева Т.К. Сравнительный анализ методов расчета интегральных показателей, характеризующих эффективность работы объектов ЭЭС. Киев Электронное моделирование №2, 2017, с.75-89
10. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Джалагова Э.И., Абдуллаева С.А. Метод и алгоритм сравнения эффективности работы газопоршневых электростанций электроэнергетических систем. М:, Известия РАН. Энергетика, №2, 2019, с.106-117
11. Фархадзаде Э.М., Мурадалиев А.З., Рафиева Т.К., Рустамова А.А. Обеспечение безошибочности автоматизированной методической поддержки руководства ТЭЦ. М:, Промышленная энергетика № , 2019, с
12. Фархадзаде Э.М., Фарзалиев Ю.З., Мурадалиев А.З. Автоматизированное формирование рекомендаций для повышения надежности и экономичности энергоблоков ТЭС. М., Энергетик №2, 2016, с.15-17.

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

UOT 621.311

GƏMİ GÖYƏRTƏ MEXANİZMLƏRİNİN ASİNXRON İNTİQALLARINDA TƏTBİQ OLUNAN TEZLİK ÇEVİRİCİLƏRİNİN PARAMETRLƏRİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI ÜSULLARI

Məmmədov L.V., Həsənov E.A., Məmmədov E.M., Allahverdiyeva A.T.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: latif.mamedov.2014@mail.ru, hasanov.079@mail.ru, emilmemmedoglu@gmail., aynuraaynura@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə sənayenin müxtəlif sahələrində o cümlədən gəmi göyərtə mexanizmlərində istifadə olunan asinxron elektrik mühərriklərinin fırlanma sürətinin tənzimlənməsi üçün istifadə edilən tezlik çeviricilərində elektrik enerjisinin keyfiyyət göstəricilərinin effektiv dərəcədə yaxşılaşdırılmasından bəhs olununr. Burada şəbəkənin bir nöqtəsinə qoşulmuş yarımkeçirici tezlik çeviricisinin gərginliyinin formasındakı təhrifin azaldılmasına görə sxemə çoximpulslu düzləndirici tətbiq edilmişdir.*

Abstract. *The article we are talking about the effective improvement of energy quality indicators in frequency converters used to regulate the speed of asynchronous electric motors used in various industries, including ships. Multi pulse rectifies of frequency converters reduce voltage distortion at the connection point of the semiconductor frequency converter and electric main.*

Аннотация. *Рассмотрены вопросы эффективного улучшения показателей качества электроэнергии преобразователей частоты, применяемых в регулировании скорости асинхронного электропривода механизмов различных отраслей промышленности и судовых палубных механизмов. Для снижения искажения синусоидальной формы напряжения полупроводникового преобразователя частоты, примененного в определенной точке сети, в составе схемы используется многополюсный выпрямитель.*

Açar sözlər: *harmonik gərginlik tərtib əmsalı, tezliklə tənzimlənən elektrik intiqalı, güc itkisi, gərginlik düşgüsü, gərginliyin sinusoidal formasının təhrif edilməsi, şəbəkə reaktoru, süzgəc-kompensasiya qurğusu, aktiv düzləndirici*

Key words: *total rate of harmonic voltage components, variable frequency drive, power loss, voltage loss, sinusoidal voltage waveform distortion, impedance coil, filtering and compensating device, active rectifier*

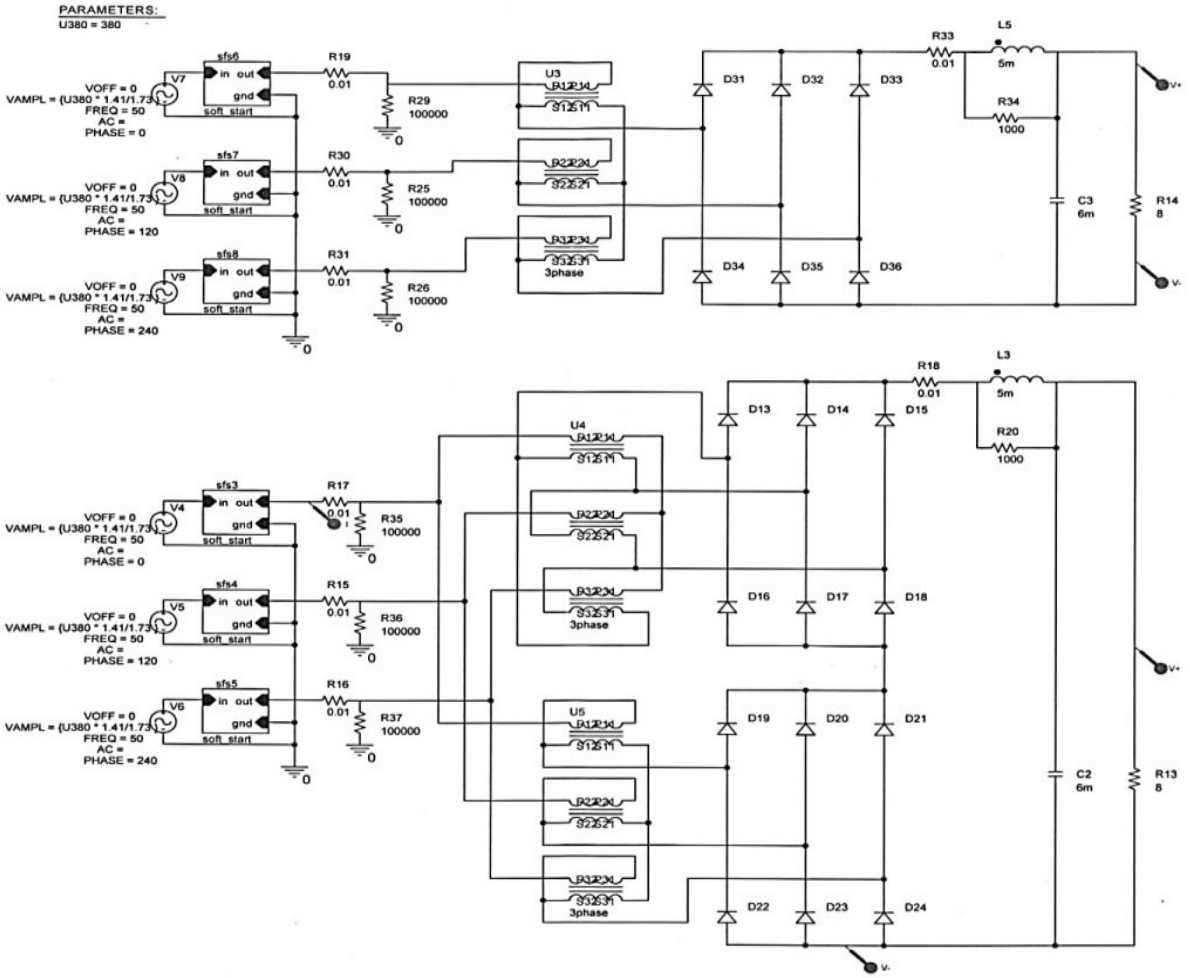
Ключевые слова: *суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, частотно-регулируемый электропривод, потери мощности, падение напряжения, искажение синусоидальной формы напряжения, сетевой реактор, фильтру-компенсирующее устройство, активный выпрямитель*

Giriş. Enerjiyə qənaətin əsas istiqamətlərindən biri də tənzim olunmayan elektrik intiqallarından tənzimlənə bilən elektrik intiqallarına keçidin yaradılmasıdır. Bu proses elektrik enerjisinə qənaət etməyə həm iqtisadi, həm də istehsal olunan xammalın və ona sərf edilən enerjinin məhsuldarlığı baxımından ən müasir texnoloji prosesin təkmilləşdirilməsinə əhəmiyyətli təsiri göstərir. Demək olar ki, enerjiyə qənaət məqsədilə hazırda bütün sənaye müəssisələrində tezlik çeviricili asinxron elektrik intiqalları geniş tətbiq olunurlar. Tezlik çeviricilərinin tətbiqi sayəsində elektrik enerjisinə qənaət etməyə, istismar xərclərini azaltmağa, avadanlığın etibarlılığını artırmağa, mühərriklərin və mexanizmlərin xidmət müddətini, məhsuldarlığını artırmağa və elektrik intiqallarının intellektual idarəetmə sistemlərini həyata keçirməyə imkan verir [1, 2].

Bununla belə, tezlik çeviricilərinin geniş istifadəsi elektrik şəbəkələrində gərginliyin sinusoidal formasının əhəmiyyətli dərəcədə pozulmasına gətirib çıxarır [4, 6]. Şəbəkəyə qoşulmuş yarımkeçirici tezlik çeviriciləri həmin şəbəkənin sinusoidal gərginlik əyrisinin formasını dəyişdirdiyindən həmin sinusoidal formanın təhrifi şəbəkənin xətti güc və xətti gərginlik itkisini artırır.

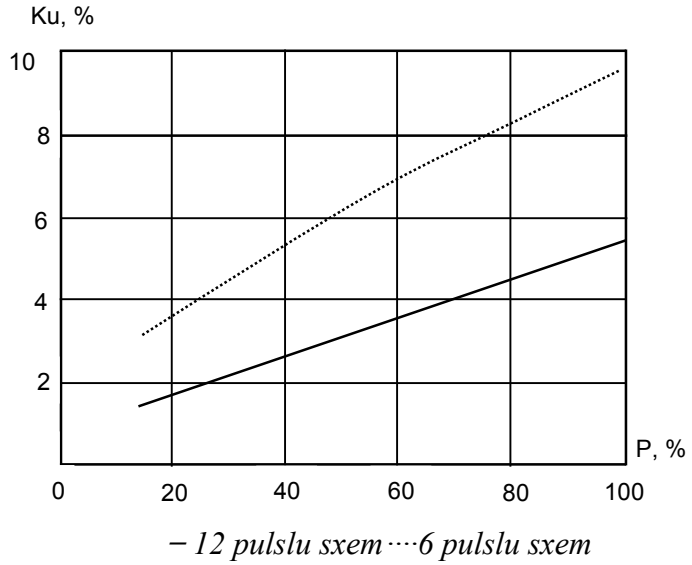
Məqalədə, praktiki olaraq, effektivliyin artırılmasını sübut edən şəbəkə gərginliyinin sinusoidal formasının yaxşılaşdırılması üçün bəzi üsullar nəzərdən keçirilir: çoxpulslu sxemlərin, şəbəkə reaktorlarının, passiv süzgəcli kompensasiyaedici qurğuların panlaşdırma qurğularının (SKQ), aktiv gərginlik düzəldicilərinin (AGD) tətbiqi. Elektrik enerjisinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün göstərilən üsulların köməyi ilə hesablamaların nəticələri verilmişdir. Bütün hesablamalar tezlik çeviriciləri və elektrik təchizatı sisteminin xüsusiyyətlərini nəzərə alan xüsusi hazırlanmış kompüter proqramlarının köməyi ilə həyata keçirilmişdir [2, 3].

Əsas hissə. Çoxpilləli düzləndirmə sxemlərinin tətbiqi tezlik çeviricisinin elektrik şəbəkəsinə qoşulduğu yerdə sinusoidal gərginlik formasının təhrifinin azalmasına imkan yaradır. Döyünmə sxemlərində düzləndirilmiş gərginliyin döyünmələrinin sayı qidalanma şəbəkəsinin bir perioddakı gərginlik döyünmələri sayına bərabərdir. Şəkil 1-də 6 pulslu Larionov körpü sxeminin nümunəsi verilmişdir.



Şəkil 1. *Üçfazalı Larionov sxemi-a) və çıxış siqnalının formaları-b),v)*

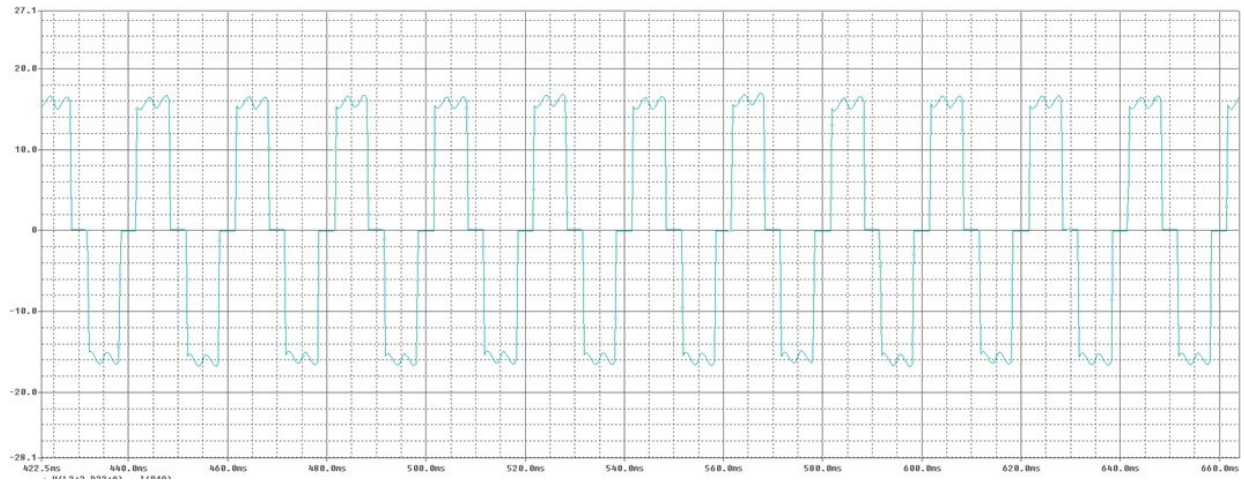
Larionovun bir neçə sxeminə əsasən daha çox pillə dərəcəsi olan (məsələn, 12, 24, 36 pilləsi) sxemlər əldə edilir. Şəbəkənin gərginlik formasına təsirinin qiymətləndirilməsi üçün tezlik çeviricisinin tərkibindəki harmonik komponentlərinin Ku gərginlik əmsalları cəminin 6 və 12 pilləli düzəndirici sxeminin parametirlərinin hesabatı aparılmışdır.



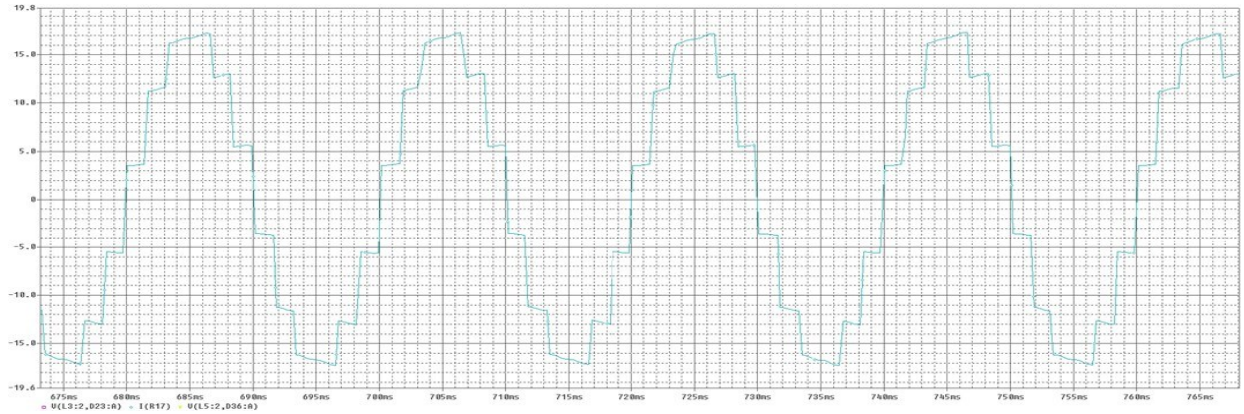
Şəkil 2. *Ku gərginlik əmsalları cəminin 6 və - 12 pilləli sxemlər üçün P yükündən asılılıq qrafiki*

Şəkil 2-də 12 və 6 pilləli düzləndirici sxemləri üçün simulyasiyanın nəticələrinin, elektrik intiqalının yükünün, P-aktiv gücünün, harmonik komponentlərinin Ku gərginlik cəmləmə əmsalından asıllıq qrafiki verilmişdir. Gücün qiyməti nominal qiymətin faizi ilə götürülür. 6 kV-luq şəbəkədə 6/0,66 kV-luq transformatorun qoşulduğu nöqtə Ku-nun qiyməti ilə təyin edilir. Burada 12 pilləli sxemlə müqayisədə Ku gərginliyi harmonik tərtibin əmsalları cəminin artması düzləndiricinin 6 pulslu sxemdən ibarət olmasına səbəb olur. Böyük yüklənmələrdə 6 kV-luq enerji ilə yüklənmə zamanı elektrik enerjisi 8% buraxılabilən son həddi aşır [1, 2, 3].

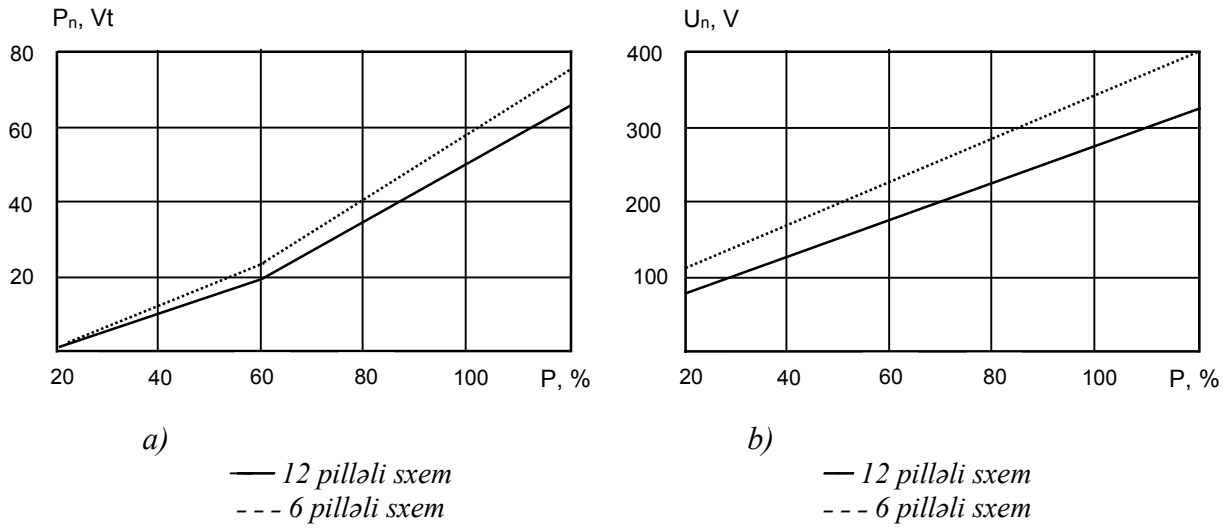
Şəkil 3 və 4-də 6 və 12 pilləli düzləndiricilərin 6 kV-luq xəttə xətti cərəyanın qrafiki modeli göstərilmişdir. Müqayisə üçün, şəkil 2 və şəkil 3-də 6 kV-luq xəttdə xətti cərəyanların qrafiklərindən göründüyü kimi mövcud 12 pilləli düzləndiricilərdə düzəldilmə sxeminin 6 pulslu düzləndirici ilə müqayisədə 6 kV-luq qidalanma xəttində xətti cərəyanın forması əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdığını görməyə imkan verir. Xüsusilə qeyd etmək lazımdır ki, yüksək harmonika səviyyəli 6 kV-luq xəttdəki Px xətti güc itkisinin böyüklüyünə və Ux xətti gərginliyinin düşməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir.



Şəkil 3. *6 kV-luq xətt cərəyanı 100% -li yüklə və 6 pilləli düzləndirmə sxemi üçün*



Şəkil 4. *6 kV-luq xətt cərəyanı 100% -li yüklə və 12 pilləli düzləndirmə sxemi üçün*



a) *b)*

— 12 pilləli sxem
- - - 6 pilləli sxem

— 12 pilləli sxem
- - - 6 pilləli sxem

Şəkil 5 *a) 6 və 12 pilləli sxemlər üçün xəttə: 6 kV- P-yükün Pl-xətt yük itkisindən və b) P yükün Ux-gərginlik düşgüsündən asıllıq qrafikləri*

Şəkil 5a və b qrafiklərində təsvir olunmuş 12 və 6 pilləli sxemdə P yükü üçün 6 kV-luq xətti Ux - xəttə düşən gərginlik və Px - xətdəki güc itkisindən asılılığı qrafiki əks olunmuşdur.

Verilən qrafiklərin analizi aşağıdakı nəticələrin çıxarılmasına imkan verir. Ən çox 6 kV-luq xəttə Px -xətti güc itkisi və Ux -gərginlik düşgüsü 6-pulslu düzləndirmə sxemində baş verir. 12 pulslu sxemlə müqayisədə 5 kVt-luq sxemdə itki artır və gərginlik düşküsü 40 V-a qədər artır.

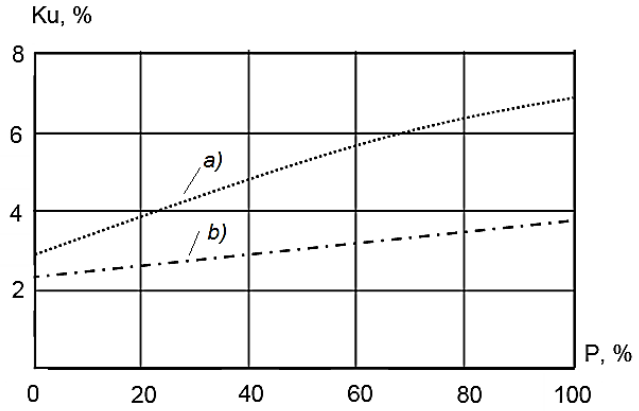
Şəbəkə reaktorunun tətbiqi. Qidalanma şəbəkəsində yüksək harmonikaların səviyyəsini azaltmaq, şəbəkə gərginliyinin formasının sinusoidaldan əhəmiyyətli dərəcədə kənara çıxması halında tezlik çeviricisinin etibarlı işləməsini təmin etmək üçün TTEQM tezliyə görə tənzmlənən elektrik qida mənbəyinin şəbəkə reaktoru - Şr vasitəsilə qidalanma şəbəkəsinə mütləq birləşdirmək lazımdır [1, 2, 3].

Modelləşdirmə zamanı 12 pulslu sxemə şəbəkə reaktorlarının olduğu və olmadığı hallar üçün xəttə Ku gərginlik cəmləmə əmsalının harmonik komponentlərdən asılılıq qrafikləri 6 kV-luq yükə düşən xətt reaktorunun P- gücündən asıllıq qrafiki şəkil 6-da verilmişdir.

Passiv süzgəc-kompensasiya qurğusunu şəbəkə reaktoruna qoşduqda Ku-əmsalının azalması baş verir.

Tezlik çeviriciləri tərəfindən yaradılan yüksək harmoniklərin böyük bir hissəsi ilə elektrik şəbəkələrində çoxpulslu sxemlərin və şəbəkə reaktorlarının mövcudluğu şəbəkə gərginliyinin formasını yaxşılaşdırmaq vəzifəsini tam formada həll edə bilmir. Buna görə də, bu vəziyyətdə passiv

süzgəc-kompensasiya cihazlarını (PSKQ) daxil etmək lazım gəlir. PSKQ həm əsas tezliklərdə reaktiv gücün kompensasiyasını, həm də yüksək gərginlikli harmoniklərin süzülməsini təmin etməyə imkan verir. PSKQ-tezlik çeviricisinin qidalandığı nöqtədən şəbəkəyə qoşulması tövsiyə olunur. PSKQ tərkibinə aşağı spektrlədə kanonik ali harmoniklərin süzülməsinə hesablanmış pillələrlə paralel daxil edilmişdir. Onlar tezlik çeviriciləri tərəfindən yaradılır (V=5, 7, 11, 13). Mərhələli PSKQ ardıcıl birləşmiş kondensator və reaktordan ibarət olub LC rezonans dövrəsindən ibarət olub eyni zamanda şəbəkədə əsas tezlikli tutum cərəyanı hasil edir. Qeyd etmək lazımdır ki, yüksək harmoniklərin praktikada tam süzülməsi yoxdur [1, 2, 3].



Şəkil 6. *Şəbəkə reaktorunun olmadığı və olduğu hallar üçün, xəttə 6 kV-luq 12 pulslu sxemin üçün P-yükünün harmonik Ku-gərginlik əmsalları cəmindən asıllıq qrafiki*
a)reaktor qoşulduğu halda Lr
b)şəbəkə reaktoru olmadıqda Lr

Lp şəbəkə reaktoru olmadığı və mövcud olduğu halda, 6 pulslu sxemlər üçün 12 pilləli P yükündən 12 kV-luq xətdə harmonik gərginlik komponentlərinin Ku ümumi əmsallardan asılılıq qrafiki verilmişdir. Əgər SKQ şəbəkənin tezliyinin və SKQ-nın parametrlərini hesablamazdan əvvəl şəbəkənin harmonik gərginlik komponentləri icazə verilən ümumi əmsalını təmin edirsə, bu halda şəbəkənin gərginliyinin buraxılabilən harmonik səviyyəsini əldə etmək üçün daha sadə SKQ sxemlərini tətbiq etmək olar.

Buna görə də, qoşulma zamanı istənilən səviyyəli yüksək harmoniklər əldə etmək üçün, antirezonans reaktorları kondensator qurğularından istifadə etmək tövsiyə olunur.

Antirezonans reaktorlu kondensatorun qurulması. Bu qurğular reaktiv gücün pilləli tənzimlənməsini həyata keçirən kondensator qurğularından ibarətdir. Qurğunun ayrı-ayrı pillələrində şəbəkəyə reaktiv gücü göstərən pilləli tənzimləmə imkan verən cəld təsirli tiristor açarlarından istifadə olunur [4, 5, 6].

SKQ-nun tərkibində kanonik harmonikanın tezliyinə nisbətən sürüşmüş rezonans tezlikli antirezonans reaktorları kondensatorları yüksək harmoniklərdən qoruyur.

Elektrik dövrəsində rezonans cərəyanının qarşısını almaq üçün elektrik şəbəkəsində SKQ-nin rezonans tezliyindən aşağı tezlikli harmoniklər olmamalıdır. Reaktorlar, kondensatorları müdafiə etməkdən başqa, sinusoidal formalı gərginliyin təhriflərini azaldır. Reaktorların seçilməsi, şəbəkənin əsas tezliyi üçün induktiv və tutum müqavimətlərinin nisbətinə $p=(X_L/Xc)100\%$ bərabər olan kəmiyyətə görə aparılır.

Pozulma əmsalı SKQ pilləsinin rezonans tezliyindən asılıdır və aşağıdakı ifadəyə uyğun olaraq hesablanır:

$$Vp = 50\sqrt{(100/P)}\%$$

SKQ-pillələri adətən aşağıdakı rezonans tezliklərinə uyğunlaşdırılır: 134, 189 və 210 Hs, pozulma əmsalları müvafiq olaraq 14%, 7% və 5,67%. bərabər olur. Aktiv gərginlik düzləndiricili tezlik çeviricisinin tətbiqi, elektrik enerjisinin keyfiyyətinin artırılması üçün perspektivli üsuldur.

Aktiv gərginlik düzləndiriciləri (AGD) üçün tam idarə olunan yarımkeçirici cihazlar, güc tranzistorları, tiristor, İQBT və MOSFET tipli tranzistorlardan istifadə olunur.

Yarımkeçirici elementlərin idarə edilməsi alqoritmləri elektrik enerjisinin tələb olunan keyfiyyət göstəricilərini təmin edir ki, bu da vahidə yaxın güc əmsalını və şəbəkənin gərginliyinin harmonik tərkib hissələrinin yol verilən ümumi əmsalını əldə etməyə imkan verir.

AGD tezlik çeviricisi qidalanma şəbəkəsi arasında enerji mübadiləsini həyata keçirir ki, bu da sənaye maşınlarının və qurğularının idarəedicilərinin enerji göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Burada şəbəkəyə enerji rekuperasiyası rejimini tətbiq etməklə elektrik enerjisinə kifayət qədər qənaət etmək olar [5, 6, 7].

Nəticə. Çoximpulslu sxemlərin tətbiqi sinusoidal gərginlik formasının təhrifini azaldır. Sənaye müəssisələrində yarımkeçirici çeviricilərin qidalanma şəbəkəsinə şəbəkə reaktoru vasitəsilə qoşulması, elektrik şəbəkələrində bir transformatordan qidalanan yarımkeçirici çeviricilərin qarşılıqlı təsirini azaldır. Antirezonans reaktorların yüksək harmoniklərdə kondensatorların qorunmasını təmin edir və minimum hala çatana qədər yüksək harmoniklərin səviyyəsinin azalmasına çatdırır, ali harmonika səviyyəsini minumum həddə endirir. Aktiv gərginlik düzləndiricisinin daxilində tezlik çeviricilərini tətbiq etməklə sənaye müəssisələrində elektrik enerjisinin keyfiyyətini artırmaq, ona olan tələbatı azaltmaq, həmçinin sənaye qurğularının və mexanizmlərin daxilindəki tezlik tənzimləyicili elektrik intiqalının enerji tələblərini azaldır.

Ədəbiyyat

1. Sultanov, E. F. “Gəmi elektronikası və güc çeviriciləri”. Dərs vəsaiti / E. F. Sultanov, F.V. Məmmədova – Bakı: ADDA, 2020. – 170 s.
2. Həsənov, Z. Ə. “Güc elektronikası və intiqalın idarə edilməsi”. Dərs vəsaiti / Z. Ə. Həsənov, S. Ə. Xanəhmədova – Bakı: ADNSU, – 2018. – 120 s.
3. L.V.Məmmədov, F.V.Məmmədova. “Körpü sxemsiz düzləndiricilərdə güc əmsalının korreksiyası” Su nəqliyyatı problemləri XIV Beynəlxalq elmi-texniki konfransın materialları. 117-119 s. Bakı-2019.
4. Преобразователи частоты - просто о сложном :/ Danfoss Drives A/S. – 2006. – 165 с.
5. Соколвский Г. Г. “Электроприводы переменного тока с частотным регулированием” / Г. Г. Соколовский – М.: ACADEMA, – 2006. – 358 с.
6. Коровин В.В. Обухов С.Г. Модуляционные методы построения импульсных преобразователей // Практическая силовая электроника. – 2005. №19. с. 38-43.
7. Мелешин В. И. “Транзисторная преобразовательная техника”/М.: Техносфера. 2011-576 с.

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

УДК 622

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ 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, а другим специалистам, занимающимся технической эксплуатацией флота.*

Xülasə. *Hazırda bütün dünyada gəmiçilik sənayesi istixana qazlarının emissiyalarının azaldılmasına diqqət yetirir. Bunun üçün gəmilər elektrik enerjisi istehsal etməyə imkan verən baş mühərriklərin yanma məhsullarının istiliyindən istifadə sistemlərindən istifadə edirlər, lakin onların texniki istismarı məsələləri praktiki olaraq nəzərə alınmır. Bu məqalənin məqsədi bu cür sistemlərin əməliyyat xüsusiyyətlərini yalnız nominal rejimdə deyil, həm də ondan başqa rejimlərdə qiymətləndirməyə imkan verən sadələşdirilmiş hesablama metodunu hazırlamaqdır. Bu məqalə təkcə dəniz gəmilərinin elektromexanikləri üçün deyil, donanmanın texniki istismarı ilə məşğul olan digər mütəxəssislər üçün də faydalı olacaqdır.*

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.*

Ключевые слова: *методика, определение, генерация, система, утилизация, главный двигатель, органический цикл Ренкина, морское судно*

Açar sözlər: *metodologiya, tərif, nəsil, sistem, istifadə, baş mühərrik, üzvi Renkin dövrü, dəniz gəmisi*

Key words: *methodology, definition, generation, system, recycling, main engine, organic Rankine cycle, marine vessels*

Введение. 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 Организации Объединенных Наций об изменении климата стало результатом усилий мирового сообщества,

направленных на регулирование выбросов ПГ и ограничивающее их на уровне 1,5^{o}C. Для морской отрасли все правовые и технические вопросы регламентируются Международной морской организацией (далее ИМО) в рамках международной конвенции 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.

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, который, в частности, работает над развитием вышеуказанной конвенции.

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, окислов азота и твердых частиц, ИМО выступила с инициативой разработки инструмента по защите атмосферы от ПГ.

Эти требования вошли в главу 4 Приложения VI к данной конвенции 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, его оценка производится с учетом установленного на судне оборудования, пренебрегая возможностями применения *инновационных технологий* в энергетике, интегрированным подходом к определению тех возможностей, которые не очевидны, но присутствуют при проектировании судна. В простейшем случае оценка выполняется по комплексному показателю качества судовой энергетической установки, 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 MEPC.203(62) вступившей в силу 1 января 2013 года.

Достигнутый индекс должен определяться в соответствии с пересмотренным «Руководством ИМО по методу расчета Конструктивного индекса для новых судов, 2012», приведённом в Резолюции 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 в конкретном топливе [*г CO_2./ г топлива*]; $\boldsymbol{P_{MEi}}$, – показатель мощности каждого главного двигателя (ГД), равный 75% от его номинальной мощности за вычетом мощности, потребляемой валогенератором (в случае его наличия); $\boldsymbol{P_{AE}}$ – показатель требуемой мощности вспомогательных двигателей для обеспечения электроэнергией при максимальной загрузке судна; $\boldsymbol{P_{PTI}}$ – показатель, равный 75% номинальной мощности, потребляемой каждым гребным электродвигателем с учётом механических потерь в нем и без учёта потерь в генераторе; $\boldsymbol{P_{AEeff}}$ – показатель сокращения электрической энергии за счёт использованию энергоэффективных технологий (использование отходящего тепла ГД), которые в [3] называют *инновационными*; $\boldsymbol{P_{eff}}$ – показатель сокращения мощности ГД за счёт применения инновационных технологий в пропульсивной установке при 75% мощности ГД; $\boldsymbol{f_i}$ – фактор вместимости судна, учитывающий необходимость выполнения требований по ограничению вместимости судна, например требований которые применяются к судам ледового класса; $\boldsymbol{f_j}$ – корректирующий фактор, учитывающий специфическую конструкцию элементов судов, например, судов ледового класса; $\boldsymbol{f_w}$ – 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 или валовая вместимость 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].

Растущий интерес к снижению эксплуатационных расходов на судах и сокращению выбросов ПГ предусматривают меры, обеспечивающие оптимальное использование топлива, используемого для ГД. Следуя тенденции по повышению общей эффективности судна после первого нефтяного кризиса в 1973 году, КПД ГД возрос, и на сегодняшний день составляет около 50%. Это высокое значение, помимо прочего, привело к низким значениям удельного расхода топлива, а также к, соответственно, более низкой температуре отработавших газов (ОГ) после турбокомпрессоров (ТК). Несмотря на то, что энергоэффективность потребляемого топлива, которая составляет 50%, является относительно высокой, поэтому основной задачей для судовладельца по-прежнему является дальнейшее снижение не только эксплуатационных расходов, но и общего расхода топлива. Это также может привести к дальнейшему сокращению выбросов CO_2.

Таким образом, вопросы, связанные с генерированием электрической энергии при минимизации топливных затрат являются весьма актуальными.

Материалы и методы. На рис.1 показано сравнение тепловых балансов для наиболее распространенных типов малооборотных ГД с системой утилизации тепла (СУТ) ОГ и без нее. Как следует из рис.1 основным источником отработанного тепла ГД является тепловыделение ОГ, на которые приходится около половины общего отработанного тепла, т.е. около 25% от общей энергии топлива. Энергия ОГ ГД на сегодняшний день является наиболее привлека-

тельной 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%. Формула (1) позволяет рассмотреть возможность добавления СУТ на судно, проанализировать ее эффективность и выполнить соответствующую настройку.

В соответствии с [6] можно генерировать электрическую энергию до 11% от мощности ГД, используя энергию ОГ 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).

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.

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 Органический цикл Ренкина

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

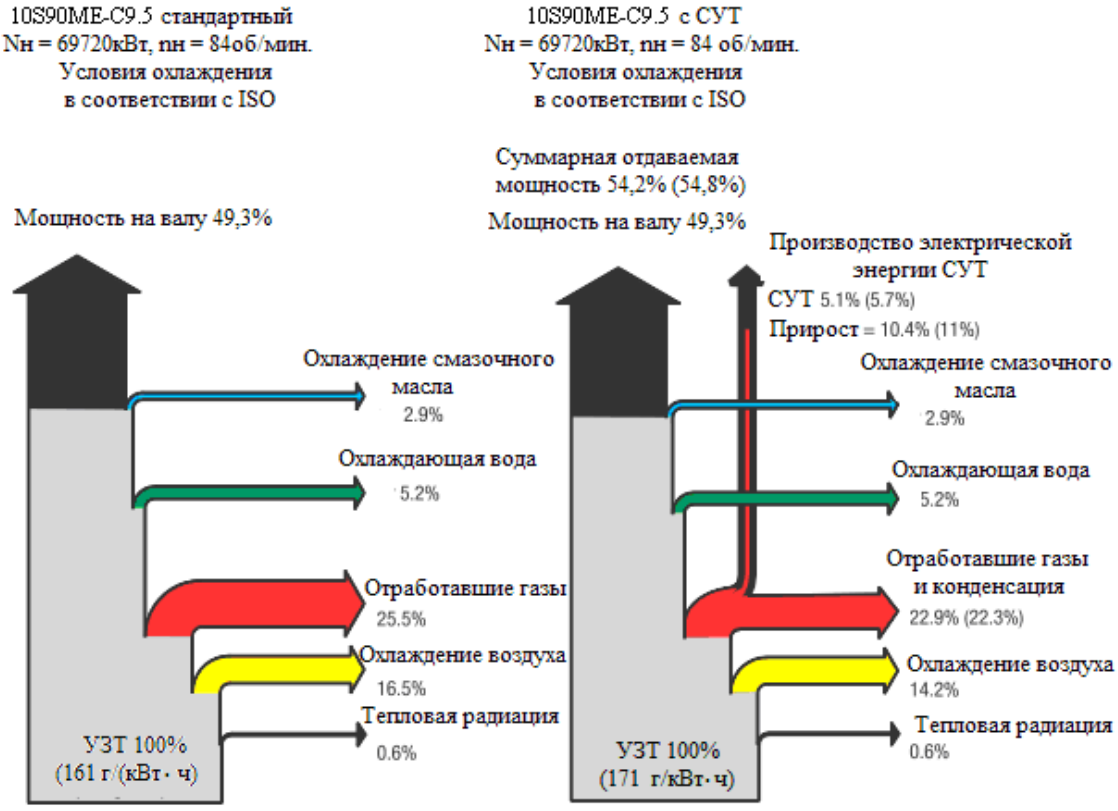


***Рис. 1**. Тепловой баланс ГД с системой утилизации тепла и без нее*

В настоящее время вопросами создания СУТ активно занимаются такие известные фирмы, как SIEMENS (ФРГ) и ABB (Шведско-Швейцарское совместное предприятие),

Mitsubishi (Япония). Среди отечественных исследований в плане СУТ в судовых дизельных установках следует отметить Селиверстова В.М., Маслова В.В., а для других отраслей хозяйственной деятельности следует отметить работы Соколова Я.Е. и Лисиенко В.Г. Существующие методики являются очень сложными, требуют учета очень большого количества исходной информации и, в основном, рассчитаны на судомехаников поскольку вопросы производства всех видов энергии на морских судах, независимо от государственной принадлежности и формы собственности, находятся в их компетенции. Вопросы передачи и распределения электрической энергии, а также контроля показателей ее качества и учета находятся в компетенции судового электромеханика. Поэтому электромеханик должен уметь оценивать генерирующие возможности таких систем.

Цель работы – разработка и обоснование адекватности упрощенной методики определения генерирующей способности системы утилизации тепла главных двигателей морских судов.

Результаты. В стандартной высокоэффективной версии ГД температура ОГ относительно низкая после ТК, и достаточно высокая для производства пара, необходимого для отопления судна с помощью стандартного котла, работающего на ОГ, встроенного в дымовую трубу.

Схема СУТ приведена на рис. 2. Принцип действия системы состоит в следующем: большая часть ОГ 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 ОГ, 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.

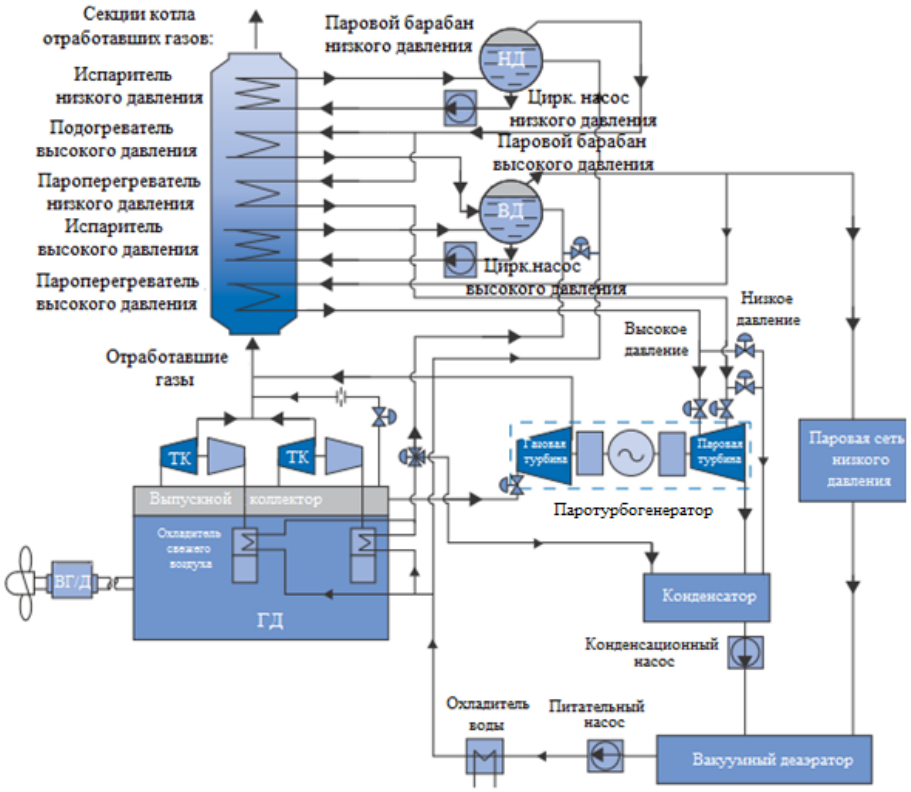


Рис. 2. *Схема системы утилизации и производства электроэнергии на судне*

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), УК и ПТ, предназначенной для выработки электроэнергии. Расчеты ГТ ведутся при помощи зависимостей, используемых для идеального цикла, с последующим упрощенным учетом необратимости процессов. 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.

Основные зависимости, используемые для расчета: температура воздуха, сжимаемого в компрессоре, для случая адиабатического сжатия определяется в соответствии с выражением:

$$T_{2B} = T_{1B}\left(\frac{P_{кл}}{P_B}\right)^{\frac{k-1}{k}}, \tag{2}$$

где $T_{1В}$ – температура окружающего воздуха, К; $P_{КЛ}$ – давление перед впускными клапанами, Па; $P_в$ – давление атмосферного воздуха, Па; k = 1.4 – показатель адиабаты для двухатомных газов.

С учетом необратимости процесса сжатия конечная температура воздуха определяется как:

$$T_{3B} = T_{1B} + \frac{T_{2B} - T_{1B}}{\eta_{oi}^{ГТК}}, \tag{3}$$

где $\eta_{oi}^{ТК}$ - внутренний относительный кпд проточной части компрессора.

Требуемая мощность для привода воздушных ТК:

$$N_{CB} = G_B \cdot c_B \cdot (T_{3B} - T_{1B}), \tag{4}$$

где $G_В$ - расход воздуха через турбокомпрессор (ТК), кг/с; $c_в$ - теплоемкость воздуха, кДж/кг·К.

Температура ОГ 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 $P_{вх}$ – давление газов в ВК после ГД, Па; $T_{1пс}$ – температура продуктов сгорания в ВК, К.

Температура ОГ после расширения в ГТ привода компрессора с учетом необратимости процесса:

$$T_3^{"} = T_{1ПС} - \eta_{oi}^{ГТ\text{-}ТК} \cdot \left(T_{1ПС} - T_{2ПС}\right), \tag{6}$$

где $\eta_{oi}^{ГТ\text{-}ТК}$ - внутренний относительный КПД проточной части ГТ привода ТК.

Мощность, развиваемая на ГТ привода воздушных ТК:

$$N_{CB} = G_{TK} \cdot c_{пс} \cdot (T_{1ПС} - T_3^{"}), \tag{7}$$

где $G_{ТК}$ – расход ОГ, проходящих через ТК, кг/с; $c_{пс}$ – теплоемкость ОГ с учетом их теплоемкости и температуры, Дж/(кг·К).

На основании приравнивания мощностей ТК и приводящей его в движение ГТ, определяется массовый расход ОГ, который необходимо отводить на ГТ привода ТК.

Остальные ОГ отправляются на ГТ, вырабатывающую электроэнергию:

$$G_{ГТ}=G_{пс}-G_{ТК}, \tag{8}$$

где $G_{пс}$ – общий массовый расход ОГ после ГД, кг/с

Температура ОГ после расширения в ГТ, производящей электроэнергию $T_з^{'}$ определяется аналогично случаю расчета ГТ привода ТК с учетом соответствующего значения внутреннего относительного КПД проточной части ГТ.

Мощность ГТ, предназначенной для производства электроэнергии

$$N_{ГТ} = G_{ГТ} \cdot c_B \cdot \left(T_{1ПС} - T_з^{'}\right), \tag{9}$$

Средневзвешенное значение температуры ОГ на входе в УК с учетом смешивания газов после ГТ привода ТК и ГТ, генерирующей электроэнергию, К:

$$T_{ВХ.УК} = \frac{G_{ГТ} \cdot T_3^{'} + G_{ТК} \cdot T_3^{''}}{G_{ПС}}, \tag{10}$$

Количество теплоты, передаваемой в УК производимому пару.

$$Q_{УК} = G_B \cdot c_B \cdot \left(T_{ВХ.УК} - T_{ВДТ}\right), \tag{11}$$

где $T_{ВДТ}$ – температура ОГ 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.

Обсуждение. 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 использовалась программа on-line CEAS Engine Calculation MAN B&W [9]. С ее помощью нами получена информация, необходимая для применения предложенной методики, представленная как в виде графических зависимостей (рис. 3), так и в виде табл.3. Недостаток программы состоит в том, что в ней приведены сведения не все типы ГД и, в случае необходимости, информацию следует дополнительно запрашивать непосредственно у производителя.

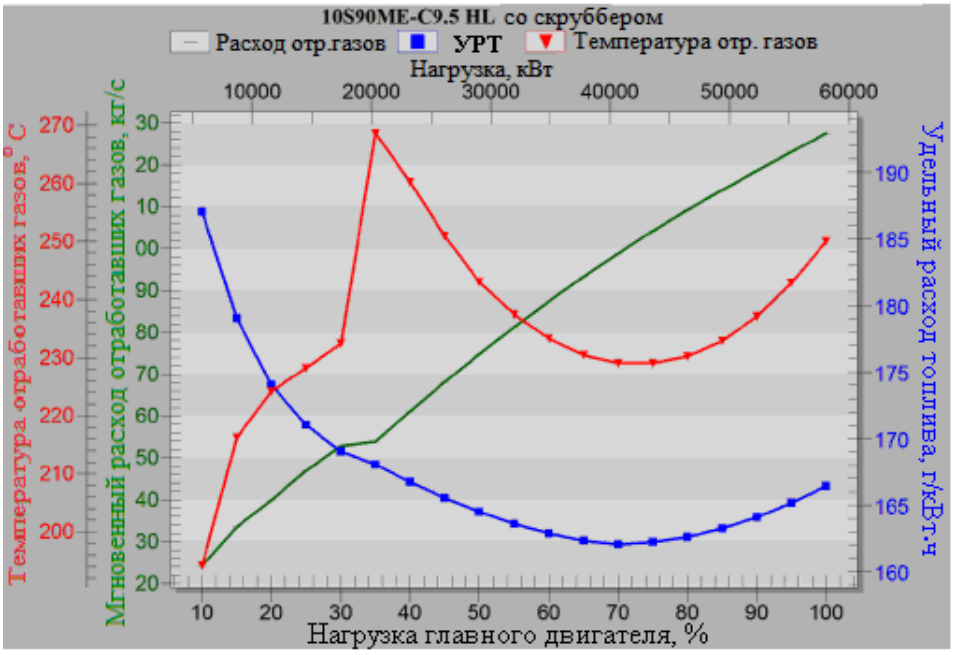


***Рис. 3**. Характеристики главного двигателя MAN 10S90ME-C9.5HL*

Таблица 3

Исходные данные для расчета по приведенной методике

Нагрузка ГД, %	Мощность, кВт	Частота вращения, мин$^{-1}$	Удельный расход топлива, г/кВт·ч	Мгновенный расход газа, кг/с	Давление отработавших газов перед выпускными клапанами, кПа	Температура отработавших газов, К
100	58100	84	166,5	127,5	405	523
90	52290	81,1	164,1	118,7	368	510
80	46480	78	162,6	109,2	336	503
75	43575	76,3	162,2	104,2	322	503
70	40670	74,6	162,1	98,8	302	502
60	34860	70,8	162,9	87,4	261	506
50	29050	66,7	164,5	74,8	221	516

В соответствии с методикой разработанной выше были проведены исследования, позволяющие определять количество энергии, производимой на судне ГТ и ПТ в режимах, отличающихся от приведенных в инструкциях по технической эксплуатации.

Результаты расчетного определения развиваемой мощности элементов СУТ в зависимости от мощности ГД представлены на рис. 4 и в табл.4.

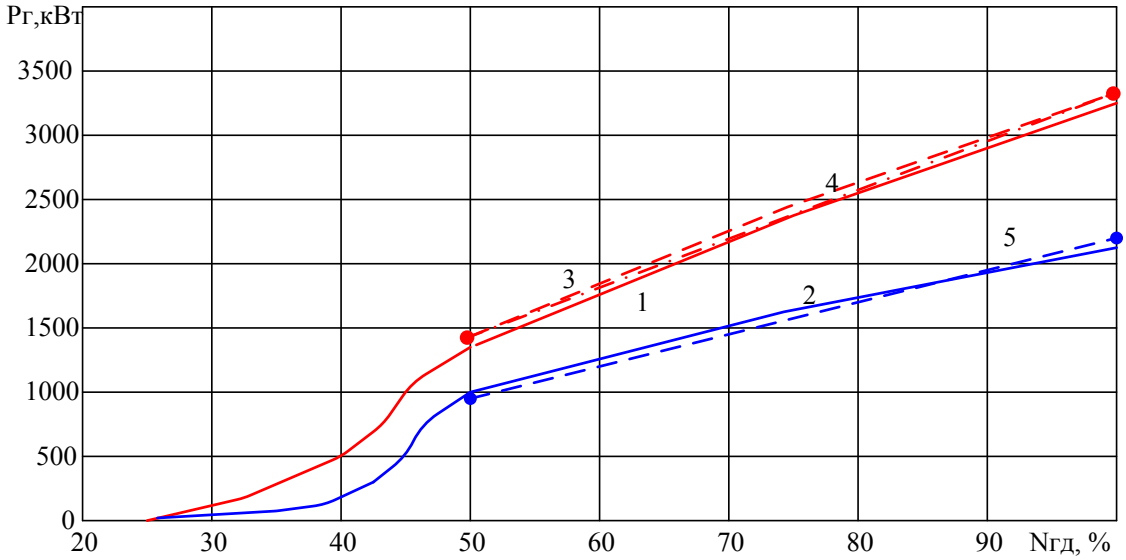


Рис.4. *Генерируемая на судне энергия: 1 - ПТ в соответствии с [11]; 2 - ПТ в соответствии с (11); 3 - ГТ в соответствии с [11]; 4 - ГТ в соответствии с (8)*

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

Кривая мощности, генерируемой энергии при помощи ПТ (3), полученная с помощью предлагаемой методики, находится несколько выше, чем кривая (1). Кривая мощности ГТ (5), полученная с помощью предлагаемой методики практически совпадает с кривой (2). Как указывается в [10] работа ГД с нагрузкой менее 50% номинальной ассоциируется с большими

допущениями и, кроме того в отечественной нормативно-технической документации рекомендуется эксплуатировать ГД в режимах близких к номинальному, т.е. ≈90% [11]. Поэтому при работе ГД в диапазоне 50-90% от номинальной 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. Тогда, для определения мощностей, генерируемых с помощью ПТ и ГТ в режимах отличных от номинального, достаточно будет по данным соответствующих инструкций взять данные для режимов нагрузки 75% и 100% от номинальной 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 [6]. Сравнение данных, полученных по предлагаемой методике и результатами, представленными в открытой печати, не превышают 5%, что является вполне допустимым.

Анализ рис.1 показывает, что еще одним из перспективных направлений является получение электрической энергии из тепла воды, охлаждающей ГД, которая составляет 5,2% от общего баланса тепловой мощности, на основании использования т.н. органического цикла Ренкина (ОРЦ). Охлаждающая вода от двухтактного дизельного двигателя имеет тысячи киловатт тепла, но ее трудно преобразовать в электроэнергию из-за низкой температуры, которая имеет температуру ниже 100^{o}C (точка кипения воды), и поэтому ранее, впустую сливалась в океан.

В новой системе утилизации отработанного тепла Mitsubishi и фирмы Calnetix Technologies, которая является партнером MHI-MME, приведенной в [12] и на рис.5, в США в 2015 г. был получен сертификат соответствия от Class NK и Lloyd Register. В ней вместо воды используется синтетическая органическая рабочая жидкость. Она имеет низкую температуру кипения - 15°C. Следовательно, рабочая жидкость может испаряться теплом от воды охлаждающей двигатель, и может приводить в движение турбогенератор для выработки электроэнергии. Охлаждающая среда: безвредная среда с низкой температурой кипения (R245fa). Встроенный силовой модуль, бак для жидкости, насос и испаритель установлены на общей раме с минимальной длиной труб, а конденсатор на отдельной раме (рис.4.6).

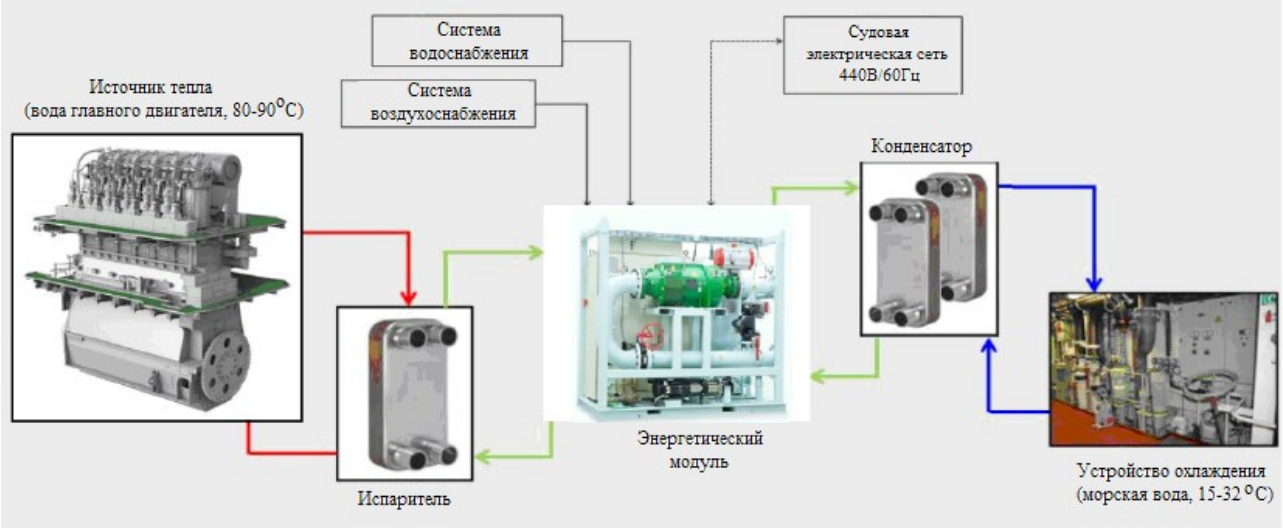


Рис. 5. *Паротурбинная установка на низкокипящем рабочем теле*

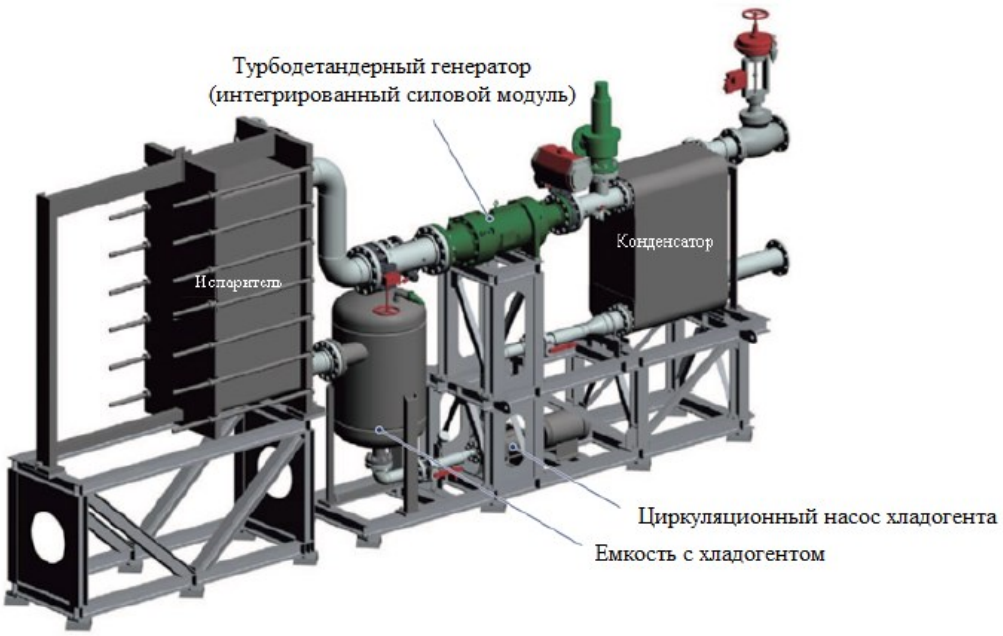


Рис. 6. *Энергетический модуль*

Ротор турбины детандера непосредственно интегрирован с генератором на постоянных магнитах в герметически закрытом корпусе и поддерживается магнитными подшипниками без трения (рис.7). Расширенный газ после турбины охлаждает генератор, проходя через зазор между статором и ротором, поэтому внешнее охлаждение не требуется.

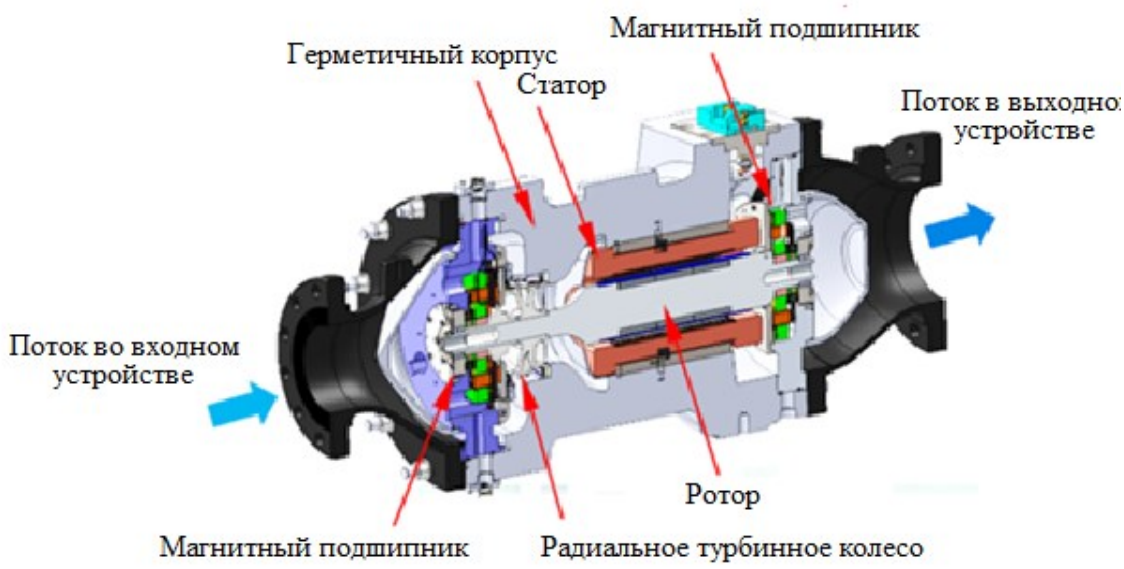


Рис. 7. *Герметичный силовой модуль*

Технические характеристики энергетического модуля представлены в табл.5, а генерируемая мощность на рис.8.

Например, для ГД MAN7S65ME-C8.2-TII при расходе охлаждающей жидкости $Q_{ож}$=162,5м^3/ч генерируемая мощность составит 120кВт. Порядок построений представлен на рис.8.

Таблица 5

Технические характеристики энергетического модуля

Отдаваемая мощность, кВт	125
Напряжение, В	380–480
Частота, Гц	50/60
ширина х длина х высота, м	1,3x7,5x3,5
Чистая масса, кг	8600
Охлаждающая вода	Морская или пресная вода
Рабочее тело (охладитель)	R245fa
Температура горячей воды, °С	75–95
Производительность системы горячей воды, т/ч	150–200
Температура охлаждающей воды	5–30
Производительность системы холодной воды, т/ч	150–250
Частота вращения ротора, об/мин	24500
Тип подшипников	Магнитный контролируемый
Тип ротора	Постоянный электромагнит
Тип турбины	Радиальная турбина

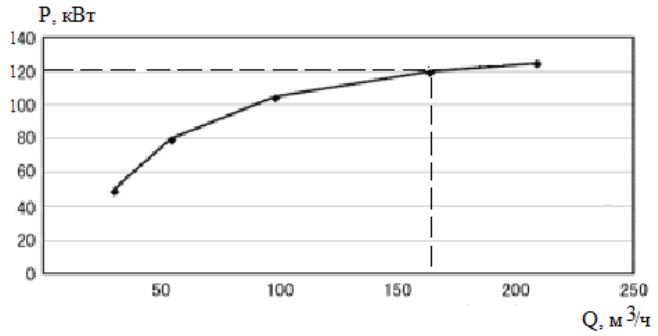


Рис. 8. *Зависимость произведенной электрической энергии от расхода охлаждающей ГД жидкости*

Выводы.

1. Предлагаемая методика, позволяет определять количество генерируемой энергии на судне в режимах, отличающихся от данных приведенных в ИТЭ для любых типов главных двигателей, на которых применяются системы утилизации тепла отработавших газов.

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. Информация, приведенная в ограниченном виде в соответствующих инструкциях, является достаточной не только для оценки генерирующих возможностей ГД при номинальной нагрузке, но и для подтверждения соответствия главной энергетической установки требованиям конвенции MARPOL 73/78 в части повышения энергоэффективности судна и сокращения выбросов ПГ (при нагрузке 75%).

4. Суда, использующие системы утилизации тепла на основе ОРЦ могут получить дополнительно от 50 до 125кВт электрической энергии в зависимости от расхода охлаждающей жидкости, который, в свою очередь зависит от мощности ГД. Также при этом экономится топливо. Если принять удельный расход топлива, например для среднеоборотных двигателей 200г/кВт·ч [13], то эта экономия составит 0,1 - 0,6т/сут. дизельного топлива.

5. Применение приведенных выше систем позволяет сократить выбросы CO_2 за счет снижения нагрузки на судовые дизель-генераторы.

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/Fithteenth 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.И., Кравцов В.В., Волкова О.Г. Техническая термодинамика: Учебное пособие. – 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/two-stroke/ceas. Дата обращения 30.01.20.
10. https://marine.man-es.com/ applications/ projectguides/ 2stroke/content/ printed/ S90ME-C9_2.pdf. Дата обращения 29.01.20
11. 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.
12. Marine machinery & engine. Mitsubishi heavy industries. No.1 (2013)/https://www.mhimme.com/cms_docs/products-en.pdf. Дата обращения 29.01.22.
13. Труднев, Сергей Юрьевич. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: Судовые источники электрической энергии. Часть I : [Электронный ресурс]: учебное пособие / С. Ю. Труднев, А. Н. Рак, А. А. Марченко. – Текстовое (символьное) электронное издание. – Новокузнецк: Издательство «Знание-М», 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Сист. требования: IBM PC, любой, более 1GHz; 512Мб RAM; 10Мб HDD; MS Windows XP и выше; CD/DVD-ROM дисковод, мышь; Adobe Reader 8.0 и выше.– 236 с.

Məqalə qəbul olunub: 11.03.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.M.Qafarov

UOT 629.12.066

ELEKTRİK ENERJİSİ SABİT CƏRƏYANLA PAYLANILAN GƏMİ ELEKTROENERGETİKA SİSTEMLƏRİNDƏ QISAQAPANMA CƏRƏYANLARININ HESABATININ NƏZƏRİ MƏSƏLƏLƏRİ

Səlimova A.K., Sultanov E.F., İsmayılov S.S.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: afag_sk@mail.ru, elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru

Xülasə. *Məqalədə elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylanılan gəmi elektroenergetika sistemlərində qısaqapanma cərəyanlarının axınının nəzəri məsələlərinə baxılmışdır. Bu sistemlərdə elektrik enerjisi, çıxışlarına yarımkeçirici düzləndiricilər qoşulmuş üçfazalı sinxron generatorlar vasitəsi ilə istehsal edilir, elektrik enerjisinin paylanması isə sabit cərəyanla həyata keçirilir. Dəyişən cərəyan avar elektrik mühərrikinin və ümumi gəmi elektrik enerjisi qəbuledicilərinin qidalanması üçün yarımkeçirici invertorlar istifadə olunur.*

Abstract. *The theoretical issues of short-circuit current flow in ship power systems where electricity on the direct current is distributed, are discussed in the article. These systems use three-phase synchronous generators connected to semiconductor rectifiers to generate electricity, distribute electricity on the direct current, and use semiconductor inverters to power the alternating current paddle electric motor and common ship power receivers.*

Аннотация. *Рассмотрены теоретические вопросы протекания токов короткого замыкания в судовых электроэнергетических системах с распределением электроэнергии на постоянном токе. Здесь выработка электроэнергии производится трехфазными синхронными генераторами, с подключенными полупроводниковыми выпрямителями. Ввиду того, что распределение электрической энергии осуществляется на постоянном токе, для питания гребного электродвигателя переменного тока, а также других судовых потребителей используются полупроводниковые инверторы.*

Açar sözlər: *gəmi elektroenergetika sistemləri, elektrik enerjisinin paylanması, yarımkeçirici tezlik çeviriciləri, avar elektrik qurğuları, qısaqapanma, elektrik cərəyanı*

Key words: *ship power systems, power distribution, semiconductor frequency converters, oar electrical installations, short circuit, electric current*

Ключевые слова:*. судовые электроэнергетические системы, распределение электроэнергии, полупроводниковые преобразователи частоты, гребные электрические установки, короткое замыкание, электрический ток*

Giriş. Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan gəmi elektroenergetika sistemlərində qısaqapanma (QQ) cərəyanlarının hesabatında ənənəvi üsullar uyğun gəlmir. Bu onunla bağlıdır ki, bu sistemlərdə generator dəyişən fırlanma tezliyi ilə işləyir, lakin avar elektrik mühərriki (AEM) avtonom invertorların əks diodları vasitəsilə baş paylayıcı şitin (BPŞ) şinlərində qısaqapanmanın baş verdiyi yeri qidalandıra bilər. Sinxron generatorun fırlanma sürətinin azalması zamanı qısaqapanma cərəyanı artır. Qısaqapanma baş verdiyi əraziyə AEM-dən dəstəkləyici qida cərəyanının qiyməti, onun fırlanma tezliyindən və yüklənməsindən asılıdır [1, 2, 3].

Avar elektrik qurğularını (AEQ) qidalandıran yarımkeçirici invertorlarının girişində yerləşən kondensatorlar qısaqapanma cərəyanlarına əhəmiyyətli təsir göstərir. Qısaqapanma cərəyanlarının hesabatında, girişində kondensatorlar yerləşmiş yarımkeçirici invertorlardan qida alan ümumi gəmi elektrik enerjisi qəbuledicilərindən dəstək cərəyanını nəzərə almaq lazımdır. Məqalədə elektrik enerjisinin paylaşdırılması sabit cərəyanla yerinə yetirilən gəmi elektroenergetika sistemlərində

qısaqapanma cərəyanlarının fiziki prosesləri nəzərdən keçirilir. Bu sistemlərdə qısaqapanma cərəyanlarının hesabatı üzrə tövsiyələr hazırlanmışdır.

Əsas hissə. Hal-hazırda bir çox inkişaf etmiş ölkələrdə vahid elektrotroenerji sistemi (VEES) və elektrik enerjisinin paylanması sabit cərəyanla olan, "*Onboard DC Grid"* adı verilmiş gəmilər istismara verilir. Bu gəmilərdə gəmi elektrik stansiyası BPŞ və tiristor düzləndiriciləri vasitəsilə işləyən dizel generatorlardan ibarətdir. Burada iki azipodun (elektrik mühərriki gəminin gövdəsi xaricindəki kapsulada yerləşən reduktorsuz vintli hərəkətverici sistemi) hər biri avtonom invertorlardan qidalanır.

Mühafizə-kommutasiya avadanlıqlarının seçilməsi və BPŞ yığma şinlərinin dinamik dayanıqlığının yoxlanılması məqsədilə qısaqapanma cərəyanlarının hesabatı texniki layihələndirmə mərhələsində normativ sənədlərdən istifadə etməklə aparılır. Elektrik hərəkətverici sistem (EHS) əsasında ənənəvi vahid gəmi elektroenergetika sistemili gəmi (VGES) şəkil 1-də göstərilmişdir [4, 5].



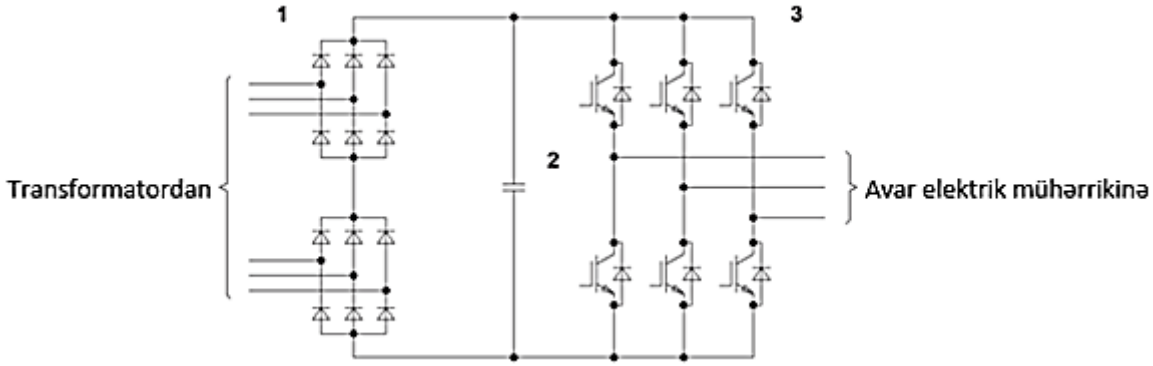
Şəkil 1. *Elektrik hərəkətverici sistemi* (*EHS) əsasında vahid elektroenergetika sistemli gəminin görünüşü*

Metodlar və materiallar. Gəmi elektrik enerjisi sistemlərində qısaqapanma cərəyanlarının hesabatına ənənəvi üsullarla yanaşma elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırıldığı halda tətbiq edilə bilməz, bu da bir sıra səbəblərlə, xüsusilə də, dönmə (əks) qabiliyyətinə malik olan müasir yarımkeçirici çeviricilərin düzləndirici və invertorların tətbiqi ilə bağlıdır [3, 4, 5].

Ənənəvi avtonom GEES -in tərkibinə iki və ya daha çox generatordan ibarət aqreqatlar, bir qayda olaraq, dizel generatorları, BPŞ və alçaldıcı transformatorlar daxildir. QQ cərəyanlarının hesabatı generatorların tək və paralel işində məlum metodikalar əsasında aparılır. QQ cərəyanlarının hesabatı zamanı ekvivalent elektrik mühərriki şəklində göstərilən gəmi işlədicilərinin dəstəkləyici cərəyanı nəzərə alınır. Qeyd etmək lazımdır ki, vahid elektroenergetika sistemlərinin yaranması QQ cərəyanlarının hesabatına olan yanaşmanı dəyişməyib.

Elektrik hərəkətverici sistemi (EHS) əsasında VEES -nin tərkibinə generator aqreqatı (GA) və BPŞ olan gəmi elektrik stansiyası daxildir. EHS iki və ya daha çox avar elektrik intiqallarından ibarətdir. Müasir AEQ tərkibinə, bir qayda olaraq üçdolaqlı, birləşdirici transformatorlar, sabit cərəyan bəndli yarımkeçirici tezlik çeviriciləri, sinxron və ya asinxron tipli üçfazalı dəyişən cərəyan avar elektrik mühərrikləri daxildir [6, 7].

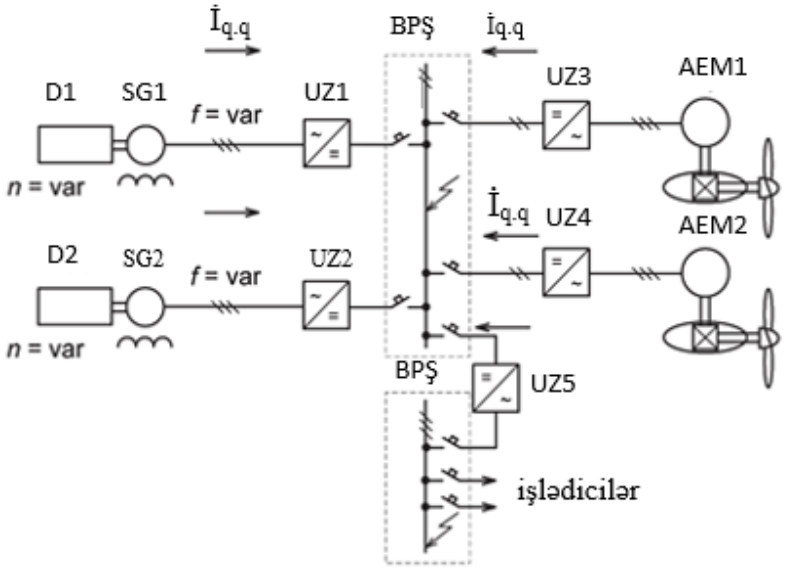
Gəmilərdə idarə edilməyən düzləndirici və avtonom invertorların bazasında qurulmuş sabit cərəyan bəndli və iki istiqamətli yarımkeçirici tezlik çeviricisi tətbiq olunduğundan, QQ cərəyanı AEM–dən BPŞ-də QQ nöqtəsinə axmır. VEES-nin məlumatlarında QQ cərəyanlarının hesabatı avtonom GEES-lər üçün olduğu kimi həyata keçirilir. Bir istiqamətli yarımkeçirici tezlik çeviricisinin elektrik sxemi şəkil 2-də təqdim edilmişdir.



Şəkil 2. *Sabit cərəyan bəndli əks əlaqəsi olmayan yarımkeçrici tezlik çevricisinin struktur sxemi*
1 - tənzimlənməyən düzləndirici; 2 - kondensator; 3 - avtanom invertor

Nəticələr və müzakirələr. Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan EHS olan gəmi elektroenergetika sistemlərinin qurulması QQ cərəyanlarının hesabatına yanaşmalara prinsipial təsir göstərən bir sıra xüsusiyyətlərə malikdir. VGES -nin məlumatlarında üçfazalı GA dəyişən elektrik enerjisi istehsal edir ki, bu da düzləndiricidən keçərək BPŞ şinlərinə daxil olur. BPŞ-dən sabit cərəyan elektrik enerjisi avtonom invertorlar vasitəsilə dəyişən cərəyana çevrilərək AEQ -nu və ümumi gəmi elektrik qəbuledicilərini qidalandırır [7, 8, 9].

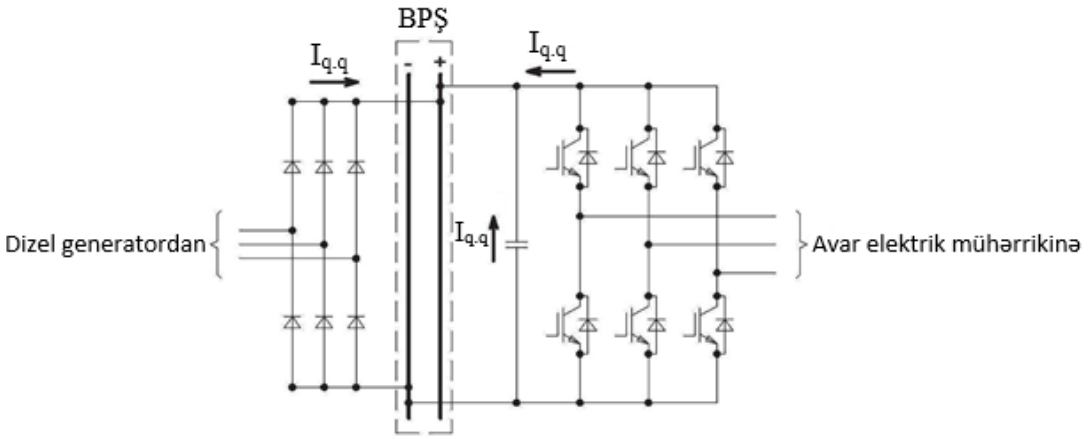
Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan EHS olan VGES -nin struktur sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. *Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan gəmi elektroenergetika sistemlərinin struktur sxemi*

İntiqallı mühərrik, dəyişən cərəyan generatoru və yarımkeçirici düzləndiricidən ibarət olan ventilli GA-nın istifadəsi yanacağa əhəmiyyətli dərəcədə qənaət etməyə imkan verir. Bu pay yükü ilə işləyən və ya yüksüz işləmə gücünə yaxın güclə işləyən zamanı GA-nın istismar tezliyinin azalması hesabına əldə edilir.

Ənənəvi GEES -də generatorlar nominal fırlanma tezliyi ilə işləyir və bu QQ cərəyanlarının hesabatında nəzərə alınır. Fırlanma tezliyi azalmasının nəticəsi olaraq elektrik cərəyanının tezliyi azaldıqda üçfazalı generatorun induktiv müqaviməti azalır və QQ cərəyanları artır. Beləliklə, GA dəyişən fırlanma tezliyi ilə işlədikdə QQ cərəyanlarının hesabı intiqal mühərrikinin minimal istismar fırlanma tezliyində yerinə yetirilməlidir.



Şəkil 4. *İnvertor girişli sabit cərəyan BPŞ -nin qısaqapanma nöqtəsinin qoşulma sxemi*

Yarımkeçirici düzləndiricinin daxili müqaviməti generatorun müqavimətindən əhəmiyyətli dərəcədə azdır. Bununla əlaqədar olaraq, QQ meydana gəldiyi zaman, düzləndirici minimal cərəyan məhdudlaşdırıcı təsir göstərir və yarımkeçirici ventillərin (diodlar, tiristorlar, tranzistorlar) müqavimətləri QQ cərəyanını hesabladıqda nəzərə alınmaya bilər. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, tiristorlar və tranzistorlar maksimal buraxılabilən nominal cərəyanların yüksəlməsinə imkan vermir və QQ prosesində kommutasiya oluna bilməzlər, lakin müəyyən zaman intervalında (Joul inteqralı) I^2t inteqralının qiyməti yalnız güc diodları üçün sorğu məlumatlarında təqdim olunur

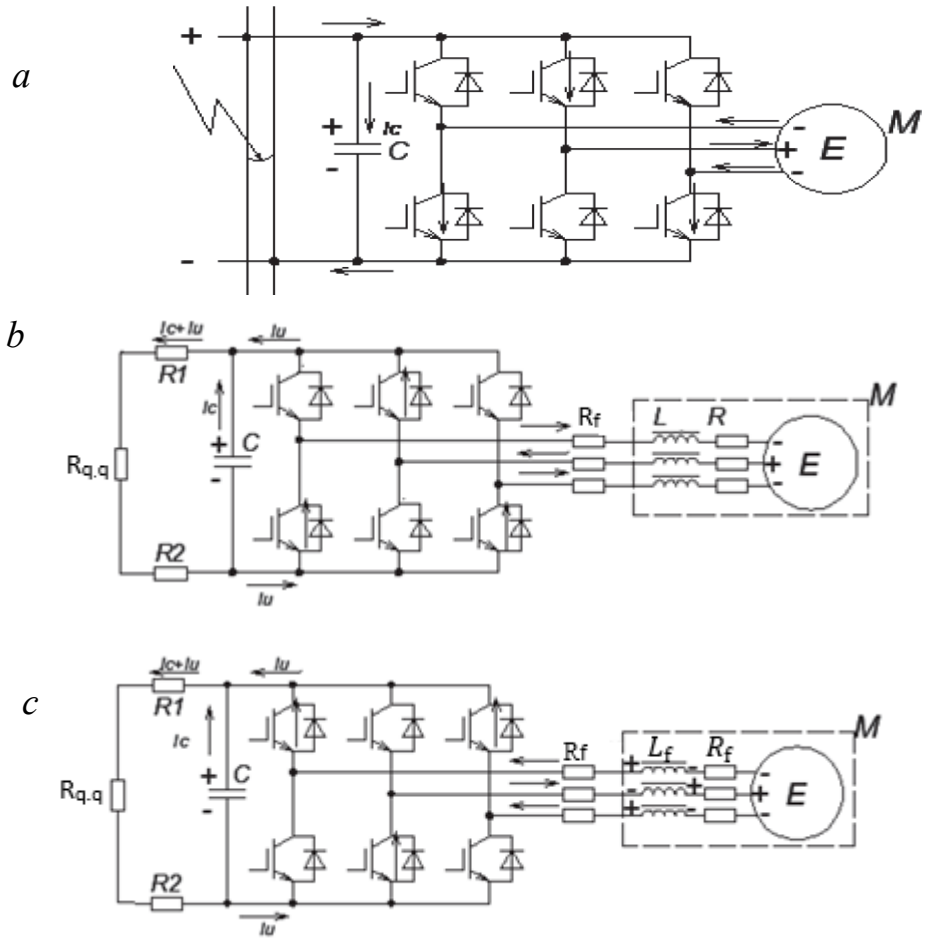
Buna görə də, tərkibində göstərilən yarımkeçirici elementləri olan paylayıcı qurğuların şinlərinə qoşulan avadanlıq QQ rejimi üçün hesablanmalıdır. Sabit cərəyan BPŞ -dən əks əlaqəli və hər iki istiqamətdə elektrik cərəyanını keçirən avtonom invertorlar qidalanır. BPŞ şinlərindəki QQ cərəyanının həcminə əhəmiyyətli təsir göstərdiyinə görə bu şərait prinsipial olaraq zəruridir. Generatordan axan QQ cərəyanlarına çevirici vasitəsilə AEM –dən axan QQ -nin dövri komponenti əlavə edilir. Bununla yanaşı, AEQ -nin məlumatlarında ənənəvi GEES -də QQ cərəyanlarına cərəyan məhdudlaşdırıcı təsir göstərən əlaqələndirici transformatorlar yoxdur.

Qeyd etmək lazımdır ki, GEES-də olan AEM -in gücü müqayisə ediləbiləndir və onun gücü çox vaxt əsas generatorların gücündən artıq olur. Bununla yanaşı, hər bir gəmi elektroenergetik sistemində Rusiya Dəniz Regestrinin qaydalarına uyğun olaraq, ən azı iki AEQ tətbiq edilir. AEM -i dəyişən fırlanma tezliyi ilə istismar olunur. Qəza rejimində QQ avar vintinin istənilən fırlanma tezliyində baş verə bilər. Əgər ventil generatorlarının çıxışında gərginlik sabitdirsə, o zaman avtonom invertorun çıxışında gərginlik və həm də AEM-nin əks EHQ nominal qiymətdən fərqlənə bilər [7, 8, 9].

Bu tip GEES -də elektrik enerjisinin paylanmasının güc sxemi şəkil 4-də göstərilmişdir.

Şəkil 5(a)–da göstərilən sxemdə AEM -i invertordan dəyişən cərəyan elektrik enerjisini aldıqda QQ rejimindən əvvəlki müddətdə elektrik intiqalının normal işi təqdim edilir. 4÷5 kHz ətrafında daşıyıcı tezlik ilə hərəkət edən invertorun üç tranzistoru modulyasiya tezliyi dövründə (məsələn, 50Hz) altı keçirici konfiqurasiyanı dəyişir. Həmçinin, şəkil 5 (a)-da şərti olaraq mühərrikin ani qütblülüyü və təsadüfi konfiqurasiyanın keçirici tranzistorlarının cərəyanlarının istiqamətləri oxlarla göstərilmişdir. C tutumlu kondensator batareyasının elektrik yükünün *Ic* budaqlanmış cərəyanlı invertoru və növbəti QQ yeri oxlarla göstərilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, kondensator və ya kondensator batareyası invertorun məcburi hissəsidir, parazit induktivliyi minimuma endirmək üçün tranzistorların çıxışlarına qütblər arasında birbaşa bağlanır və tranzistorların kommutasiyası zamanı xarici zəncirlərin induktiv reaksiyasını aradan qaldırmağa xidmət edir [9, 10].



Şəkil 5. *Avar elektrik intiqalının sxemi*
a - QQ rejimindən əvvəlki zamana uyğun; b - paylayıcı şitin şinlərində QQ baş verdiyi an;
c - baş elektrik mühərrikinin EHQ -dən QQ nöqtəsiinin qidalanması rejimi

QQ-nin baş verdiyi anda (bax şəkil 5(b) -yə) toplanmış elektrik enerjisi hesabına cərəyanın istiqaməti və qiymətini saxlayan dolaqların L_{ϕ} özünə induktivliyinin EHQ hesabına AEM-nin öz EHQ qarşı qütblülüyü dəyişməz qalır. Bu qiymət QQ anında induktivlik və ondan axan cərəyandan asılıdır.

$$W = LI^2/2$$

Elektrik maşınının faza dolaqlarının induktivliyin bir-biri ilə eyni olduğunu nəzərə alsaq, Kirxhof qanununa görə gələn cərəyan çıxan cərəyanların cəminə bərabərdir:

$$I_2 = I_1 + I_3 = kI_2 + (1-k)\,I_2;$$

$$W_{\Sigma} = W_1 + W_2 + W_3 = 1/2L_{\phi}[(kI_2)^2 + (I_2)^2 + \{(1-k)\,I_2\}^2],$$

Burada: 1, 2, 3 -faza dolaqlarının şərti nömrələridir.

Tranzistorların işi mühafizə qurğusu ilə bloklanır, lakin faza cərəyanları əks diodlar vasitəsilə axır. Kondensator batareyası Ic cərəyanı ilə R, R_{QQ}, R2 dövrəsi boyunca QQ nöqtəsinə boşalır və invertorun *Iu* cərəyanı ilə toplanır. Dolaqların L_{ϕ} induktivliyinin boşalmasından sonra (bax şəkil 5 (c)-yə) QQ nöqtəsini *Ic* cərəyanı və M maşının EHQ səbəbindən yaranan cərəyanlar qidalandırır. QQ nöqtəsinin qidalanması, həmçinin ümumi gəmi elektrik qəbuledicilərindən girişində kondensatorlar quraşdırılmış yarımkeçirici invertorlar vasitəsilə baş verir.

Nəticə.

1. Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan gəmi elektroenergetika sistemlərində qısaqapanma cərəyanlarının hesabatı standart üsul və metodikalar vasitəsilə aparıla bilməz.
2. Elektrik enerjisi sabit cərəyanla paylaşdırılan gəmi elektroenergetika sistemlərində QQ cərəyanlarının hesabatı ventil GA -nın minimal və maksimal fırlanma tezliyi ilə həyata keçirilməlidir. Yarımkeçirici düzəldici ventillərin daxili müqaviməti kiçik olduğundan nəzərə alınmır. Maksimal QQ cərəyanları ventil GA -nın minimal fırlanma tezliyində gözlənilir.
3. Sabit cərəyan şəbəkəsində QQ cərəyanının hesabatı zamanı QQ yerinin yarımkeçirici invertorlar vasitəsilə AEM -dən dəstək cərəyanının qidalandırılmasını nəzərə almaq lazımdır. QQ cərəyanlarının hesabatı AEQ -nın müxtəlif əməliyyat rejimlərində aparılmalıdır.
4. QQ cərəyanlarının hesabatı zamanı həm AEM-ni, həm də ümumi gəmi elektrik qəbuledicilərini qidalandıran yarımkeçirici gərginlik invertorlarının girişində yerləşən kondensatorların boşalma cərəyanları nəzərə alınmalıdır. Kondensator batareyaları həmçinin GA -nın düzləndiricilərinin çıxışında yerləşdirilə bilər və ya BPŞ yığma şinlərinə birləşdirilə bilər.
5. QQ cərəyanlarının konturunda yarımkeçirici elementləri olan paylayıcı qurğularının şinlərindən qidalanan avadanlıq sabit cərəyan elektrik enerjisi mənbəyində QQ zamanı ən ağır iş rejimlərində istehsalçı tərəfindən sınaqdan keçirilməlidir.

Ədəbiyyat

1. Mehdiyev H.A. “Gəmilərin avtomatlaşdırılmış elektroenergetika sistemləri”. Bakı: ”Nurlan”, 2006-340 səh.
2. Sultanov E.F., Cəlilov T.A. “Müasir gəmi elektrik stansiyaları və şəbəkələri”, Bakı, ADDA, 2018-330 səh.
3. Лёмин П.А., Пруссаков А.В., Григорьев А.В. “Эксплуатация судовых систем электроснабжения”. Учебное пособие Санкт-Петербург: ГМА им. Адм. С.О.Макаров, 2009-180 стр.
4. Григорьев А.В. Перспективы внедрения вентильных газотурбогенераторов на морском флоте /А.В. Григорьев, Р.Р. Зайнуллин, С.М. Малышев // Вестник Государственного университета морскогои речного флота имени адмирала С.О. Макарова -2016. -№ 1 (35). -стр. 165–169.
5. Григорьев А.В. Опыт эксплуатации электроэнергетической установки гидрографического судна «Вайгач» / А.В. Григорьев, Е.А. Глеклер, А.И. Лившиц, Д.И. Улитовский // Судостроение. -2010.-№ 6.- стр. 29–30.
6. Григорьев А. В. Единая электроэнергетическая установка малого гидрографического судна «Вайгач»: опыт проектирования и результаты испытаний / А. В. Григорьев // Российский морской регистр судоходства.- 2008.- № 31.-стр. 271–78.
7. Гольдштейн М.Е. Функции передачи постоянного тока на базе преобразователей напряжения в режиме установившегося короткого замыкания в энергосистеме / М.Е. Гольдштейн, Н.В. Корбуков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика.- 2015.-Т. 15.- № 3. стр. 20–24.
8. Приходько В.М. Особенности расчетов токов короткого замыкания с учетом сопротивления электрической дуги в судовых электроэнергетических системах / В. М. Приходько, И.В. Приходько, В.Ю. Лучкин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова.- 2016.- № 5 (39).- стр. 185–195.
9. E.F. Sultanov, F.V. Məmmədova “Gəmi elektronikası və güc çeviriciləri”. Dərs vəsaiti. Bakı, ADDA, 2020-170 səh.
10. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / М.: Техносфера. 2011-576 с.

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

GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ

UOT 628.12.15:621.311.22

DUZLU SULARIN NANOSÜZÜLMƏ ÜSULU İLƏ YUMŞALDILMASI TEXNOLOGİYASININ TƏDQİQİ

Əhmədova C.A., Məlikov T.C.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 20
E-mail:ahmedova_cahan1975@mail.ru

Xülasə. *Məqalədə göstərilmişdir ki, Abşeron yarımadasının dənizkənarı rayonlarının istiləşdirmə sistemlərinin əlavə suyu membran texnologiyaları əsasında Xəzər dənizi suyundan hazırlana bilər. Bununla əlaqədar membran texnologiyalarının ixtisaslaşdırılmış "ROSA" kompüter proqramı vasitəsilə dəniz suyunun yumşaldılması və şirinləşdirilməsi üçün müasir nanosüzülmə texnologiyasının imkanları tədqiq edilmişdir. Proqramda qeyd olunan texniki parametrlərinə görə nanosüzülmə üçün NF90-400 və NF270-400, əks-osmos üçün BW30-400 markalı membranlar seçilmiş və onların müqayisəvi təhlili aparılmışdır.*

Abstract. *The article states that make-up water for heating networks of the coastal regions of the Absheron Peninsula can be prepared from the water of the Caspian Sea based on membrane technologies. In this regard, the possibilities of modern nanofiltration technology for softening and desalination of sea water were studied using a specialized computer program "ROSA". According to the technical parameters specified in the program, NF90-400 and NF270-400 membranes for nanofiltration and BW30-400 for reverse osmosis were selected and their comparative analysis was carried out.*

Аннотация. *В статье указано, что подпиточная вода для теплосетей прибрежных районов Апшеронского полуострова может быть приготовлена из воды Каспийского моря на основе мембранных технологий. В связи с этим были изучены возможности современной технологии нанофильтрации для умягчения и опреснения морской воды с помощью специализированной компьютерной программы «ROSA». По техническим параметрам, указанным в программе были подобраны мембраны NF90-400 и NF270-400 для нанофильтрации и BW30-400 для обратного осмоса и проведен их сравнительный анализ.*

Açar sözlər: *dəniz suyu, nanosüzülmə, yumşaldılma, şirinləşdirmə, əks-osmos, membran*

Key words: *sea water, nanofiltration, softening, desalination, reverse-osmosis, membrane*

Ключевые слова: *морская вода, нанофильтрация, умягчение, опреснение, обратный-осмос, мембрана*

Giriş. Bütün dünyanın və Azərbaycan Respublikasının qlobal problemlərindən biri şirin su qıtlığıdır. Abşeron yarımadasında bu problem daha kəskin xarakter daşıyır və Xəzər dənizi suyunun şirinləşdirilməsini aktuallaşdırır. Buna səbəb əhalinin artması, xalq təsərrüfatı və sənaye müəssisələrinin inkişafıdır. Problemin həlli kimi, 2010-cu ildə ölkə prezidenti tərəfindən sahil kənarı rayonlarda irimiqyaslı şirinləşdirici qurğuların quraşdırılmasına göstəriş verilmişdir. Bir çox ölkələrdə, Səudiyyə Ərəbistanı, Qətər, İsrail, İspaniya və digər ölkələrdə su qıtlığı problemi okean və Aralıq dənizi sularının şirinləşdirilməsi ilə həll olunub [1].

Şirinləşdirmə təcrübəsi göstərir ki, şirinləşdirmə texnologiyalarının seçimində nəzərə alınacaq kriteriyalar enerji xərclərinin aşağı olması və qurğunun istismarının sadəliyidir. Bunları nəzərə alaraq sənaye miqyasında əks-osmos şirinləşdirmə texnologiyalarına geniş yer verilir və hal-hazırda tətbiqi

60%-dən yüksəkdir [1]. Termiki üsullardan buxar kompressiyalı, və eləcədə utilizasiyalı şirinləşdirmə texnologiyaları üstünlük təşkil edir.

Ədəbiyyatda verilən məlumatların təhlili göstərir ki, enerji səmərəlilik və az tullantılı membran texnologiyası kimi nanosüzülmə böyük maraq doğurur. Təqdim olunan işdə Xəzər dənizi suyunun nanosüzülmə texnologiyası ilə tədqiqinin nəticələri gətirilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, nanosüzülmə (NF-nanofiltration) ilkin olaraq səth və yeraltı sulardan içməli suyun hazırlanması, və eləcədə çirkab suların təmizlənməsi məqsədilə işlənilmişdir. NF membranlarının ikivalentli ionlara (Ca^{2+}, Mg^{2+} və SO_4^{2-}) görə selektivliyi kifayət qədər yüksəkdir (74,2÷98,6%). Beləliklə nanosüzülmə prosesində su yumşaldılır, sulfatsızlaşdırılır və qismən duzsuzlaşdırılır [2].

Texnologi sxemlər və tədqiqat üsulları. Ədəbiyyatda verilənlərə görə duzlu suların şirinləşdirmə sistemlərində nanosüzülmədən termiki və əks-osmoslu şirinləşdirmə mərhələlərində ərpin yaranmasının qarşısını almaq, və eləcədə birbaşa şirinləşdirmə məqsədilə istifadə etmək olar.

Duzluluğu 20÷50 q/dm^3 olan suların termiki və əks-osmoslu şirinləşdirilməsindən öncə ikipilləli nanosüzülmə üsulu ilə yumşaldılma texnologiyasına əsaslanan şirinləşdirmə üsulu patentləşdirilmişdir [3]. İş [4]-də Fars körfəzinin suyunun şirinləşdirilməsində yüksək temperaturlu (90÷120^{0}C) ani qaynama buxarlandırıcılarında antiərplərdən imtina etmək imkanının olduğu göstərilmişdir.

Tədqiqat işləri hesablama-analitik yolla aparılmış və Xəzər dənizi suyunun şirinləşdirilməsində sulfat probleminin nanosüzülmə ilə həllinin mümkünlüyü göstərilmişdir [5].

Duzlu suların, əsasən də Xəzər dənizi suyunun nanosüzülmə ilə birbaşa şirinləşdirilməsi sahəsində az sayda tədqiqatlar aparılmışdır. İş [6]-da göstərilmişdir ki, okean suyunun ikipilləli nanosüzülmə ilə enerji sərfini və ərpin yaranmasını azaltmaqla yanaşı optimal şəraitdə həm də duzların miqdarını 200 mq/dm^3-dək azaltmaq olur. Digər göstəricilərə görə nanosüzülmənin işçi təzyiqlərinin (~3÷15 bar) əks-osmosla (~15÷70 bar) müqayisədə az olması enerji xərclərinin kəskin azalmasına və qurğunun istismarının sadələşməsinə gətirir. Xəzər dənizi suyunun nanosüzülməli yumşaldılmasına həsr olunmuş tədqiqatları, iştisaslaşdırılmış "ROSA" (Rovers Osmosis Systems Analisis) kompüter proqramından istifadə etməklə hesablama-analitik üsulla aparılması məqsədə uyğundur [7].

Məhsuldarlığı 50 m^3/saat olan Xəzər dənizi suyunun NF-yumşaldılması qurğusunun bu proqramla üç variantda sxemi tədqiq olunmuşdur: birpilləli, permeata görə ikipilləli və ikinci pillənin konsentratının birinci pillənin bəsləyici suyuna qatmaqla (dövranlı), permeata görə ikipilləli (şək.1). Bununla yanaşı, Xəzər suyunun birpilləri RO-şirinləşdirilməsinin hesabı ilə müqayisəsi aparılmışdır.

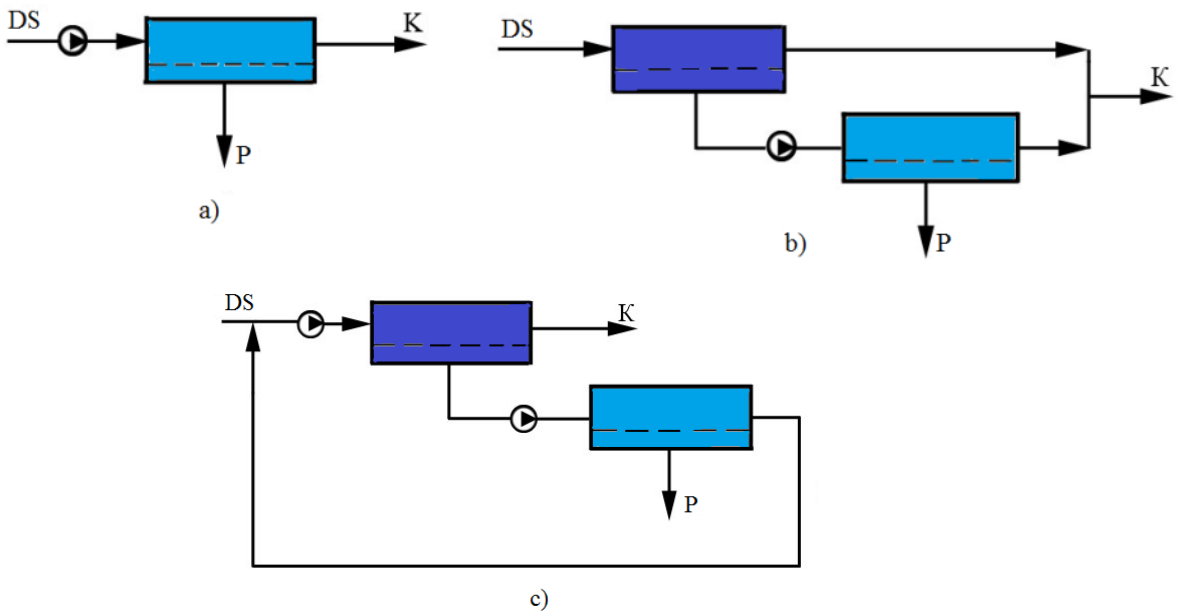
Tədqiqat metodikasında prosesin kompleks çıxış göstəricilərinin təyini nəzərdə tutulmuşdur: permeatın və konsentratın ion tərkibləri, $CaCO_3$ və $CaSO_4$ ərplərinin membranlar üzərində çökmə şərtlərinin təhlili, uyğun şərait üçün optimal marka membranların seçilməsi. "ROSA" proqramında qeyd olunan membranların texniki parametrlərinin təhlili, nanosüzülmə üçün NF90-400 və NF270-400, əks-osmos üçün isə BW30-400 markalı membranların uyğun olmasını göstərir və cədvəl 1-də onların müqayisəvi təhlili verilmişdir.

Cədvəl 1

Membranların texniki xarakteristikaları

Membran markaları	Aktiv səth sahəsi, m^2	Təzyiq, bar	Məhsuldarlıq, m^3/sut	Duzlar, mq/dm^3
NF-90-400	37,2	4,8	37,9	$MgSO_4$ - 2000
NF-270-400	37,2	4,8	47	$MgSO_4$ - 2000
BW-40-300	37	15,5	40	NaCl - 2000

Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, Xəzər suyunun duzluluğu okean suyundan ~3 dəfə az olsa da, ərp yaradan oinların ($Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}$və HCO_3^-) hər birinin miqdarı əhəmiyyətli dərəcə çoxdur. Bu da Xəzər dənizi suyunun şirinləşdirilməsi zamanı ərpin yaranma potensialının yüksək olmasından xəbər verir.



Şək. 1. *Xəzər dənizi suyunun NF-yumşaldılması sxemlərinin dizaynı*
a) birpilləli sxem; b) ikipilləli sxem; c) ikipilləli dövranlı sxem; DS – dəniz suyu; P – permeat (şirinləşdirilmiş su); K - konsentrat

Cədvəl 2

Xəzər dənizi suyunun* və standart okean suyunun ion tərkibləri

№	Göstəricilər	Ölçü vahidi	Xəzər dənizi suyu	Okean suyu
1	Na^+	mq-ekv/dm^3	138	467,0
2	Mg^{2+}	mq-ekv/dm^3	60	108,0
3	Ca^{2+}	mq-ekv/dm^3	16	20,5
4	HCO_3^-	mq-ekv/dm^3	4	2,4
5	Cl^-	mq-ekv/dm^3	142	536,9
6	SO_4^{2-}	mq-ekv/dm^3	68	56,2
7	pH	-	8,2	8,1
8	TDS	mq/dm^3	12750	34261

*Qeyd: *Abşeron yarımadasının akvatoriyası üçün Xəzər dənizi suyunun tərkibidir; TDS – duzluluqdur (total dissolved solids).*

Dəniz suyunun permeatının çıxımı β=50% olmaqla birpilləli şirinləşdirmə sxeminin hesablama nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi, BW30-400 membranlarından istifadə etməklə əks-osmoslu şirinləşdirmə ilə suyun optimal duzluluğu 150÷200 mq/dm^3-dək azalır. Nanosüzülmə üsuluna gəldikdə isə NF90-400 membranları daha yaxşı göstəricilərlə xarakterizə olunur: NF90-400 yumşaldılmış suyun duzluluğunu 1400 mq/dm^3-dək, NF270-400 isə – 6075 mq/dm^3-dək azaltmağa imkan verir.

BW30-400 və NF90-400 membranlarının selektivliklərinin cədvəl 4-də verilən qiymətlərindən görünür ki, ancaq Na^+ və Cl^- üçün selektirvlik fərqi yüksəkdir, uyğun olaraq 11% və 10%. İkivalentli ionlara görə NF90-400 markalı membranların selektivliyi məhz 1,3÷1,7% BW30-400-dən azdır. Bütün bu hallar üçün sulfat ərpinin yaranması təhlükəsi aradan qalxır (K_{CaSO_4} <100%), amma $CaCO_3$ ərpinin az miqdarda yarana bilməsi proqnozlaşdırılır: LSI və S@DSI – müsbətdir.

Cədvəl 3

Birpilləli sxemin texnoloji göstəricilərinin hesanlama nəticələri

№	Göstəri-cilər	Ölçü vahidi	Пермеат			Концентрат		
			BW40300	NF90400	NF270400	BW40300	NF90400	NF270400
1	Na^+	mq/dm^3	44,4	491,7	1943,9	6305,3	5858,2	4406,6
2	Mg^{2+}	mq/dm^3	3,7	20,5	201,0	1455,2	1438,4	1257,9
3	Ca^{2+}	mq/dm^3	1,6	8,9	104,1	638,8	631,5	536,4
4	HCO_3^-	mq/dm^3	3,5	16,0	97,4	413,4	406,5	328,5
5	Cl^-	mq/dm^3	68,7	767,3	3647,4	9998,8	9305,7	6425,8
6	SO_4^{2-}	mq/dm^3	15,5	77,4	74,4	6512,2	6450,5	6453,8
7	pH	-	6,62	7,41	8,53	7,95	7,92	7,98
8	LSI	-	-	-	-	1,69	1,64	1,54
9	S@DSI	-	-	-	-	0,76	0,73	0,72
10	K_{CaSO_4}	%	-	-	-	88,33	89,02	88,71
11	TDS	мг/л	154,1	1381,8	6075,8	25403,3	24124,8	19433,3

Qeyd: K_{CaSO_4} *- kalsium sulfata görə konsentratın doyma dərəcəsidir; LSI və S@DSI - ərpin yaranmasını proqnozlaşdıran indekslərdir.*

Cədvəl 4

Ayrı-ayrı ionlara görə membranların selektivliyi, %

Membranlar	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
BW40-300	98,9	99,6	99,6	95,5	99,0	99,6
NF90-400	88,4	98,0	97,9	92,9	88,6	98,3

Birpilləli şirinləşdirmə sxeminin energetik göstəriciləri cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 5

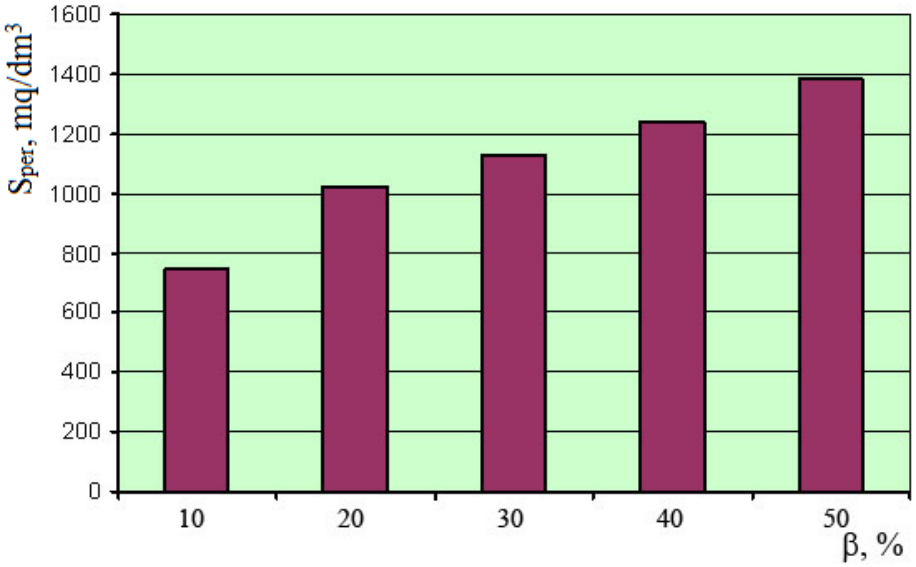
Energetik göstəricilər

№	Göstəricilər	Membranlar		
		BW40-300	NF90-400	NF270-400
1	Bəsləyici suyun təzyiqi, bar	22,1	13,8	8,3
2	Konsentratın osmotik təzyiqi, bar	14,8	13,9	10,4
3	Dizayn*	9/7	12/7	9/7
4	Elektrik enerjisinin xüsusi sərfi, kVt·saat/m^3	1,53	0,96	0,58

*Qeyd: *surət – membran tutucuların sayı, məxrəc – bunların hər birində membranların sayı.*

Şəkil 2-də verilmiş qrafikdən göründüyü kimi, birpilləli NF-yumşaldılmada alınan suyun çıxımının (β) az miqdarında (5÷10%) onun duzluluğa (S_{per}) görə keyfiyyəti içməli suyun keyfiyyətinə uyğun gəlir.

Növbəti mərhələdə NF90-400 membranlarından istifadə etməklə NF-yumşaldılmanın ikipilləli sxeminin tədqiqi aparılmışdır (cədvəl 6). Alınan nəticələrdən göründüyü kimi, permeatın çıxımı hər pillədə eyni olmaqla (β=50%) və dövranı olmayan sxemin ikinci pilləsində duzluluq 200 mq/dm^3-dək azalır. Permeatın çıxımına elektrik enerjisinin ümumi xüsusi sərfi 2,21 kVt·saat/m^3 təşkil edir. Ərp yaranma indekslərinin göstəricilərinə görə birinci pillədə az miqdarda kalsium karbonat və sulfat ərplərinin yarana bilməsi proqnozlaşdırılır. Bu sxemin əsas çatışmazlığı şirinləşdirilmiş suyun çıxımının aşağı olmasıdır – 25%.



Şək. 2. *Permeatın çıxımının onun duzluluğuna təsiri qrafiki*

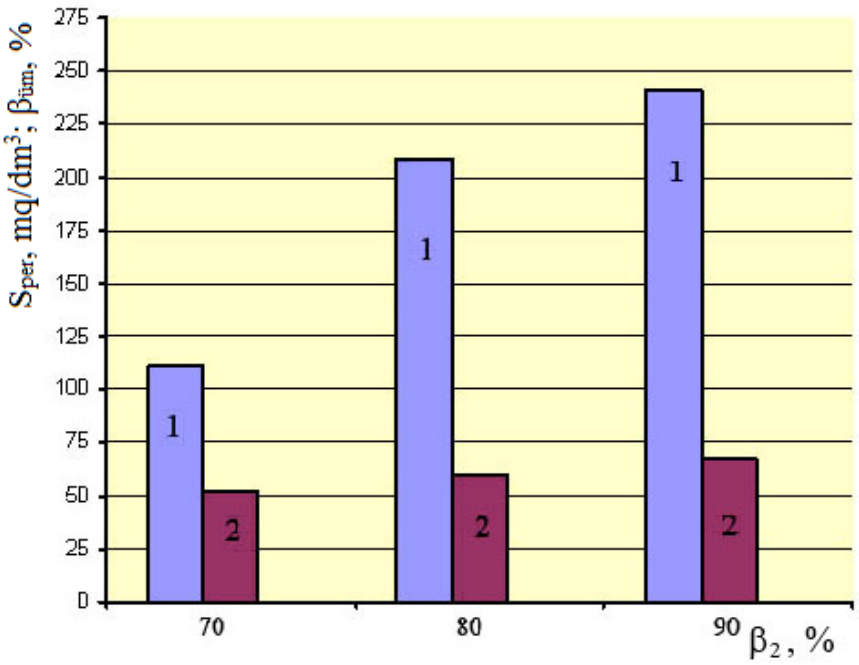
Cədvəl 6

NF90-400 membran elementli ikipilləli dövransız sxemin hesablamalarının nəticələri (β=50%)

№	Göstəricilər	Ölçü vahidi	NF_1	NF_2
1	Permeatın sərfi	m^3/saat	100	50
2	Bəsləyici suyun təzyiqi	bar	13,8	4,2
3	Konsentratın orta osmotik təzyiqi	bar	10,7	1,5
4	Elektrik enerjisinin xüsusi sərfi	kVt·saat/m^3	0,96	0,29
5	Permeatın TDS-i	mq/dm^3	1381,8	193,7
6	Konsentratın TDS-i	mq/dm^3	24,1	2565
7	Membranların sayı	-	84	42
8	LSI	-	1,64	-1,3
9	S@DSI	-	0,73	-1,25
10	K_{CaSO_4}	%	89,12	0,38

Tədqiqatlar göstərir ki, ikipilləli sxemə görə yumşaldılmış suyun çıxımının artırılması nöqreyi nəzərdən β_1=70%, β_2=70÷90% rejimi daha perspektivlidir. Bu rejimə görə ikinci pillənin permeatının duzluluğu 110÷240 mq/dm^3 təşkil edir (şək.3). Permeatın çıxımı 52%-dən 68%-dək, elektrik enerjisinin ümumi xüsusi sərfi 1,63 kVt·saat/m^3-dan 1,42 kVt·saat/m^3-dək azalır.

Nəticə. Aparılan tədqiqatların təhlili göstərir ki, permeatın çıxımı 50% olan BW30-400 membranlı RO-şirinləşdirmə prosesini xarakterizə edən göstəricilərlə, hər pilləyə görə permeatın çıxımı 70% olan NF90-400 membranlı ikipilləli NF-şirinləşdirmə prosesini xarakterizə edən göstəricilər praktiki olaraq eynidir. Amma NF-şirinləşdirmədə daha çox membran sayı tələb olunur. Xəzər dənizi suyunun ikipilləli nanosüzülməli şirinləşdirmə texnologiyasının səmərəliliyini qeyd etmək lazımdır. Amma NF- və RO-şirinləşdirmə texnologiyalarının obyektiv müqayisəvi qiymətləndirilməsi üçün alınan nəticələr kifayət etmir. Tədqiqatları davam etdirmək və texniki-iqtisadi xarakterli hesablamaları da yerinə yetirmək vacibdir. "ROSA" proqramında verilmiş digər marka nanomembranların da imkanları öyrənilməlidir. Qeyd etmək lazımdır ki, membran texnologiyaları Abşeron yarımadasının dənizkənarı rayonlarının müasir istiləşdirmə və su təchizatı sistemlərinin əsasını təşkil edə bilər.



Şək.3. *İkinci pillənin permeatının çıxımının (β_2) duzluluğa və ümumi konversiyaya təsiri*
1 – permeatın TDS-dir; 2 – ümumi konversiyadır ($\beta_{üm}$).

Ədəbiyyat

1. Desalination for water supply / A. Review of current knowledge. Foundation for Water Research, - 2015, - 50 p, www.fwr.org.
2. Абдуллаев, К.М. Обзор технологий опреснения минерализованных вод / К.М.Абдуллаев, Г.К.Фейзиев, М.М.Агамалиев // Проблемы энергетики, - Баку: - 2010. №1, - с. 3-27.
3. Hassan, A.M. Fully integrated NF-thermal seawater desalination process and equipment. US Patent № 0157410, 2006, www.freepatentsline.com.
4. Hassan, A.M. Nanofiltration as means of achieving higher TBT>120^{0}C / A.M.Hassan, M.A.Al-Sofi, G.M.Mustafa [and ets.] // Desalination, - 1998. 118, - p.123-129.
5. Агамалиев, М.М. Нанофильтрация – как новый метод предотвращения накипеобразования в системах опреснения минерализованных вод / М.М.Агамалиев, А.М.Бабаев, Р.Г.Мамедбекова, А.С.Ализаде // Проблемы энергетики, - Баку: - 2011. №1, - с. 92-106.
6. Two-pass nanofiltration seawater desalination prototype testing and evaluation / Desalination and Purification Research and Development Proqram Report // Colorado: - 2013. №158.
7. ROSA www.DOWcom.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 621.762.8

YENİ ÜSULLA OVUNTU MATERİALLARINDA KORROZİYA SÜRƏTİNİNİN TƏYİNİ

Həsənov V.H., Osmanov K.G.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail:vgasanov2002@yahoo.com

Xülasə. *İşdə kompakt materiallardan fərqli olaraq məsaməliyə görə daha geniş aktiv səthə malik məsamələrə yığılan korroziya maddələrini tamamilə çıxarmaq üçün yeni metodika təklif olunur. Bu metod korroziyanın sürətini qravimetrik üsulla ölçməyə imkan verir. Təklif olunan üsul ovuntu materiallarında korroziya sürətini kifayət qədər dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir.*

Abstract. *In contrast to compact materials, a new methodology is proposed for the complete removal of corrosive substances that accumulate in pores with a wider active surface area. This method allows to measure the rate of corrosion by gravimetric method. The proposed method allows to determine the corrosion rate in abrasive materials with sufficient accuracy.*

Аннотация. *В отличие от компактных материалов предлагается новая методика полного удаления агрессивных веществ, скапливающихся в порах, с более широкой активной поверхностью. Этот метод позволяет измерять скорость коррозии гравиметрическим методом. Предлагаемый метод позволяет с достаточной точностью определять скорость коррозии в абразивных материалах.*

Açar sözlər: *korroziya, qravimetrik üsul, ovuntu, polad, kompozisiya materialı*

Key words: *corrosion, gravimetric method, crumb, steel, composition material*

Ключевые слова: *коррозия, гравиметрический метод, порошок, сталь, композиционные материалы*

Giriş. Materialların struktur və xassələrinin idarə edilməsində böyük imkanları olan ovuntu metallurgiyasının texnologiyası yeni böyük həcmli keramik, amorf və kompozisiya materiallarının yaranmasına təkan verdi. Buda müstəqil materialşünaslıq sahəsinin inkişafına həmçinin, materialşünaslıq sahəsinin bərk cisimlərin fizikası və kimyası sahəsindəki fundamental tədqiqatlarla qarşılıqlı əlaqəsi böyük əhəmiyyət kəsb etdiyindən, bu da yeni materialların tədqiqini sürətləndirir [1-3].

Müxtəlif detalların hazırlanmasında ovuntu metallurgiya üsullarının tədbiqi, əməyin məhsuldarlığını və istehsalın səmərəliliyini artırır, çox əməliyyatlı işlərin ixtisara salınması nəticəsində metal itgisinin, işçilərin məşğulluğunun minimuma endirilməsinə, məhsulun hazırlanmasına sərf olunan enerjinin azalmasına imkan verir.

Ovuntu istehsalının əsas xüsusiyyətrindən biri də odur ki, burada metallurji tullantıların və gəmiqayırma sənayesindəki tullantıların yenidən ovuntu halına salınması mümkündür. Ekstremal şəraitdə işləyən məmulatlar hazırlamaq üçün ovuntu material-larından istifadə edilməsi yüksək gərginlikdə, aqressiv mühitdə, yüksək və aşağı temperaturlar şəraitində işləyə bilən metal və ərintilərin yaradılmasını zəruri etdi. Bu növ ovuntu materiallarına misal olaraq marten poladını, korroziyaya davamlı poladları göstərmək olar. Məmulatın hazırlanma texnologiyasının inkişaf səviyyəsi və materi-alların kimyəvi və faza tərkibinin öyrənilməsi, tökmə metallardan və ərintilərdən hazırlanmış məmulatlardan heç də geri qalmayan ovuntu məmmulatları almağa imkan verir. Bu, gələcəkdə ovuntu materiallarının sürətlə inkişafı üçün zəmin yaradır. Ovuntu metallurgiyasının geniş üsulları metal-şüşə kimi kompozisiya materialının yaramasına imkan verdi. Məsaməli metal karkasa şüşənin daxil edilməsi materialın davamlılığını kəskin artırır, xüsusilə pambıqyığan və başqa kənd

təsərrüfatı maşınlarının sürüşmə detallarının, toxuculuq dəzgahlarının, hissələrinin makaralarını tez sıradan çıxmasının qarşısını alır [5-7].

Xüsusilə karbit, nitrat və başqa çətin əriyən metal birləşmələrinin kompozisiyası hesabına davamlı materiallar almaq mümkün olmuşdur. 70-ci illərdə paslanmayan poladdan hazırlanmış ovuntu məmulatın istehsalına başlanılmışdır. Bununla qarşıya çox bahalı, çətin legirlənən, paslanmayan poladların itgisinin qarşısını almaq məqsədi qoyulmuşdur.

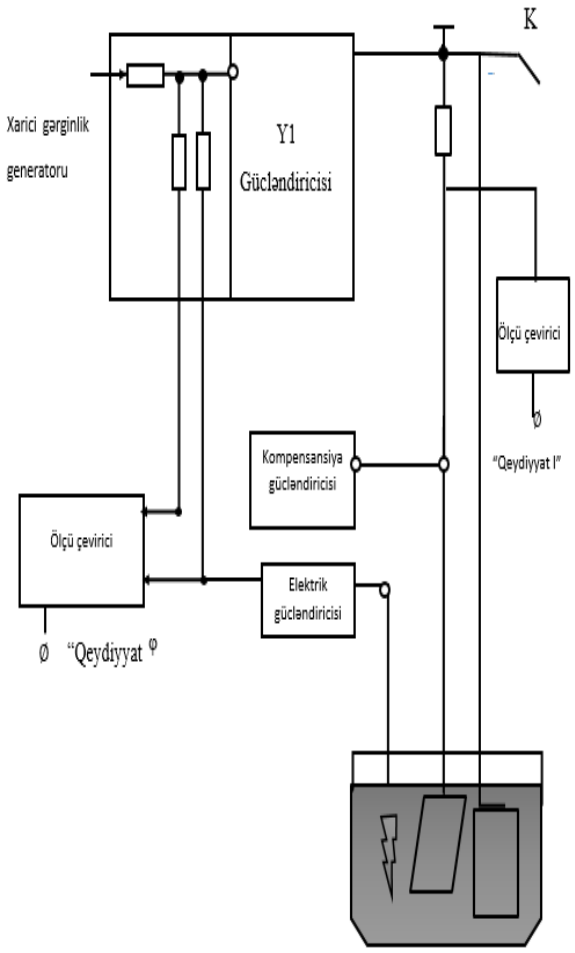
Müxtəlif tərkibdə ovuntu kompozisiya materialları almaq üçün ya ovuntu komponentlərinin mexaniki qarışığından ya da legirlənmiş ərintilərin ovuntularından istifadə olunur. Sonuncu variant şixtənin həcmində komponentlərin bərabər paylanması üçün daha effektli sayılır. Əsasən qrafit ovuntusu xəlitəyə "çılpaq" şəkildə daxil edilir, qarışdırıldıqdan sonra qrafitin şixtədə seqreqasiyası, preslənmədən sonra isə müxtəlif sıxlıqların yaranması, kimyəvi tərkibin qeyri bir cinsliyi, bişmiş materialın qeyri homogen quruluşu mənfi təsir göstərir.

Ədəbiyyatlardan məlumdur ki, məlumatın keyfiyyətinin yaxşılaşmasına o cümlədən onların korroziyaya qarşı davamlılığının artmasına, qrafitin misdə metallaşdırılmış mis ovuntusundan istifadə etməklə nail olmaq olar. Qrafitin misləşdirilməsi üçün tətbiq edilən üsullardan ən səmərəlisi elektrokimyəvi mislənmədir. Biz materialın və misləmə prosesinin maya dəyərini azaltmaq məqsədilə qeyri metal qatışıq kimi koksu seçmişik. Metallaşdırılmış qrafit bir çox müəlliflər tərəfindən tədqiq edildiyindən bu məsələ xüsusi elmi maraq yaratmır.

Əsas hissə. Əvvəlki bölmələrdə göstərildiyi kimi, bizim işlədiyimiz materiallar dəmir əsaslı mislənmiş koks, çüyün qraunlalarından hətta yükək aşqarlanmış ovuntu poladından yüksək fiziki-kimyəvi xassələrə malikdir. Lakin demək olar ki, bütün ovuntu materiallarının zəif cəhəti onların korroziyaya qarşı dayanıqlığın aşağı olmasıdır. Ona görə də, istənilən materialların mexaniki xassələri ilə yanaşı onların fiziki-kimyəvi xassələrinin, xüsusilə onların korroziya davamlılığının öyrənilməsi tələb olunur.

Məsaməli materialların korroziya və elektrokimyəvi xassələrini təyin etmək üçün elektrokimyəvi və qravimetrik üsullardan istifadə edilir. Elektrokimyəvi ölçmələr impulslu ПИ-50-1 tipli potensiatın köməkliyi ilə aparılmışdır. Burada elektrodların polyarzasiyası potensiostatik, potensiodinamik və qalvanostatik rejimdə, açılma potensialının geniş sürət intervalı $(1\cdot10^{-5}\div5\cdot10^{3})$V/s diapazonunda öyrənilmişdir. 90%-li verilmiş potensialın yaranma müddəti 1mks olmuşdur. Göstərilən potensiostatda işçi elektrodun polyarizasiyasını, həmçinin polyarizasiyanın impluslu rejimdə almaq olar. Potensialın, istərsə də istənilən cərəyanın impulslu ПР-8 proqrammatorunda formalaşmış və СФ-13 yaddaşlı ossiloqrafında nəzarət olunmuşdur. Potensiatın ümumi sxemi şəkildə verilmişdir. Potesiatın əsas funksiyası tədqiq edilən(işçi) elektrodun verilmiş potensialını "Potensiostat" rejimində, yaxud tədqiq edilən elektrodun polyarizasiya cərəyanını "Qalvanostat" rejimində təmizləməkdən ibarətdir. İşçi elektrodun potensialı potensiosta-tın polyarizə edən cərəyanın (çıxış) avtomatik dəyişməsində polyarizasiyanın tənzimlənməsi potensiostatın çıxış gərginliyini avtomatik dəyişməklə baş verir [4].

Potensiostatın girişində gərginlik ПР-8 proqramlayıcının köməkliyi ilə əldə edilir. Proqrammator iki hissədən ibarət olan işçi proqram işləmişdir, pilləli proqram (СП) və xətti proqram (ЛП). Bu hissələrdən hər biri dörd addıma malikdir, proqramın birinci hissəsində pilləşəkilli gərginlik, ikinci hissədə isə parça xətti formalı gərginlik yaranır. İkinci hissədə, həmçinin sıfır əyrilikli rejimə baxılır. Bu rejimdə gərginlik əvvəlki addımdakı qiymətini bütün zaman müddətində saxlayır. Potensiostatik sxemi 3^x və 4^x elektrod nüvsində polyarizasiyanı həm stasionar həm də impulslu rejimdə aparmağa imkan vermişdir. Tədqiq olunan nümunələrin polyarizasiyasına, katod potensialında hidrogenin ayrılması ilə potesiostatik rejimdə, potensialı $2\cdot10^{-4}$ V/s sürətilə dəyişməsilə başlanmışdır, bu cərəyan gücü *C*-nü əl ilə ölçməyə imkan verir. Cərəyan hər 20 mV-dan bir qeyd olunmuşdur, bu isə təsadüfü xətaların aradan qaldırılmasına və dəqiqliyin artmasına gətirmişdir. Elektrodun potensialı yüksək omlu voltmetrlə ölçülmüşdür ki, bu da E = ±2mV dəqiqliklə ölçməyə imkan verir.



Şəkil. *Potensiostatın ПЦ-50 ümumi sxemi*

Cərəyan M2020 tipli sabit cərəyan ampermetri və M95 markalı qalvanometr ilə cərəyan gücünün kiçik qiymətlərində (C≤ $1\cdot10^{-7}$A) intervalın $2\cdot10^{-9}$A–dan 10^{-4}A-ya qədər qiymətində ölçülmüşdür.

Elekrokimyəvi ölçmələr üçün qab "Pireks" markalı şüşədən düzəldilmişdir ki, bu polyarizasiyanın potensiostatik və qalvanostatik rejimdə ölçülməsinə imkan verir.

Korroziya-elektrokimyəvi ölçmələr aparmaq üçün elektrodlar "dəmir+mislənmiş koks" və "dəmir+çuqun+mislənmiş koks" ovuntu kompozisiyalarından hazırlanmışdır, bu elektrodlar böyük sürətli fırlanma və sürtünmə şəraitində, habelə aqressiv mühitin təsirində işləyə bilir.

Potensiostatik polyarizasiyadan əvvəl elektrodlar cərəyan sıxlığı I_k ≈$5\cdot10^4$A⁄sm^2 olan katodlu cərəyanla qabaqcadan InNCl-da, səthidə oksid örtüyü əmələ gətirmək məqsədilə qalvanostatik polyarizasiya edilmişdir. Bundan sonra elektrod qabdan çıxarılıb distilə olunmuş su ilə yuyulmuş və elektrokimyəvi ölçmələr aparılan qaba köçürülür. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, polyarizasiya katod potensialından E_k=(1,3÷1,5)V elektrodun potensialını $2\cdot10^{-4}$ V/s sürətilə dəyişdirərək başlanmışdır. Təcrübədən sonra elektrodlar qabdan çıxarılıb, distilə olunmuş su ilə yuyulmuş, izolyasiyadan azad olunmuş, qurudulmuş və yuxarıda götərilən üsulla mexaniki işlənilmişdir.

Alınan asıllığa görə, elektrod potensialı E və cərəyan sıxlığı i-ə görə tədqiq olunan materialın korroziyaya meyilliyi, həmçinin bir neçə kinetik parametrlər öyrənilmişdir.

Nümunələrin sonrakı hazırlanma üsulu kompakt nümunələrin hazırlanmasından fərqlənir. Bunun səbəbi odur ki, ovuntu materiallar kompakt materiallardan fərqli olaraq səthdə çoxsaylı müxtəlif ölçülü məsamələr vardır. Elektrolitlər bu məsamələrə daxil olaraq metalla qarşılıqlı təsirdə olur və mürəkkəb tərkibli korroziya məhsulu yaradır. Bu maddələr adi işlənmədən sonra səthdən

təmizlənmirlər və nəticədə nümunənin kütləsini artırırlar. Ona görə də məsamələrin səthindən korroziya maddələrin təmizləmək üçün üsullar tapmaq lazım gəlir.

Göstərilən problem haqda ədəbiyyatda yoxdur. Başqa tərəfdən, dəmir korroziyasının və onun əritilərinin maddələri əsasən etil spirtində isladılır. Bundan nəticə çıxararaq, spirtin köməkliyi ilə məsamələrdən korroziya maddələrinin təmizlənməsinə təşəbbüs göstərilmişdir. Ona görə də inqibitorlu turşuların köməkliyi ilə səthdən pas təmizləndikən sonra nümunələr 95%-li etil spirtində yerləşdirilmişdir və məlum olmuşdur ki, bir sutka ərzində korroziyanın məhsulu məsamələrdən tamamilə çıxarılır. Spirtdə təmizləndikdən sonra nümunələr spirtdən çıxarılır və quruducu şkafda t=(100-120^{0}S)–də 15 dəqiqə müddətində spirtin dərin qatlardan buxarlanması məqsədilə yerləşdirilir. Bu müddət göstərilən temperaturda spirtin buxarlanması üçün kifayətdir, bundan artıq müddətdə nümunələrin oksidləşməsinə və metalların kütləsinin artmasına gətirir. Vaxt başa çatdıqdan sonra nümunələr eksikatorda yerləşdirilərək otaq temperaturuna qədər soyudulur bundan sonra analitik tərəzidə çəkilir. Kütlələr fərqi Δm görə, ekspozisiya müddəti τ görə ovuntu materialının tədqiq olunan mühitdə korroziya sürəti tapılır:

$$K=\frac{m_1-m_2}{S\cdot\tau}=\frac{\Delta m}{S\cdot\tau}$$

m_1-nümunənin korroziyadan qabaqkı ilk kütləsi; m_2-nümunənin korroziyadan sonrakı kütləsi; τ–eksozisiya müddəti; S-nümunənin səthinin sahəsi. Qravimetrik ölçmələr üçün təcrübələr bir neçə dəfə aparılmışdır və orta qiymət götürülmüşdür [8, 9].

Nəticə. Kompakt materiallardan fərqli olaraq, ovuntu materiallarının korroziya elektrokimyəvi xassələri haqda ədəbiyyatda praktiki olaraq məlumat azdır, olan məlumat isə yalnız belə materialların korroziyadan qorunması haqqındadır. Bu onunla əlaqədardır ki, kompakt materiallardan fərqli olaraq məsaməliyə görə daha geniş aktiv səthə malikdirlər, ona görə də məsamələrə yığılan korroziya maddələrini tamamilə çıxarmaq mümkün olmur. Bu hal xüsusi metodikanın öyrənilməsini tələb edir, bu metod korroziyanın sürətini qravimetrik üsulla ölçməyə imkan verir. Bizim işlədiyimiz üsul ovuntu materiallarında korroziya sürətini kifayət qədər dəqiqliklə təyin etməyə imkan verir.

Ədəbiyyat

1. Həsənəv V.H., Kəlbiyev F.M., Bayramova F.İ., Hacıbalazadə C.R. Gəmiçilik sənayesində innovativ texnologiyalarla tökmə tərtibatlarının hazırlanma üsulları// ADDA-nın Elmi əsərləri, № 2, Bakı, 2021, səh.177-181.
2. Gebhard, A. Additive Fertigungsverfahren: Additive Manufacturing und 3D-Drucken für Prototyping - Tooling – Produktion. Verlag: Carl Hanser, München; 2016, 736 S.
3. Gibson, I., Rosen, D. W., Stucker, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Verlag: Springer; 2010- 459 p.
4. Pham, D.T., Dimov, S.S. Rapid Manufacturing: the technologies and applications of rapid prototyping and rapid tooling. London-Berlin Heidelberg, 2000. pp. 206.
5. Həsənov V.H., Bayramova F.İ. Mürəkkəb konfiqurasiyalı detalların alınmasında metal karbidinin bişirmə-qaynaq prosesində rolu//ADDA-nın Elmi əsərləri, №1(31), Bakı, 2020, s.31-34.
6. A.T.Məmmədov, S.N.Namazov, Z.Z. Şərifov və b. Ovuntu metallurgiyasının əsasları. Ali məktəblərin texniki ixtisaslarının tələbələri üçün dərslik. Bakı: AzTU,-1999. –238 s.
7. Şərifov Z.Z. Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Dərslik. Bakı: Təhsil, -2014, -659 s.
8. Романов О.В., Габриелов И.П. Справочник по порошковой металлургии (порошлки, материалы, процессы). Минск, «Беларусь», 1988, с.175.

Məqalə qəbul olunub: 11.04.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 621.762.4

AĞARMANIN YARANMASININ SƏBƏBLƏRI VƏ ONUN ARADAN GÖTÜRÜLMƏSI ÜSULLARI

Həsənov V.H., Bayramova F.İ.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: vgasanov 2002@yahoo.com

Xülasə. *Metal qəliblə intensiv istiliyin ötürülməsi və onunla bağlı olan səthi qatların kəskin soyuması tökükdə ağarmanın yaranmasına gətirir. Bu qat çox möhkəm olduğundan, töküklər çox pis mexaniki emal olunur. Bir qayda olaraq, qəlibin daxilində tökük eyni sürətlə soyumur. Metal və qəlib bilavasitə əlaqədə olduqda töküyün səthi qatının soyuma sürəti maksimuma çatır və nəticədə ledeburit strukturu yaranır.*

Abstract. *Intensive heat transfer through the metal mold and the rapid cooling of the surface layers associated with it lead to bleaching in the casting. Since this layer is very strong, the molds are mechanically very poorly processed. As a rule, the casting inside the mold does not cool at the same rate. When the metal and the mold are in direct contact, the cooling rate of the surface layer of the casting reaches its maximum, resulting in the formation of ledeburite structure.*

Аннотация. *Интенсивный теплообмен через металлическую форму и резкое охлаждение связанных с ней поверхностных слоев приводят к белению в отливке. Поскольку этот слой очень прочный, формы механически очень плохо обрабатываются. Как правило, литье внутри формы не остывает с одинаковой скоростью. Когда металл и форма находятся в непосредственном контакте, скорость охлаждения поверхностного слоя отливки достигает максимума, в результате чего образуется ледебуритовая структура.*

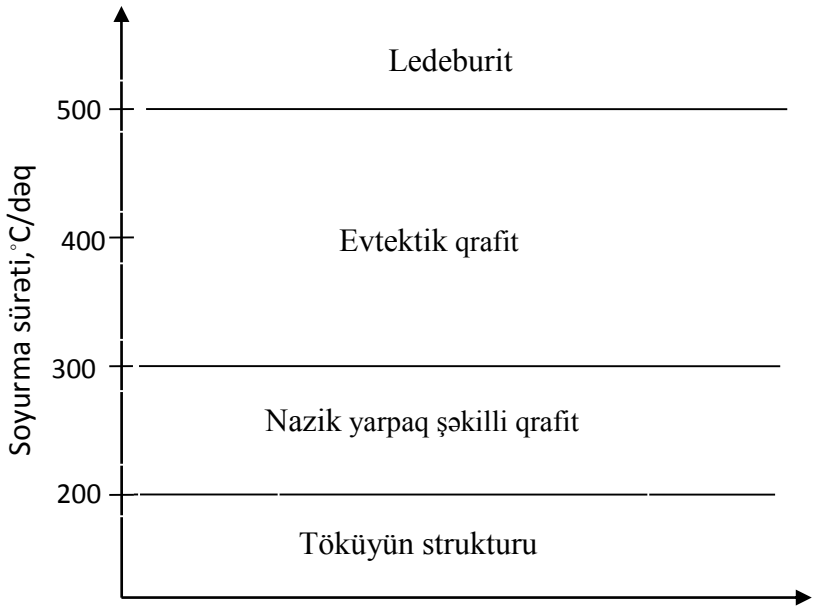
Açar sözlər: *tökük, istilikkeçirmə, istiliköturmə, intensiv*
Key words: *casting, heat transfer, heat transfer, intensive*
Ключевые слова: *отливка, теплообмен, теплопередача, интенсивный*

Giriş. Metal qəlib daxilində töküyün formalaşması maye metalın bərk hala keçməsi kimi mürəkkəb istilik prosesidir. Məlumdur ki, əhatə edən mühitlə daha yüksək istiliyin ötürülməsi töküyün bərkimə prosesinin intensivliyini artırır. Odur ki, istiliyin ötürülməsinin intensivliyi və ya töküyün bərkimə sürəti qəlibin istiliköturmə qabiliyyətindən asılıdır.

Torpaq qəliblərdən fərqli olaraq metal qəlib daha yüksək istiliköturmə qabiliyyətinə malikdir. Ona görə də maye metal, metal qəlibdə çox tez soyuyur.

Tökük və qəlib arasındakı istilik mübadiləsi töküyün keyfiyyətinə böyük təsir göstərir. Qəlibin nisbətən zəif istilik keçirməsi kristallaşmanın sürətini azaldır və metalın iri dənəli strukturunun yaranmasına gətirərək onun mexaniki xassələrini aşağı salır.

Metal qəlib yüksək istilikkeçirməyə malik olduğundan, onun daxilində metalın kristallaşması xüsusi şəraitlərdə gedir və nəticədə tökük yüksək sıxlığa və möhkəmliyə malik olur. Metal qəlibin istilikkeçirmə qabiliyyəti mühüm dərəcədə onun kimyəvi tərkibindən və termiki-fiziki parametrlərindən asılıdır. İstilik tutumu, istilikkeçirmə, xüsusi çəki, ilkin qızdırılma temperaturu və həndəsi ölçülər, divarın qalınlığı və konfiqurasiya əsas parametrlərdir. Bu amillər töküyün soyuma sürətinə və formalaşmasına təsir göstərir. Məsələn, müəyyən edilmişdir ki, tərkibində %-lə: 3,4 C; 2,5 Si; 0,4 Mn; 0,4 P və 0,9 S olan çuqun üçün soyuma sürəti və struktur arasında aşağıdakı aslılıq mövcuddur.



Şəkil 1. *Soyuma sürətindən asılı olaraq töküyün strukturunun dəyişməsi*

Bir qayda olaraq, qəlibin daxilində tökük eyni sürətlə soyumur. Metal və qəlib bilavasitə əlaqədə olduqda töküyün səthi qatının soyuma sürəti maksimuma çatır və nəticədə ledeburit strukturu yaranır. Töküyün mərkəzi qatlarının soyuma sürəti çox az olduğundan karbon azad halda olur.

Beləliklə, töküyün bütün qatlarmda eynicinsli strukturun alınması sualı ən aktual məsələlərdən biridir və onun həlli tökiklərin metal qəliblərdə istehsalı zamanı əsas yerlərdən birini tutur.

Metal qəliblə intensiv istiliyin ötürülməsi və onunla bağlı olan səthi qatların kəskin soyuması tökükdə ağarmanın yaranmasına gətirir. Bu qat çox möhkəm olduğundan, tökiklər çox pis mexaniki emal olunur.

Ağarmanın yaranmasının qarşısının alınmasının əsas şərtləri aşağıdakılardan ibarətdir:

1. Qəlibə tökülən maye metalın temperaturunun azaldılması;
2. Qəlibin divarlarının temperaturunun yüksəldilməsi;
3. Tökülən maye metal və qəlibin işçi səthi arasındakı əlaqənin zəiflədilməsi;
4. Metal qəlibin divarmm qalınlığının azaldılması;
5. İstiliyi izolyasiyaedən örtüklərdən istifadə edilməsi;
6. Çuqunun modifisirlənməsi.

Əsas hissə. Qəlibin daxilinə tökülən maye çuqunun və qəlibin divarının temperaturunun ağarmanın dərinliyinə təsirinin öyrənilməsi üçün tədqiqat aparılmışdır. Tədqiqat zamanı töküyün divarının qalınlığının metal qəlibin divarınm qalınğına nisbəti dəyişməz saxlanılmışdır. Tədqiqat üçün aşağıdakı tərkibə malik olan СЧ20 markalı boz çuqun götürülmüşdür, %-lə: 3,4 C; 2,6 Si; 0,6 Mn; 0,008 S və 0,2 P. Çünki, gəmi mexanizmlərinin detallarının hazırlanmasında СЧ20 markalı çuqun çox istifadə olunur.Bu materialdan yüksək təzyiq,vibrasiya və sürtünmə şəraitində işləyən və 300°C temperaturadək məruz qalan tökiklərin alınmasında istifadə olunur, məsələn: gəmilərin daxili yanma mühərriklərinin çatıları; porşenli,çarxlı və mərkəzdənqaçma nasoslarının gövdəsi; klapanların gövdəsi;soyuducuların qapaqları; yastıqların qapaqları və gövdəsi; muftalar; nazimçarx; buxar qazanlarının armaturaları; avar vintləri və s.

ИЧТ-0,4 markalı induksiyalı sobada əridilən çuqun eyni qalınlığa malik olan metal qəliblərə tökülürdü. Metal qəlibin birinin temperaturu 20°C, digərinin isə 200°C-dir. Metal qəliblər СЧ20 markalı boz çuqundan hazırlanmışdır.

Maye metahn temperaturu tökmə çalovunda xromel-alümel tipli maye metala batırılan termocütlə ölçülürdü. Maye metal qəlib daxilində 500°C-yə qədər soyudulduqdan sonra tökiklər

metal qəlib daxilindən çıxarılırdı və sonra havada 20°C-yə qədər tam soyudulurdu. Soyudulmuş tökük nümunələr sındırılaraq və ağarma qatının qalınlığı ölçülmüşdür.

Ağarma dərinliyi olaraq keçid zonasız yalnız "təmiz" ağarma qatı qəbul edilirdi. Ağarmanın dərinliyini ölçmək üçün nümunələr bir qayda olaraq müxtəlif kəsiklər üzrə sındırılırdı. Ağarma qatının qalınlığı iki tərəfdən və altı nöktədə ölçülürdü və orta rəqəm çıxarılırdı.

Metal qəlibin və tökülən metalın temperaturundan asılı olaraq ağarma qatının dərinliyi göstərilmişdir.

Cədvəl

Metal qəlibin temperaturu, °C	Maye metalın temperaturu, °C							
	1250		1300		1350		1400	
	Ağarma qatının qalınlığı, mm							
	min	max	min	max	min	max	min	max
20	2,5	4,5	3	5	4	6	5	7
200	2	3	2,5	3,5	3	5	4	6

Cədvəldən görünür ki, tökülən maye metalın temperaturu artdıqca və metal qəlibin divarının temperaturu azaldıqca ağarma qatının qalınlığı artır.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində aşağıdakı qənaətə gəlmək olar:

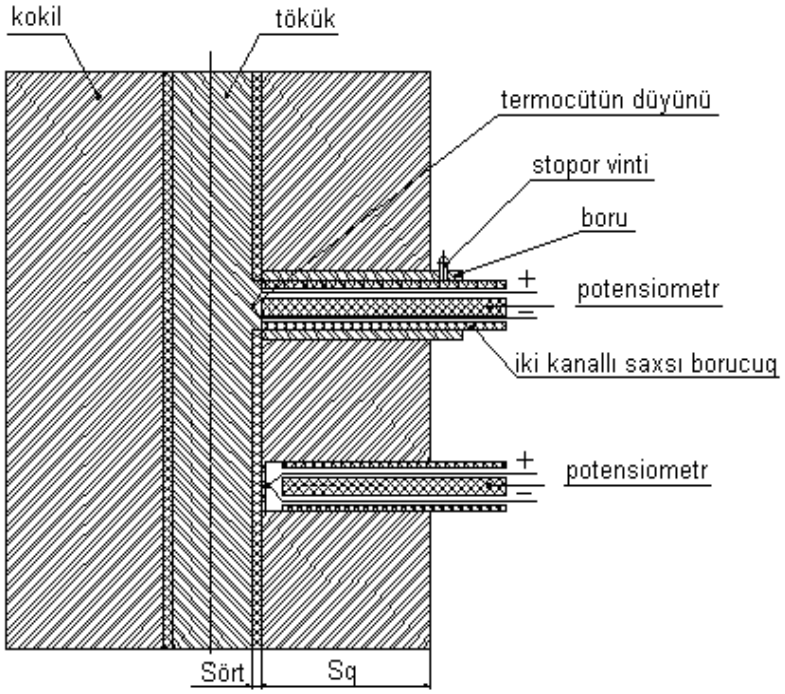
1. Tökülən maye metalın temperaturu artdıqca metal və qəlib arasında temperatur gradienti artır.

Metal qəlib və maye çuqun arasında temperatur qradientin artması sementit strukturunun ahnmasını və müvafiq olaraq, ağarma dərinliyini artırır.

Temperatur qradienti azaldıqca ağarma dərinliyi azalır.

2. Tökülən maye çuqunun temperaturu 1400 °C-yə qədər olmalıdır.
3. Metal qəlibin optimal qızdırılma temperaturu 250-350°C- dir.
4. Metal qəlibin temperaturu 400 °C-dən çox olduqda töküklərdə qüsurlar artır.

Maye metal qəlibə töküldükdən əvvəl metal qəlibin temperaturu şəkil 2.-də göstərilən sxem üzrə ölçülürdü.



Şəkil 2. *Metal qəlibin işçi səthinin temperaturunun ölçülməsi sxemi*

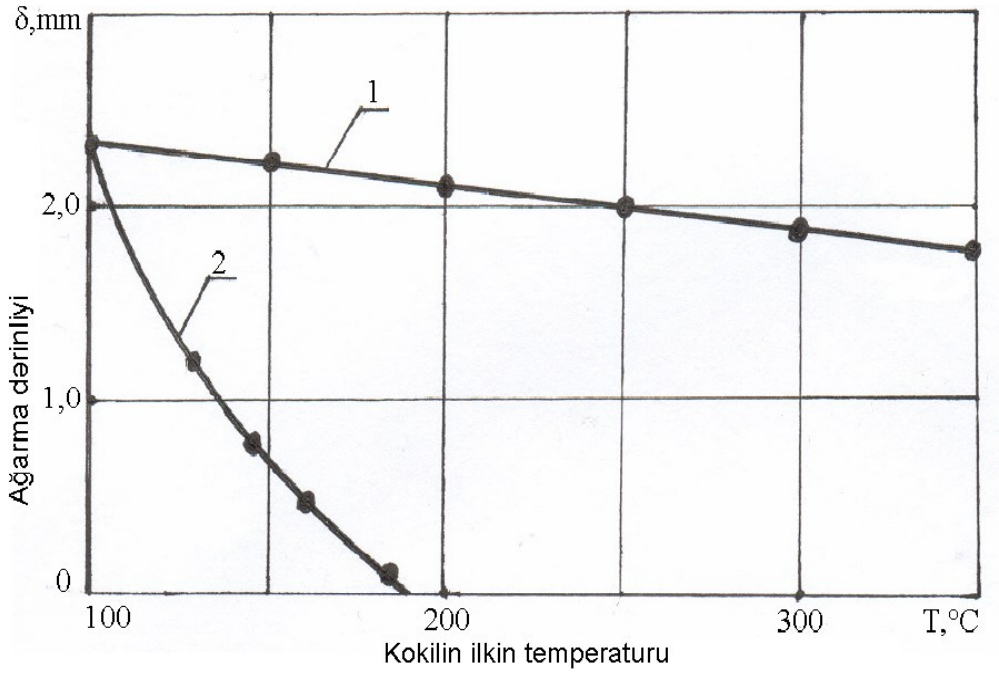
Aparılan tətqiqatlarda töküklərin ağarmış qatının qalınlığı eninə və uzununa kəsiklərdə МИМ-8 mikroskopunun masasma bərkidilmiş indikator saatın köməyi ilə ölçmə aparılırdı. Həmin МИМ-8 horizontal metalloqrafik mikroskopla çuqunun strukturu təyin edilmişdir.

Çuqunun dartılmada və əyilmədə möhkəmlik həddi, habelə bərkliyi müvafiq DÜİST-lərə uyğun təyin edilmişdir. Brinel üzrə bərklik kürənin diametri 5mm və yükü 750 kq olan ТШ-2 cihazında ölçülürdü.

Çuqunun əyilmədə möhkəmlik həddi, diametri Ø30 və Ø20 mm, uzunluğu 340mm olan nümunələrdə УМ-50 maşınında təyin edilmişdir. Dartılmada möhkəmlik həddi, P-10 dartıcı maşınında təyin olunurdu.

1- ölçüləri 290x330x10 mm olan tökük;
2- ölçüləri Ø30x340 mm olan tökük.

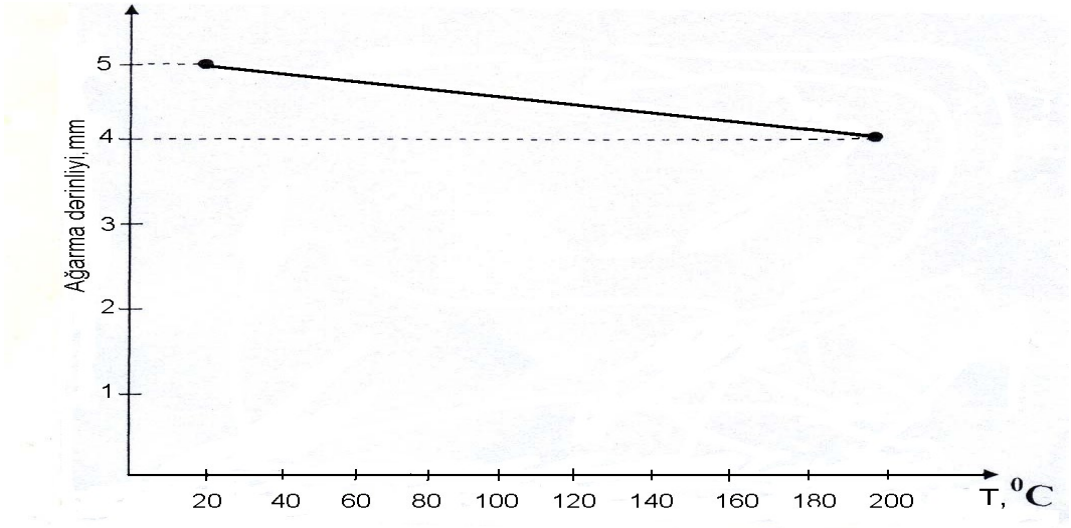
Metal qəlibin ilkin qızdırılma temperaturunun çuqun töküklərin ağarma dərinliyinə təsiri göstərir ki, onun yüksəlməsi ağarma dərinliyini azaldır. Məsələn, metal qəlibin ilkin temperaturu 100°C olduqda töküklərdə ağarma qatının dərinliyi l,7mm, 300 °C olduqda isə 1mm təşkil edir.



Şəkil 3. *Çuqun töküklərdə ağarmış qatın dərinliyinin metal qəlibin ilkin qızdırılma temperaturundan asılılığı*

Ağarma qatmın metal qəlibin temperaturundan asılılığı şəkil 4-də verilir ki, digər bərabər şəraitlərdə ağarma prosesinin yaranması və ya onun qarşısının almmasnı tökülən maye çuqunun kimyəvi tərkibinin dəyişməsi ilə tənzimləmək olar. Ağarma qatının ölçüsü çuqunun tərkibindəki elementlərin nisbətindən asılıdır. Belə ki, silisium və karbonun cəm miqdarı 5,4-6,5 % təşkil etməlidir. Bu zaman manqanın miqdarı 0,55% olmalıdır və onun miqdarı artanda müvafiq olaraq C+Si cəm miqdarı da artmalıdır. Çünki, manqan karbid yaratma qabiliyyətinə malikdir.

Ağarmış çuqun qatında karbon kimyəvi birləşmə şəklində olur və dəmirlə birləşərək $3Fe+C=Fe_3C$, dəmir karbidini yəni, sementiti yaradır. Sementit isə ledeburitin tərkib hissəsi olaraq töküyün ağarma qatının xassələrini müəyyən edir. Sementitin olması töküyün səthi qatının bərkliyini və kövrəkliyini yüksəldir və nəticədə mexaniki emalını çətinləşdirir.



Şəkil 4. *Ağarma qatının metal qəlibin temperaturundan asılılığı*

Nəticə. Beləliklə, tökməçilər tərəfindən toplanmış təcrübə əsasında o nəticəyə gəlmək olar ki, metal qəliblərdə alınan tökükülərdə ağarma qatının yaranması mütləq şərtdir. Lakin düzgün texnoloji proses seçməklə bu qatın qalınlığını nəinki azaltmaq, hətta onu aradan götürmək mümkündür. Ağarma qatının qalınlığının töküyün bütün istiqamətləri üzrə bərabər olmasını təmin etmək və ağarmanın qarşısını tamamilə almaq üçün çuqunun kimyəvi tərkibini tənzim etməklə mümkündür.

Ədəbiyyat

1. Məmmədov A.T., Namazov S.N., Şərifov Z.Z., Babayev A.İ. Ovuntu materiallarının əsasları metallurgiyasının əsasları. Bakı, Çaşıoğlu, 1990.238s
2. Şərifov Z.Z., Cabbarov T.O. Materialşünaslıq və materiallar texnologiyası. Bakı, Təhsil, 2005, 218s.
3. Ш.М. Мухаммад, Ф.И. Байрамова. Прессование порошковых материалов, содержащих поры различной формы. Bakı, AzTU, 260s
4. Rəhimov M.M. və b. Tökmə prosesləri nəzəriyyəsi. Bakı, AzTU, 2004, 260s
5. Quluyev AH. Və b. Polad tökmələri. Bakı, AzTU, 2004, 270s.
6. Анисович Г.А., Жмакин Н.П. Охлаждение отливок в комбинированной форме. М. Маш. 1969, ст.136
7. Кузелев М.Я., Сварцов А.А. и др. Справочник рабочего – литейщика. Маш. М. 1961, ст.362.
8. Рахманов С.Р., Мамедов А.Т., Беспалько В.Н., Торолев В.А., Азимов А.А. Машино-строительные материалы, Днепропетровск-Баку,«сабах», 2017, 410с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 614.84

QRUNTTULLAYICI MAŞININ PARAMETRLƏRİNİN TƏYİNİ

Qasımov A.F., Barxalov R.R., İbrahimli C.A.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
AZ1073, Ayna Sultanova küç., 5

Xülasə. *Məqalədə qrunttullayıcı işçi orqanın boşaltma pəncərəsinin bucağının şaquli oxa nisbətən yerdəyişməsinin torpağın atılmasının səmərəliliyinə təsirinin tədqiqatı aparılmışdır. İşçi orqanın rotorunun fırlanma tezliyi və torpağın müəyyən məsafəyə atılma vaxtının torpağın yayılma eni və səpələndiyi sahəyə təsiri müəyyənləşdirilmişdir.*

Abstract. *The article examines the effect of the displacement of the angle of the discharge window of the grounding working body relative to the vertical axis on the efficiency of soil disposal. The effect of the rotational speed of the rotor of the working body and the time of throwing the soil over a certain distance on the width of the soil spread and the area of scattering was determined.*

Аннотация. *В статье исследуется влияние смещения угла рагрузочного окна заземлителя относительно вертикальной оси на эффективность удаления грунта. Определено влияние частоты вращения ротора рабочего органа и времени метания грунта на определенное расстояние на ширину разброса грунта и площадь его разбрасывания.*

Açar sözlər: *kanalların təmizlənməsi, qrunttullayıcı maşın, işçi orqan*
Key words: *canal cleaning, ground-throwing machine, working body*
Ключевые слова: *чистка каналов, грунтовыбрасывающая машина, рабочий орган*

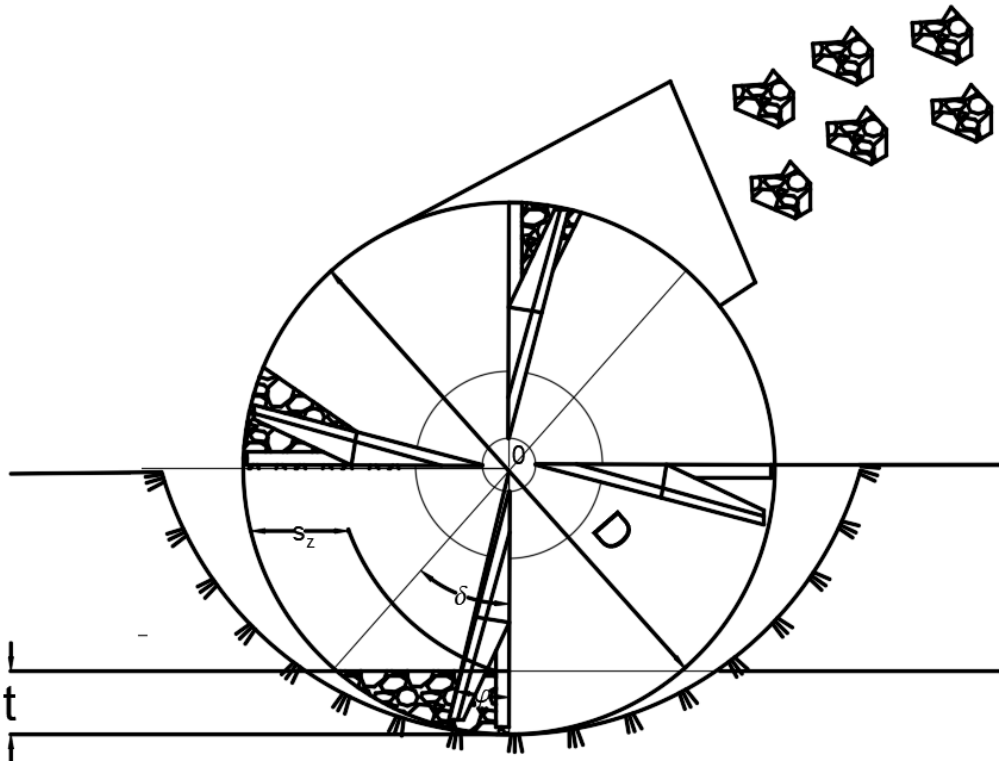
Giriş. Problemin formalaşdırılması mövcud məsələlərin həllinin və tədqiqatların nəticələrinin analiz etdikdə suvarma kanallarının təmizlənməsi və bərpası üçün kombinə edilmiş işçi orqanın yaradilmasının mümkünlüyünü göstərir. Lakin işçi orqanların, frezlərin, tullayıcıların və boşaldıcının qruntla təması hələ kifayət qədər tədqiq edilib araşdırılmamışdır. Kanalların təmizlənməsi və yenidən bərpası üçün kombinəolunmuş işçi orqanın əsas parametrləri praktiki olaraq müəyyən edilərək tam tədqiq olunmamışdır. Eyni zamanda, suvarma kanallarının canlı kəsiyində ağac və kolların intensiv olaraq böyüməsi, torpaq yataqlı kanallarda su keçiriciliyini azaldır, örtüyü məhv edir, tökülmüş yarpaqlar və budaqlar ilə suvarma suyunu çirkləndirir.

Eyni zamanda kanallarda təmizləmə əməliyyat üçün sənaye tərəfindən istehsal edilən mövcud maşınlardan istifadə olunması mümkün olmur və bu işləri kanallarda aparmaq üçün mövcud maşınların istifadəsi praktiki olaraq yararlı hesab edilmir. Dizayn və texnoloji parametrlər arasındakı uyğunsuzluq səbəbindən, səmərəli təmizləmə və nəticədə suvarma kanallarının dizayn parametrlərinin bərpası təmin edilmir.

Beləlikə, suötürücü kanalların və küvetlərin təmizlənməsi və bərpa etmək üçün kombinəolunmuş işçi orqanın səmərəli parametrlərinin tədqiqi və müəyyən edilməsi məsələsi aktualdır [1]. Bu maşınlarda torpağın atılması radial kürəkli rotorlu tullayıcılarla yerinə yetirilir. Bu zaman braxistoxron şəklində kürəklərin istifadəsi daha səmərəli sayılır. Bununla belə, bu günə qədər qruntun atılmasının səmərəliliyinin torpaq atıcının ilkin parametrlərindən asılılığının təcrübi tədqiqatları aparılmamışdır.

Son tədqiqatların və nəşrlərin təhlili. Qrunttullayıcı maşınların istifadəsi ilə suötürücü kanalların təmizlənməsin [1]-də, torpağın atılması nəzəriyyəsi isə [3]-də açıqlanır. Braxistoxrone formada kürəkli qrunt atan maşının işçi orqanı müəlliflər tərəfindən hazırlanmışdır. Braxistoxron şəklində bıçaqların optimal profili nəzəri cəhətdən müəyyən edilmişdir [2].

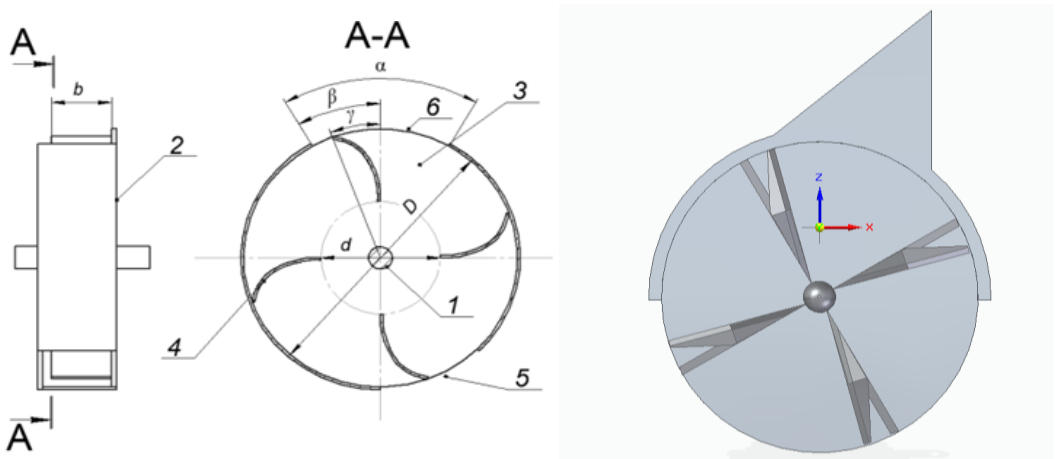
Problemin qoyuluşu və onun həlli. Əsas məsələ boşaltma pəncərəsinin şaquli oxa nisbətən dəyişməşmə bucağının səmərəliliyə təsirini eksperimental olaraq müəyyən etməkdir. Qruntun atılması və bunun əsasında rotorun sürətinin və torpağın atılma vaxtının qruntun atılma məsafəsinə təsirini müəyyən etmək; torpağın yayılma eni və torpağın əhatə dairəsi [2]-də aparılmış nəzəri hesablamalar əsasında qrunttullayıcı maşının eksperimental tədqiqatları aparılmışdır, onun işçi orqanı braxistoxron formasında bıçaqları olan fırlanan tullayıcıdır. Şəkil 1-də qruntullayıcı maşının işçi orqanının ekpermental modeli göstərilmişdir.



Şəkil 1. *Qrunttullayıcı maşının eksperimental modeli*

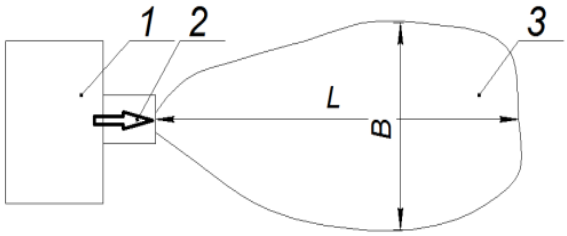
Şəkil 2-də qrunttullayıcı maşının işçi orqanının əsas parametrləri ilə sxematik təsviri verilmişdir. Baza qurğusunun ölçüləri və onun mühərrikinin gücü nəzərə alınmaqla rotorun xarici diametri D = 0,24 m, kürəyin eni b=0,05 m-ə bərabər qəbul edilmişdir. Göstərilən D parametri və braxistoxron bucağı $\gamma = 20^o$ üçün, bıçağın uzunluğunun qiyməti R = (D-d)/2= 0,094 m, boşalma pəncərəsinin açılma bucağı $\alpha = 90^o$.

Rotorun fırlanma sürətini seçmək üçün bir sıra hesablamalar aparılmışdır, nəticədə rotorun fırlanma tezliyi n=1200 döv/dəq. olduqda torpaq hissəciklərinin rasional çıxış bucağı ilə və V_0=20 m/s-ə yaxın sürət atılmasını təmin edir.



Şəkil 2. *Qrunttullayıcı işçi orqanının sxemi: 1 - val; 2 – gövdə; 3 - rotor; 4 – kürəklər; 5 - qəbuledici pəncərə; 6 - boşaltma pəncərəsi.*

Boşaltma pəncərəsinin şaquli oxa nisbətən yerdəyişmə bucağının torpağın atılmasının səmərəliliyinə təsirini müəyyən edilmişdir. Nəzəri hesablamalara əsaslanan tədqiqatlarda β bucağı 15º və 35º-ə bərabər götürülüb. Torpaq atıldıqdan sonra örtülmüş səthi xarakterizə edən kəmiyyətlərin qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir: atma duzaqlığı L, torpağın atma oxuna perpendikulyar yayılma eni B, torpaqla örtülmüş sahə S (şək. 3). Örtülmə sahəsi nəzəri olaraq oxları L və B olan bir ellipsin sahəsi kimi müəyyən edilmişdir.



Şəkil 3. *Qruntun atılma uzaqlığı və səpələnmə sahəsinin sxemi: 1 – torpaqtullayıcı; 2 - torpağın atılma istiqaməti; 3 - S sahəli səpələnmiş qrunt.*

Nəticə. Müəyyən edilmişdir ki, braxistoxron tipli kürəklərə malik işçi orqanın boşaltma pəncərəsinin şaquli oxa nisbətən yerdəyişmə bucağının artması qrunrun atılma uzaqlığının və qruntun səpələnmə sahəsinin artmasına səbəb olmuşdur. Müəyyənləşdirilmişdir ki, rotorun dövrlər sayının artması ilə işçi orqanın bütün əsas parametrləri mütənasib olaraq artır. Bu sahədə gələcək tədqiqatlar işçi orqanın boşaltma pəncərəsinin şaquli oxa nəzərən yerdəyişmə və boşaltma pəncərəsinin açılma bucaqlarının optimal qiymətinin təyin olunmasına yönəlməlidir.

Ədəbiyyat

1. Противопожарная защита и тушение пожаров (леса, торфа, лесосклады). Книга 6 / Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А., Сабинин О.Ю. – М., 2006. – 294 с.
2. Shatohyn V.M. Optimum blade profile of a groundthower as a solution of the brachistochrone for the centrifugal force of inertia / Shatohyn V.M., Semkiv O.M., Popova A.N. // Science education a new dimension. Natural and technical science. – Budapesht, 2013. – Pp. 91-94.
3. Кукибный А.А. Метательные машины [текст] / А.А. Кукибный. – М.: Машиностроение, 1964. - 196 с.

Məqalə qəbul olunub: 11.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 620. 424.1

GT8C2 NÖVLÜ QAZ TURBİNİNİN REJİM PARAMETRLƏRİNİN TƏDQİQİ

Nəsirov Ş.N., Verdiyev N.M.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
Az.1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 34
E-mail:sh.nasirov62@inbox.ru, nicat.verdiyev.2020@gmail.com

Xülasə. *Məqalədə GT8C2 növlu qaz turbininin iş rejimi tədqiq edilərək, qaz turbininin rejim parametrlərinin təhlil edilməsi imkanı nəzərdən keçirilir. Bu istiqamətin müqayisəli üstünlükləri və perspektivləri müəyyən edilir. Məqalədə eyni zamanda 53.3 MVt gücündə GT8C2 növlu qaz turbininin istilik və elektrik enerji təchizatı sistemlərində İES-lərdə istifadəsinin termodinamik və iqtisadi səmərəliliyinin hesablamalarının nəticələri təqdim olunur.*

Qaz - turbin qurğusunun avadanlıqlarının seçilməsi və hesabat rejiminin təyin edilməsi də məqalədə öz əksini tapmışdır. Qaz - turbin qurğusunun hesabat rejiminə uyğun texniki iqtisadi göstəriciləri xarici havanın secilmiş parametrlərinə uyğun təhlil olunaraq təqdim edilmişdir.

Abstract. *The article examines the mode of operation of the gas turbine GT8S2 and considers the possibility of analyzing the mode parameters of the gas turbine. The comparative advantages and prospects of this direction are determined. The article also presents the results of calculations of the thermodynamic and economic efficiency of using the GT8S2 gas turbine with a capacity of 53.3 MW in heat and power supply systems of thermal power plants.*

The article also reflects the selection of equipment for a gas turbine plant and the definition of the reporting mode. The technical and economic indicators of the gas turbine plant are analyzed in accordance with the reporting regime and presented in accordance with the selected parameters of the outside air.

Аннотация. *В статье исследуется режим работы газовой турбины ГТ8С2 и рассматривается возможность анализа режимных параметров газовой турбины. Определены сравнительные преимущества и перспективы этого направления. Также в статье представлены результаты расчетов термодинамической и экономической эффективности использования газовой турбины ГТ8С2 мощностью 53,3 МВт в системах тепло- и энергоснабжения тепловых электростанций.*

В статье также отражен подбор оборудования для газотурбинной установки и определение отчетного режима. Проанализированы технико-экономические показатели газотурбинной установки в соответствии с отчетным режимом и представлены в соответствии с выбранными параметрами наружного воздуха.

Açar sözlər: *qaz turbinli mühərrik, iş rejimləri, termodinamik və iqtisadi səmərəlilik, utilizasiya qazanı, hesabat rejimi, ətraf mühit temperaturu, buxar qaz qurğusu*

Key words: *gas turbine engine, operating modes, thermodynamic and economic efficiency, utilization boiler, reporting mode, ambient temperature, combined cycle plant*

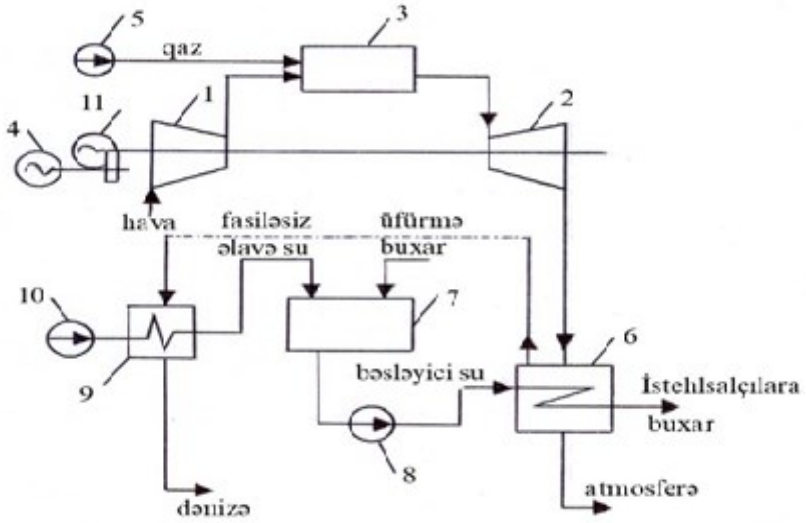
Ключевые слова: *газотурбинный двигатель, режимы работы, термодинамическая и экономическая эффективность, утилизационный котел, отчетный режим, температура окружающего воздуха, парогазовая установка*

Giriş. Hazırda inkişaf etmiş ölkələrdə yüksək faydalılığı olan qaz turbin qurğuları geniş istismar olunur. Bu həmin qurğuların elektrik enerjisi ilə bərabər istilik rejimində istilik enerjisi isehsalı prosesində yüksək faydalılıqlarının olması ilə bağlıdır. Eyni zamanda belə aqreqatlar gəmi energetikasında, gücündən asılı olaraq baş aqreqat kimi istifadə olunmaqdadır. Digər tərəfdən müasir qaz turbin qurğuları yığcamlığı, asan istismar olunması, tam avtomatlaşdırılması və normal mühafizə

sisteminin olması ilə fərqlənirlər.Bu baxımdan onların rejim parametrlərinin tədqiqi aktual hesab olunur [1-4].

Energetikada yaranan böhranı aradan qaldırmaq məqsədilə, az f.i.ə-yə malik olan avadanlıqların istismardan dayandırılması, onların əvəzinə müasir, ekoloji cəhətdən az zərərli QTQ və BQQ-lərin istifadə edilməsi nöqteyi-nəzərindən 1999-cu ildə ABB kompaniyası tərəfindən Bakı 1 №-li İEM -də hər birinin gücü 53,3 MVt olan 2 QTQ qurğusu quraşdırılmışdı. "Bakı İEM 1" MMC–nin istehsal gücü – 106,6 MVt-dır."Bakı İEM 1" şəhərin sənaye müəssisələri yerləşən zonada, bilavasitə "Azərneftyağ" İB, "Azenko" ASC, Z.Tağıyev adını "Toxuculuq kombinatı" ilə həmsərhəddir. Müəssisənin yaxınlığında yaşayış və istirahət zonası, dövlət abidələri, qoruqlar, yaşıllıqlar və s. xüsusi mühafizə olunan obyektlər yoxdur.

Əsas hissə. Stansiyada yanacağın yandırılması hesabına alınan elektrik enerjisi "Azərenerji"-nin elektrik sisteminə ötürülür. Əlavə olaraq "Bakı İEM 1" buxar şəklində "Azərneftyağ" İB-ni bütün il boyu, payız və qış mövsümündə isə isti su şəklində Yeni Əhmədli qəsəbisini istilik enerjisi ilə təmin edir(şəkil 1).



Şəkil 1. *Qaz turbinli qurğunun sxemi*

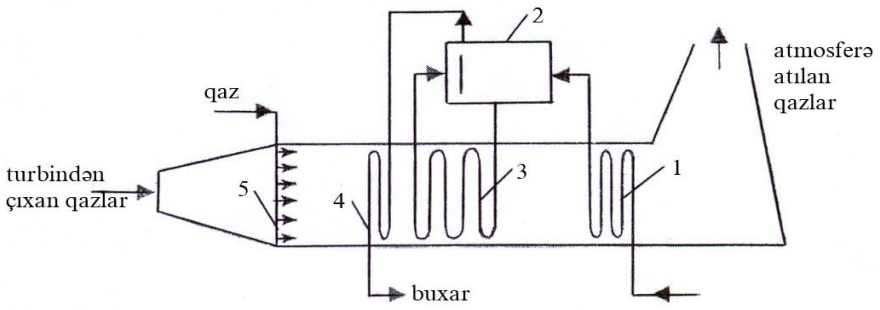
Qaz turbini ilə eyni val üzərində olan 12 pillədən ibarət hava kompressoru (1) atmosfer havasını götürərərk 17 bar təzyiqə kimi sıxır və onu yanma kamerasına (3) verir.

Yanma kamerasında digər tərəfdən qaz kompressorundan (5) yüksək təzyiqlə $(\approx 28bar)$ qaz verilir. Yanma kamerasının aktiv zonasında adətən temperatur 1800-2300 K-ə bərabər olur. Hazırda etibarlılıq və davamlılıq nöqteyi-nəzərincə turbinin qarşısındakı qazların temperaturunun buraxılan qiyməti yanacağın növündən asılı olaraq 900-1700 K arasında götürülür. Kamerada yanma prosesi zamanı alınan yanma məhsulları qaz turbininə (2) verilir. Turbinin dövrlər sayı reduktor (11) vasitəsilə aşağı salınır (3000 dövr/dəq.).Soyutma sistemi qapalı tsikllə işləyir.

Qaz turbinində qazların genişlənməsi zamanı görülən işin nəticəsində elektrik generatorunda (4) elektrik enerjisi alınır. Turbindən çıxan qazlar isə utilizator qazana (6) verilir. Qazana digər tərəfdən deaeratordan (7) bəsləyici nasos (8) vasitəsilə su verilir. Su qazanın ekonomayzerindən (1) keçərək (şəkil 2) barabana (2), oradan isə 3 ədəd daxili diametri 419 mm olan endirici borularla buxarlandırıcıya (3) verilir. Turbindən çıxan qazların istiliyi hesabına su buxara çevrilir və buxar qızdırıcıda (4) qızışdırılaraq tələbatçılara verilir. Qazanın sxemi aşağıda verilmişdir (şəkil 2).

Qazanda suyun və buxarın keyfiyyətini normada saxlamaq üçün həm fasiləli, həm də fasiləsiz olaraq üfürülmə mövcuddur. Deaeratora kimya sexindən əlavə su nasosu (10) (şəkil 1) vasitəsilə kimyəvi təmizlənmiş su verilir. Həmin suyu qızdırmaq üçün və həm də qazandan üfürülən fasiləsiz

üfürmənin istiliyindən istifadə etmək üçün deaeratordan qabaq əlavə su qızdırıcısı (9) (şəkil 1) qoyulmuşdur.



Şəkil 2. *Utilizator qazanının sxemi*

Util qazanlarda istifadə olunan su kimyəvi təmizləmə prosesindən keçir. Kimyəvi təmizlənmiş su sxeminin dekarbonizatorda karbonsuzlaşdırıldıqdan sonra suyun tərkibində olan dəmiri tutan süzgəclərə verilir. Dəmirdən təmizlənmiş su, su qızdırıcısında qızdıqdan sonra deaeratorda deaerasiya olunaraq bəsləyici nasoslarla qazan utilizatora verilir. Suyun pH göstəricisini normada saxlamaq məqsədilə bəsləyici nasosların qəbuluna amiak məhlulu dozirovka olunur. Qazana verilən bəsləyici suyun tərkibində qalan ərp əmələ gətirən duzları neytrallaşdırmaq məqsədilə qazanın barabanına fosfat məhlulu verilir.

Həmdövrəli kombinə edilmiş qurğular üçün iş rejimi və səmərəlilik göstəriciləri istilik yükü əyriləri, axın sürəti və şəbəkə suyunun temperaturu ilə müəyyən edilir. İstiliyin sərbəst buraxılması,birbaşa və geri şəbəkə suyunun temperaturları tvx , tqx və su istehlakı, xarici hava istiliyi, istilik və isti su təchizatının yük nisbəti ilə müəyyən edilir. Uyğun olaraq istiliyin buraxılması yük qrafikinə uyğun olaraq magistral şəbəkə qızdırıcılarında və pik istilik mənbələrində şəbəkə suyunun qızdırılması ilə istiləşdirmə turbinləri ilə təmin edilir. İstilik yükü qrafiklərinin qurulması texniki ədəbiyyatda [5]-da təqdim olunur. Temperatur qrafikinin yuxarı həddi olanda, istilik şəbəkəsindəki soyuducunun sabit temperaturu xarici havanın temperaturundan asılı olmayaraq saxlanılır. Bu, istilik təchizatı məntəqələrinin tez-tez istilik daşıyıcısının yüksək temperaturunu təmin edə bilməməsi ilə bağlıdır. Ancaq müasir reallıqlarda belə temperaturda soyuducu mayenin buraxılması effektiv deyil. Qızdırılan binaların birdəfəlik ventilyasiyasını nəzərə alaraq binaların istilik itkilərinin hesablanmasını tənzimləyən mövcud normalar, istilik sistemlərinin layihəsi istilik itkisinin binaların istilik üçün istilik enerjisinə olan faktiki ehtiyaclarını üstələdiyi bir vəziyyətə gətirib çıxarir. Təchizat xəttində temperaturun azaldılması istilik şəbəkələrində həddindən artıq istiləşməni aradan qaldırmağa və itkiləri azaltmağa imkan verir. Daha aşağı temperaturda bir soyuducu ilə təmin etmək imkanı, binaların istilik itkilərini hesablayarkən nəzərə alınan qeyri-kafi tək hava mübadiləsi ilə əlaqədardır. QTQ-lərin göstəricilərinin əsas xüsusiyyəti onların ətraf mühit parametrlərindən asılılığıdır. Buna görə də, BQTQ-nin hesablanması müxtəlif rejimlərdə aparılmalıdır. Beləliklə, birləşmiş istilik və elektrik stansiyası üçün rejimlər adətən istilik yükü əyriləri ilə müəyyən edilir:

- kondensasiya rejimi;
- PSQQ keçid nöqtəsi;
- istiləşdirmə dövründə orta hava temperaturu;
- hesablanmış hava istiliyi.

Kondensasiya tipli kombinə edilmiş dövrəli qurğular üçün adətən aşağıdakı rejimlər təyin edilir:

- nominal yük rejimi [6], ona uyğun olaraq köməkçi avadanlıq seçilir;
- texniki minimum yük rejimi;
- zavodun qismən yüklənməsi rejimi. İSO-ya uyğun dizayn rejimi qaz turbininin əsas rejimi kimi qəbul edilmişdir.Aşağıdakı xarici hava parametrləri ilə:

th = 15 oC,

ph = 0,1013 MPa,

φh = 60% [6]

Birkonturlu utilizasiyalı BQQ-lərdə qaz turbinindən çıxan qazların istilik enerjisindən tam istifadə etmək mümkün olmur. Ona görə də hesabat rejimini təyin etmək məqsədilə BQQ-nın hesabatı ücün daha sadə sxemlərdən istifadə edilir.

Qaz turbinində işçi cisim kimi yanacağın yanma məhsullarının hava ilə qarışığı, yüksək temperatura qədər qızdırılmış hava və yaxud başqa (tələb olunan xassələrə malik) isti qazlardan istifadə olunur. Qaz turbininin iş prinsipi ilə buxar turbininin iş prinsipi eynidir. Onun axma hissəsinin soplolarında işçi cismin genişlənməsi nəticəsində istilik enerjisi kinetik enerjiyə, işçi kürəklərində isə kinetik enerji mexaniki enerjiyə çevrilir. Lakin qazın və buxarın xassələri müxtəlif olduğuna görə buxar və qaz turbinlərinin konstruksiyası bir qədər fərqlənir. Ümumiyyətlə, qaz turbinlərinin sxemləri və istifadə olunan avadanlıqları buxar turbin qurğularının avadanlıqlarından kəskin fərqlənir. Digər tərəfdən qaz turbin qurğularının buxar turbin qurğularına nisbətən bir sıra üstünlükləri vardır:

1.Qaz turbin qurğuları yığcam olur, çünki əsas etibarilə burada yanacağın yandırılması üçün buxar generatorunun əvəzinə ölçüləri kiçik olan yanma kamerasından istifadə edilir;

2. Qaz turbinləri tez işə qoşulur və yüklənir (30 saniyədən 30 dəqiqəyə qədər);

3. Konstruksiyası və istismarı daha sadədir;

4. Buxar turbini ilə eyni gücdə olan qaz turbininə metal və digər materialların sərfi azdır;

5. Qiyməti daha kiçikdir;

6. Soyudulması üçün demək olar ki, heç su tələb olunmur;

7. Qaz turbin qurğularında kondensator qurğusu yoxdur;

Bu müsbət cəhətlərlə yanaşı qaz turbin qurğularının buxar turbinlərinə nisbətən mənfi cəhətləri vardır:

1.vahid gücü və f.i.ə.-sı kiçikdir; 2. istismar müddəti azdır; 3. yanacağın keyfiyyətinə tələbi daha yüksəkdir.

İndiyə kimi qaz turbin qurğularında bərk yanacaqdan istifadə olunmur. Mazutun istifadəsi isə qurğunun həm konstruksiyasını, həm də istismarını çətinləşdirir. Ancaq ildən-ilə qaz turbinləri energetikada daha geniş yayılır. Səbəbi qaz turbin qurğularının tez işə qoşulması, pik, yarı pik və ehtiyat qurğuları kimi istifadə olunmasıdır.

Qaz turbinlərini tərk edən yüksək temperaturlu qazlardan istiləşdirmə və digər məqsədlər üçün istifadə olunur. Yığcam alındığı üçün və asan istismarına görə qaz turbin qurğuları son illərdə elektrik stansiyalarında, o cümlədən respublikamızın enerji sistemində də geniş istifadə edilir. Qaz turbinlərinin gələcək inkişafı onların vahid gücünün, faydalılığının, etibarlılığının və davamlılığının artırılmasına yönəldilib. Gələcəkdə qaz turbinləri və qaz istilikdaşıyıcısı ilə işləyən nüvə reaktorlu atom enerji qurğuları yaradılması nəzərdə tutulur. Hesab edirlər ki, onların faydalılığı su-buxar tsikli üzrə işləyən AES-lərdən yüksək olmaqla daha yığcam, konstruksiyası və istismarı isə daha sadə olacaq.

Hal-hazırda fərdi olaraq qaz turbinli energetik qurğular f.i.ə.-nın kiçik olması səbəbindən praktiki olaraq az tədbiq edilir. Qaz turbinləri buxar turbinləri ilə birlikdə istifadədə olunduqda isə yüksək faydalılığa malik olduğundan energetikada daha geniş tədbiqini tapmış və tapmaqdadır.

Həqiqi şəraitdə kompressorda sıxılma, turbində isə genişlənmə prosesləri bir sıra itkilərlə əlaqədardır, çünki proseslər adiabata üzrə getmir. Real kompressorda 1 kq qazın sıxılmasına sərf olunan həqiqi iş

$$\ell_k = C_p\left(T_4 - T_3\right) \tag{1}$$

Qaz turbinində 1 kq qazın gördüyü faydalı iş isə

$$\ell_T = C_p\left(T_1 - T_2\right) \tag{2}$$

ifadələri ilə təyin edilir. Havanın sıxılması zamanı kompressorda yaranan daxili itkilər kompressorun daxili FİƏ ilə nəzərə alınır:

$$\eta_k = \frac{L_k}{\ell_k} = \frac{T_4' - T_3}{T_4 - T_3}, \tag{3}$$

burada L_k və ℓ_k - 1 kq havanın adiabatik və həqiqi sıxılmasına sərf olunan işdir, $\frac{kC}{kq}$ .Uyğun olaraq turbindəki daxili itkiləri onun nisbi daxili FİƏ nəzərə alır:

$$\eta_{ni} = \frac{\ell_T}{L_T} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2'}, \tag{4}$$

L_T, ℓ_T - 1 kq qazın adiabatik və həqiqi genişlənmədə turbində gördüyü faydalı işdir, $\frac{kC}{kq}$.(2) və (4) tənliklərini nəzərə almaqla kompressorda həqiqi sıxılma işi

$$\ell_k = \frac{L_k}{\eta_k}, \tag{5}$$

və turbində genişlənmə zamanı görülən iş

$$\ell_T = (1+\mu)L_T \cdot \eta_{ni} \tag{6}$$

ifadələri ilə tapılır. Burada μ - yanma kamerasına verilən 1 kq havaya düşən yanacağın miqdarıdır, $\frac{kq}{kq}$. μ-nün qiyməti təxminən 0,01 – 0,018 $\frac{kq}{kq}$ olduğu üçün çox vaxt nəzərə alınmır (4 və 5 nəzərə alınmaqla).Qaz-turbin qurğusunun daxili faydalı işi real tsikldə turbində 1 kq qazın genişlənmə işi $\left(\ell_T, \frac{kC}{kq}\right)$ ilə kompressorda 1 kq havanın sıxılmasına sərf olunan işin $\left(\ell_k, \frac{kC}{kq}\right)$ fərqi kimi tapılır və

$$\begin{aligned} \ell_i = \ell_T - \ell_k = L_T\eta_{ni} - \frac{L_k}{\eta_k} = C_p(T_1 - T_2')\eta_{ni} - C_p(T_4' - T_3)\frac{1}{\eta_k} = \\ = C_pT_1\left(1 - \frac{T_2'}{T_1}\right)\eta_{ni} - C_pT_3\left(\frac{T_4'}{T_3} - 1\right)\frac{1}{\eta_k} = C_pT_1\left[\left(1 - \frac{1}{\beta^m}\right)\eta_{ni} - \frac{1}{\eta_k\tau}\left(\beta^m - 1\right)\right]. \end{aligned} \tag{7}$$

ifadəsi ilə təyin edilir. Burada $\ell_T = L_T \cdot \eta_{ni}$, $\ell_k = \frac{L_k}{\eta_k}$ və $\tau = \frac{T_1}{T_3}$ - tsikldə temperaturun artma dərəcəsidir. Real QTQ-lərdə ideal QTQ tsikllərinə nisbətən xeyli itkilər olur ki, onlar da daxili və xarici itkilərə bölünür. Daxili itkilər işçi cismin halının dəyişməsi ilə əlaqədardır ki, bunlar da kompressorda, qaz turbinində, yanma kamerasında QTQ-nın hava qaz yolundakı müqavimətə sərf olunan və turbinin detallarının soyudulmasına hava sərfi ilə əlaqədar yaranan itkilərdir. Xarici itkilərə turbinin və kompressorun yastıqlarındakı itkilər, sızma itkiləri və köməkçi mexanizmlərə enerji itkiləri (sərfi) ilə əlaqədardır. Bu itkilərin qismən və tam aradan qaldırılması QTQ-nin faydalılığını artırır. Bunun üçün müxtəlif üsullardan: a) turbində işlənmiş qazların istiliyinin regenerasiyası; b) aralıq soyudulma tətbiq edilməklə pilləli sıxılma; v) pilləli yanma (pilləli qızdırılma); q) buxar qaz

tsikli ilə işləyən kombinələşdirilmiş qurğulardan istifadə;d) çıxan tüstü qazlarının hesabına buxar və isti suyun alınması və s. istifadə olunur.

Qaz-turbin qurğusunun istismar rejimlərindən işə buraxma və dayandırma rejimləri tədqiq olunmuşdur. İşə buraxma rejimləri dayanma müddətindən asılı olaraq, qaynar (8 saat dayanma müddəti), isti (8-48 saat dayanma müddəti), və soyuq (72 saatdan cox dayanma müddəti), vəziyyətlərdən işə buraxılmalar təhlil olunmuşdur [1,3].

Nəticə

1. Müxtəlif təzyiqlərdə buxarın qızdırma mərhələlərinin sayını artırmağa yönəlmiş BQTQ-nin istifadə edilməsi istilik sxeminin təkmilləşdirilməsi üçün iqtisadi cəhətdən əlverişli hesab edilir.
2. Tüstü qazlarının temperaturunun artması (150...170 °C) hesabına birdövrəli BQTQ-lərin istifadəsi gücü 100...150 MVt olan və bir qayda olaraq, kombinə edilmiş sənaye istilik stansiyalarında istilik (buxar) və elektrik enerjisinin birgə istehsalı zamanı yüksək faydalılıq alınır.
3. İki dövrəli sxemə əsasən, 48...55% səmərəliliyi təmin edən BQTQ-lərdən istifadə edilməsi müxtəlif rejimlərdə yüksək faydalılığın alınmasına imkan verir.

"Bakı İEM 1"-dəki 106 MVt-lıq qaz turbin qurğusunun işinin tədqiqindən faydalılıq göstəriciləri alınmışdır. Qurğunun işinin tədqiqindən alınan nəticələr qaz turbinli İEM-lərin layihə hesabatında istifadə edilir.

Ədəbiyyat

1. Abdullayev, K.M. İstilik elektrik stansiyasının buxar və qaz turbinləri. Dərslik. / K.M.Abdullayev, F.İ.Kəlbəliyev, C.P.Məmmədova, Ş.N.Nəsirov. - Bakı: «Zaman – 3», - 2013. – 531s.
2. Тепловые и атомные электрические станции / Справочник под редакцией И.А.Григорьева и В.М.Зорина. Москва: Энергоатомиздат – 2009. - 608 с.
3. Канаев, А.А. Корнеев М.И. Парогазовые установки / А.А.Канаев, М.И.Корнеев. – Ленинград: Машиностроение, – 2004. - 285 с.
4. https://www.britannica.com/technology/gas-turbine-engine
5. Григорьева, О.К. Расчет тепловых схем теплофикационных паротурбинных установок. Учеб.метод.пособие / О.К. Григорьева, О.В. Боруш. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, - 2014. – 63 с.
6. ГОСТ Р 52200-2004 (ИСО 3977-2:1997). Установки газотурбинные Нормальные условия и номинальные показатели (дата введения 01.08.2004). – Москва: Изд-во стандартов. - 2004.– 7 с.
7. Трухний, А.Д. Современная теплоэнергетика. Учебник для вузов. [в 2-х частях] / А.Д.Трухний, А.А.Макаров, В.В.Клименко. // под общ. ред. чл. корр. РАН Е.В.Аметистова. - М.: Изд-во МЭИ. – ч.1. - 2003. – 376 с.
8. Ольховский, Г.Г. Газотурбинные и парогазовые установки за рубежом // Теплоэнергетика. – 1999. № 1. – с. 71–80.
9. Ольховский, Г.Г. Масштабы и особенности применения газотурбинных и парогазовых установок за рубежом // Теплоэнергетика. – 2002. № 9. – с. 72–77.
10. Боруш, О.В. Эффективность применения парогазовых установок в условиях топливно-энергетического баланса региона: / дис.канд. техн. наук. / – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. – 160 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

UOT 621.311.22

BÖHRANDAN YÜKSƏK TƏZYİQLƏRDƏ ENERGETİK QURĞULARIN ÜFÜQİ BORULARININ GENERASİYA SƏTHLƏRİNDƏ İSTİLİYİN ÖTÜRÜLMƏSİ

Rəhimov F.A., Zeynalova M.İ.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı şəh., Azadlıq pr., 20
E-mail: rahimov_fa@yahoo.com

Xülasə. *İşdə gəmi energetik qurğularında istilik mübadiləsinin normal rejimində suyun istilikverməsinin təcrübi tədqiqatlarının nəticələri təhlil edilmişdir. Sübut olunub ki, mayenin istilik-fiziki xassələrinin kəskin dəyişilməsi halında üfüqi boruların perimetri və uzunluğu boyunca divarın temperaturu qeyri-bərabər paylanır. Göstərilib ki, böhrandan yüksək təzyiqlərdə mayenin istilik-fiziki xassələrinin kəskin dəyişməsi axının strukturunu dəyişir, bu da istilikvermənin intensivliyinə təsir edir.*

Abstract. *The results of experimental researches heat transfer of water at a normal mode of heat exchange in ship power plants are analyzed in work. There is underlined, that the temperature of a wall is distributed non-uniformly on perimeter and length of a horizontal pipe under conditions of strong changes of the heat physical properties of a liquid. There is marked, that the strong changes of the heat physical properties of a liquid are changed structure of a flow at high pressures, which renders influence on intensity of heat exchange.*

Аннотация. *В работе анализированы результаты экспериментальных исследований теплоотдачи воды при нормальном режиме теплообмена в судовых энергетических установках. Указывается, что при условиях сильных изменений теплофизических свойств жидкости температура стенки распределяется неравномерно по периметру и длине горизонтальной трубы. Отмечается, что при сверхкритических давлениях сильные изменения теплофизических свойств жидкости меняют структуру потока, которая оказывает влияние на интенсивность теплообмена.*

Açar sözlər: *metalın temperatur rejimi, istilikvermə əmsalı**,** böhrandan yüksək təzyiqlər, istilikvermənin pisləşmiş rejimi, istilikvermənin yaxşılaşmış rejimi*

Key words: *temperature conditions of metal, heat transfer coefficient, supercritical pressures, improved heat emission regime, degraded heat emission regime*

Ключевые слова: *температурный режим металла, коэффициент теплоотдачи, сверхкритические давления, ухудшенный режим теплоотдачи, улучшенный режим теплоотдачи*

Giriş. Böhrandan yüksək parametrlərdə energetik qurğuların layihələndirilməsi və istismarı təcrübəsi göstərmişdir ki, işin səmərəliliyini artırmaq üçün buxar-su dövrələrinin daha yüksək parametrlərinə keçmək zərurəti yaranır. Bu parametrlərlə səmərəlilik artır və enerji istehsalı üçün xüsusi yanacaq sərfiyyatı azalır. Bu problemi həll edərkən ilk vəzifə avadanlıqların etibarlılığına diqqət yetirməkdir. Buxar qazanlarında etibarlılıq əsasən buxar yaradan elementlərinin temperatur rejimindən asılıdır. Buxar generatorunun borularının radiasiyalı istilik səthlərinin etibarlılığı istilikdəyişmənin intensivliyi, yəni borunun daxili səthinin soyudulması ilə müəyyən edilir. Metalın divarının temperatur rejimi borunun soyudulması şəraitindən asılıdır. Buna görə də, qazanda şaquli və üfüqi yerləşmiş boruların divarının temperatur rejimləri öyrənilir.

Üfüqi yerləşmiş boruda suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində energetik qurğularda metalın temperatur rejimlərinin öyrənilməsi müasir texnologiyaya və onun inkişafının perspektivli istiqamətlərinə olan ehtiyac ilə əlaqədərdir.

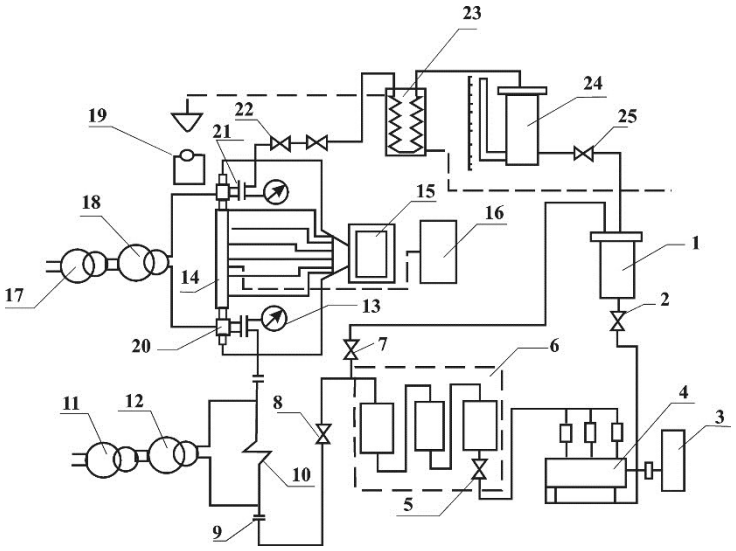
Borunun perimetri boyu divarın temperaturunun paylanmasının xarakteri rejim parametrlərindən, mayenin növündən və onun termofiziki parametrlərindən asılıdır. Başqa sözlə desək, bu, hərəkət üsullarından və onun quruluşundan asılıdır.

Məlumdur ki, mayenin kritikdən yüksək təzyiqlərində və axının müxtəlif strukturlarında divarın temperaturunun fərqli xarakterli dəyişmələrində istilikvermənin normal, yaxşılaşmış və pisləşmiş rejimləri mövcuddur. Hazırda xüsusi hesablamalarda divarın metalının temperaturu və ya üfüqi yerləşmiş borularda istilikvermə əmsalını hesablamaq üçün nomoqramlardan [4] istifadə olunur.

İstilikvermə üzrə mövcud təcrübi məlumatların təhlili göstərir ki, mayenin kritikdən yüksək təzyiqlərində üfüqi vəziyyətdə yerləşən və buxar yaradan boruların temperatur rejimləri kifayət qədər öyrənilməmişdir. Buna görə də, suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində üfüqi borularda divarın temperatur rejimlərinin tədqiq edilməsinə ehtiyac yaranıb.

Təcrübi tədqiqatlar.

Suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində və məcburi hərəkində istilikvermə prosesi tədqiq olunmuşdur. Təcrübə qurğusu məhsuldarlığı 400 t/saat və yaratdığı təzyiq 40 MPa olan üç plunjerli nasosla təchiz olunub (şək.1).



Şək. 1. *Təcrübə aparılan qurğunun prinsipial sxemi.*
1 – basqı çəni; 2 – ventil; 3 – elektrik mühərriki; 4 – plunjerli nasos;
5,7,8,22 – tənzimləyici ventillər; 6 – sakitləşdirici çənlər bloku; 9 – qabaqcadan qızdırılmanın cərəyan ayırıcı sahəsi; 10 – qabaqcadan qızdırılma sahəsi;
11,17 – avtotransformator; 12,18 – alçaldıcı transformator; 13 – nümunəvi manometr;
14 – təcrübə aparılan sahə; 15 – rəqəmsal voltmetr və yaxud potensiometr;
16 – elektron potensiometr; 19 – cərəyan transformatoru; 20 – təcrübə sahəsinin cərəyan ayırıcıları;
21- əsas qızdırmanın cərəyan ayırıcısı; 23 – soyuducu; 24 – ölçən çən; 25 – ventil.

Təcrübə qurğusunun əsas elementlərindən biri üfüqi yerləşmiş paslanmayan polad borudan olan təcrübə sahəsidir. Borunun uzunluğu və diametri aparılan sınaqların şətrlərinə uyğun olaraq seçilir. Borunun isidilməsi aşağı gərginlikli elektrik cərəyanı ilə həyata keçirilir. Borunun uzunluğu boyu müxtəlif en kəsiklərdə xromel-alümel termocütləri vasitəsilə divarın aşağı, yuxarı və yan tərəflərinin temperaturları ölçülür. Təcrübə qurğusunun təsviri, təcrübələrin aparılması və ayrı-ayrı kəmiyyətlərin ölçülməsi metodikası [1 və 2]-də verilmişdir.

Maye axınının təbiəti.

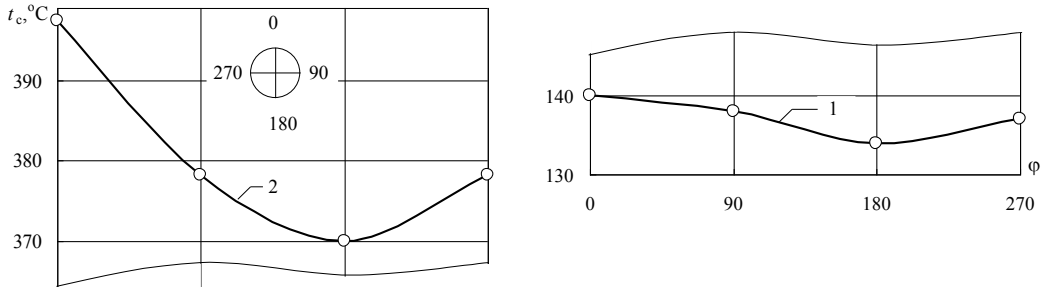
Üfüqi yerləşən boruda, istilikdaşıyıcının istilik-fiziki xassələrinin sabit qiymətlərində, təzyiq düşgüsünün təsiri altında maye ox boyu istiqamətdə hərəkət edir. Müəyyən şəraitdə mayenin istilik-fiziki xassələrinin dəyişməsi mayeni hərəkət etdirən qüvvələrə təsir edir. Bu qüvvələr axının təbiətinə,

yəni axının strukturunu təsir göstərə bilər və nəticədə axının hidravlik müqavimətini, həmçinin istilikdəyişmə proseslərini dəyişdirir.

Axına təsir edən qüvvələrin xarakteri güc sahəsinin xarakterindən və onun əmələ gəlmə şərtlərindən asılıdır. Buna görə də güc sahəsində axının hidrodinamikasının və istilikdəyişmənin birgə nəzərdən keçirilməsi onların ümumi qanunauyğunluqlarının tapılmasını asanlaşdırır. Bütün bu deyilənlər təcrübi sınaqlarla, yəni eksperimental olaraq təsdiqlənməlidir.

Təcrübi (eksperimental) tədqiqatlar.

Aşağı istilik selində mayenin istilik-fiziki xassələri az dəyişir və borunun perimetri boyu istilikvermə əmsalı eyni qiymətlərdə olur. Müvafiq olaraq, divarın temperaturu borunun en kəsiyi üzrə bərabər paylanır (əyri 1, şək.2).



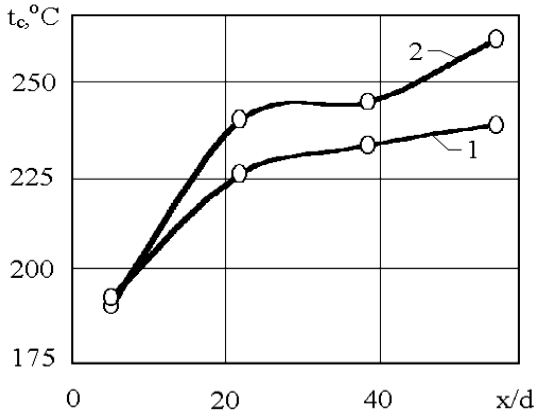
Şək. 2. *Düz borunun perimetri boyu divarın temperaturunun və istilikvermə əmsalının dəyişməsi* $P = 24$ *MPa;* $\rho u = 917$ *kq/m*^{2}*san; q, Vt/m*^{2}*:* $1 – 5 \cdot 10^5$*;* $2 – 18 \cdot 10^5$*.*

Böhrandan yüksək təzyiqlərdə mayenin qızdırılması zamanı, onun sıxlığı boru divarının yaxınlığında axının nüvəsindən daha azdır. Axındakı sıxlığın qeyri-bərabərliyi (istilik genişlənməsi) səbəbindən izafi kütləvi qüvvələr yaranır. Yaranan bu izafi kütləvi qüvvələr axını poza bilər, orada sirkulyasiyalı axınlara səbəb ola bilər və ya əksinə, yaranan təzyiq qüvvələrinin təsirindən həyəcanı sabitləşdirə bilər. İstilikdəyişmə ilə müşayiət olunan maye axınında, mayenin sıxlığının asılı olduğu temperaturun dəyişməsi də kütləvi qüvvələrin paylanmasına və nəticədə ikinci axınların intensivliyinə təsir edəcəkdir.

Nəticədə axının strukturu və istilikvermənin intensivliyi dəyişir. Bundan əlavə, mayenin sıxlığının güclü dəyişikliyi zamanı borunun oxuna perpendikulyar yönəldilmiş sərbəst konveksiya yaranır.

Burada üfüqi borunun perimetri boyunca istilik selinin istiqamətinin təsirini nəzərə almaq lazımdır. Borunun aşağı hissəsində istilik divardan mayeyə aşağıdan yuxarıya, yuxarı hissəsində isə yuxarıdan aşağıya ötürülür. İstilik selinin bu cür istiqamətləri sərbəst konveksiyanın intensiv inkişafına təsir göstərir.

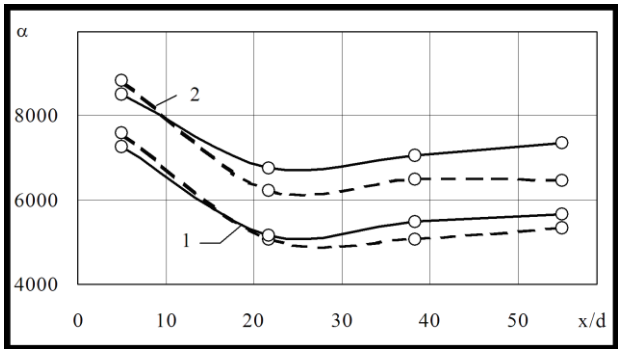
Sərbəst və məcburi konveksiyaların qarşılıqlı təsiri borunun oxu boyunca mürəkkəb maye axınına gətirib çıxarır və nəticədə borunun perimetri və uzunluğu boyunca istilik ötürülməsinin intensivliyi dəyişir. Yuxarıda təsvir olunan axının təbiəti temperatur rejimi və ya istilikdəyişmə üzrə aparılan təcrübi tədqiqatlarla sübut edilir. Beləliklə, şək.2-də təqdim olunan qrafikdən görünür ki, istilik selinin artması ilə üfüqi borunun yuxarı və aşağı səthləri arasındakı temperatur fərqi artır (əyri 2). Yuxarı və aşağı səthlərin temperaturları arasındakı fərq şək.3-də göstərilən $t_c=f(x/d)$ asılılıq qrafikində yaxşı təsvir edilmişdir.



Şək. 3. *Suyun böhrandan yüksək təzyiqlərində borunun uzunluğu boyu divarın temperaturunun dəyişməsi.*
P=26 MPa; ρu = 941,5 kq/(m²·san); t_m^{gir} *=76°S; q = 7,5 ·105 Vt/m².*
1 - aşağı səth, 2 - yuxarı səth.

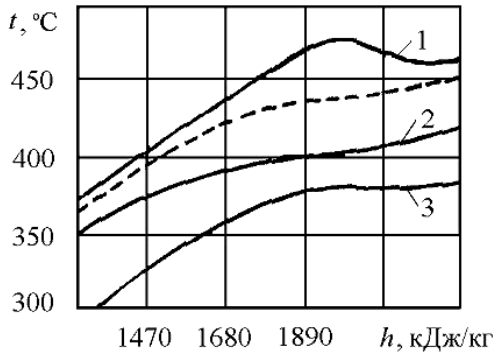
Qrafikdən gürünür ki, borunun ilkin hissəsində yuxarı və aşağı səthlərinin temperaturları arasındakı fərq çox azdır, lakin x/d > 20-də, həmçinin istilik selinin artması ilə bu temperatur fərqi artır.

Borunun uzunluğu boyu istilikvermə əmsalının (α) dəyişməsi qrafiki göstərir ki, normal rejimdə ilkin hissədə (x/d < 20) borunun yuxarı və aşağı səthləri üçün α demək olar ki, eyni qiymətlərə malikdir (şək. 4). Stabilləşmə sahəsindən sonra, yəni. x/d > 20 olan hussədə borunun aşağı səthində istilikvermə əmsalı artır. Son nəticədə borunun aşağı səthində α-nın qiyməti yuxarı səthindən daha böyük alınır. Kütləvi axın sürətinin sabit qiymətlərində istilik seli sıxlığının sonrakı artımı ilə üfüqi borunun yuxarı və aşağı səthlərinin divarlarının temperaturları və ya istilikvermə əmsalları arasındakı fərq artır.



Şək.4. *Borunun uzunluğu boyu yuxari (qırıq-qırıq xətt) və aşaği (bütöv xətt) səthləri üzrə istilikvermə əmsalinin dəyişməsi: P = 26 MPa, ρu = 830 кq/(m²·san)*
1 – q = 10.5·10⁵ Vtm², 2 – q = 14.5·10⁵ Vt/m².

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, istilik selinin qiymətlərindən, mayelərin entalpiyalarından və istilik daşıyıcının kütləvi sürətindın asılı olaraq böhrandan yüksək təzyiqlərdə və müəyyən şəraitdə istilikvermənin pisləşmiş rejimi baş verir. Üfüqi şəkildə yerləşən borularda, istilikvermənin pisləşmiş rejimində borunun divarının yuxarı səthinin temperaturu aşağı səthindən xeyli yüksəkdir. Həmçinin, istilikvermənin pisləşmiş rejimində əgər üfüqi və şaquli yerləşdirilmiş boruların divarlarının temperaturlarını müqayisə etsək, maksimum temperaturun üfüqi borunun yuxarı səthində olduğunu qeyd etmək olar (şəkil 5). [3]-də üfüqi borularda istilikvermənin pisləşmiş rejimi daha ətraflı nəzərdən keçirilir.



Şək.5. *Şaquli və üfüqi boruların temperatur rejimləri.*
P = 24.5 MPa; ρu = 1450–1500 kq/(m²san); q = 9.3·10⁸ Vt/m²
1 - yuxarı səth; 2 - aşağı səth; 3 - selin temperature bütöv xətt - şaquli boru; qırıq-qırıq xətt - üfüqi boru.

Nəticə.

1. İstilikdəyişmənin normal rejimlərində suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində və məcburi hərəkində istilikvermə prosesi tədqiq olunmuş, aparılan təcrübi tədqiqatların nəticələri təhlil edilmişdir. Mayelərin böhrandan yüksək təzyiqlərində divarın metalının temperatur rejimi üçün təcrübi qiymətlər alınmışdır.

2. Aydın olmuşdur ki, üfüqi borunun perimetri və uzunluğu boyunca divarın temperaturu qeyri-bərabər paylanır. İstilik yüklərinin (q) kiçik qiymətlərində borunun orta hissəsində yuxarı və aşağı səthlər arasındakı temperatur fərqi 20-30° S, borunun ilkin hissəsində isə bu fərq (5-10°S) təşkil edir və q-nin artımı ilə temperatur fərqi artır.

3. Təcrübələrin nəticələrinin emalı göstərir ki, böhrandan yüksək təzyiqlərdə və müəyyən şəraitdə istilikvermənin pisləşmiş rejimi baş verir. Üfüqi şəkildə yerləşən borularda, istilikvermənin pisləşmiş rejimində borunun divarının yuxarı səthinin temperaturu aşağı səthindən xeyli yüksəkdir.

Ədəbiyyat

1. Келбалиев Р.Ф., Рагимов Ф.А. Теплоотдача в горизонтальной трубе при турбулентном режиме движения и сверхкритических давлениях воды // Известия Высших Технических учебных заведении Азербайджана, 2004, № 2, - с. 50-54.
2. Келбалиев Р.Ф., Рагимов Ф.А. Ухудшенный режим теплоотдачи в горизонтальной трубе при сверхкритических давлениях воды // Известия Высших Технических учебных заведении Азербайджана, 2004, № 5, - с. 45-50.
3. Рагимов Ф.А. Отличительные особенности температурного режима металла горизонтально расположенных прямых и змеевиковых труб при сверхкритических давлениях жидкости // Пятая Российская Национальная конференция по теплообмену, - Москва, Россия, - 2010, - с. 139-141
4. Локщин В. А. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод), / Локщин В. А., Петерсон Д. Ф., Шварц А. Л. - М.: Энергия, - 1978, - 255 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022
Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov

MƏQALƏLƏRİN TƏRTİBİ QAYDALARI

1. Əlyazma A4(210x297mm) formatlı, yuxarı və aşağıdan 25 mm, soldan və sağdan 20 mm boş yer saxlamaqla çap olunur. Əlyazmanın həcmi **8-10 səhifədən** çox olmamalıdır.
2. Hər bir məqalədə **UOT indekslər** və ya PACS tipli kodlar göstərilməlidir.
3. **Məqalə üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis** dillərində çap oluna bilər. **Məqalədə xülasə 3 dildə və 100-150 söz aralığında verilməlidir**. Müxtəlif dillərdə olan xülasələrin mətnləri eyni və məqalənin məzmununa uyğun olmalıdır. Açar sözlər üç dildə - azərbaycan, rus və ingilis dillərində verilməlidir (5 sözdən az olmamaqla).
4. Məqalənin mətni azərbaycan dilində - latın, rus dilində - kiril, ingilis dilində - ingilis əlifbası ilə Times New Roman versiyasında 12 şrift ilə, bir intervalla yığılmalıdır.
5. Tənliklər və düsturlar mətndən bir boş sətirlə ayrılmalıdır.
6. Düsturları, ardıcıl olaraq, sətrin sağ tərəfində dairəvi mötərizələrdə yerləşdirilmiş ərəb rəqəmləri ilə nömrələmək lazımdır.
7. Simvolların və ədədi əmsalların izahı bilavasitə düsturun altında, onların düsturda rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir.
8. Məqalənin nəticələrində, elm sahəsinin və məqalənin xarakterinə uyğun olaraq, işin elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti, iqtisadi səmərəsi və alınan əsas nəticələr aydın şəkildə verilməlidir.
9. Məqalənin sonunda verilən ədəbiyyat siyahısı istinad olunan ədəbiyyatların mətndə rast gəlindiyi ardıcıllıqla verilməlidir. Onlara istinad [1] və ya [1, s.119] kimi işarə olunmalıdır. Ədəbiyyat siyahısında son 5-10 ilin elmi məqalələrinə, monoqrafiyalarına və s. istinadlara üstünlük verilməlidir.
10. Məqalədə müəllif(lər)in işlədiyi müəssisə və onun ünvanı, müəllifin elektron poçt ünvanı göstərilməlidir.
11. Məqalənin sonunda məqaləni çapa tövsiyə edən müəssisənin elmi şurasının müvafiq iclas protokolunun nömrəsi və tarixi qeyd olunmalıdır.
12. Müəllif(lər) məqalənin çap olunması üçün yazılı surətdə razılıq verməlidir(lər).
13. Səhifələr vərəqin sağ tərəfdəki aşağı küncündə karandaşla nömrələnməlidir.
14. Əlyazmada aşağıdakı ardıcıllıq gözlənməlidir:

- UOT indeks (qalın, 11 ölçü, böyük hərflərlə, məqalənin yuxarısında, sol hissədə abzasdan yazılmalı);
- məqalənin adı (qalın, 12 olçü, böyük hərflərlə yazılmalı, UOT indeksilə məqalənin adı arasında iki interval buraxılmalıdır);
- müəllif(lər)in soyadı, adı, atasının adı (qalın, 12 olçü, kiçik hərflərlə yazılmalı, məqalənin adı ilə müəllif(lər)in soyadı arasında bir interval buraxmalıdır);
- təşkilatın adı, ünvanı, e-mail (12 olçü, kursiv, kiçik hərflərlə yazılmalı, müəllif(lər)in soyadı ilə təşkilatın adı, ünvanı, e-mail arasında bir interval buraxılmalıdır);
- **Xülasə**
- **Abstract**
- **Аннотация**
- **Açar sözlər**
- **Key words**
- **Ключевые слова**
- **Giriş**
- **Məsələnin qoyuluşu**
- **Alınmış nəticələrin analizi**
- **Nəticə**
- **İstifadə olunmuş ədəbiyyat**

15. Əlyazmalar 2 nüsxədə və elektron variantda təqdim olunur.

PREPARATION RULES ARTICLES

1. Handwriting is published leaving 20 mms space from right and left, 25 mms from top and bottom in A4 (210 x 297 mm) form. The volume of handwriting must not exceed **8 – 10 pages.**
2. In each article indexes of **UOT** and/or PACS types codes must be shown
3. **The article can be published in three languages: Azerbaijani, Russian and English.** The texts of abstracts in different languages must be the same and must conform to the content of the article. Key words must be given in three languages: Azerbaijani, Russian and English.
4. The texts of the article in Azerbaijani must be typed in Azerbaijani language in Latin, in Russian language in Cyrillic and in the English language in Latin alphabets with one interval, with the size of 12 in Times New Roman version.
5. Equations and formulae must be separated from the text by one empty line.
6. Formulae must be systematically numbered in Arabic figures given in round brackets on the right side of the page.
7. Explanation of symbols and literary coefficient must directly be given under the formulae with the succession they are met in the equations.
8. Scientific innovation and importance of the application, economic benefit of the work must be given in accordance with the character of the article and field of science in the summary of the article.
9. The list of literature given at the end of article must be given by succession as they are referred to in the article. The reference to them must be noted like [1] or (1, p.119). Advantage must be given to the references to the scientific articles, monographs of the last 5- 10 years in the literature list.
10. The place of work of the author(s), their addresses, and e – mail address must be shown in the article.
11. At the end of the article the number of the protocol of the appropriate meeting and date of scientific council of the institution advising the article for printing must be noted.
12. The author(s) must give written consent for the printing of the article.
13. The pages must be numbered by pencil in the right corner of the bottom of the paper.
14. The following succession must be observed.
    - UOT index (bold, size 11, big letters, on the top of the article, on the left side from the new line);
    - Title of the article (bold, size 12, big letters, Two-unit space must be between the title of the article and UOT index);
    - Surname and initials of the author(s), e-mail, name of the organization, its addresses must be in bold, size of 12, with the small letters. Two-unit space must be between the name of the article and the author(s)
    - Name of the organization and its address and e-mail must be in italics of 12 size in small letters. One-unit interval must be between the name of the article.
    - **Abstract**
    - **Key words**
    - **Introduction**
    - **Formulation of the issue**
    - **Analysis of the results achieved**
    - **Result**
    - **The literature used**
15. Handwritings must be presented in two copies and electronic version

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Рукопись печатается в формате А4 (210х297 мм), отступ сверху и снизу – 25 мм, слева и справа – 20 мм. Объём рукописи не должен превышать **8-10 страниц.**
2. В каждой статье должны быть указаны индексы **УДК или коды типа PACS**.
3. Статья может быть написана на одном из трёх языков: азербайджанском, русском или английском. Аннотация представляется на 3 языках. Тексты аннотации на этих языках должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть идентичными и соответствовать содержанию статьи. Ключевые слова должны быть на трёх языках: азербайджанском, русском и английском (не менее 5 слов).
4. Текст статьи должен быть набран с интервалом 1, шрифтом 12 версии Times New Roman: на азербайджанском языке - латиницей, на русском - кириллицей, на английском - английским алфавитом.
5. Уравнения и формулы должны быть отделены от текста одной пустой строкой.
6. Уравнения необходимо последовательно нумеровать с правой стороны строки в круглых скобках.
7. Пояснения и числовые коэффициенты даются непосредственно под уравнением в той же последовательности, что и в уравнении.
8. В выводах статьи должны в ясной форме указаны соответствующие характеру статьи научная новизна работы, прикладное значение, экономическое значение.
9. В конце статьи необходимо указывать использованную литературу в той последовательности, в которой она встречается в статье. Ссылки на источники должны обозначаться как [1] или [1, с. 119]. В качестве использованной литературы нужно отдавать предпочтение источникам, опубликованным за последние 5-10 лет.
10. В статье необходимо указывать место работы автора (авторов), его адрес и адрес электронной почты.
11. В конце статьи необходимо указывать номер и дату заседания учёного совета предприятия, рекомендующего статью к печати.
12. Автор (авторы) должны в письменной форме дать согласие на публикацию.
13. Страницы должны быть пронумерованы карандашом с правой стороны внизу страницы.
14. В статье должна быть информация в следующем порядке:
    - Индекс УДК (жирно, размер 11, прописными буквами и набраны в левой части с абзаца).
    - Название статьи (жирно, размер 12, прописными буквами, между индексом УДК и названием статьи должно быть два интервала).
    - Фамилия и инициалы строчными буквами, жирно, размер 12. Между названием статьи и информацией об авторах должен быть пробел в один интервал.
    - Название организации, адрес, e-mail авторов строчными буквами, курсив, размер 12. Между фамилиями авторов и информацией о них должен быть пробел в один интервал. Статья должна иметь следующую структуру:
    - **Аннотация**
    - **Ключевые слова**
    - **Введение**
    - **Постановка задачи**
    - **Анализ полученных результатов**
    - **Выводы**
    - **Литература**
15. Статьи необходимо представлять в двух экземплярах и в электронной версии.

Yığılmağa verilib: 20.07.22. Çapa imzalanıb 25.07.22.
Format 60x84 1/8. F.ç.v.19,3. Sifarış №105
Kağız əla növ. Tiraj 100 nüsxə. Qiyməti müqavilə ilə.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının mətbəəsi