

UOT 629.12.066

HİBRİD ENERJİ TEXNOLGIYALARINDAN İSTİFADƏ ETMƏKLƏ GƏMİLƏRDƏ ELEKTRİK ENERJİSİ TƏCHİZATININ YAXŞILAŞDIRILMASI

Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Məmmədov E.M.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

Az1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

E-mail: elshen_sultanov@mail.ru, sahib-ismayil@bk.ru, ruemilmemmedoglu@gmail.com,

Xülasə. Hal hazırda daha yaşıl gəmiçilik dünyanın ən aktual mövzularından biridir. Avropa İttifaqı 2050-ci ilə qədər karbon qazı emissiyalarını 80-95% azaltmağı hədəfləyib ki, bu da bütün nəqliyyat sektorlarının qarşısında duran ən mühüm məsələlərdən biridir. Gəmilərdə hibrid enerji texnologiyalarının tətbiqi yanacaq sərfini azaltmağa və karbon qazı emissiyasını azaltmağa imkan verir. Həmçinin, məqalədə yüksək qiymətli neft məhsullarından istifadənin azaldılması və qaz emissiyalarının (tullantıların) minimuma endirilməsi məqsədi ilə hibrid enerjinin istifadəsi məsələləri də araşdırılmışdır.

Abstract. Greener shipping is currently one of the most pressing issues in the world. The European Union has set a target of reducing carbon emissions by 80-95% by 2050, which is one of the most important issues facing all transport sectors. The introduction of hybrid energy technologies on ships allows for reduced fuel consumption and reduced carbon emissions. The article also examines the use of hybrid energy to reduce the use of high-cost petroleum products and minimize gas emissions.

Аннотация. Экологичность судоходства в настоящее время является одной из самых актуальных проблем в мире. Европейский союз поставил цель сократить выбросы углерода на 80–95% к 2050 году, что является одной из важнейших задач для всех транспортных секторов. Внедрение гибридных энергетических технологий на судах позволяет снизить расход топлива и сократить выбросы углерода. В статье также рассматривается применение гибридной энергетики для сокращения потребления дорогостоящих нефтепродуктов и минимизации выбросов газов

Açar sözlər: gəmi, elektrik təchizatı, bərpa olunan enerji, günəş enerjisi, külək enerjisi, hibrid enerji sistemləri

Key words: ship, power supply, renewable energy, solar energy, wind energy, hybrid energy systems

Ключевые слова: судно, энергоснабжение, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия ветра, гибридные энергетические системы

Giriş. Bərpa olunan enerji mənbələri əsasən günəş, külək, geotermal, hidroenerji, biokütlə, dalğa enerjisi, qabarma və çəkilmə enerjisi kimi qruplaşdırılır. Bərpa olunan enerjini təbii mənbələrdən əldə edilə bilən və özünü daim yeniləyən bir enerji mənbəyi olaraq adlandırmaq mümkündür. Həmçinin, bərpa olunan enerji növləri ətraf mühitə zərər verən karbon emissiyalarını azaldır və enerji məsələsində xaricdən asılılığın azaldılması kimi məqamlar baxımından olduqca əhəmiyyətlidir. Bərpa olunan enerji hazırda dünyada quraşdırılmış ümumi enerji istehsalının üçdə birini təşkil edir. 2018-ci ildə təbii qaz və bərpa olunan enerji mənbələrinin hesabına ilkin enerji istehlakı sürətlə artıb. Bununla bərabər, karbon emissiyaları 7 il ərzində ən yüksək artımla müşahidə olunub [1].

Günəş panellərinin əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

Səmərəlilik. Bu xüsusiyyət bir çox amillərdən asılıdır, misal olaraq, günəş işığının intensivliyi, batareyanın səthinə düşən şüaların düşmə bucağı, ətraf mühitin temperaturu və s.

Güc. Günəş panellərinin gücü dedikdə onun müəyyən müddət ərzində istehsal edə biləcəyi elektrik enerjisinin miqdarı nəzərdə tutulur və Vatt (W) ilə ölçülür.

Gərginlik. Günəş panellərinin gərginliyi tətbiq sahəsindən asılı olaraq dəyişilə bilər. Bu panellərin işə başlamazdan əvvəlki gərginliyi 30-40V, işləmə gərginliyi isə 18-22 V olur. Panellərin standart olaraq 12 V, 24 V və ya 48 V gərginlikləri istifadə olunur. Bu gərginlikləri əldə etmək üçün bir neçə günəş paneli bir biri ilə birləşdirilməlidir.

Ölçülər və forma. Günəş panellərinin ölçüsü və forması konstruktiv icrasından və quraşdırılma yerindən asılıdır. Ən geniş yayılmış günəş panelləri 60 və 72 hüceyrəli panellərdir. Formasına görə günəş panelləri düzbucaqlı, yumru, bütün həcmli və s. olurlar. Ən geniş yayılan forma düzbucaqlı panellərdir.

Gəmilərdə istifadə olunan günəş panelləri aşağıda qeyd olunan məqsədlər üçün istifadə oluna bilər:

- Elektrik işıqlanmasında və gəmidə istifadədə olan elektrik avadanlıqlarını enerji ilə təmin etmək üçün;
- gəminin naviqasiya, kommunikasiya sistemini qidalandırmaq üçün;
- gəmilərdə soyutma və havalandırma sistemlərinin işləməsini təmin etmək üçün;
- sərnişin daşıyan kiçik və irihəcmli gəmilərdə istilik və sərinlətmə sistemlərinin qidalanmasını təmin etmək üçün;
- quru yük, konteyner, neft və neft məhsulları daşıyan gəmilərdə, kran gəmilərində kiçik və orta güc tələb edən enerji tələbatçıları elektrik enerjisi ilə təmin etmək üçün.

Gəmilərdə günəş panellərinin istifadəsi, ənənəvi enerji mənbələrinə nisbətən iqtisadi cəhətdən əlverişlidir. Günəş panelləri, əlavə yanacaq və enerji ehtiyatlarını minimuma endirərək, gəminin ümumi iqtisadi xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salır. Bununla yanaşı günəş panellərinin istifadə yanacaq sərfiyyatına qənaət etməklə xərclərin daha da azalmasına gətirib çıxarır. Bu məsələdən sonra tədqiqatçılar və texnologiya tərtibatçıları yanacaq sərfiyyatını azaldılması üçün hibrid sistemləri araşdırmağa başladılar. Baxmayaraq ki, hibrid sistemlər üçün müxtəlif konsepsiyalar və ideyalar 1990-cı ildən etibarən inkişaf etdi bu günə qədər heç bir okean gəmisində bu sistem tətbiq edilməmişdir [3].

Əsas hissə. Günəş enerjisinin dəniz əməliyyatlarına inteqrasiyası gəmilərin dənizlərdə naviqasiya üsullarında əsas dəyişikliyi göstərir. Günəş texnologiyasının bu şəkildə tətbiqi ənənəvi yanacaq mənbələrindən qəti şəkildə uzaqlaşmaq deməkdir, təkcə xərclərə qənaət deyil, həm də ətraf mühitə təsirin əhəmiyyətli dərəcədə azaldılması vəd edir. Günəş enerjisinin gəmi elektrik təchizatında istifadəsini mümkün edən əsas texnologiyalar bunlardır:

Hibrid sistemlər – dizel generatorları ilə birlikdə istifadə edilən kombinasiya olunmuş enerji sistemləri. Belə sistemlər günəş enerjisindən maksimum səmərə əldə etmək üçün müxtəlif enerji mənbələrinin sintezini təmin edir. Hibrid enerji sistemləri həmçinin elektrik akkumulyatorları ilə birləşdirilərək enerji saxlanması və sabit enerji təminatını mümkün edir.

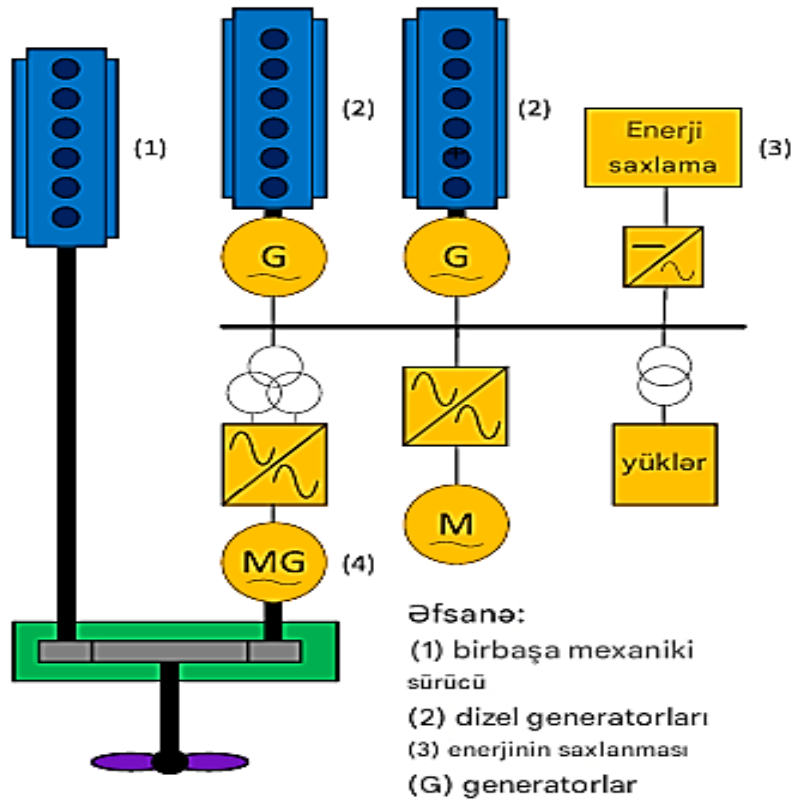
Termal günəş sistemləri – suyun istiliyinin təmin olunması. Gəmilərdə isti su təminatı və bəzi istilik prosesləri üçün istifadə olunur. Bu sistemlər günəş enerjisindən istifadə edərək suyun qızdırılmasını təmin edir və bu yolla ənənəvi yanacaq sərfiyyatını azaldır.

Fotovoltaik (PV) panellər – gündəlik enerji istehlakını qarşılamaq üçün. Bu panellər günəş işığını elektrik enerjisinə çevirərək, gəmi elektrik şəbəkəsinə qoşula bilər. Hazırda silisium əsaslı panellər daha geniş yayılmışdır, lakin yeni nəsil tandem və perovskit əsaslı panellər daha yüksək səmərəliliyə malikdir.

Günəş enerjisini dəniz gəmilərində alternativ yanacaq kimi tətbiq edərkən, panellərin effektiv yerləşdirilməsi və əlverişsiz hava şəraitində performans kimi texniki problemlər müəyyən

edilmişdir. Böyük yük gəmilərində günəş integrasiyasının iqtisadi səmərəliliyi müzakirə mövzusu olaraq qalır [4].

Hibrid mühərriklə hərəkət edən və hibrid enerji təchizatı ilə işləyən sistemlər, birbaşa mexaniki ötürücünün (1) (şəkil 1) maksimum səmərəliliyini və əsas mühərrik(lər)dən (2) alınan yanacaq enerjisi ilə enerji saxlama sistemindən (3) alınan elektrik enerjisinin çevikliyini birləşdirir. Aşağı dartıcı gücdə gəmini irəli aparmaq üçün elektrik ötürücü (4) istifadə edilə bilər və bu zaman əsas mühərrik (1) söndürülür. Elektrik ötürücü eyni zamanda generator funksiyasını da yerinə yetirə bilər.



Şəkil 1. Tipik hibrid hərəkət sistemində hibrid enerji təchizatı

Hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı ilk dəfə liman yedəklərində geniş şəkildə araşdırılmışdır. Bu araşdırmalardan sonra, Damen 2014-cü ildə hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı ilə ilk yedəyi təqdim etdi. Gəminin ümumi təsviri şəkil 2-də göstərilmişdir.

Əlavə olaraq, hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı Feadship tərəfindən 2015-ci ildə buraxılan “Savannah” yaxtasında tətbiq olunmuşdur. Müəlliflərin ən dəqiq məlumatlarına görə, hazırda yedəklər və yaxtalar hibrid hərəkət və hibrid enerji təchizatı kombinasiyasının araşdırıldığı və ya tətbiq edildiyi yeganə tətbiqlərdir [4].

Hibrid enerji sistemlərinin bir neçə növü vardır. *Günəş və dizel hibrid enerji sistemləri* günəş enerjisini və dizel generatorlarını birləşdirərək enerji təmin edir. *Külək və günəş hibrid enerji sistemləri* külək turbinləri və günəş panellərini birləşdirərək sabit enerji istehsalını təmin edir. Elektrik və daxili yanma mühərrikləri hibrid sistemləri avtomobillərdə və gəmilərdə istifadə olunur və yanacaq istehlakını azaldır. Bərpa olunan enerji və enerji saxlama hibrid sistemləri isə enerji saxlama cihazları ilə birləşdirilərək enerji təchizatının sabitliyini təmin edir.

Bu sistemlərin bir çox üstünlüyü vardır. Birincisi, müxtəlif enerji mənbələrinin birləşməsi sistemin səmərəliliyini artırır. İkincisi, bərpa olunan enerji mənbələri ilə ətraf mühitə təsir azalır.

Üçüncüsü, hibrid sistemlər enerji təchizatının dayanıqlığını artırır və şəbəkə üzərindəki yükləri azaldır. Dördüncüsü, bu sistemlər uzun müddət ərzində əməliyyat xərclərini azaldır. Hibrid enerji sistemləri müxtəlif sahələrdə tətbiq olunur [8].

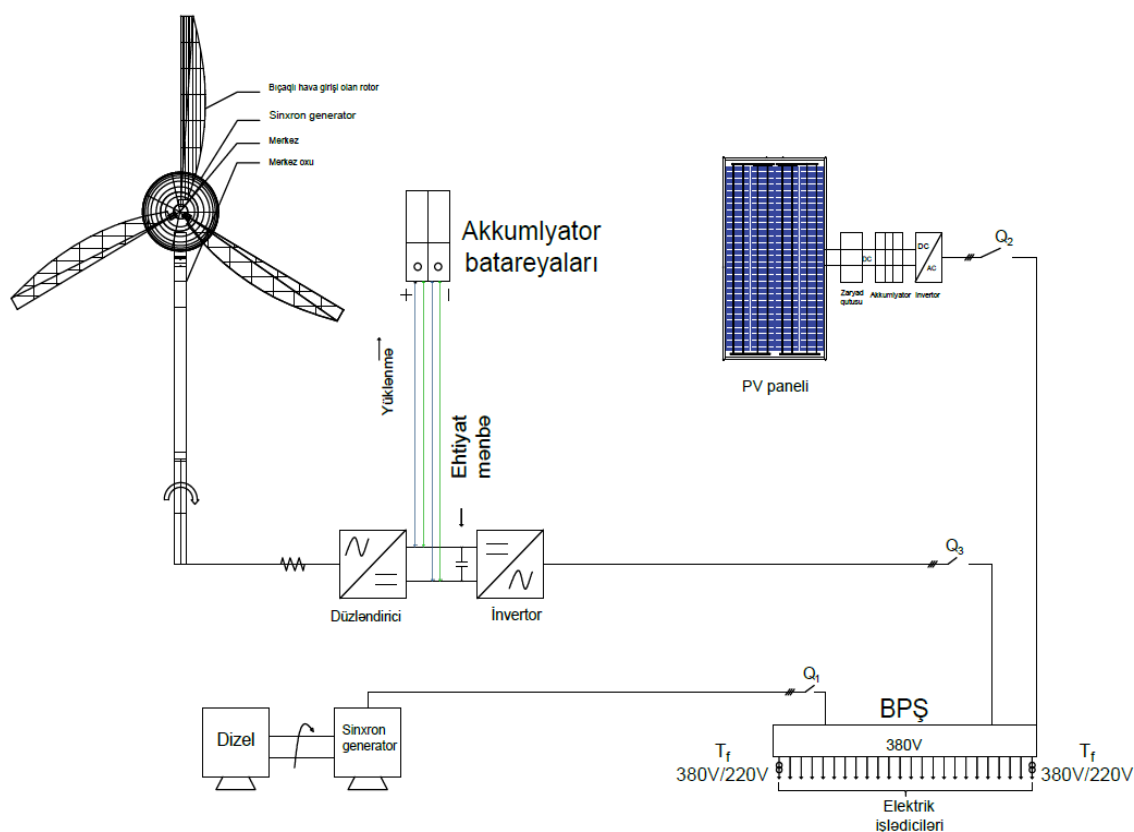
- (1) Birbaşa mexaniki əlaqə
- (2) dizel generatorları
- (3) enerjinin saxlanması
- (4) MühərrikGenerator



***Şəkil 2.** Külək və günəş hibrid enerji sistemləri mövcud olan gəminin ümumi görünüşü*

Gəmilərdən çirklənməsinin qarşısının alınması Beynəlxalq Konvensiyanın (MARPOL) Ek-VI Maddəsin 13 və 14 -cü qaydaları ilə gəmilərdən buraxılan NO_x, SO_x və PM emissiyalarının məhdudlaşdırılması planlaşdırılmışdır. MARPOL Ek-VI ya görə gəmi dizel mühərrikinin tutumuna və inşa ilinə bağlı olaraq NO_x emissiya yayma meyarları müəyyənləşmişdir. Bundan əlavə, gəmi yanacaqlarında icazə verilən maksimum kükürd tərkibi 2020 -ci ilinə qədər 3,5% -dən 0,5% -ə endirmək qərarı verilmişdir. Həmçinin, MARPOL Ek-VI çərçivəsində, Baltik dənizi, Şimal Dənizi, Birləşmiş Dövlətlər Karib Dənizi və Şimali Amerikanı əhatə edən bölgələrin bəzi hissələri Emissiya (tullantıya) Nəzarət Sahəsi (ECA) olaraq müəyyən edilmişdir. Bu ərazilərdə fəaliyyət göstərən gəmilərin 2015-ci il etibarı ilə kükürd dərəcəsi 0,1% -dən çox olmayan dəniz yanacağından istifadə etməli olduqları müəyyənləşdirilmişdir.

Dalğıc gəmilərində tətbiq edilmiş günəş-külək enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemində istifadə edilmiş elektrik stansiyasının sxematik quruluşu ilə tanış olaq. Hidroqrafik tədqiqat gəmilərinin elektrik stansiyası F-76 dəniz dizel yağı (MDO) ilə işləyən dizel generatorlarından və yanma enerjisi tədarükü olan elektrik mühərrikindən ibarətdir. 1-ci sxematik şəkildən görüldüyü kimi əsas mühərrikə paralel olaraq alternativ enerji mənbələrindən qidalanan, yanacağa qənaət edən və eyni zamanda atmosfer çirklənməsinin qarşısını alan hibrid təkan verici sistemə inteqrasiya edilmiş güc mənbəyi (batareya) vardır. Sistemin üstün cəhəti alternativ enerjidən istifadə edən mühərrikə gedən enerji mənbəyinin istənilən vaxt dəyişdirilə bilməsidir. Beləki, mühərrik lazım gəldikdə dizel yanacağından əldə edilən enerjiden, lazım gəldikdə isə digər alternativ enerji mənbələrindən qidalanmaq funksiyasına malikdir. Görüldüyü kimi, alimlər mürəkkəb dinamik effektləri özündə birləşdirən yeni model günəş enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemində işləyən mühərrikin effektivlik dərəcəsini yoxlayaraq nəticə almağa çalışırlar.



Şəkil 3. *Günəş–külək və ənənəvi (hibrid) energetik sistemin birxətli sxemi*
Q₁–generatorun seksiya avtomat açarı, Q₂– günəş enerjisinin seksiya avtomat açarı,
Q₃ – külək enerjisinin seksiya avtomat açarı

Şəkil 3–də günəş, külək və ənənəvi (hibrid) enerjiyə malik baş paylayıcı şitin (BPS –nin) birxətli sxemi qurulmuşdur. Burada Q1 avtomat açarı vasitəsi ilə dizel generatorun elektrik enerjisi BPS–nin sol seksiyalarında mövcud olan işlədiciyə, Q2 avtomat açarı vasitəsi ilə günəş panellərindən alınan, həmçinin Q3 avtomat açarı vasitəsi ilə külək turbinlərindən alınan elektrik enerjisini BPS–nin sağ seksiyalarında mövcud olan işlədiciyə, elektrik enerjisi vermək üçün istifadə edilir.

İstismar rejimləri. Rusiya dəniz Registri qaydalarına (Hissə XI, Fəsil 26.3) əsasən, gəmilərdə əsas elektrik enerjisi mənbəyi qismində Litium–İon akkumulyator sistemləri (LİAS) istifadə oluna bilər. Qəza elektrik enerjisi və keçid qəza elektrik mənbəyi qismində də Litium–İon akkumulyator sistemləri tətbiq oluna bilər. Əlavə elektrik enerjisi mənbəyi qismində isə LİAS, superkondensator sistemləri (SKS), istilik elementləri (İE) və günəş batareyaları (GB) istifadə oluna bilər. LİAS əsas elektrik enerji mənbəyi qismində istifadə olunduğu halda, əlavə olaraq başqa otalarda yerləşdirilən 2 LİAS nəzərdə tutulmalıdır.

Dolum və boşalma rejimləri. Statik elektrik enerji mənbələri (SEM), temperaturun maksimal buraxıla bilən qiymətdən yuxarı artmasının qarşısını alan konstruksiyada hazırlanmalıdır. SEM gərginliklərin, cərəyanların və temperaturların stehsalçı tərəfindən qoyulmuş hədudlarda istismar edilməlidir. Dolum-boşaldılma qurğuları elə layihələndirilməlidir ki, dolum və boşalma prosesində dolum rejiminin, gərginlik, cərəyan və temperatur istehsalçı tərəfindən verilmiş məhdud qiymətlərindən kənara çıxmasın.

Statik elektrik enerji mənbələrinin mühafizə, nəzarət və işarə qurğuları. Dolum-boşaldılma qurğuları LİS – lokal nəzarət, idarəetmə, mühafizə və işarə sistemi ilə idarə edilməlidir.

LİS aşağıdakı mühafizə funksiyalarını təmin etməlidir:

dolum və boşalma cərəyanının məhdudlaşdırılması;

cərəyana görə artıq yüklənmə;

maksimal və minimal gərginlik;

artıq dərəcədə qızmadan;

LİS aşağıdakı ölçmə funksiyalarını təmin etməlidir:

Blokların gərginliyi;

Blok və modulların temperaturu;

Çıxış cərəyanı.

Gəmi qəza-xəbərdarlıq işarə sisteminə (QİS) aşağıdakı parametrlər ötürülür:

Blok və ya modulun yüksək temperaturu;

Yüksək və ya aşağı gərginlik;

Batareyanın şəbəkədən ayrılması;

Avtomat açarın işə düşməsi;

Verilənlərin ötürülməsində imtina;

Soyuducu mühitin sızması.

Gəmilərdə hibrid enerji sistemlərinin, xüsusilə **termal günəş enerjisi və fotovoltaiik panellərin birlikdə istifadəsi**, enerji səmərəliliyini artıraraq yanacaq sərfiyyatını azaldır və ekoloji təsirləri minimuma endirir [9]. Gələcəkdə bu texnologiyanın inkişafı və geniş tətbiqi dəniz nəqliyyatında ekoloji dayanıqlılığı təmin etməyə kömək edəcəkdir.

Nəticə. Alternativ enerji sistemlərinin dalgıç gəmilərdə də tətbiq potensialının olması müəyyən misallarla araşdırılmışdır. Atmosfer çirklənməsinin qarşısının alınması məqsədi ilə dövlətlər tərəfindən bağlanmış beynəlxalq müqavilələr nəticəsində gəmiləçilik təşkilatlarına tətbiq edilən məhdudiyyətlərdən də göründüyü kimi, bu tip layihə və konsepsiyalar artaraq gələcək illərdə daha da qabarıq formada özünü biruzə verəcəkdir. Gəmilərin hərəkətvericilərində istifadə edilən güc mənbələrinin bir hissəsini qarşılaya biləcək günəş-külək enerjisi, dizel-batareya hibrid sistemi ilə bağlı görülmüş işlərdən, həyata keçirilmiş layihələrdən və həyata keçirilməsi planlaşdırılan layihələrdən aydın görünürki, sıfır emissiyalı təməmlə bərpa olunan enerji mənbələri ilə işləyən nəqliyyat gəmiləri konsepsiyası gələcəkdə tam şəkildə reallığa çevriləcəkdir və öz yerini tutacaqdır. Hibrid sistemlərin istifadəsi səs-küyü və vibrasiyanı azaltdığı üçün sərnəşin gəmilərində və tədqiqat gəmilərində rahatlığı artırır. Bundan əlavə, dizel mühərriklərin istismar müddəti uzandığına görə texniki xidmət xərcləri azalır. Beynəlxalq Dəniz Təşkilatının (IMO) emissiya tələblərinə uyğunluq təmin edildiyi üçün bu sistemlər gələcəkdə daha geniş yayılacaqdır. Ümumilikdə, hibrid enerji sistemlərinin tətbiqi dəniz nəqliyyatında ekoloji, iqtisadi və texniki baxımdan mühüm üstünlüklər yaradır. Bu texnologiyaların inkişafı və tətbiqinin genişlənməsi yaşıl enerji keçidinə və dəniz sənayesinin davamlı inkişafına töhfə verəcəkdir.

Gələcəkdə bu texnologiyaların daha çox yayılacağı və inkişaf edəcəyi gözlənilir. Günəş enerjisi və hibrid sistemlərin birgə istifadəsi dəniz nəqliyyatında yaşıl enerji keçidini sürətləndirərək gəmiçilik sənayesində inqilabi dəyişikliklərə səbəb olacaqdır.

Ədəbiyyat

1. Internal Maritime Organization, "Marine Casualties and Incidents" Incident Data," GISIS Mar. Casualties Incidents, March, 2020, Accessed: Oct. 19, 2020. [Online]. Available: <https://gisis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx>.
2. Sultanov E.F., İsmayılov S.S. "Gəmilərdə alternativ enerji mənbələrindən istifadə imkanlarının araşdırılması"/ ADDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2021, səh. 151-157
3. Sultanov E.F., İsmayılov S.S. "Külək turbinləri və onların gəmilərdə tətbiqinin araşdırılması"/. ADDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2022, səh., səh. 104-111
4. Sultanov E.F., İsmayılov S.S., Əlicanov R.R. "Günəş panelləri və onların gəmilərdə tətbiqinin

araşdırılması". ADDA Elmi əsərlər №2, Bak; 2023, səh., səh. 110-118.

5. Sultanov E.F., Məmmədov E.M., Əlicanov R.R. Hibrid texnologiyalardan istifadə etməklə gəmilərdə enerji səmərəliliyinin artırılması. "Elm və təhsilin əsasları" XIII Beynəlxalq elmi konfrans. Bakı 2025, səh. 236-240
6. T. Salameh, M. A. Abdelkareem, A. Olabi, E. T. Sayed, M. Al-Chaderchi, and H. Rezk, "Integrated standalone hybrid solar pv, fuel cell and diesel generator power system for battery or supercapacitor storage systems in khorfakkan, united arab emirates," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 46, no. 8, pp. 6014–6027, 2021.
7. V.J. Jimenez, H. Kim, and Z.H. Minima review of ship energy efficiency research and directions towards emission reduction in the maritime industry, Journal of Cleaner Production, 2022, 366: 132888.

Məqalə qəbul olunub: 30.10.25
Təvsiyə edib dos. İsmayilov A.Ş.