

UOT 621.56

SÜNİ SOYUQLUQ AKKUMULYATORLU GƏMİ SOYUDUCU QURĞUSUNUN İŞ REJİMLƏRİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASI

Əliyev N.S.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: nazim_alijew@yahoo.com

Xülasə. *Balıqçı və refrejerator gəmiləri üçün soyuducu qurğunun işinin optimallaşdırılması üsulları əlavə olaraq süni soyuqluğun akkumulyasiyası (yığılması) qurğularının daxil edilməsi ilə tədqiq edilmişdir. Mühitlərin birbaşa təması və buz istehsalı ilə işləyən soyuducu maşın əsasında soyuqluğun yığılması üçün yeni texnologiya hazırlanmışdır. Soyuducu agent kimi kristal hidratlar əmələ gətirməyən freon RC318 istifadə edilmişdir. Bunun əsasında birpilləli soyuducu maşının, sistemdə ekserji axınının azaldılmasından istifadə ilə, işi optimallaşdırılıb. Əldə edilən nəticələr göstərir ki, soyuducu avadanlıqların istismarı üçün enerji xərclərini azaltmaq və balıqçılıq gəmilərinin avtonomluğunu artırmaq üçün gəmilərdə soyuqluq yığılmasından istifadə aktual və perspektivlidir. Soyuqluq akkumulyatorunun soyuqluğun təminatı sistemə qoşulmasının iki sxemi üçün optimallaşdırma aparılıb. Təklif olunan optimallaşdırma üsulları soyuducu qurğuların enerji sərfiyyatını hesabi yüklənmə səviyyəsinə endirməyə, akkumulyatorlardan soyuqluq istifadə edərək pik yüklənmələri kompensasiya etməyə imkan verir.*

Abstract. *The article studies the methods for optimizing the operation of a refrigeration unit for fishing and refrigerated vessels with the additional inclusion of artificial cold accumulation devices. A new technology for cold accumulation based on a refrigeration machine with direct contact of media and ice production has been developed. RC318, a freon that does not form crystal hydrates, was used as a refrigerant. Based on this, the operation of a single-stage refrigeration machine was optimized, calculated to reduce the exergy flow in the system. The data obtained indicate that the use of cold accumulation on ships is relevant and promising for reducing energy costs for the operation of refrigeration equipment and increasing the autonomy of fishing vessels. Optimization was carried out for two schemes for including a cold accumulator in the cold supply system. The proposed optimization methods make it possible to reduce the energy costs of refrigeration units to the level of estimated loads, and compensate for peak loads using cold from accumulators.*

Аннотация. *Исследованы способы оптимизации работы холодильной установки для рыбопромышленных и рефрижераторных судов с дополнительным включением устройств искусственной аккумуляции холода. Разработана новая технология аккумулирования холода на базе холодильной машины с непосредственным контактом сред и выработки льда. В качестве холодильного агента взят RC318 – фреон, не образующий кристаллогидратов. На основе этого была проведена оптимизация работы холодильной одноступенчатой машины, рассчитанная по снижению потока эксергии в системе. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение аккумуляции холода на судах актуально и перспективно для снижения затрат энергии на работу холодильного оборудования и повышения автономности судов рыбопромыслового флота. Оптимизация проведена для двух схем включения аккумулятора холода в систему хладоснабжения. Предложенные методы оптимизации позволяют снизить энергозатраты холодильных установок до уровня расчетных нагрузок, а пиковые нагрузки компенсировать с помощью холода из аккумуляторов.*

Açar sözlər: *soyuqluğun yığılması, mühitlərin birbaşa təması ilə soyutma, refrejerator gəmisi, dəniz soyuducu qurğuları, enerji səmərəliliyi*

Key words: cold accumulating, direct contact cooling, refrigerator ship, marine refrigeration units, energy efficiency

Ключевые слова: аккумулярование холода, охлаждение при непосредственном контакте сред, рефрижераторное судно, судовые холодильные установки, энергоэффективность

Giriş. Dəniz gəmilərində soyuducu qurğuların geniş tətbiqi soyuqluğun istehsalı zamanı enerji istehlakının azaldılması və enerjiyə qənaət edən texnologiyaların axtarışı problemini qoyur. Bu, xüsusilə cilov və balıq emalı sektorundakı gəmilər üçün aktualdır: trol gəmiləri, üzən bazalar, refrejerator gəmiləri və s. Aşağı temperaturda soyuqluğun alınması yüksək enerji istehlakı tələb edir ki, bu da resursların əhəmiyyətli istehlakına və gəmilərin avtonomluqlarının azalmasına səbəb olur.

Soyuducu qurğuların istismarı zamanı itkiləri azaltmaq üçün ədəbiyyatda bir neçə üsul təqdim edilmişdir, onların əksəriyyəti soyuducu maşınların iş rejimlərinin dəyişdirilməsinə və əlavə avadanlıqların tətbiqinə aiddir. Məsələn, [1, 2] işlərində refrejerator gəmilərinin anbarlarında tələb olunan aşağı temperaturu saxlayan qurğuların sabit işləməsini təmin etmək üçün əhəmiyyətli yanacaq sərfiyyatını göstərən məlumatlar verilir. Refrejerator nəqliyyat gəmilərində yüklənmələrin (dondurulmuş və konservləşdirilmiş balıq məhsulları, meyvələr və s.) trümlarda və saxlama kameralarında saxlanmasını təmin edən soyutma sistemləri tərəfindən istehlak edilən elektrik enerjisinin istehsalı üçün yanacağın 10-20%-i sərf edilir. Hava soyuducularında (HS) böyük temperatur dəyişməsi və hava dövriyyəsi sayının yüksək olması HS-nun istilik və aerodinamik müqavimətini azaltmaqla ventilyatorlara sərf olunan gücü azaltmaq üçün əhəmiyyətli imkanları göstərir.

Enerji xərclərini azaltmağın başqa bir yolu, termoiqtisadi analiz [3] və ya ekserji analizi [4, 5] metodları əsasında soyuqdan istifadə edərək əlavə soyutmanın tətbiqi ilə soyuqluq akkumulyatorlarından istifadə etmək və soyuducu maşının iş rejimlərini optimallaşdırmaqdır.

Tətbiq olunan riyazi optimallaşdırma üsulları təsdiq edir ki, soyuducu qurğuların iş rejimlərində ilk növbədə idarəetmə alqoritmlərində onların işinin səmərəliliyini artırmağa imkan verən amillər mövcuddur. Məqalə [6] ehtimal olunan avadanlıq nasazlıqları və keyfiyyət xarakterli informasiyasıya haqqında məlumatı emal etməklə ammonyak soyuducu maşınının istismar parametrlərini intensivləşdirməsi metodu təqdim edir. Metodun əsası ammonyak soyuducu maşınının qeyri-normal istismar vəziyyətlərinin mənbəyi kimi müəyyən edilməsi və sonradan ammonyak soyuducu maşınının işə salınmasından əvvəl və onun işi zamanı qeyri-normal istismar vəziyyətlərinin müəyyən edilməsi üçün intellektual simulyasiya modelindən əldə edilmiş məlumatların istifadəsidir. Amma, ammonyak soyuducu maşınının əsas parametrlərinin göstəricilərinin xarici və daxili iş şəraitindən asılı olduğunu nəzərə almaq lazımdır, buna görə də istismar parametrlərinin müəyyən göstəricilərinin qəbul edilməsi qiymətləndirərkən bir sıra mürəkkəb texniki hesablamalar aparılmalıdır.

Göstərilən bütün üsulların təhlili nəticəsində gəmilərdə soyuducu qurğuların səmərəliliyini artırmaq üçün həm texniki, həm də riyazi üsulları əhatə edən bir üsul hazırlanmışdır.

Ən məntiqi yanaşma, yüklənmə azalması saatlarda soyuducu qurğuların intiqallarının gücündən istifadə etməklə süni soyuqluğun akkumulyasiyası (yığılması) və pik yüklənmə vaxtlarında akkumulya olunmuş soyuqdan istifadə etməkdir. Bu, soyuqluğun təbii yığılma üsullarından istifadənin mümkün olmayan bölgələr üçün xüsusilə vacibdir. Məsələn, cənub dənizlərində balıqçı gəmilərinin işi.

İşin məqsədi süni soyuq yığılma sistemlərindən istifadə etməklə balıqçı gəmilərinin soyuducu qurğularının iş parametrlərini optimallaşdırmaqdır.

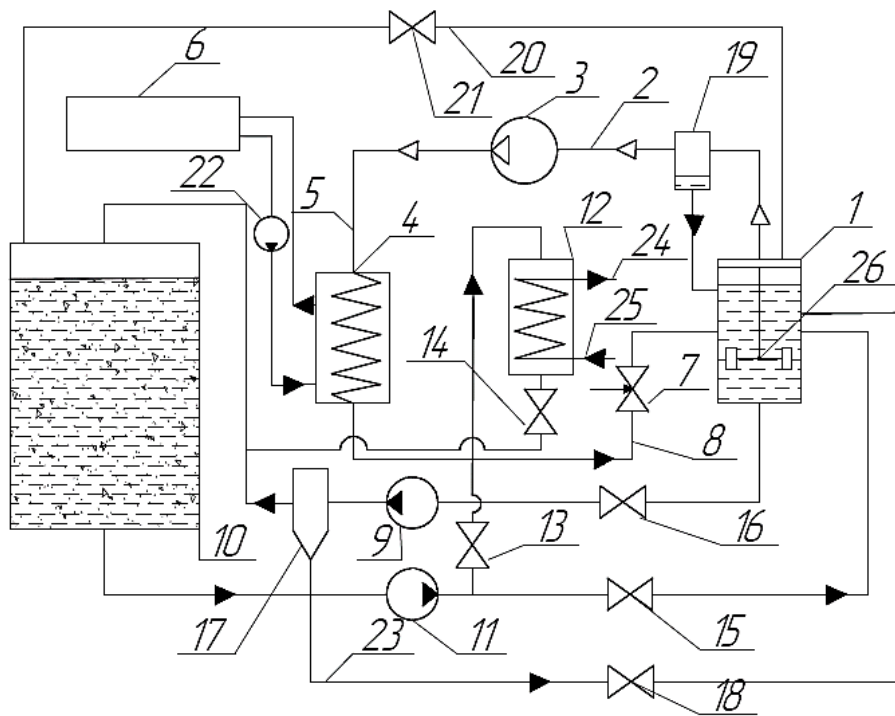
Aktuallıq enerji istehlakının azaldılması və dəniz soyuducu qurğuların istismarı xərclərinin azaldılması üsullarının yaradılmasındadır.

İşin yeniliyi enerji xərclərini azaltmaq üçün soyuqluğun yığılmasının yeni üsullarından və onların əsasında optimallaşdırma üsullarından istifadə edilməsi ilə bağlıdır.

Maddələrin birbaşa kontaktı ilə olan soyuducu qurğular əsasında soyuğun süni yığılma üsulu. Klassik bir soyuducu maşında, soyuducudan gələn istilik buxarlandırıcının istilik mübadiləsi divarı vasitəsilə soyuducu agentə ötürülür, bu da istilik mübadiləsi səthini məhdudlaşdırır, bunun nəticəsində soyutma qabiliyyəti birbaşa istilik ötürmə səthinin sahəsindən asılıdır. Bunu kompensasiya etmək üçün istilik mübadiləsi səthini mümkün qədər artırmaq lazımdır. Bununla birlikdə, kontakt səthini artırmaq və soyutma və buz əmələ gəlməsinin səmərəliliyini artırmaq üçün maddələrin birbaşa kontaktı, yəni soyuducu agentin və soyuqluq daşıyıcısının birbaşa qarşılıqlı əlaqəsi istifadə edilə bilər.

Freonu əsas götürsək, su ilə təmasda olduqda, müəyyən şərtlərdə kristal hidratlar və ya su buz əmələ gəlir. Əmələ gələn buz yığılrsa və sonradan istifadə olunursa, sulu məhlul ilə kontaktda olan soyuducu agentin istiliyi udması hesabına soyuqluğun maşın üsulu ilə yığılması ideyası yaranır.

[7]-də hazırlanmış metod eyni prinsiplərə əsaslanır. Əsas kimi RC318 soyudu agentini kristal hidratların əmələ gəlməməsi, kristalizator da buz əmələ gəlməsi zamanı yığılma və sonradan buzun soyuqluq daşıyıcısı axını ilə yuyulması səbəbindən götürülmüşdür, bu da daha sonra istehlakçını soyuqla təmin etməyə yönəldilmişdir. Qurğunun sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Soyuqluğun yığılması qurğusu:

- 1 - kristalizator; 2 – sorma xətti; 3 - kompressor; 4 - kondensator; 5 – vurma xətti; 6 - ciller;
 7 – tənzimləyici ventili; 8 – maye xətti; 9 – məhlulu və buz qarışdırıcı nasos; 10 - yığılma
 çəni; 11 – məhlulun qaytarılması nasosu; 12 – istilikdəyişdiricisi; 13–16, 18, 21 – bağlama
 ventilləri; 17 - hidrosiklon; 19 – maye ayırıcısı; 20 - tarazlama xətti; 22 - cillerin nasosu;
 23 – soyuducu agentin qaytarılması xətti; 24, 25 – soyuqluğun təchizatı və qaytarma xətləri;
 26 – qarışdırıcı

Soyuducu agent kondensatordan 4 tənzimləyici klapan 7 vasitəsilə kristalizatora 1 verilir, burada qaynayır, natrium xlorid məhlulundan istilik alaraq buz kristallarını əmələ gətirir, maye soyudu agentin daha kiçik bir hissəsi nasos 9 tərəfindən daşınır, daha böyük hissəsi isə buxar-maye qarışığı şəklində maye ayırıcısına 19 daxil olur, burada maye soyuducu agent ayrılır. Sonra soyuducu agentin buxarı kompressor 3-də sıxılır və kondensator 4-də kondensasiya olunur, bundan sonra o, drossellənir

və kristalizator 1-ə daxil olur. Yaranan buz kristalları və maye soyudu agentin damcıları olan natrium xlorid məhlulu, açıq ventill 16 keçərək nasos 9 vasitəsilə hidrosiklon 17-yə verilir və burada qarışıqdan maye soyudu agent ayrılır bağlayıcı ventill 18-dən keçərək kristalizator 1-ə qaytarılır. Buzlu məhlul yuxarı hissədə buzun akumulyasiya çəni 10-a verilir, və onun yuxarı hissəsində yığılır. Yığılma rejimində 13 və 14-cü bağlama ventilləri bağlanır. Natrium xlorid məhlulu nasos 11 vasitəsilə akumulyasiya çəninin 10 aşağı hissəsindən götürülür və kristalizatora 1 verilir, burada yenidən buz əmələ gətirmək üçün soyuducu agent ilə qarışdırılır. İstehlakçıya soyuqluğu vermək rejimində ventillər 15 və 16 bağlanır, 13 və 14-cü ventillər açıqdır, isti məhlul yığılma çəninin 10 yuxarı hissəsinə verilir, burada buzla soyudulur və soyuq məhlul nasos 11 vasitəsi ilə istilikdəyişdiricisinə 12 yönəldilir, burada o istehlakçıdan istiliklə qızdırılır, sonra isə akumulyasiya çəni 10-a qaytarılır. Soyuducu agentin kondensasiya istiliyi kondensator 4-ə soyuq maye verən nasos 22 ilə təchiz edilmiş ciller 6 köməkliyi ilə aparılır. Kristalizator 1 və yığılma çəni 10-da təzyiqi bərabərləşdirmək üçün bərabərləşdirici xətt 20 ilə bağlama ventili 21 mövcuddur. Prosesi intensivləşdirmək üçün kristalizator 1-dəki məhlul daim qarışdırılır 26.

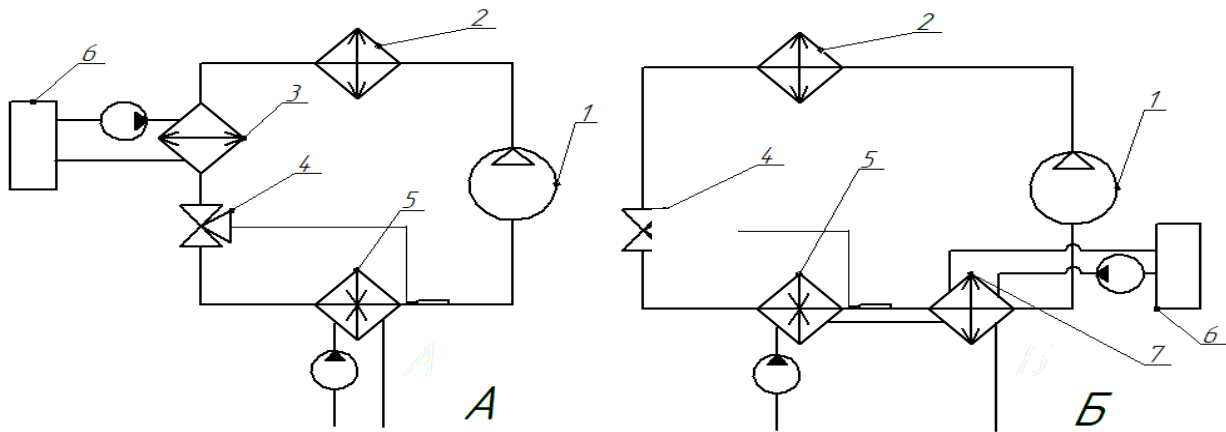
Bu üsuldən istifadə yığılma üçün enerji xərclərini kəskin azaltmağa imkan verir. Hesablama məlumatları sübut etdi ki, fazaların birbaşa kontaktı metodu məlum buz əmələgətirmə üsulları ilə müqayisədə 40% -dən çox enerjiyə sərfəlidir.

Gəmi sistemlərində belə konstruksiyaların istifadəsi soyuducu maşınların işini optimallaşdırmağa və onların enerji səmərəliliyini artırmağa imkan verir.

Süni soyuqluq yığılması qoşulması ilə soyuducu qurğuların işinin optimallaşdırılma modeli. Soyuducu qurğunun optimallaşdırılmasının iki sxemini nəzərdən keçirək (şəkil 2):

– pik yüklənmələrdə soyuducu agentini həddindən artıq soyutmaq üçün yığılmış soyuqdan istifadə edilir və bununla da məhsuldarlıq artır (şəkil 2, A);

– soyudulan obyektlərdə aşağı temperaturun saxlanması üçün yığılmış soyuqdan və bununla da qurğuda pik yüklənmələrin hamarlanması üçün istifadə olunur (şək. 2, B).



Şəkil 2. Soyuqluq akkumulyatorlu soyuducu qurğunun sxemləri:

A – yığılmamış soyuqluq həddən artıq soyutma üçün istifadə olunur; B – yığılmamış soyuqluq soyutma obyektlərində aşağı temperaturu saxlamaq üçün istifadə olunur; 1 - kompressor; 2 - kondensator;

3 – həddən artıq soyutma istilikdəyişdiricisi; 4 – termostatlaşdırıcı ventill; 5 - buxarlandırıcı;

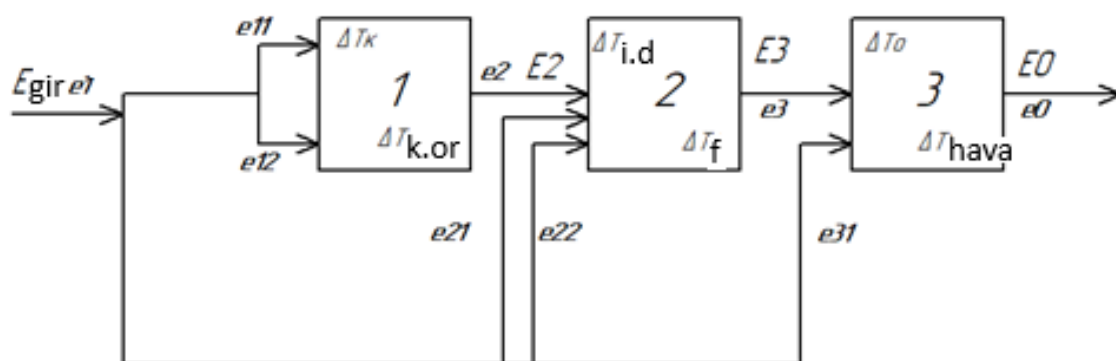
6 - soyuqluq akkumulyatoru; 7 – əlavə soyutmanın istilikdəyişdiricisi

Enerji soyuducu maşının müxtəlif elementlərinə verilir. Bu zaman işə və istiliyə enerji ötürülməsinin müxtəlif formaları kimi baxılır. Nəzərə almaq lazımdır ki, istilikdəyişdiricilərində və soyuqluğun akkumulyatorlarında istilik fərqli temperatur potensiallarında verilir. Buna görə enerji ötürülməsinin müxtəlif formalarını qiymətləndirmək üçün vahid meyar seçmək lazımdır. Belə bir

kəmiyyət kimi ekserji seçilə bilər. Soyuducu qurğunun ayrı-ayrı elementlərindəki itkilərə görə, faydalı effekt əldə etmək üçün verilən ekserjinin yalnız bir hissəsi istifadə edilə bilər.

Enerji parametrlərinə əsaslanan optimallaşdırma texnikasını nəzərdən keçirək. Bunun üçün termodinamik analizə əsaslanan iki optimallaşdırma üsulunu nəzərdən keçirəcəyik.

Optimallaşdırma sxemi şəkil 2-dəki sxemə uyğun şəkil 3-də göstərilmişdir, optimallaşdırma sxemi [3]-də göstərilən optimallaşdırmaya bənzəyir və onu süni soyuqluğun yığılmasını nəzərə almaqla təkrarlayır. 1-ci sahəyə buxarlandırıcı olmadan soyuducu qurğunun əsas sxemi (kompresor, kondensator, tənzimləyici ventil və kondensatoru soyutma suyu ilə təmin edən nasoslar) daxildir; sahə 2 – həddən artıq soyutma istilikdəyişdiricisi, istilikdəyişdiricinin qidalandırıcı nasosları, buz akkumulyatoru; sahə 3 – HS ventilyatorları.



Şəkil 3. Soyuducu agentin həddən artıq soyudulması ilə süni soyuq akkumulyatorlu birpilləli soyuducu qurğunun termodinamik diaqramı

Hər bir zonada ona daxil olan avadanlığın dəyəri nəzərə alınır:

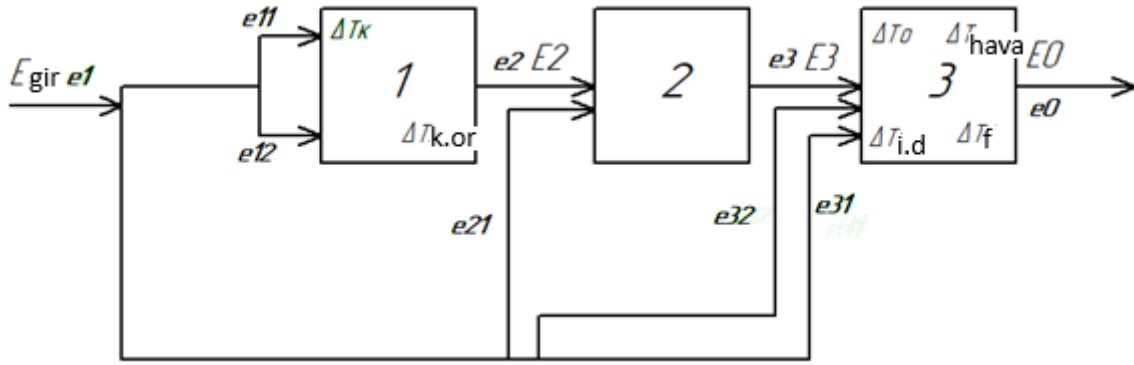
e11 - kompresor intiqalı üçün, e12 - kondensator ventilyatoru üçün, e22 - nasos üçün, e23 - buz akkumulyatoru üçün və e31 – hava soyuducusunun ventilyatoru üçün. Ekserjinin ötürülməsi həyata keçirilir: 1 - e2 bölgəsindən 2-ci bölgəyə, 2 - e3 bölgəsindən 3-cü bölgəyə. 2-ci bölgəyə ümumi daxil olan ekserji E2, 3-cü bölgəyə - E3-dür. Soyudulan mühitin ekserji artımı E0-ə bərabərdir, ekserjinin soyudan mühitə ötürülməsi e0-dir. İstilik dəyişdiricilərində müstəqil dəyişənlər kimi temperatur fərqləri və cihazlarda işçi agent ilə ətraf mühit arasında orta loqarifmik temperatur fərqləri qəbul edilir: ΔT_{κ} – kondensatorda işçi agent ilə soyudan mühit arasında; $\Delta T_{\kappa.or}$ – kondensatorun giriş və çıxışında orta soyutma; ΔT_f – istilikdəyişdiricisinə daxil olan və çıxan freonun; $\Delta T_{i.d}$ – istilikdəyişdiricisində işçi agent ilə soyudan mühit arasında; ΔT_{hava} – istilikdəyişdiricisinə daxil olan və çıxan soyuducu mühitin; ΔT_0 – hava soyuducusunda işçi cisim ilə soyudulan mühit arasında; $\Delta T_{h.s}$ – hava soyuducusuna daxil olan və hava soyuducusundan çıxan soyudulan mühit.

Optimallaşdırma meyarı olaraq enerji xərcləri seçilib:

$$U = E_{gir}(e11 + e12 + e21 + e22 + e31).$$

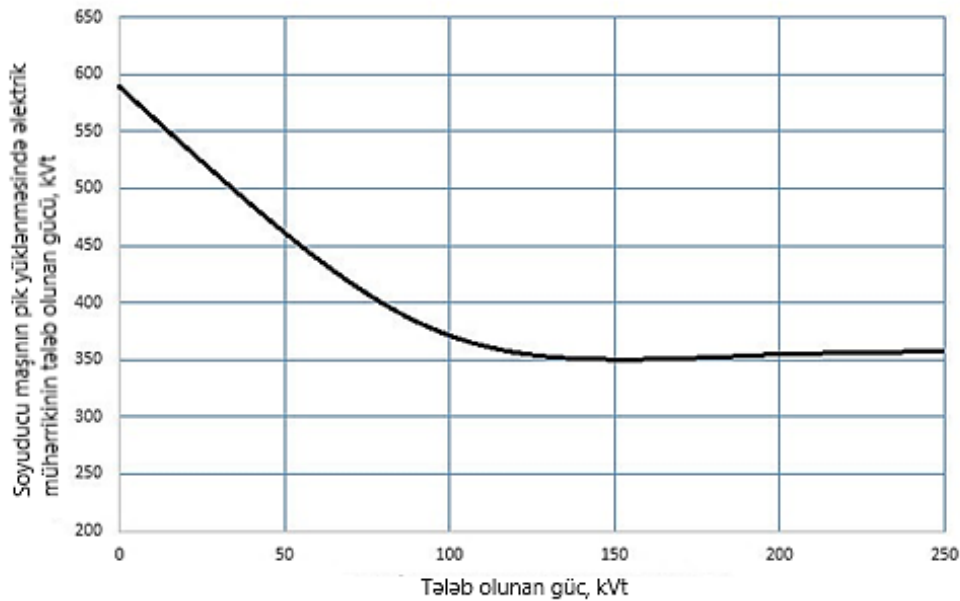
Şəkil 2, B -dəki sxemə uyğun olaraq başqa bir optimallaşdırma sxemi şəkil 4-də göstərilmişdir və soyuducu qurğunun işini asanlaşdırmaq üçün akkumulya olunmuş soyuqluğun pik yüklənmələr zamanı soyuq ehtiyacını təmin etmək üçün istifadə edilməsi ilə fərqlənir.

Qəbul edilmiş optimallaşdırma meyarları birinci halda olduğu kimidir. Hesablama metodu tamamilə şəkil 4-dəki yeni sxemin nəzərə alınması ilə qalır. Bu halda optimallaşdırma üçün mühitlər arasında ekserji axınları daha mürəkkəb formaya malikdir.



Şəkil 4. Soyuducu obyektin əlavə soyudulması ilə süni soyuqluq akkumulyatorlu birpilləli soyuducu qurğunun termodinamik diaqramı

Şəkil 5-də soyuq yığılması üçün enerji xərcləri nəzərə alınmaqla soyuducu maşın intiqalı üçün orta enerji xərclərinin həlli göstərilir. Optimallaşdırma obyekti kimi balıqların tutulması, dondurulması və saxlanması, balıq məhsullarının emalı üçün nəzərdə tutulmuş iri donduruculu balıq ovu trol gəmisi seçilmişdir. Seçilmiş gəmi balıqları saxlamaq üçün tutumu 2140 m³ və nəzərdə tutulan saxlama temperaturu -28°C olan iki anbardan istifadə edir. İki pilləli kompressor aqreqatının qaynama temperaturu -45°C və kondensasiya temperaturu 36°C olduqda soyuducu gücü 540 kVt, elektrik mühərriklərinin enerji istehlakı - 590 kVt-dır.



Şəkil 5. Soyuqluq akkumulyatorunun istifadəsi ilə soyuducu maşının enerji sərfiyyatı

Qrafikə görə, 6 saat ərzində yığılma zamanı pik yüklənmələri örtmək şərtində akkumulyator gücünün soyuducu sisteminin gücünə optimal nisbəti 20-25% təşkil edir.

Nəticələr və müzakirə. Enerji sərfiyyatı ilə bağlı təqdim olunan metoda uyğun optimallaşdırma soyuqluq yaratmaq üçün ən əlverişli olan iki iş rejiminə gətirib çıxarır:

Birincisi - pik yüklənmələrin olduğu dövrlərdə, soyuducu qurğuda yığılmış soyuqluq vasitəsi ilə həddindən artıq soyutmanın artması ilə əlaqədardır ki, bu da xərcləri azaltmağa imkan verir, çünki

pik yüklənmələr zamanı soyuducu qurğunun məhsuldarlığı tənzimləyici ventildən sonra ballast buxarının azalması səbəbindən artır.

İkincisi - buxarlandırıcı ilə paralel olaraq soyuqluq akkumulyatorunun qoşulmasıdır, yəni pik yüklənmələrdə yığılmış soyuq istilik axınının bir hissəsini götürür, soyuducu maşına maksimum yükü azaldır.

Bu sxemlərin hər birinin öz üstünlükləri və mənfi cəhətləri var, lakin optimallaşdırma probleminin həlli akkumulyator ən sərfəli rejim üçün vaxtaşırı işləməli olduğunu göstərir. Üstəlik, yığılma müddəti istehlak müddətindən daha uzun olmalıdır.

Gəmi sistemlərində pik yüklənmələr ən böyük istilik axını dövrlərində, məsələn, ətraf mühitin temperaturu artdıqda və ya emal edilmiş məhsulların həcmi artdıqda baş verir. Sistemdəki pik yüklənmələr günün yalnız kiçik bir hissəsini təşkil edir, lakin onları örtmək üçün soyuducu qurğuları maksimum tutum üçün konstruksiya etmək lazımdır.

Yığılmadan istifadə edərək təklif olunan optimallaşdırma üsulları soyuducu qurğuların gücünü hesabi yüklənmələrin səviyyəsinə endirməyə və akkumulyatorun soyuğundan istifadə etməklə pik yüklənmələri kompensasiya etməyə imkan verir.

Yeni yanaşma yığım prosesi üçün enerji xərclərini və ümumiyyətlə, istismar xərclərini və soyuducu gəmilərdə soyuducu qurğuların ilkin dəyərini əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər.

Nəticə. Aparılmış tədqiqat və layihələndirmə tədqiqatları təsdiq edir ki, balıqçılıq gəmilərində proseslər üçün soyutma sistemlərində yeni yığılma üsullarından istifadə istismar xərclərini və soyuducu qurğuların qiymətini azaltmağa imkan verir. Təqdim olunan optimallaşdırma metodu, tətbiq sxemindən asılı olaraq, soyuqluq akkumulyatoru soyuducu maşının səmərəliliyini artırır və əlavə olaraq, işdə təqdim olunan birləşmə sxemlərinə uyğun pik yüklənmələrdə işləməyini təmin edir.

Optimallaşdırma onun tərkibinə daxil olan soyuqluq akkumulyatoru ilə soyuducu qurğunun parametrlərini optimallaşdırmağa imkan verir. Ən qənaətcil sxemi seçməyə imkan verən ən rəasional əlaqə sxemlərindən ikisi təqdim olunur.

Ədəbiyyat

1. Радченко Н.И., Летош Е.В., Дорош В.С. Направления сокращения потребления топлива судовыми системами рефрижерации // Збірник наукових праць. 2007. № 1 (412). С. 97–101.
2. Дорош В.С. и др. Энергосберегающие воздухоохладители систем охлаждения рефрижераторных судов // Авиаци.-косм. техника и технология. 2007. № 10. С. 179–183.
3. Крайнев А.А., Сериков С.А. Оптимизация режимов работы холодильной установки с аккумулятором естественного холода с использованием метода термoeкономического анализа // Вестн. Междунар. акад. холода. 2014. № 1. С. 55–58.
4. Харлампики Д.Х., Тарасова В.А. Структурный термодинамический анализ пароконпрессорной холодильной машины // Техн. газы. 2012. № 5. С. 57–66.
5. Пархомов М.М. Эксергетический анализ пароконпрессорной холодильной установки // Науч. журн. НИУ ИТМО. Сер.: Холодильная техника и кондиционирование. 2010. № 2. С. 45–53.
6. Путилин С.С. Использование математических моделей и методов системного анализа для оптимизации управления работой аммиачной холодильной установки // Прикаспий. журн.: упр. и высок. технологии. 2013. № 3. С. 33–42.
7. Пат. 2766952 С1 Рос. Федерация, МПК F25D 3/00. Способ аккумуляирования холода и устройство для его осуществления / Семенов А.Е., Андреев А.И. № 2021124868; заявл. 23.08.2021; опубл. 16.03.2022.

Мəqalə qəbul olunub: 17.04.25
Tövsiyə edib: dos. İsmayilov A.Ş.