

Orcid.org/0009-0004-6465-4756

VAKUUMDA DUZSUZLAŞDIRMANIN İSTİLİK MÜBADİLƏSİ PARAMETRLƏRİNƏ TƏSİRİ

¹Həziyev Ə.R., ^{1,2}Həsənov V.H., ^{1,3}Bayramova F.İ.

¹Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası,
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

²Azərbaycan Texniki Universitet
AZ1148, Bakı şəh., H.Cavid pr.25

E-mail: vgasanov2002@yahoo.com, alihuseyn.haziyev@asco.az

Xülasə. Qlobal istiləşmə və su mənbələrinin quruması dünyanın bir sıra ölkələrini dəniz suyunu içməli su halına gətirməyə vadar edir. Məsələn, İndoneziya, Malayziya, Singapur və İsrail dövlətlərində əhalinin içməli suya olan tələbatının bir hissəsi dəniz suyunun emalı hesabına ödənilib. İsraildə içməli suyun 40 faizi dəniz suyunun duzsuzlaşdırılması hesabına reallaşdırılıb. Vakuum–utilizasiyalı suşirnləşdirici qurğunun istilik sxeminin nümunəsinə nəzər yetirsək qurğunun istismar müddətindən, gəminin üzmə rayonundan və ya stasionar qurğular üçün zavodun yerləşdiyi yerdən asılı olaraq istilik mübadiləsi parametrlərinin dəyişdiyini görə bilərik. Baş mühərriki soyudan qızmış suyun buxarlandırıcıda işçi maye kimi istifadə olunmasını nəzərə alsaq, suşirnləşdirici qurğunun məhsuldarlığının mühərrikin iş rejimindən və dəniz suyunun temperaturundan asılı olduğunu demək mümkündür.

Аннотация. Глобальное потепление и высыхание водных источников вынуждают ряд стран мира перерабатывать морскую воду в питьевую. Например, в Индонезии, Малайзии, Сингапуре и Израиле часть потребностей населения в питьевой воде удовлетворяется за счет переработки морской воды. 40 процентов питьевой воды в Израиле производится путем опреснения морской воды. Если рассмотреть пример схемы теплоснабжения вакуумно-утилизационной опреснительной установки, то можно увидеть, что параметры теплообмена изменяются в зависимости от периода работы установки, района плавания судна или места расположения установки для стационарных установок. Учитывая, что в качестве рабочего тела в испарителе используется нагретая вода от охлаждения главного двигателя, можно сказать, что эффективность опреснительной установки зависит от режима работы двигателя и температуры забортной воды.

Abstract. Global warming and the drying up of water sources are forcing several countries around the world to convert seawater into drinking water. For example, in Indonesia, Malaysia, Singapore and Israel, part of the population's drinking water needs are met through seawater treatment. In Israel, 40 percent of drinking water is produced through desalination of seawater. If we look at an example of a heating scheme for a vacuum-utilization desalination plant, we can see that the heat exchange parameters change depending on the operating period of the plant, the sailing region of the ship, or the location of the factory for stationary plants. Considering that the heated water from cooling the main engine is used as the working fluid in the evaporator, it can be said that the efficiency of the desalination plant depends on the engine operating mode and the temperature of the seawater.

Açar sözlər: vakuumda duzsuzlaşdırma, buxarlandırıcı, istilik mübadiləsi, şirin su

Ключевые слова: вакуумное опреснение, испаритель, теплообмен, пресная вода

Key words: vacuum desalination, evaporator, heat exchange, fresh water

Giriş. Hazırda insan fəaliyyətinin bir çox sahələrində şirin su çatışmazlığı müşahidə olunur. Kiçik şəhərləri, kəndləri, dəniz sahillərində yerləşən ərazilərdəki fabrik və zavodları şirin su ilə təmin

etmək üçün müxtəlif növ suşirnləşdirici qurğulardan istifadə olunur. Bu qurğulardan həm də uzun müddət səfərdə olan gəmilərdə istifadə olunur, çünki uzaq səfərlər zamanı lazımi miqdarda şirin su ehtiyatını gəmiyə qəbul etmək demək olar ki mümkün deyil. Belə suşirnləşdirici qurğulardan biri də “D” tipli qurğudur. Bu suşirnləşdirici qurğu gəmilərdə istifadə olunan daxili yanma mühərriklərində yanmanın baş verməsi səbəbindən qızmış detalların soyudulması üçün istifadə edilən suyun utillizasiyası ilə işləyir. Belə bir sistem mühərrikin növündən asılı olaraq 1000 kVt gücə saatda təqribən 600 - 1200 litr təmiz su istehsal etmək qabiliyyətinə qadirdir. Əksər gəmilər üçün bu göstəricilər şirin su ehtiyaclarını tam ödəyir [1].

“D” tipli suşirnləşdirici qurğu sayəsində nəqliyyat gəmilərində içməli və texniki məqsədlər üçün istifadə edilən şirin suya olan tələbat qarşılır. Bu qurğu sabit təzyiq altında işləyir və gündə 25 tona qədər şirin su istehsal edə bilər. Bu tip suyun duzsuzlaşdırılması qurğuları hazırda nəqliyyat gəmilərində geniş istifadə olunur. Buxarlandırıcı kameranın istilikmübadilə hissəsi dəniz suyunun qaynadılması prosesinin baş verdiyi şaquli şəkildə quraşdırılmış mis – nikel borulardan ibarətdir. Bu borulardan gələn buxar buxarlanma kamerasına verilir, oradan isə jalüz tipli separatordan keçərək kondensatora daxil olur. Bu qurğunun jalüz separatoru və buxarlandırıcı kameranın hündürlüyünün çox olması duzluluq səviyyəsi aşağı olan təmiz su əldə etməyə imkan verir [1].

Kondensator vasitəsilə vurulan suyun bir hissəsi buxarlandırıcıya verilir, digər hissəsi isə ejektorda işçi maye kimi istifadə olunur. Ejektor buxarlandırıcı kameradan duzlu suyu xaric etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Dəniz suyunun normaldan aşağı temperaturda qaynaması üçün burada işçi vakuum təmin edilməlidir. Sistemdə vakuum parametrləri birbaşa mühərrikin blokunu soyudan soyuducu suyun temperaturundan asılıdır, beləliklə, soyuducu suyun temperaturu nə qədər aşağı olarsa, təzyiq vakuumu bir o qədər yaxınlaşır. Gəminin baş mühərrikindən 60 - 80° C temperaturda çıxan soyuducu su, buxarlandırıcı istilik batareyasında istilik mənbəyi kimi istifadə olunur. Təmiz su çənə daxil olmadan əvvəl o, xüsusi nümunələr götürülən şirin su kollektoruna daxil olur. Əgər suyun duzluluq dəyəri normaldan artıq deyilsə, alınan su şirin su çəninə daxil olur. Bu tip suyun duzsuzlaşdırılması qurğusu tam avtomatlaşdırılmışdır və insan əməyi tələb etmir. Kondensatorun giriş və çıxışında soyuducu dəniz suyunun temperaturu, buxarlandırıcının giriş və çıxışında mühərrikin blokunu və silindr qapağını soyudan suyun temperaturu, buxarlandırıcı kamerada vakuum, qidalandırıcı suyun axını və suyun duzluluğu kimi məlumatlar rəqəmsal olaraq izlənilir.

Metodlar və materiallar. Şəkil 1 və şəkil 2-də verilmiş istilik sxemi vasitəsi ilə suşirnləşdirici qurğunu, istilik mübadiləsi prosesini, işçi mayenin dövr etdiyi müxtəlif boru kəmərlərini və müxtəlif təyinatlı nasosları görə bilərik. Şəkil 1-də göstərilən sxemdən bir qədər fərqli olaraq, buxarlandırıcıda suyu qızdırmaq üçün daxili yanma mühərrikinin soyudan suyun əvəzinə elektrik istilik dəyişdiricisindən istifadə etmək də mümkündür (şəkil 2). Bu istilik sxeminin müsbət tərəfi ondan ibarətdir ki, yalnız açıq dənizdəki gəmilərdə deyil, həm də quruda stasionar suşirnləşdirici qurğularda istifadə edilə bilər. Suşirnləşdirici qurğu dəniz suyunun buxarlanmasının adiabatik üsulundan istifadə edir ki, bunun sayəsində çox aşağı təzyiqdə olan su dərhal buxara çevrilir və oradan qurğunun digər hissəsinə keçir [2].

Suşirnləşdirici qurğunun məhsuldarlığını tapmaq üçün düstur:

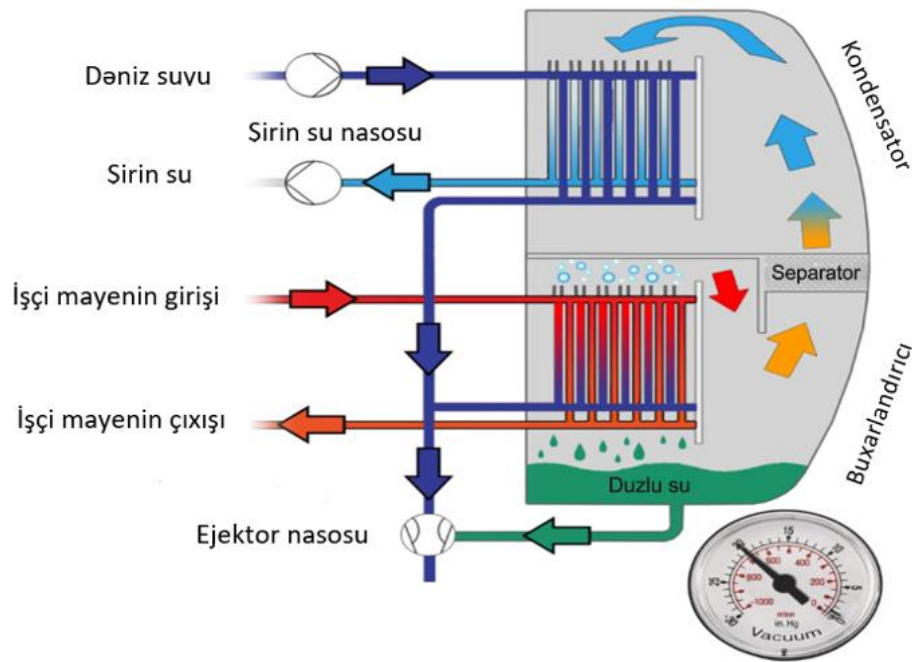
$$G = \frac{Q}{(1+\omega) \cdot C \cdot (t_{or} - t_1') + r} \quad (1)$$

Burada Q – suyun buxarlanması üçün lazım olan istilik miqdarı, ω – üfurmə əmsalı, C – qidalandırıcı suyun istilik tutumu, r – xüsusi buxarlanma istiliyi, t_{or} – ikinci dərəcəli buxarın orta temperaturu, t_1' – qurğunun kondensatorundan çıxan dəniz suyunun temperaturu [2].

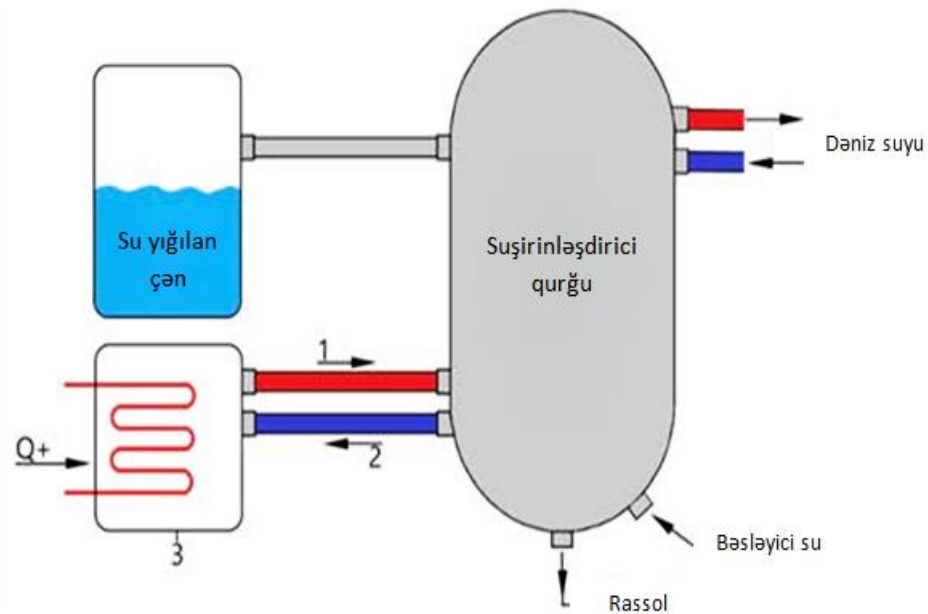
Qızdırıcı suyun orta temperaturunu tapmaq üçün düstur:

$$t_{or} = \frac{t' + t''}{2} \quad (2)$$

Burada t' – qızdırıcı suyun temperaturu, t'' - buxarlandırıcının çıxışında qızdırıcı suyun temperaturu [2].



Şəkil 1. Vakuüm – utilizasiyalı suşiridləşdirici qurğunun sxemi



Şəkil 2. Elektrik qızdırıcısından istifadə edən qurğunun sxemi

Çıxışda suyun temperaturunu tapmaq üçün düstur:

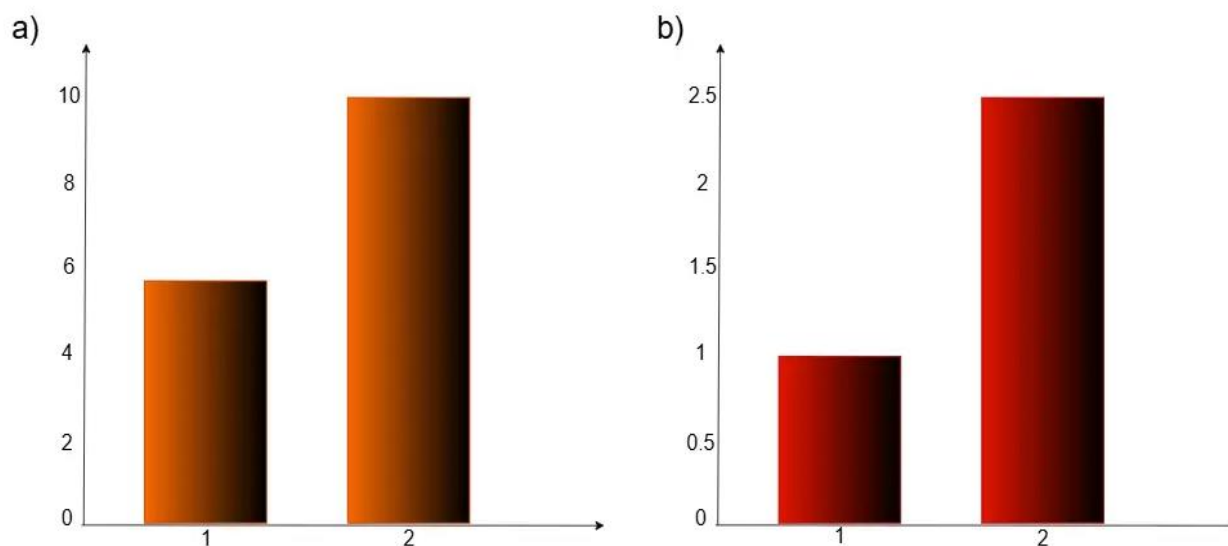
$$t'' = t' - \delta \quad (3)$$

Burada t' - qızdırıcı suyun temperaturudur. Qiyməti şəraitdən asılı olaraq, mühərrikin iş rejimindən asılı olaraq dəyişir, δ - qızdırıcı suyun temperaturunun azalması, bu əmsal qızdırıcı suyun qurğuya

daxil olana qədərki istilik itkisini xarakterizə edir. Bu tip qurğular üçün 8-10 °C –yə bərabər qəbul edilir.

Nəticə. Qurğuya girişdə işçi suyun temperaturu gəminin baş mühərrikini soyudan suyun istiliyinə bərabərdir (itkilər nəzərə alınmadıqda) və buna görə də işçi mayenin temperaturu bilavasitə istifadə olunan mühərrikin növündən və iş rejimindən asılıdır. Mayedən gələn istilik tam istifadə edilmir, ancaq qismən istifadə olunur. Buradan belə nəticə çıxır ki, qurğunun məhsuldarlığı təkcə istilik istehlakı ilə deyil, nasoslara sərf olunan elektrik enerjisinin istehlakı ilə də xarakterizə olunur. Dənizlərin və okeanların səthində tropiklərdə temperaturun illik dəyişməsi 5°C-dən, mülayim və arktik zonalarda isə 10-15°C-dən çox deyil. Buradan belə çıxır ki, suşirnləşdirici qurğunun istismarı zamanı dəniz suyunun temperaturu üzmə rayonundan və ilin vaxtından asılı olaraq dəyişə bilər. Bu göstərici suşirnləşdirici qurğunu layihələndirərkən nəzərə alınmalıdır, çünki dəniz suyunun temperaturu həm kondensatorda buxarın soyudulması, həm də buxarlandırıcıda suyun qızdırılması ilə bağlı qurğunun bir çox xüsusiyyətlərinə təsir göstərir. Suşirnləşdirici qurğunun məhsuldarlığı onun 1 saat ərzində nə qədər şirin su hasil edə bilməsidir. Sanitariya normalarına görə, bu qurğunun məhsuldarlığı gəminin və onun heyətinin gündəlik su sərfiyyatından 1,5-2 dəfə yüksək olmalıdır. Bu məqalədə istilik sxemi nəzərdən keçirilmişdir, burada qızdırıcı su əsas mühərrikin soyudulmasından əldə edilən artıq qızdırılmış su deyil, istilik mübadilə qurğusu vasitəsilə məcburi qızdırılma yolu ilə əldə edilir. Belə bir istilik sxemi elektrik enerjisinə çıxışın olduğu, lakin istilik resurslarına çıxışın olmadığı yerlərdə tətbiq edilə bilər. Bu istilik diaqramı sayəsində istilik mübadiləsi prosesinin bəzi parametrlərinin nəzəri hesablamalarını aparmaq və içməli, həmçinin sənaye suyu tələbatınıza uyğun gələn ən uyğun qurğunu seçmək mümkündür.

Şəkil 3-də “D” tipli suşirnləşdirici qurğuların işçi tsiklinin müqayisəsi göstərilmişdir. Burada qızdırıcı suyun istehlakı və buna müvafiq olaraq qurğunun istehsal etdiyi şirin suyun miqdarı, yəni qurğunun məhsuldarlığı verilmişdir. Adətən mühərriki soyudan su çıxışda 60-80 °C temperatur intervalında qəbul edildiyi üçün iki temperatur şəraitində işçi tsiklin müqayisəsinə baxılmışdır.



Şəkil 3. Suşirnləşdirici qurğuların işçi tsiklinin müqayisəsi

a – qızdırıcı suyun istehlakı, b – məhsuldarlıq

1 – buxarlandırıcının girişində qızdırıcı suyun temperaturu 60°C,

2 – buxarlandırıcının girişində qızdırıcı suyun temperaturu 80°C

Müzakirə. “D” tipli suşirnləşdirici qurğunun istifadə perspektivləri ondan ibarətdir ki, o, tam avtomatlaşdırılmışdır. Başqa sözlə, bu qurğu ümumi çərçivədə quraşdırma şəklində, öz xidməti cihazları və hissələri ilə birlikdə gətirilir. Bütün iş rejimi xüsusi cihazların, məsələn, termometrlərin

nəzarəti altında həyata keçirilir. Onlar həm buxarlandırıcının girişində və çıxışında, həm də kondensatorun çıxışında qızdırıcı suyun və dəniz suyunun temperaturunu ölçürlər [3]. Vakuu duzlu suyun duzsuzlaşdırılması üsuluna qaynama və kondensasiya kameralarının hidrostatik nasosla vurulması, buxarlandırıcıda duzlu suyun qaynadılması, kondensatorda su buxarının kondensasiyası və yığılmış kondensasiya olunmayan qazların çıxarılması daxildir. Hidrostatik nasosda buxarlandırıcı və kondensator kameraları müvafiq olaraq duzlu su və şirin su ilə doldurulur. Duzlu suyun qaynadılması duz konsentrasiyası doyma nöqtəsinə çatana qədər və ya kondensasiya olunmayan qazların ümumi təzyiqi həddə çatana qədər buxarlandırıcının duzlu su ilə vaxtaşırı doldurulması davam edir. Kondensasiya olunmayan qazlar, müvafiq olaraq, duzlu su və şirin su ilə buxarlandırıcı və kondensatordan çıxarılır. Buxarlandırıcıda rassolun duzluluğu artdıqda buxarlandırıcı kamera ətraf mühitlə əlaqələndirilir. Buxarlandırıcı və kondensator kameraları arasındakı buxar boru kəmərinə və drenaj xəttində qoruyucu klapanlar quraşdırılmalıdır [4]. Vakuu yaratmaq üçün əsasən aşağıdakı növ nasoslardan istifadə olunur: vintli vakuu nasoslari; ejektor nasoslari. Vakuu nasosunun işləmə prinsipi qaz, buxar və ya hava qarışığının işçi kameradan çıxarılmasıdır. Nasosun təmin etməli olduğu iki vacib şərt, qaz mühitini lazımi məkandan vuraraq müəyyən bir dərinlikdə vakuu yaratmaq və istismar müddəti üçün bu vəziyyəti saxlamaqdır. Bu şərtlərdən biri yerinə yetirilmədikdə, əlavə vakuu nasosu quraşdırılmalıdır. Buna görə də, tələb olunan təzyiqə çatmaq mümkün olmadıqda, ilkin vakuu pompası işə salınır. Vakuu nasosunun yaratdığı vakuunun dərinliyi nasos komponentlərinin yaratdığı iş sahəsinin hermetiklik dərəcəsiindən asılıdır. İş sahəsinin yaxşı bağlanması təmin etmək üçün xüsusi yağlardan istifadə olunur [4]. Bu, boşluqları möhürləyir və mükəmməl bir sızdırmazlığı təmin edir. Vakuu nasosunun işləmə prinsipində heç bir yağ istifadə edilmirsə, ona quru nasos deyilir. Quru vakuu nasoslari üstünlük təşkil edir, çünki onlar yağ dəyişikliyi və ya başqa texniki xidmət tələb etmir.

Ədəbiyyat

1. Həziyev, Ə.R. Gəmi suşirnləşdirici qurğuların məhsuldarlığının təkmilləşdirilməsi // - Sumqayıt: Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXVII Respublika elmi-texniki konfransının (NASCO XXVII) materiallar toplusu, Mühəndislik bölməsi, -2025. №1, - s. 281-285.
2. Həsənov, V.H. Gəmi duzsuzlaşdırma qurğusunda istilikmübadiləsinin analizi / V.H.Həsənov, Ə.R.Həziyev, A.S.Ömərov [və b.] // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının elmi əsərləri, - Bakı: - 2024. №1, - s. 176-180.
3. Həsənov, V.H. Gəmidə suyun təmizlənməsinin müasir üsulları / V.H.Həsənov, F.Ə.Həsənlı, Ə.R.Həziyev [və b.] // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının "Su nəqliyyatının problemləri" mövzusunda professor-müəllim heyətinin XVIII Beynəlxalq elmi-texniki konfransının məruzə materialları, - Bakı: 2023. - s. 205-208.
4. F. Dargam, E. Perz, S. Bergmann, E. Rodionova, Supporting operational decisions on desalination plants from process modelling and simulation to monitoring and automated control with machine learning (Spain, 2020)

Məqalə qəbul olunub: 23.04.25
Təvsiyə edib: dos. İsmayilov A.Ş.