

UOT 621.311.22

BÖHRANDAN YÜKSƏK TƏZYİQLƏRDƏ ENERGETİK QURĞULARIN ÜFÜQİ BORULARININ GENERASIYA 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 анализируются 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 dövrlərinin daha yüksək parametrlərinə keçmək zərurəti yaranır. Bu parametrlərlə səmərəlilik artır və enerji istehsalı üçün xüsusi yanacaq sərfiyyatı azalır. Bu problemi həll edərək 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 əlaqədardır.

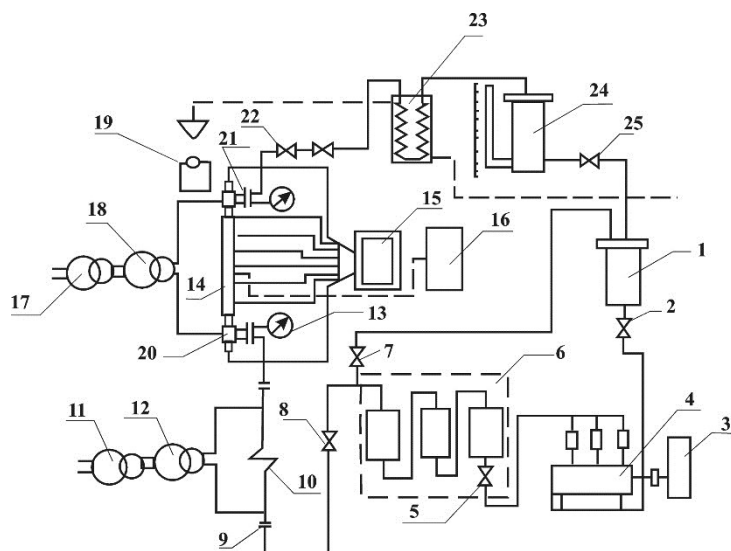
Borunun perimetri boyu divarın temperaturunun paylanması xarakterli rejim parametrlərindən, mayenin növündən və onun termofiziki parametrlərindən asılıdır. Başqa sözlə desək, bu, hərəkət üsullarından və onun quruluşundan asılıdır.

Məlumdur ki, mayenin kritikdən yüksək təzyiqlərində və axının müxtəlif strukturlarında divarın temperaturunun fərqli xarakterli dəyişmələrində istilikvermənin normal, yaxşılaşmış və pisləşmiş rejimleri mövcuddur. Hazırda xüsusi hesablamalarda divarın metalının temperaturu və ya üfüqi yerləşmiş borularda istilikvermə əmsalını hesablamaq üçün nomogramlardan [4] istifadə olunur.

İstilikvermə üzrə mövcud təcrübə məlumatlarının təhlili göstərir ki, mayenin kritikdən yüksək təzyiqlərində üfüqi vəziyyətdə yerləşən və buxar yaradan boruların temperatur rejimleri kifayət qədər öyrənilməmişdir. Buna görə də, suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində üfüqi borularda divarın temperatur rejimlərinin tədqiq edilməsinə ehtiyac yaranıb.

Təcrübə tədqiqatları.

Suyun kritikdən yüksək təzyiqlərində və məcburi hərəkəndə 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 – ventillər; 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 qızdırılmanın cərəyan ayırıcısı; 23 – soyuducu; 24 – ölçən çən; 25 – ventillər.

Təcrübə qurğusunun əsas elementlərindən biri üfüqi yerləşmiş paslanmayan polad borudan olan təcrübə sahəsidir. Borunun uzunluğu və diametri aparılan sınaqların şərtlərinə 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.

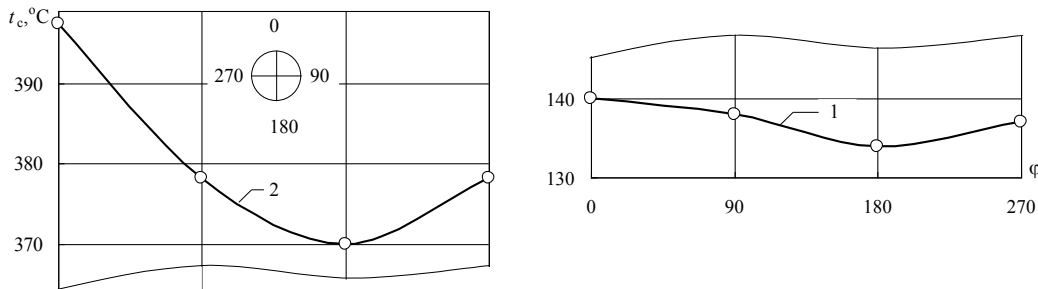
Üfüqi yerləşən boruda, istilikdaşıyıcının istilik-fiziki xassələrinin sabit qiymətlərində, təzyiq düşgüsünün təsiri altında maye ox boyu istiqamətdə hərəkət edir. Müəyyən şəraitdə mayenin istilik-fiziki xassələrinin dəyişməsi mayeni hərəkət etdirən qüvvələrə təsir edir. Bu qüvvələr axının təbiətinə,

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, şəkl.2).



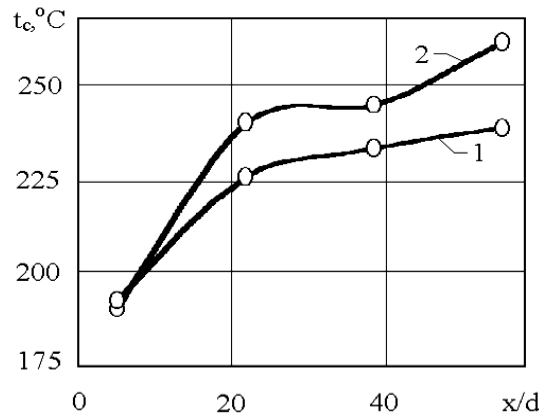
Şəkl. 2. Düz borunun perimetri boyu divarın temperaturunun və istilikvermə əmsalının dəyişməsi
 $P = 24 \text{ MPa}$; $\rho u = 917 \text{ kq/m}^2\text{san}$; $q, \text{ Vt/m}^2$: 1 – $5 \cdot 10^5$; 2 – $18 \cdot 10^5$.

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, şəkl.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 şəkl.3-də göstərilən $t_c=f(x/d)$ asılılıq qrafikində yaxşı təsvir edilmişdir.

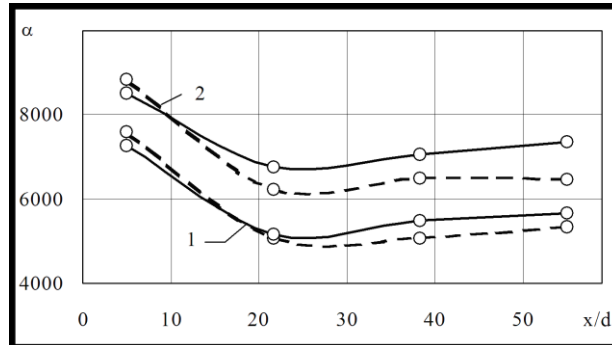


Şəkil 3. Suyun böhrandan yüksək təzyiqlərdə borunun uzunluğu boyu divarın temperaturunun dəyişməsi.

$P=26 \text{ MPa}$; $\rho u = 941,5 \text{ kq/(m}^2 \cdot \text{san)}$; $t_m^{gir} = 76^\circ \text{S}$; $q = 7,5 \cdot 10^5 \text{ Vt/m}^2$.
 1 - aşağı səth, 2 - yuxarı səth.

Qrafikdən görünür 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.

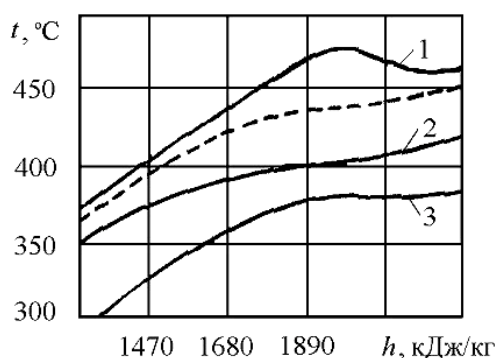
Borunun uzunluğu boyu istilikvermə əmsalının (α) dəyişməsi qrafiki göstərir ki, normal rejimdə ilkin hissədə ($x/d < 20$) borunun yuxarı və aşağı səthləri üçün α demək olar ki, eyni qiymətlərə malikdir (şəkil 4). Stabilləşmə sahəsindən sonra, yəni. $x/d > 20$ olan hissədə borunun aşağı səthində istilikvermə 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.



Şəkil 4. Borunun uzunluğu boyu yuxarı (qırıq-qırıq xətt) və aşağı (bütöv xətt) səthləri üzrə istilikvermə əmsalının dəyişməsi: $P = 26 \text{ MPa}$, $\rho u = 830 \text{ kq/(m}^2 \cdot \text{san)}$

1 – $q = 10,5 \cdot 10^5 \text{ Vtm}^2$, 2 – $q = 14,5 \cdot 10^5 \text{ Vtm}^2$.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, istilik selinin qiymətlərindən, mayelərin entalpiyalarından və istilik daşıyıcının kütləvi sürətindən 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.



Şəkl.5. Şaquli və üfüqi boruların temperatur rejimləri.

$$P = 24.5 \text{ MPa}; \quad \rho u = 1450\text{--}1500 \text{ kq/(m}^2\text{san)}; \quad q = 9.3 \cdot 10^8 \text{ Vt/m}^2$$

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 hərəkəndə 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 $20\text{--}30^\circ\text{S}$, borunun ilkin hissəsində isə bu fərq ($5\text{--}10^\circ\text{S}$) 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 заведений 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 заведений 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. Локцин В. А. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод), / Локцин В. А., Петерсон Д. Ф., Шварц А. Л. - М.: Энергия, - 1978, - 255 с.

Məqalə qəbul olunub: 12.05.2022

Təvsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov