

GƏMİQAYIRMA VƏ GƏMİ TƏMİRİ TEXNOLOGİYASI

UOT:621.762.08.11

GƏMİ ÖTÜRÜCÜ VALLARININ İSTİSMAR ŞƏRAİTİNİN ANALİTİK TƏHLİLİ

Orucov F.S., Sadıqov V.B., Burhanlı R.C.

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası
AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18
E-mail: fazil.orujov@asco.az, rburhanli@gmail.com

Xülasə. Məqalədə gəmi ötürücü vallarının istismar şəraitinin analitik təhlili aparılmışdır. Gəmi ötürücü vallarında çatların əsas növləri və yerləşməsi göstərilmişdir. Həmçinin ötürücü valların dayanıqlıq göstəriciləri hesablanmışdır.

Abstract. The article provides an analytical analysis of the operating conditions of the transmission shafts. The main types and location of cracks in the ship's gears are shown. Also the resilience of the converters has been calculated.

Аннотация. В статье дан аналитический анализ условий эксплуатации трансмиссионных валов. Показаны основные типы и расположение трещин судовых валопроводов. Рассчитаны показатели устойчивости валопроводов.

Açar sözlər: gəmi, ötürücü val, çat, polad, qüsurlar, istismar, konstruksiya

Key words: ship, transmission shaft, crack, steel, defect, exploitation, construction

Ключевые слова: судно, валопровод, трещина, сталь, дефект, эксплуатация, конструкция

Giriş. Ötürücü valların istismar təcrübəsinin təhlili onun hazırlanma prosesinin təkmilləşdirilməsi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məlumdur ki, ötürücü val istismar zamanı ciddi mexaniki təsirlərə məruz qalır və bu val xəttinin vacib detallarında bir sıra qüsurlar yarana bilər.

Ən çox rast gəlinən qüsurlar avar valında müxtəlif ölçülü və müxtəlif mənşəli çatlardır ki, onlar da bütövlükdə val xəttinin işləmə müddətində böyük təsirə malik olur. Çatların əsas növləri, yerləşməsi və onların avar vallarında baş verməsi səbəbləri də müxtəlifdir və ciddi araşdırma tələb edir.

Əsas hissə. Əvvəlcə vallarda çatların əmələ gəlməsinə təsir göstərən istismar amilləri nəzərdən keçirilməlidir. Bu məqsədlə gəmi vallarında çatların inkişafının öyrənilməsinin nəzəri əsasları hazırlanmışdır. Valların model nümunələrində çatlar boyunca intensiv gərginlik əmsalını müəyyənəlmə üsulu işlənib hazırlanmışdır. Valın eksperimental nümunələri üçün köhnəlmə diaqramı qurulmuş və polad 35 üçün Perisa tənliyində n və c -nin sabit qiymətləri müəyyən edilmişdir. Gəmi vallarının çatlarla uzunömürlülüüyünün proqnozlaşdırma üsulu hazırlanmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, vaxtlı vaxtında və diqqətli texniki baxış, təhlükəli yerlərin, həmçinin zədələnmiş hissələrinin yoxlanılması avar vallarının istismar zamanı dağılmasının vaxtında qarşısını almağa imkan verir. Xarici yoxlama zamanı heç bir zədələnmə nəzərə çarpmadığı təqdirdə, valın göstərilən sahələri, hissələri maqnit və ya rəngli maqnit qüsurlar aşkar üsulları ilə 0,05 mm-dən çox dərinlikdə və açılış eni 0,02 mm-dən çox olan avar vallarının səthində çatları aşkar etməyə imkan verir.

Çatlar səbəbindən yararsız olan valların zədələnməsinin araşdırılması göstərir ki, onların köhnəlməsi və köhnəlib korroziyaya uğraması yararsız vəziyyətə səbəb olur. Bir qayda olaraq, çatlar ən çox valın mühərrikdən çıxışında meydana gəlir, yəni valın böyük bazasında çatların meydana gəlməsi başa düşüləndir. Vala aralıq birləşmə ilə pərçimlənmiş avar vintinə burucu moment ötürüldükdə maksimum yük aralıq valının başlanğıcına düşür. Uzununa davam edərkən avar vintinin və valın

konus səthləri arasında yaranan sürtünmə qüvvələri tərəfindən başladığı üçün burucu momentin ötürülməsində yüklənmə azalır.

Rusiya Dəniz Registri tərəfindən sertifikatlaşdırma və ya avar vallarının qüsurlarının yoxlanması zamanı qüsurlar aşkar edildikdə əsasən aşağıdakı çatlara rast gəlinir: çevrənin ətrafında yerləşən çatlar, yəni val oxuna dik olan, val oxuna maili olan çatlar və həmçinin X - formalı çatlar müşahidə olunur. Hər hansı formada və ölçüdə çatlar varsa, bu təsnifat cəmiyyətinin qaydaları və digərləri avar vallarının istismarına imkan vermir.

Konstruksiya (ölçülər, gərginlik konsentratorları) və istismar (temperatur, yükləmə tezliyi, ətraf, davamlı yükləmə rejimi) amilləri köhnəlmə nəticəsində yaranan çatların sabit inkişafına müqavimət nümunələrinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir, nəticədə onların böyümə dövrünün uzunluğunu kritik bir ölçüdə müəyyənləşdirir.

Gəmi vallarına bu qədər ciddi tələblərin səbəbi, gərginlik toplumu olan bir çatın, dövrü olaraq təsirlər-yüklər altında köhnəlməyə səbəb olacağı qənaətidir. Ancaq tədqiqatçılar, köhnəlmədən əmələ gələn çatların inkişaf prosesinin çox uzun ola biləcəyini və böyümə sürətindən asılı olduğunu müəyyən etdilər.

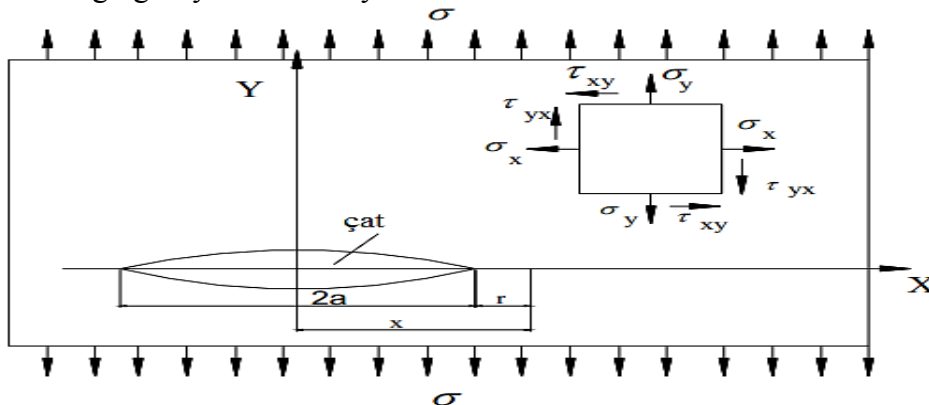
Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən, köhnəlmədən əmələ gələn çatların böyümə sürətinə təsir edən bir neçə səbəb var. Bunlar arasında fəaliyyət göstərən gərginlik səviyyəsində dəyişikliyi, böyüməsi ilə çat ucundakı yükləmə dövrünün asimmetriyasının dəyişməsinə inkişaf zamanı çatlar köhnəlmə zirvəsində vəziyyətin artmasını, çat ucunun uzunluğunu, dağılmasını və s. qeyd etmək olar.

Avar valında mövcud gərginlik səviyyəsinin azaldılması, yəni gəmi energetik qurğularının paylaşılan yüklərdə işləməsi yəqin ki, çatlamış valların kifayət qədər yüksək uzunömürlüyünü təmin edə bilər. Çatların inkişafının müasir təhlili dağılma sınıq mexanikası anlayışlarına əsaslanır, burada hissənin makroskopik məhv edilməsi, ya istehsal prosesində, ya da nümunənin sınması və ya bir hissəsinin işləməsi zamanı çatların inkişafı nəticəsində yaranır. Çatların mövcudluğunu nəzərə alaraq, sınıq mexanikası, hissəyə göstərilən gərginlik, çatların şəkli və ölçüsü, bu çatların sabit və qeyri-sabit inkişafına maddi müqavimət arasında kəmiyyət əlaqəsi vardır.

Bu sahədə fundamental əsərlər P.Peris, F.Erdoğan, L.Şkolnik, İ.Kudryavtseva, V.Tereşsenko, V.Panasyuk, V.Rumba və S.Yeryominin tədqiqatlarıdır. Müəyyən edilmişdir ki, çatların yayılma mərhələsindən nümunənin və ya hissənin tamamilə məhv edilməsinə qədər olan mərhələsi, onun böyüməsi mexanizmində fərqlənən üç xarakterik mərhələyə bölünə bilər.

Birinci mərhələ aşağı sürətlə xarakterizə olunur, çünki çat hələ də kiçikdir və irəliləməsi əsasən sürüşmə zolaqları boyunca baş verir. Çat ən yüksək normal gərginlikdə perpendikulyar istiqamətdə sabit sürətlə böyüdükdə ikinci mərhələdir. Üçüncü mərhələdə çat artıq kifayət qədər böyük ölçülərdə olduqda, böyümə sürəti kəskin artır və kövrək sınıq demək olar ki, ani olur. Çatların inkişafının belə mərhələli ayrılması, mərhələli qırıq köhnəlməsi adlanır.

Sınıq mexanikasında D.İrvinin nəzəriyyəsinə görə, çat kəskin kənarları olan bir ellips şəklində təsvir olunur (şəkil 1). Çatın kənarı çatın inkişafından asılı olaraq, çox güclü bir gərginlik toplusudur və çatın inkişaf sürəti gərginliyin intensivliyi amilindən asılıdır.



Şəkil 1. Çat boyunca deformasiya gərginliyinin paylanması

Qırılma mexanikası Qriffitsin kövrək sınıq nəzəriyyəsinin inkişafıdır, bunun əsasında D.İrvin sonsuz bir səth çatının uzunluğu ilə çat ucundakı gərginlik arasında əlaqə qurdu. Bu parametrlər gərginlik intensivliyi ilə əlaqəlidir:

$$K_1 = \sigma \sqrt{n \cdot a}, \quad (1)$$

burada K_1 – gərginlik intensivliyi əmsalı; σ – ümumi kəsikdə nominal gərginlik, MPa; a – çatlağın yarımuzunluğu, mm.

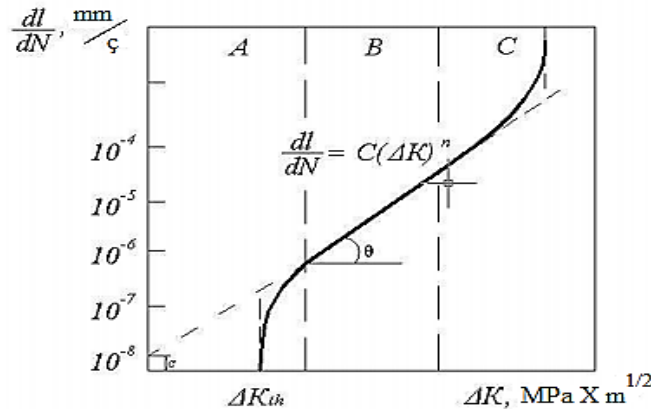
Çoxsayda eksperimental nəticələri ümumiləşdirərək, hər dövrdə çat uzunluğunun artımından asılılıq ifadə edilmişdir (2):

$$\frac{dl}{dN} = C(\Delta K_1)^n, \quad (2)$$

burada l – çatın uzunluğu, mm; N – dövrlər sayı, c və n sabitlərdir, eksperimental olaraq müəyyən edilmişdir. Əhəmiyyətli xətlər məlum olsa da n -nin dəyərləri $2 < n < 6$ aralığındadır.

(2) bərabərliyinin tənzimlənməsinin qrafiki qırıq əyridir (şəkil 2). Əyrini 3 xarakterik hissəyə bölmək olar: A, B və C. A hissəsində əyrinin aşağı hissəsi asimptotik olaraq yaxınlaşır, gərginlik intensivliyi əmsalı ΔK_{th} qiyməti alır, bunun altında eksperimental olaraq aşkar edilə bilməyəcəyi qədər aşağı sürətdə çatlaqlar inkişaf etmir və böyümür.

A bölməsindəki yükləmə rejimləri adətən həddətrafi adlanır. B bölümünə Peris tənliyi ilə izah olunan əyrinin düzbucaqlı hissəsi daxildir. Bu bölmə $10^{-6} \dots 10^{-3}$ mm/dövrə orta çatlaq artım tempilə xarakterizə olunur. C bölməsi artım xarakterizə olunur; bu qeyri-sabit çatlaq böyüməsi və ya katastrofik uğursuzluq hissəsidir. Bu hissədə K_{Ic} statik yük altında sınıq sərtliliyinə K_I yaxınlaşır.



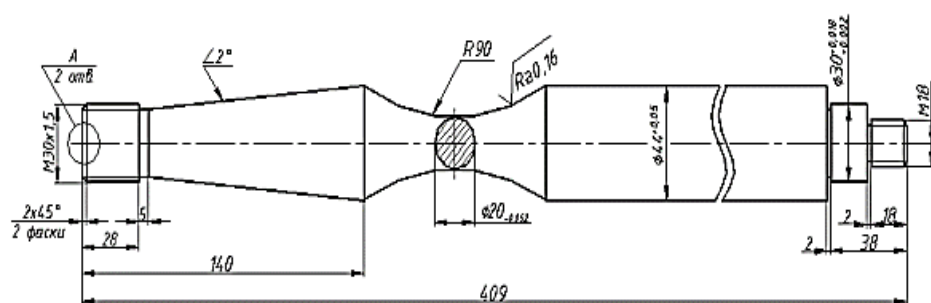
Şəkil 2. Yorulma sınağının əyrisi (dağılma halı)

Köhnəlmə (yorğunluq) sınağı diaqramı, mövcudluğu boyu çatın inkişafının əsas xarakteristikasıdır, proqnozlaşdırma nöqtəyi-nəzərindən, eləcə də çatın inkişafına təsir baxımından orta bölümüdür – çatların inkişaf sürəti arasındakı loqarifmik koordinatlardan xətti asılılıq gərginlik intensivliyi əmsalının amplitudu ilə müşahidə olunur. Əyrinin bu hissəsi Perisa tənliyi ilə ən dəqiq şəkildə təsvir edilmişdir.

Tədqiqatda məqsəd QOST 1050-88-ə uyğun olaraq polad 35-dən hazırlanmış dairəvi nümunələrin (şəkil 3) köhnəlmə-yorğunluq sınığı əyrisinin qurulmasıdır. Nümunələrin forması və materialı yükləmə şəraitinin və tammiqyaslı gəmi vallarının materiallarının fiziki modelləşdirilməsi nəticəsində seçilmişdir.

Çatların tipindən, yerləşməsindən və ilkin ölçüsündən asılı olaraq müxtəlif gəmilər üçün çat olan avar vallarının dayanıqlıq göstəricilərinin hesablanması aparılır. Eyni zamanda bir neçə çatın olması halında avar vallarının dayanıqlığının qiymətləndirilməsi verilir.

Çatlar olan avar vallarının uzunömürlülük göstəricilərinin hesablanması bir neçə gəmi üçün aparılmışdır. Üç gəzinti gəmisi, dörd tanker, üç quru yük gəmisi üçün hesablamalar aparılmışdır.



Şəkil 3. Sınaq nümunəsi

Hesablama üçün ilkin şərtlər belə götürülmüşdür: ilkin çatlaq uzunluğu 0,1 mm-dir (bu rəngli və maqnitli qüsür aşkarlanması üsulu ilə aşkar olunan minimum çatlaqdır) və çatlağın kritik ölçüsü ilə müəyyən olunan son çatlaq uzunluğu 0,2D-dir. Avar valları məhz bu zaman tez qırılır.

Çatlar olan avar vallarının qalıq resursu ilkin çatlaq ölçülərindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Məsələn, 1000 tonluq bir tanker üçün (cədvəl 1) hesablamalar göstərilmişdir ki, ilkin çat yarıuzunluğu 0,1 mm olan avar valının qalıq ömrü 9.835 saat və ilkin çat yarıuzunluğu 0,2 mm olduqda isə qalıq ömrü 9.254 saat təşkil edir. Yəni, çat yarıuzunluğu 0,1 mm artdıqda qalıq resurs 6-7% azalır və çat yarıuzunluğu 0,5 mm artdıqda isə qalıq ömrü 15-16% azalır.

Cədvəl 1

1000 tonluq tankerin valının uzunömürlülüynün çatlardan asılılığı

Çatın ilkin yarı-uzunluğu a_0 , Mm	Çatın son yarı-uzunluğu a_k , Mm	Ekvivalent gərginliyin amplitudu $\Delta\sigma_e$, MPa	Uzunömürlülük göstəricisi	
			N, dövr 10^6	Qalıq mənbəyi, saat
1	2	3	4	5
0,05	25	29,51	236,93	10530
0,1	25	29,51	221,29	9835
0,2	25	29,51	208,22	9254
0,5	25	29,51	175,41	7796
1,0	25	29,51	155,48	6910
1,5	25	29,51	141,73	6299
2,0	25	29,51	130,91	5818
2,5	25	29,51	121,82	5414
3,0	25	29,51	113,94	5064
3,5	25	29,51	106,94	4753
4,0	25	29,51	100,64	4473
4,5	25	29,51	94,88	4217
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
24,0	25	29,51	1,87	83
24,5	25	29,51	0,81	36

Bu işdə mühərriklə valın birləşmə bölgəsində və arxa üzlüklərin (oymaq - örtük) ucları altında (birləşmə hissəsi) meydana gələn bütün əsas çatlar üçün valların uzunömürlülük göstəriciləri hesablanmışdır. Valların uzunömürlülüynü müxtəlif ərazilərdə əmələ gələn çatlarla müqayisə etsək, konusun böyük dayaq bölgəsində meydana gələn çatların avar vallarının qalan hissələrindən aşağı olduğu görünür. Avar vallarının konus dayağı hissəsinin sahəsi ən çox həssas hesab olunur.

Bu, həssas yerlərin əyilmə momenti və avar valının yüksək təmas gərginliyinin bu zonada cəmləşməsi ilə əlaqədardır. Avar vallarının qalıq resursunun val oxuna 45° bucaq altında olan və val oxuna perpendikulyar olan yerlərdə də çatların uzunömürlülüyə təsiri hesablanmışdır. Hesablamalar göstərmişdir ki, val oxuna perpendikulyar maili çatları olan avar vallarının qalıq resursu 5-7% daha aşağıdır.

Beləliklə, nəzərdən keçirilən bütün gəmilər üçün daxiliyanma mühərriklərinin işləməsi zamanı çatları olan avar vallarının dayanıqlıq – uzunömürlülük göstəricilərinin hesablanması ötürücü valların uzunömürlülük göstəricilərinin valların diametrində olan çatlardan asılılığı müəyyən edilmişdir. Gəminin vallarında çatlamalar varsa, qarşıya qoyulan tapşırıq ondan ibarətdir ki, qırılmamışdan öncə uzunömürlülüğü qiymətləndirmək və uzunömürlülüğü uzatmaq yolları tapılmalıdır.

Nəticə. Beləliklə, gəmi vallarının resursunun artırılması üçün materialların dağılma mexanikasına əsaslanan valların qalıq ehtiyatlarının proqnozlaşdırılması üsulu hazırlanmışdır. Nəzərdən keçirilən gəmilər üçün DYM nominal rejimdə istismar edilərkən, qalıq resurs 1060 saatdan 10530 saata, paylaşılan rejimlərdə işləyərkən nominal rejimlə müqayisədə 2 dəfəyədək artır. Polad 35-dən hazırlanan valların əsas həndəsi parametrləri müəyyənləşdirilmişdir, bunlar valların qalıq resursunu hesablamaq üçün istifadə olunmuşdur. Valın konus hissəsinin böyük bazasındakı çatlar hesabına həmin hissədə resursun az olması təsdiqlənmişdir. Valların qalıq resursunun çatların ilkin ölçüsü və valın diametrindən əhəmiyyətli dərəcədə asılılığı müəyyən edilmişdir. Valların qalıq resursunun hesablama xətlərinin orta qiymətinin təxminən 7% olduğu müəyyən edilmişdir.

Ədəbiyyat

1. Александров, М.В. Об опыте сборки бронзовых облицовок с гребными и дейдвудными валами // Вестник технологии судостроения, -2001. №9, -с. 36 -38.
2. Александров, М.В. Напряженное состояние разделительного слоя между гребным валом и его облицовкой / М.В. Александров, П.М. Лысенков // Судостроение, -2001. №6, -с. 57-58.
3. Чулков, Н.А. Надежность технических систем и техногенный риск / Н.А. Чулков, А.Н. Деренок -Изд. Томского политехнического университета, ФГБОУ, ВПО, НИ ТПУ, -2012 г, -с. 149.
4. Андриенко, Л.А. Влияние изнашивания на динамические нагрузки в червячной передаче / Л.А. Андриенко, В.А. Вязников // Ж. Известия высших учебных заведений, -2011, №9.
5. Травин, С.Я. Оценка обеспечения надежности судового оборудования/ С.Я. Травин, Л.А. Промыслов. -Ленинград, «Судостроение», -1988 г. -204с.
6. Блехман, И.И. Об износе оборудования в условиях вибрации и ударных нагрузок / И.И. Блехман, Л.И. Блехман и др.// Ж. Вестник научно-технического развития, -2012 г. №11(63).
7. Хисматуллина, Л.Э. Физический износ оборудования // Теория и практика современной науки, ФБГОУ ВО КНИТУ, -2016, №10(16).
8. Острейковский, В.А. Теория надежности / В.А. Острейковский, -М.: Высшая школа, -2008. -463с.
9. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей, Задачи и упражнения / Е.С. Вентцель, Л.С. Овчаров. -М.: Наука. -2008. -368 с.
10. Барлоу, Р. Математическая теория надежности / Р.Барлоу, Ф.Прошан, -М.: Советское радио. -2009. -488 с.
11. Нейман, Д. Теория самовоспроизводящихся автоматов / Д.Нейман. -М.: Мир. -1970
12. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. -М.: Издательство стандартов, -1981.
13. Хейли, Э.Д. Надежность технических систем и риск / Э.Д. Хейли и др. -М.: Машиностроение, -1984. -320 с.
14. Дидро, Д. Собрание сочинений в 10 томах / Д. Дидро -М.: -1947.
15. Тихомиров, А.В. Надежность судовой техники с позиции синергетики // -Н. Новгород: Вестник ВГАВТ, -2007, №22, -с.78-83.
16. Сороко, Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем / Э.М. Сороко. -М.: Ком-Книга, -2006. -263 с.

Мəqalə qəbul olunub: 05.03.2021

Təvsiyə ediblər: t.e.d., prof. A.T. Məmmədov; t.e.d., prof. N.Ş. İsmayilov