

UOT 629.5.018

GƏMİ GÖVDƏ KONSTRUKSIYALARINDA MÖHKƏMLİYİN STANDARTLAŞDIRILMASI VƏ TƏSNİFAT CƏMİYYƏTLƏRİ QAYDALARININ ANALİZİ

Xankişiyev İ.A., Quliyev Y.M., Paşazadə S.Q.

“Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

Az1000, Bakı şəh., Z. Əliyeva küç., 18

E-mail: isaq.xankishiyev@asco.az, yaquliyev@mail.ru, pasazade.selim@gmail.com

Xülasə. Bu məqalədə gəmi gövdə konstruksiyalarının möhkəmliyi məsələsi Təsnifat Cəmiyyətlərinin texniki qaydaları kontekstində təhlil olunur. Yorğunluq, limit möhkəmlik və qeyri-xətti davranış modelləri əsas götürülərək, müasir normativlərin üstünlükləri və məhdudiyyətləri araşdırılır. Möhkəmliyin layihələndirilməsində material xüsusiyyətləri, texnoloji proseslər və istismar şəraiti kimi amillərin rolu vurğulanır. İngiltərə Lloyd və Rusiya Dəniz Gəmiçiliyi Registri kimi nüfuzlu təsnifat cəmiyyətlərinin qaydalarına əsaslanaraq, gəmi konstruksiyalarında təhlükəsizlik və etibarlılığın təmin olunması yolları təqdim olunur.

Abstract. This article analyzes the structural strength of ship hulls based on the regulatory frameworks of classification societies. Fatigue, strength limit, and nonlinear structural behavior models are discussed. The influence of material properties, technological processes, and operational conditions is evaluated. Rules of prominent societies such as Lloyd's Register and the Russian Maritime Register are compared to highlight safety assurance practices.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы прочности корпусов судов с учетом требований классификационных обществ. Анализируются факторы усталости и предельной прочности, а также модели нелинейного поведения конструкций. Приводится обзор нормативных документов классификационных обществ, таких как Lloyd's Register и Российский морской регистр судоходства.

Açar sözlər: gəmi gövdəsi, möhkəmlik, yorğunluq, təsnifat cəmiyyətləri, limit möhkəmliyi, normativ tələblər

Key words: ship hull, structural strength, fatigue, classification societies, ultimate strength, standards

Ключевые слова: корпус судна, прочность, усталость, классификационные общества, предел прочности, нормативы

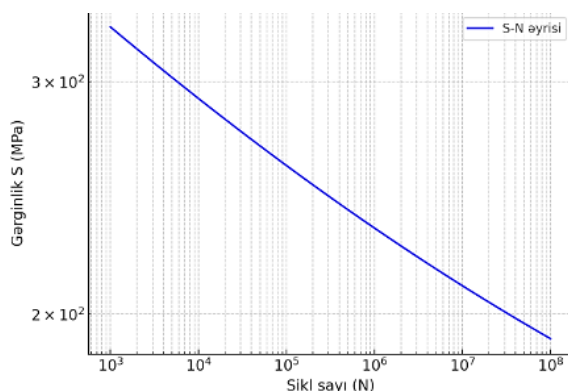
Giriş. Gəmi gövdə konstruksiyalarının möhkəmliyi müasir gəmiqayırma sənayesində ən mühüm və aktual məsələlərdən biridir. Bu mövzu yalnız nəzəri aspektlərdən deyil, həm də praktiki baxımdan yüksək əhəmiyyətə malikdir. Gəmilər müxtəlif iqlim şəraitlərində, açıq okeanlarda, güclü dalğalar və fırtınalar altında uzunmüddətli istismara məruz qalır. Belə şəraitdə struktur dayanıqlığının təmin edilməsi, gəmi heyətinin təhlükəsizliyinin qorunması, yüklərin itkisiz daşınması və qəza risklərinin minimuma endirilməsi üçün əsas şərtlərdən biridir [1,3].

Gövdə konstruksiyalarının möhkəmliyi mürəkkəb və çoxşaxəli bir anlayış olmaqla yanaşı, çoxsaylı faktorların qarşılıqlı təsiri nəticəsində formalaşır. Bu, həm yorğunluq səbəbli mikroçatların yaranması, onların inkişafı və nəticə etibarilə makroskopik qırılmalara gətirib çıxarması, həm də qəza xarakterli ekstremal yüklənmələr altında baş verən qırılma, lokal deformasiyalar, davamlılığın itirilməsi və ya daimi zədələrin meydana gəlməsi ilə əlaqələndirilir [3, 5].

Ənənəvi yanaşmalar konstruksiya elementlərin sadələşdirilmiş modellər üzrə təhlilinə əsaslanarsa da, müasir tələblər bu yanaşmaların təkmilləşdirilməsini, kompüter əsaslı riyazi modellərin tətbiqini və mövcud standartların real istismar şəraitinə uyğunlaşdırılmasını tələb edir. Gəmi gövdəsinin möhkəmliyi həm statik, həm də dinamik yüklənmələr kontekstində qiymətləndirilməlidir. Bu baxımdan, gəmiqayırma sahəsində fəaliyyət göstərən Təsnifat Cəmiyyətləri tərəfindən müəyyən olunmuş standartlar və qaydalar gəmi gövdəsinin möhkəmliyinin təmin olunmasında mühüm rol oynayır [1, 2, 5, 6].

Məsələnin qoyuluşu. Gəmi gövdələrinin layihələndirilməsində və istismara buraxılmasında əsas normativ sənədlər Təsnifat Cəmiyyətlərinin Qaydalarıdır. Bu qaydalar möhkəmliyin təmin olunmasında iki əsas kriteriyanı ön plana çəkir: yorğunluq möhkəmliyi və limit (sərhəd) möhkəmliyi. Hər iki yanaşma gəminin istismar müddəti ərzində dayanıqlı və təhlükəsiz fəaliyyətini təmin etməyə yönəlmişdir [1, 3, 5].

Yorğunluq möhkəmliyi. Yorğunluq – metal konstruksiyalarda təkrarlanan dinamik yüklənmələr nəticəsində meydana gələn mikroçatların zamanla inkişaf edərək makro səviyyədə qırılmalara səbəb olması ilə xarakterizə olunur. Gəmilərdə bu cür yüklənmələr dalğaların ritmik təsiri, mühərriklərin vibrasiyası və digər dinamik faktorlarla əlaqədardır. Yorğunluq nəticəsində yaranan zədələr adətən vizual baxışla aşkar olunmur və qəfil qırılmalara səbəb ola bilər [3].



Şəkil 1. Yorğunluq üçün S-N ayrısı (sikl – materialın bir dəfə tam yüklənmə və boşalma prosesidir)

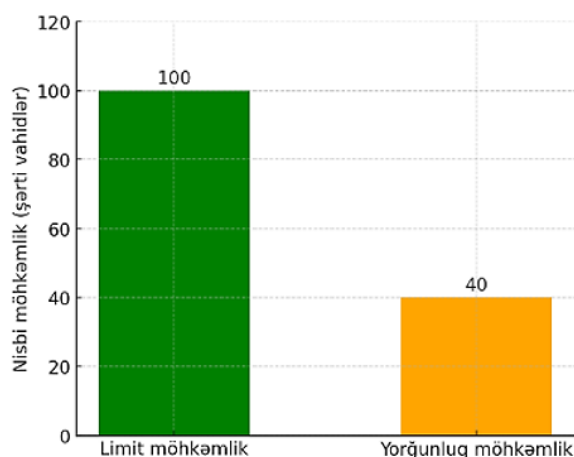
Yorğunluq analizləri zamanı "S-N əyriləri" (gərginlik – sikl sayı) istifadə olunur (şəkil 1). Müxtəlif materiallar üçün bu əyrilər təcrübə nəticəsində müəyyən edilir və strukturun hansı dövr sayında qırılma ehtimalı olduğunu təxmin etməyə imkan verir [3].

Limit möhkəmlik. Limit möhkəmlik isə strukturun birdəfəlik, ani və yüksək yüklənmələrə qarşı dözümlülüyünü ifadə edir. Bu tip yüklənmələr zərbələr, toqquşmalar, ağır hava şəraiti və ya

strukturda gözlənilməz dəyişikliklər nəticəsində meydana çıxır. Bu kriteriya altında strukturun axma həddi, plastik deformasiyaların sərhədi və qırılma limiti əsas götürülür [1, 4].

Gəmi gövdəsi elementləri – məsələn, tirlər, qovşaq elementləri, şaquli və üfüqi divar panelləri – yüksək yüklənmələr zamanı bükülmə, burulma və ya lokal çökmələrə məruz qala bilər. Limit möhkəmlik hesablamaları zamanı bu hallar xüsusi ilə nəzərə alınmalı və sınaq metodları ilə təsdiqlənməlidir [2].

Alınmış nəticələrin analizi. Yorğunluq və limit möhkəmliyə təsir edən bir sıra mühüm amillər vardır. Bu amillərin analizi və onların qarşılıqlı təsirlərinin öyrənilməsi gəmi konstruksiyalarının təhlükəsizlik səviyyəsinin artırılmasında əvəzsiz rol oynayır (şəkil 2):



Şəkil 2. Limit və yorğunluq möhkəmliyinin müqayisəsi

1. *Gərginlik konsentrasiyası.* Sərt keçid sahələri, kəskin bucaq altında yerləşdirilmiş elementlər və qaynaq birləşmələrinin olduğu bölgələrdə gərginlik konsentrasiyası daha yüksək olur. Bu sahələrdə mikroçatların yaranma riski artır və zamanla strukturun yorğunluq səbəbli sıradan çıxma ehtimalı yüksəlir [3, 4].

2. *Material xüsusiyyətləri.* Materialın plastiklik dərəcəsi, özlülüyü və daxili qüsurlarının olması möhkəmliyə ciddi təsir göstərir. Əgər materialda daxili boşluqlar, inklüziya və ya heterogenliklər varsa, bu, onun yorğunluq və limit möhkəmliyini azalda bilər. Bu səbəbdən istifadə olunan materiallar standartlara cavab verməli və müvafiq sınaqlardan keçməlidir [3].

3. *Qaynaq keyfiyyəti və qalıq gərginliklər.* Qaynaq əməliyyatı zamanı düzgün olmayan temperatur rejimi, qeyri-bərabər soyuma və ya operator səhvləri nəticəsində qüsurlar yarana bilər. Bu qüsurlar həm çatların başlanğıc nöqtəsi, həm də struktur zəifliyi kimi çıxış edə bilər. Bundan əlavə, qaynaqdan sonra strukturda yaranan qalıq gərginliklər, əlavə yüklənmələr olmadan belə yorğunluq çatlarının inkişafını sürətləndirə bilər [1].

4. *Dinamik və qeyri-sabit yüklənmələr.* Real istismar şəraitində gəmilər müntəzəm olaraq dinamik yüklənmələrə məruz qalır. Bunlara dalğa təsirləri, vibrasiyalar, təkanlar və zərbələr daxildir. Belə yüklənmələr, xüsusilə proqnozlaşdırılması çətin olan hallarda, strukturun möhkəmliyinə mənfi təsir göstərir. Vibrasiyaların uzunmüddətli təsiri struktur yorğunluğunu artırır və təhlükəli çatların yaranmasına səbəb ola bilər [4].

5. *İstehsal və montaj texnologiyası.* Layihələndirmə nə qədər dəqiq aparılsa da, istehsal mərhələsində buraxılmış səhvlər strukturun ümumi möhkəmliyinə mənfi təsir göstərə bilər. Qüsurlu montaj, yanlış qaynaq və ya konstruktiv uyğunsuzluqlar layihənin effektivliyini azaldır. Bu səbəbdən istehsal prosesində dəqiq ölçmə və keyfiyyətə nəzarət metodları tətbiq olunmalıdır [2].

Bu və digər amillərin nəzərə alınması ilə yanaşı, layihələndirmə mərhələsində istifadə edilən düsturlar da optimallaşdırılmalıdır. Təsnifat Cəmiyyətləri tərəfindən təklif olunan sadələşdirilmiş düsturlar çox vaxt təhlükəsizlik baxımından konservativ qiymətləndirmələr təqdim edir. Məsələn, materialın minimal qalınlıqları və icazə verilən maksimal gərginliklər, axma həddi ilə müqayisəli şəkildə verilir ki, bu da qəza riskini azaltmağa xidmət edir [1, 5].

Təsnifat Cəmiyyətlərinin rolu. Təsnifat Cəmiyyətləri gəmiqayırmada normativ baza rolunu oynamaqla yanaşı, həm də qlobal təhlükəsizlik səviyyəsinin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Bu qurumlar mütəmadi olaraq real qəza hadisələrinin təhlili əsasında öz qaydalarını yeniləyir, risk faktorlarını optimallaşdırır və təcrübəyə əsaslanan texniki yenilikləri sənədlərə daxil edirlər.

Məsələn, İngiltərə Lloyd bu sahədə 265 illik fəaliyyət tarixinə malikdir və gəmiqayırma sənayesində ən nüfuzlu Təsnifat Cəmiyyətlərindən biridir. 2008-ci ilin statistikasına əsasən, dünya gəmi donanmasının 28%-i bu Cəmiyyətin nəzarəti altındadır, İngiltərə bayrağı altında üzən gəmilərin isə təqribən 80%-i LR tərəfindən klassifikasiyadan keçirilmişdir [1].

Eyni zamanda, DNV (Det Norske Veritas), ABS (American Bureau of Shipping), RMRS (Russian Maritime Register of Shipping) kimi digər Cəmiyyətlər də bu sahədə mühüm elmi və praktiki işlər görməkdədir. Hər birinin yanaşması bir qədər fərqli olsa da, ümumi məqsəd – gəmiqayırma sənayesində təhlükəsizliyin təmin olunmasıdır [2, 5].

Nəticə. Gəmi gövdələrinin layihələndirilməsi və möhkəmliyinin analizində Təsnifat Cəmiyyətlərinin qaydalarına riayət olunması zəruridir. Bununla belə, bu qaydalar müəyyən dərəcədə sadələşdirilmiş və konservativ yanaşmalara əsaslandığı üçün, bəzi risk faktorlarını tam şəkildə əhatə etmir. Bu səbəbdən layihələndirmə prosesində əlavə təhlükəsizlik tədbirləri, keyfiyyətə nəzarət və qeyri-xətti analiz metodlarının tətbiqi tövsiyə olunur.

Xüsusilə, müasir hesablama üsulları – məsələn, Sonlu Elementlər Metodu (SEM) – gəmi gövdəsinin real şəraitdəki yüklənmələrə qarşı davranışını daha dəqiq modelləşdirməyə və riskləri öncədən müəyyən etməyə imkan verir [3,4,6]. Belə metodlar vasitəsilə konstruksiyadakı çatışmazlıqlar daha erkən mərhələdə aşkar olunur və optimal konstruktiv həllər təklif edilə bilər. Gələcəkdə gəmiqayırma sənayesində süni intellekt, rəqəmsal əkizlər (digital twins) və avtomatik monitorinq sistemlərinin tətbiqi möhkəmlik məsələlərinin daha səmərəli və proqnozlaşdırıla bilən şəkildə həllini mümkün edəcək.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir – Qrant № AEF-MGC-2024-2(50)-16/01/1-M-01

Ədəbiyyat

1. Lloyd's Register of Shipping. Rules and Regulations for the Classification of Ships. London, 2020.
2. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Санкт-Петербург, 2021.
3. Smith, D. "Fatigue and Fracture in Ship Structures", Marine Structures Journal, 2019.
4. Ochi, M.K. Ocean Waves and Their Impact on Ship Structures, Ocean Engineering Series, 2018.
5. Det Norske Veritas (DNV). "Ship Structure Rules." DNV Publications, 2020.
6. Xankişiyev, İ.A. Additiv texnologiya ilə çap edilmiş polimer materialların müxtəlif istismar rejimlərində mexaniki xassələrinin tədqiqi / İ.A. Xankişiyev, S.Q. Paşazadə, X.Q. Həmzəyev //Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri, Bakı – 2025, – №1, – s. 60-66

*Məqalə qəbul olunub: 29.10.25
Təvsiyə edib: prof. İsmayilov N.Ş.*