

ORCID 0000-0003-2186-6877

GƏMİNİN SAYA OTURMASININ QARŞISINI ALMAQ ÜÇÜN GÖRÜLƏN TƏDBİRLƏR

^{1,2}Həsənov V.H., ¹Əliyev Ə.Ş., ¹İmanova A.Y.

¹ “Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası” PHŞ

AZ1000, Bakı şəh., Z.Əliyeva küç., 18

²Azərbaycan Texniki Universitet

AZ1148, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25

E-mail: ali.aliyevv@outlook.com

Xülasə. Bu məqalədə gəmilərin saya oturması hadisələrinin dəniz təhlükəsizliyinə yaratdığı risklər, səbəb olduğu maliyyə itkiləri və ekoloji problemlər müzakirə olunur. Qeyd olunan problemlərin qarşısının alınması üçün gəminin kil altı dərinliyinin (KAD) idarə olunması, müasir naviqasiya texnologiyaları və risk qiymətləndirmə metodologiyalarına əsaslanan əsas tədbirlər məqalədə öz əksini tapır. KAD-in effektiv monitorinqi, ECDIS (Elektron xəritə sistemi), AIS (Avtomatik tanınma sistemi) və GNSS (Qlobal naviqasiya peyk sistemi) kimi naviqasiya sistemlərdən əldə edilən real vaxt rejimində məlumatlarla birlikdə, dayaz sulardan təhlükəsiz keçidi təmin edir. Bundan əlavə, heyətin hazırlığı və vəziyyət fərqi dənizliyi kimi insan faktorları da gəminin saya oturmasının qarşısının alınmasında mühüm rol oynayır. Nəticə olaraq bu məqalə, qeyd olunmuş hesablamaların bütün gəmilər tərəfindən vaxtında və düzgün aparılaraq, dənizçilik texnologiyalarının və qabaqcıl naviqasiya təcrübələrinin integrasiya ilə dəniz təhlükəsizliyinin və əməliyyat səmərəliliyinin artırılmasına töhfə verməyi hədəfləyir.

Abstract. This article discusses the risks posed by ship grounding incidents to maritime safety, the financial losses they cause, and the environmental problems they generate. To prevent these issues, the article highlights key measures based on the management of the Under Keel Clearance (UKC), modern navigation technologies, and risk assessment methodologies. Effective monitoring of UKC, along with real-time data obtained from navigation systems such as ECDIS, AIS, and GNSS, ensures safe passage through shallow waters. Additionally, human factors such as crew training and situational awareness play a crucial role in preventing ship grounding. In conclusion, this article aims to contribute to enhancing maritime safety and operational efficiency by ensuring that the mentioned calculations are conducted timely and accurately by all ships, integrating maritime technologies and advanced navigation practices.

Аннотация. В данной статье рассматриваются риски, связанные с посадкой судов на мель, их влияние на безопасность судоходства, финансовые потери и экологические проблемы. Для предотвращения этих инцидентов в статье выделяются ключевые меры, основанные на управлении минимальным запасом под килем (ЗПК), современных навигационных технологиях и методологиях оценки рисков. Эффективный мониторинг ЗПК, наряду с данными в режиме реального времени, полученными из навигационных систем, таких как ECDIS, AIS и GNSS, обеспечивает безопасное прохождение мелководных участков. Кроме того, человеческие факторы, такие как подготовка экипажа и ситуационная осведомленность, играют решающую роль в предотвращении посадки судов на мель. В заключение, данная статья направлена на повышение безопасности судоходства и эффективности операций путем своевременного и точного проведения упомянутых расчетов всеми судами, а также интеграции морских технологий и передовых навигационных практик.

Açar sözlər. gəmilərin saya oturması, kil altı dərinlik (KAD), squat effekt, təhlükəsizlik tədbirləri, qarşı tədbirlər

Key words. ships' grounding, under keel clearance (UKC), squat effect, safety measures, preventive measures

Ключевые слова. посадка судов на мель, запасом под килем (ЗПК), эффект скупчивания, меры безопасности, профилактические меры

Giriş. Dəniz nəqliyyatının təhlükəsizliyi global ticarət və ətraf mühitin qorunması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Müasir dövrdə gəmilərdə innovativ texnologiyalardan istifadə edilməsinə baxmayaraq gəmi qəzaları hələ də bəzən qaçınılmaz olur. Gəmilərdə baş verən qəzaların nəticəsində heyətə, gəmiyə, daşınan yükə və ətraf mühitə ciddi şəkildə zərər gəlir. Bu qəzalardan ən aktual olanlardan biri də gəmilərin saya oturması hadisəsidir. Gəmilərin saya oturması ciddi fəsadlara səbəb ola bilər, hansı ki gəmi strukturunun zədələnməsi, yük itkisi, maliyyə zərərləri və ekoloji çirklənmə riski yaradır. Bu cür hadisələrin qarşısının alınması üçün naviqasiya texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi, heyətin peşəkar hazırlığı və qabaqlayıcı tədbirlərin gücləndirilməsi vacibdir. Saya oturma hallarının baş vermə səbəbləri müxtəlif amillərlə bağlıdır. Bunlara suyun dərinliyinin düzgün qiymətləndirilməməsi, hava və hidroloji şəraitin nəzərə alınmaması, insan faktoru və texniki nasazlıqlar daxildir. Araşdırmalar nəticəsində məlum olmuşdur ki, gəmilərin saya oturması hadisələrinin 90%-i gəmi sürücülərinin səhvləri hesabına olmuşdur. Bu səbəbdən, müasir gəmiçilikdə riskləri minimuma endirmək üçün etibarlı naviqasiya sistemlərindən istifadə və təhlükəsizlik qaydalarına riayət etmək əsas prioritetlərdən biridir [1-3]

Gəminin saya oturmasının qarşısının alınmasını nəzərdən keçirərkən, gəminin kil altı dərinliyini nəzərə almaq ən önəmli məqamlardan biridir. Mövcud vəziyyət gəminin minimal kil altı dərinliyini təmin edə bilmərsə, gəmi nəticədə saya otura bilər. Buna görə də, növbə köməkçiləri mövcud vəziyyətlər üçün kil altı dərinliyi hesablamağı bacarmalıdır.

Kil altı dərinlikni hesablayarkən aşağıdakı hallar nəzərə alınmalıdır:

1. Gəminin suya oturma dalgaların təsirindən artması:

$$\Delta T_1 = 0.6 H, \quad (1)$$

burada, H-Dalğanın hündürlüyü; ΔT_1 -gəminin suya oturma dalgasının dəyişməsidir.

2. Gəminin suya oturma dəniz sığlığının fərqi görə artması: İlk öncə gəminin şirin su ehtiyatını (FWA) hesablamaq lazımdır. Bu söz dənizçilik terminologiyasında Fresh Water Allowance (FWA) kimi adlandırılır. Gəminin şirin sudan duzlu suya və ya əksinə keçərkən gəminin suya oturma dəniz sığlığının artıb-azalmasına onun şirin su ehtiyatı deyilir:

$$FWA = \frac{\Delta}{40 \times TPC} \quad (2)$$

burada, Δ -gəminin su basımı; TPC- (Tons per centimetre) gəminin suya oturma dəniz sığlığının 1 santimetr dəyişməsi üçün lazım olan çəkinin miqdarıdır:

$$\Delta T_2 = \frac{FWA \times (\rho_1 - \rho_2)}{25} \quad (3)$$

burada ΔT_2 -gəminin suya oturma dəniz sığlığının dəyişməsi; ρ – dəniz suyunun sığlığıdır: FWA-şirin su ehtiyatıdır [4,5].

3. Gəminin suya oturma squat effekti görə artması. Squat effekt nədir? Gəmi su üzərində hərəkətdə olan zaman, o qarşısındakı suyu geriye doğru itələyir. Gəminin sualtı hissəsində boşluq yaranmaması üçün digər tərəflərdən su həmin əraziyə daxil olmalıdır. Bu proses getdikcə sürətlənir və nəticədə təzyiq fərqi yaranır. Bu təzyiq fərqi görə gəmi şaquli olaraq daha da aşağı düşür. Nəticədə gəmi ya burun hissəyə yada arxa hissəyə meyilli olur. Ümumi olaraq gəminin sürətinin

artması nəticəsində onun kil altı dərinliyinin azalmasına squat deyilir. Buna görə də gəmi dayaz sularda düzgün seçilməyən sürətlə hərəkət edərsə o zaman nəticədə o saya otura bilər.

Nə üçün son 40 ildə squat effekt çox ciddi bir məsələ oldu? Squat effekt hər zaman kiçik və aşağı sürətli gəmilərdə olmuşdur. Sadəcə keçmişdə gəmilərin ölçüsünün və sürətlərinin kiçik olmasına görə onlara squat sadəcə santimetrlərlə təsir göstərirdi və bu kiçik dəyişim əhəmiyyətli dərəcədə hesab olunmadığından squat effekt nəzərə alınmırdı.

Baxmayaraq ki, 1960-ci illərin ortalarından artıq gəmilərin ölçülərində böyümə baş verdi, hansı ki 350000 ton yük götürmə qabiliyyətinə malik super tankerlər tikilməyə başladı. Bu tip supertankerlər limanlara daxil olarkən artıq onların kil altı dərinliyi təxminən 1.0-1.5 metr arası dəyişir. Yalnızca gəmilərin ölçüsü yox, son illərdə artıq onların xidməti sürətlərində də inkişaf olmuşdur. Məsələn üçün kontainer gəmilərinin sürəti 16 düyündən 25 düyünə qədər qalxmışdır.

Gəmilərin dizaynında və onların xidməti sürətlərində olan bu dəyişikliklər artıq squat effektinin böyüməsinə səbəb oldu. Ona görə də, xüsusilə də dar keçidlərdə üzərkən təhlükəsiz sürət doğru seçilməlidir [6].

Squat effektin məzmununu daha aydın başa düşmək üçün "QE2" gəmisinin saya oturma hadisəsini aşağıda qeyd etmək olar.

"QUEEN ELIZABETH 2" gəmisi 07.08.1992-ci ildə Rhode adasının Martha Vineyard sahilinə yaxın ərazidə saya oturmuşdur. İstintaq araşdırmaları nəticəsində bəlli olmuşdur ki gəmidə isdifa edilən naviqasiya xəritəsi vaxtında yenilənməmiş və buna görə də həmin ərazidəki suyun dərinliyi növbə köməkçiləri tərəfindən düzgün qiymətləndirilə bilməmişdir. Uyğun təyin edilməyən sürət squat effekti artırmış və nəticə olaraq gəmi saya oturmuşdur. Bundan əlavə çoxlu saya oturma hadisələri olmuşdur ki, lakin onlar rəsmi olaraq qeydə alınmayıb.[7]

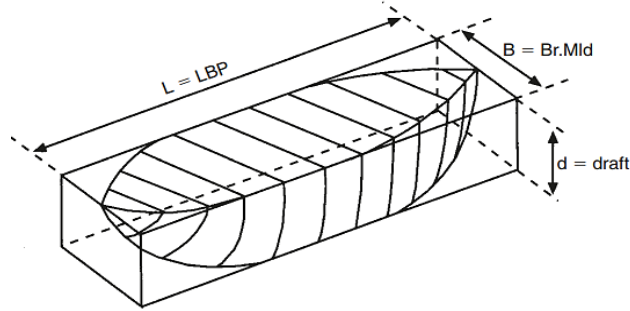
Aşağıdakı hallar gəminin dayaz sulara girdiyinin göstəriciləridir:

- a) dalğaların əmələ gəlməsi xüsusilə gəminin burun hissəsində artır;
- b) manevr etmə azalır və gəmi daha gec reaksiya verməyə başlayır;
- c) kapitan körpüsündəki exalotun göstəriciləri tez-tez dəyişəcəkdir;
- d) pərlərin fırlanma dövr sayı(RPM) azalmağa başlayır. Əgər gəmi açıq dənizdədirsə, yəni suyun enində məhdudiyyət yoxdursa bu zaman pərlərin fırlanma dövrlərinin sayının azalması normal vəziyyətin 15%-i qədər azalacaqdır. Əgər gəmi dar keçiddədirsə, bu zaman pərlərin dövrlərinin sayının azalması normal vəziyyətin 20%-i qədər azalacaqdır.
- e) gəminin sürətində azalma olacaqdır. gəmi açıq dəniz şəraitində olarsa, bu azalma 35 faizə qədər ola bilər. əgər gəmi çay və ya kanal kimi dar keçidlərdədirsə, bu azalma 75 faizə qədər ola bilər.
- f) gəmi bir anda vibrasiya etməyə başlaya bilər. bunun səbəbi, gəminin gövdə tezliyinin gəmi ilə əlaqəli başqa bir tezliklə rezonans olmasına səbəb olan daxil edilmiş suyun effektləridir.
- g) gəmi dərin sulardan dayaz su şəraitinə keçdikcə istənilən gəmi hərəkətləri əyilmələr, qalxıb-düşmələr və s. azalacaqdır. bunun səbəbi, gəmi dar keçidlərə keçdiyi zaman gəminin kil-altında qalan su hissəsi yastıq işini yerinə yetirir və bu zaman yuxarıda sadalanan hərəkətlər azalır.
- h) gəmi dayaz sulara keçdiyi zaman, suyun səthində palçıqlı bir görüntü yarana bilər. bunun səbəbi gəminin pərlərinin suyun dibinə çox yaxın təmasda olmasından qaynaqlanır.
- i) gəminin dönmə radiusu artır. dayaz sularda dönmə radius 100%-ə qədər arta bilər
- j) gəminin tormozlanma vaxtı və tormozlanma məsafəsi dərin sulara nisbətən artır.
- k) sükanın effektivliyi azalır.

Squat effektə təsir edən amillər hansılardır? Əsas amil gəmi sürətidir (V_k). Squat sürətin kvadratına görə təxminən dəyişir. Başqa sözlə, nümunə götürə bilərik ki, sürəti yarıya endirsək, squat effekt dörd dəfə azalar. Bu kontekstdə sürət (V_k) gəminin suya nisbətən sürətidir, başqa sözlə, axıntının sürətinin gəmiyə təsiri nəzərə alınmalıdır. Digər mühüm amil blok əmsalıdır (C_b). Squat birbaşa blok əmsalı (C_b) ilə dəyişir. Buna görə də, neft tankerləri sənişin laynərlərinə nisbətən daha çox squat effektə məruz qalır. Bloklama faktoru 'S' isə nəzərə alınmalı başqa bir amildir. Bu, gəminin orta hissəsinin suya batmış en kəsiyinin kanal və ya çay daxilindəki suyun en kəsiyinə olan nisbətidir

(şəkil 1). Gəmi açıq dənizdə olarsa, suyun təsirinin eni hesablanı bilər. Bu, supertankerlər üçün təxminən 8,25b, ümumi yük gəmiləri üçün təxminən 9,50b, konteyner gəmiləri üçün təxminən 11,75 gəmi eninə qədər dəyişir.

Ancak burada başqa bir sual yaranır. Blok əmsalı nədir? Gəminin hər hansı konkret su oturmaundakı blok əmsalı, həmin su oturmaundakı su basımı həcmnin eyni ümumi uzunluğa, enə və dərinliyə malik düzbucaqlı blokun həcminə nisbətidir:

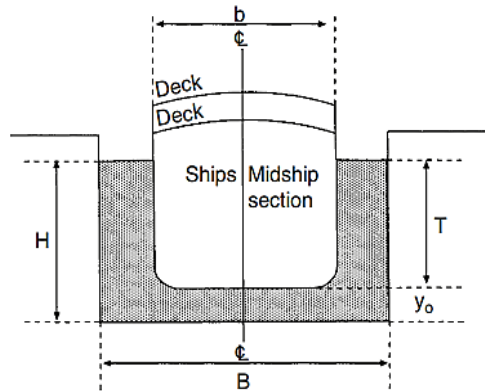


Şəkil 1. İşarələnmiş hissənin su basım həcmnin, eni, uzunluğu və dərinliyi gəminin parametrləri ilə eyni olan kvadratin həcminə olan nisbəti

$$C = \frac{\Delta}{L \times B \times \text{draft}} \quad (4)$$

burada Δ - gəminin həcmi su basımı; L-gəminin perpendikulyarları arasındakı uzunluq; B-gəminin eni; d- gəminin suya oturmaudur.

İndi isə 2-ci şəkildə gəmi məhdud sularda olan zaman ona təsir edən “bloklanma faktoru”na nəzər yetirək.



Şəkil 2. Statik vəziyyətdə olan bir gəmi dar keçid və kanalda

$$\text{Blokalanma faktoru} = S = \frac{b \times T}{B \times H} \quad (5)$$

burada, S=bloklanma faktoru; b - gəminin eni; B - çayın və ya kanalın eni; H - suyun dərinliyidir.

Beləliklə, açıq və məhdud dəniz şəraiti üçün gəmiyə təsir edən maksimal squat effektini aşağıdakı kimi hesablaya bilərik.

Açıq və məhdud dəniz şəraiti üçün maksimum squat:

$$\delta = \frac{C \times S^{0.81} \times V^{2.08}}{20} \quad (6)$$

Burada qeyd olunan düstur hesablamada baxımından çətin olduğundan bu düsturu aşağıdakı kimi qısaltma bilərik. Sadəcə burada kanallarda və dar keçidlərdə təsir edən bloklaşma faktoru nəzərə alınmır.

Yalnız açıq dəniz şəraiti üçün maksimum squat:

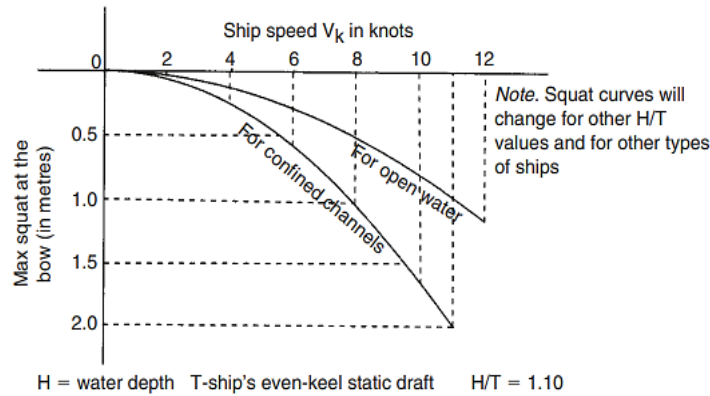
$$\delta = \frac{C \times V^2}{100} \quad (7)$$

Yalnız qapalı sular üçün maksimum squat:

$$\delta = \frac{C \times V^2}{50} \quad (8)$$

Göründüyü kimi, squat effekt gəminin sürəti ilə düz mütənəsbidir. Buna görə də dayaz sularda hərəkət edərkən gəminin sürəti ciddi şəkildə nəzarətdə saxlanılmalıdır.

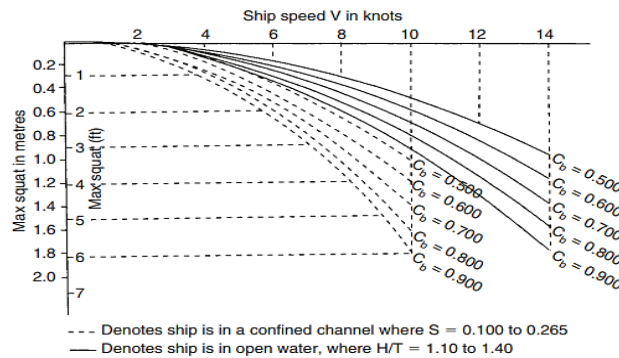
İndi isə squat effektinə qrafiki nəzər salaq. Dedik ki, squat gəmiyə dayaz və dərin sularda təsir edir. Ona görə də squatın hər iki versiyada təsiri eyni ola bilməz. Squatın dayaz sularda təsiri gəmiyə daha çoxdur (şəkil 3):



Şəkil 3. 250 000 tonluq supertanker üçün maksimum squat ilə gəminin sürəti arasında olan mütənəsbilik.

burada, H-suyun dərinliyi; T- gəminin suya oturumudur; H/T nisbəti 1.10 olaraq qeyd olunub.

İndi isə müxtəlif tipli gəmilər üçün qrafikə nəzər salaq (şəkil 4):



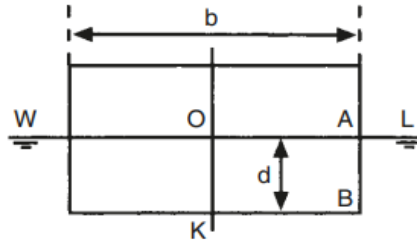
Ship type	Typical C_b , fully loaded	Ship type	Typical C_b , fully loaded
ULCC	0.850	General cargo	0.700
Supertanker	0.825	Passenger liner	0.575 to 0.625
Oil tanker	0.800	Container ship	0.575
Bulk carrier	0.775 to 0.825	Coastal tug	0.500

Şəkil 4. Müxtəlif tipli gəmilər üçün dayaz sularda və açıq dənizdə maksimum squat

Burada S (bloklama faktoru) 0.100 ilə 0.265 arasındadır və bu o deməkdir ki gəmi dayaz sulardadır. H/T nisbəti isə 1.10 ilə 1.40 arasındadır bu isə gəminin açıq dəniz şəraitində olduğunu göstərir.

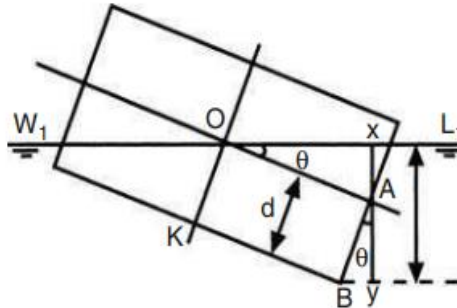
Squat effektin gəmilərə olan təsirlərini dolğun analiz etdikdən sonra kil altı dərinliyin hesablamasına davam edilə bilər [8].

4. Gəminin suya oturmunun kren bucağına görə artması. Bu məsələni aydın başa düşmək və hesablamaları düzgün edə bilmək məqsədi ilə qutu formalı gəmi modelinə baxaq. Qutu formalı gəmidə suya oturma su xəttindən gəminin dib hissəsinə qədər olan məsafədir. Bu tip gəmi su üzərində tarazlıq vəziyyətində olduğu halda sağ və sol bortlar üçün suya oturma eyni olur. Şəkil 5-də gəminin suya oturmunu “ d ”, enini isə “ b ” hərfi ilə işarələyək.



Şəkil 5. Qutu şəkilli gəmi (a)

İndi isə eyni gəminin α dərəcədə sağ borta əyildiyi halda baxaq. Bu zaman gəminin suya oturumu artacaqdır. Şəkil 6-da gəminin yeni suya oturumu “ D ” hərifi ilə işarələyək [9].



Şəkil 6. Qutu şəkilli gəmi kren vəziyyətində (b)

OXA üçbucağında:

$$OA = \frac{1}{2}b \text{ və bucaq } AXO = 90^\circ \quad (9)$$

$$AX = \frac{1}{2}b \sin \theta \quad (10)$$

ABY üçbucağında:

$$AB = d \text{ və bucaq } AYB = 90^\circ \quad (11)$$

$$AY = d \cos \theta \quad (12)$$

$$D = XY = AX + AY \quad (13)$$

$$D = \frac{1}{2}b \sin \theta + d \cos \theta \quad (14)$$

$$\text{Gəminin yeni suya oturumu} = \frac{1}{2}b \sin \theta + d \cos \theta \quad (15)$$

Nəticə. Bütün bu hesablamaları etdikdən sonra səfər edəcəyimiz yolda və təyinat limanındakı minimum dərinliyi müvafiq xəritədən götürürük. Gəmimizin maksimum suya oturmağının üzərinə yuxarıda qeyd etdiyim bütün suya oturmağının artması hallarını gəlirik və xəritədəki minimum dərinlikdən bu nəticəni çıxırıq. Aldığımız nəticə gəminin səfər boyu minimum kil altı dərinliyini verəcəkdir. Əgər kil altı dərinlik kifayət qədər az olarsa o zaman kapitan lazımi tədbirləri görməlidir.

Əlavə olaraq qeyd etmək lazımdır ki, müəyyən bir vəziyyət üçün maksimum gəmi squatını hesablaya bilsək, aşağıdakı üstünlüklər əldə edilə bilər :

1. Gəmi sürücüsü öz gəmisinin təhlükəsizliyini təmin etmək üçün hansı sürəti azaltmalı olduğunu biləcək.

2. Gəmi zabidləri gəmini əlavə bir neçə santimetrə qədər yükləyə bilərlər (əlbəttə ki, yük xəttinin hədlərini aşacaq qədər istisna olmaqla). 100 000 ton dwt tanker əlavə 30 sm ilə yüklənsə və ya SD14 ümumi yük gəmisi əlavə 20 sm yüklənsə, onların dwt-inə əlavə 3 faiz təsir təşkil edir. Bu, gəmilərə əlavə qazanc imkanı yaradır. Əlbətdəki qeyd etmək lazımdır ki, bu zaman gəmi sürücüsü bütün ehtimallar üçün kil altı dərinlikni hesablamış olacaq.

3. Əgər dayaz suda həddindən artıq squat səbəbiylə gəmi saya oturarsa, böyük təmir xərclərindən başqa, gəminin "xidmətdən kənar" olduğu vaxt var. Bu vaxt gəminin, gəmini icarəyə götürən şəxs üçün işləyə bilmədiyi zaman hesab olunur. "Xidmətdən kənar" olmaq həqiqətən çox baha başa gəlir, çünki qazanc itkisi gündə 100 000 dollardan çox ola bilər.

4. Gəmi saya oturduqda hər zaman neft və neft məhsullarının dənizə sızması ehtimalı var və nəticədə neftin çirklənməsinə görə kompensasiya iddiaları və hadisədən sonra təmizləmə əməliyyatları üçün ödənişlər tələb olunur. Əgər gəmiyə təsir edən squat effekt öncədən proqnozlaşdırıla bilsə bu zaman qeyd olunan xərclərdən qaçınmaq olar.

Ədəbiyyat

1. Goerlandt, F., Montewka, J. (2015). Maritime Transportation Risk Analysis: Review and Analysis in Light of Some Foundational Issues. *Reliability Engineering & System Safety*, 138, 115-134.
2. IMO (International Maritime Organization). (2020). Navigation and Collision Avoidance -ECDIS, AIS & GNSS Applications.
3. Шарлай Г.Н. - Управление И Маневрирование Морским Судном – 2007
4. Bertram, V. (2011). *Practical Ship Hydrodynamics* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann
5. Dand, I. W. (2003). Squat Predictions for Underkeel Clearance. *Marine Technology*, 40(1), 42-51.
6. Barrass, B., & Derrett, D. R. (2011). *Stability for Masters and Mates* (6th ed.). Elsevier
7. <https://www.nautinst.org/resources-page/grounding-of-qe2.html>
8. Brooks, N., & Wotherspoon, B. (2002). The Role of Squat Effect in Modern Vessel Design and Operation. *International Maritime Conference Proceedings*
9. Krata, P., & Szlapczynska, J. (2012). Under Keel Clearance as a Safety Criterion for Ship's Navigation in Shallow Waters. *Proceedings of the International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*.

Məqalə qəbul olunub: 22.04.25
Təvsiyə edib: dos. Abbasov E.O.