МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
КОРАБЛЕБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСУ КОРАБЛЯ

Код РПНД

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Втомна міцність суднокорпусних конструкцій

Fatigue strength of ship hull structures

Рівень вищої освіти - магістерський

Тип дисципліни - вибіркова

Мова викладання - українська

Миколаїв – 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» належить до циклу вибіркових дисциплін. Курс надає знання методик розрахунків на втому конструкцій корпусів суден. Курс призначений для здобувачів всіх спеціальностей.

«16» серпня 2022 р.

Розробник:
Литвиненко Д. Ю. - кандидат технічних наук, ст. викладач кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» розглянуто на засіданні кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.
Протокол № 1 від « 29 » серпня 2022 року.

Завідувач кафедри Коростильов Л. І.

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» розглянуто науково-методичною комісією Кораблебудівного навчально-наукового інституту.
Протокол № 8 від «29 » серпня 2022 року.

Голова Бондаренко О. В.

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу Лабарткава А. В.

Робоча програма навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» затверджена Навчально-методичною радою НУК.
Протокол № 10 від «28» грудня 2022 р.

Голова НМР НУК Трушляков Є. І.

© НУК, 2022

ЗМІСТ

Вступ …… 4
1. Опис навчальної дисципліни ……. 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни …….. 6
3. Передумови для вивчання дисципліни …….. 6
4. Очікуванні результати навчання …… 6
5. Програма навчальної дисциплін …… 7
6 Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування…….. 13
7. Форми поточного та підсумкового контролю …… 13
8. Критерії оцінювання результатів навчання …… 15
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна……15
10. Рекомендовані джерела інформації …… 15

ВСТУП

Анотація

Оцінка втомної міцності конструкцій суден та їх елементів розглядалась при вивченні дисциплін «Опір матеріалів» та «Будівельна механіка корабля» при підготовці бакалаврського рівня вищої освіти. В цих курсах розглядались прості конструктивні елементи та деталі при дії навантаження незмінної амплітуди, виконувались найпростіші розрахунки.

Реально на практиці при розрахунку на втому суднокорпусних конструкцій маємо справу із навантаженнням стохастичної амплітуди. Слід також зазначити, що розрахунок циклічної міцності конструкцій, що містять зварні шви, є складною задачею через складну місцеву геометрію шва, невизначеність характеристик матеріалу в районі шва, залишкові напруження та складний напружено-деформований стан в осередку концентрації напружень. Вивчення підходів до розрахунку на втому суднокорпусних конструкцій дозволить наближено виконувати прогнозування ресурсу конструкцій суден на стадії проектування та визначати залишковий ресурс вузлів вже побудованих суден.

Ключові слова: втомна міцність; кумулятивне втомне пошкодження; зварний конструктивний вузол; скінченно-елементний аналіз.

Annotation

Fatigue strength assessment of ship structures and their elements was considered in the courses “Strength of Materials” and “Ship Structural Mechanics” in the bachelor's degree programs. In these courses, simple structural elements and parts were considered under a load with constant amplitude, and simple calculations were performed.

In practice, when estimationg the fatigue of ship hull structures, we deal with a load with stochastic amplitude. It should also be noted that the calculation of the cyclic strength of structures containing welds is a difficult task due to the complex local geometry of the weld, uncertainty of material characteristics in the weld area, residual stresses and a complex stress-strain state in the stress concentration area. The study of the basic approaches to fatigue assessment of ship hull structures will allow predicting the service life of ship structures at the design stage and determining the residual life of components of already built ships.

Keywords: fatigue strength; fatigue damage; welded structural joint; beam model; finite element analysis.

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Галузь знань
Усі галузі знань</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 3</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="7">Спеціальність
Усі спеціальності</td><td colspan="2">Семестри</td></tr>
<tr><td>2-й</td><td>2-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання –
-</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 150</td><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4 год.;
самостійної роботи студента – 6 год.</td><td rowspan="6">Освітній рівень - другий (магістерський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>130 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:
-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю –
письмова</td></tr>
<tr><td>Залік</td><td>Залік</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» є вивчення заходів із забезпечення втомної міцності конструкцій корпусу судна, а також вивчення основ прогнозування циклічної міцності таких конструкцій й факторів, що на неї впливають.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови для вивчення дисципліни не передбачені.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Вивчення дисципліни «Втомна міцність суднокорпусних конструкцій» передбачає формування у здобувачів наступних результатів навчання:

Здобувач буде знати:

- основні теоретичні відомості про втому металів та факторів, що впливають на процес втоми;
- особливості розрахунку на втому зварних з’єднань;
- навантаження на суднокорпусні конструкції, підходи до визначення його довгтермінового розподілу;
- основи механіки руйнування.

та вміти:

- виконувати оцінку втомної міцності деталей та зварних конструкцій методами номінального напруження, напруження в горячій точці, фіктивного закруглення концентрації напружень, деформаційним методом;
- виконувати оцінку коефіцієнтів концентрації напружень методом скінченних-елементів та за довідниковими даними;
- виконувати розрахунок довготермінового розподілу зовншінього навантаження на суднокорпусні конструкції
- виконувати розрахунки на втому конструкцій при стохастичному навантаженні;

5 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Поняття втомної міцності конструкцій корпусів суден

Тема 1. Загальний опис проблеми забезпечення втомної міцності суднокорпусних конструкцій

Проблема втомної міцності конструркцій суден та історичний прогрес її розв'язку. Мікро/макро аспекти втомної міцності.

Література: [1] – с. 6-12; [3] – с. 1-19, 33-59; [4] – с. 43-53

Тема 2. Базові поняття із втомної міцності

Опис основних параметрів циклів навантаження. Криві втоми. Малоциклова та багатоциклова втома.

Література: [1] – с. 12-23; [3] – с. 59-74; с. 93-111; [4] – с. 53-58

Тема 3. Фактори, що впливають на опір втомному руйнуванню матеріалів та конструкцій

Ефект концентрації напружень. Теоретичний та ефективний коефіцієнт концентрації напружень. Визначення теоретичного коефцієнту концентрації напружень за довідниковими даними. Ефекти масштабу, стану поверхні деталі, середніх напружень, корозійного середовища. Ефект залишкових напружень на втомну міцність зварних конструкцій. Втома матеріалу при багатоосьовому напруженому стану. Вплив дефектів на втомну міцність зварних з'єднань.

Література: [1] – с. 23-41; [3] – с. 74-82; с. 186-209; [4] – с. 69-112

Змістовий модуль 2. Розрахунок на втому суднокорпусних конструкцій при регулярному та нерегулярному навантаженні

Тема 4. Практичні методики оцінки втомної міцності зварних конструктивних вузлів

Метод номінального напруження. Метод напруження в горячій точці. Метод фіктивного закруглення концентратора напружень. Деформаційний метод розрахунку втомної міцності зварних вузлів судного корпусу. Визначення коефіцієнтів концентрації напружень методом скінченних елементів, створення структурованих сіток.

Література: [3] – с. 67-74; с. 105-115; [5] – с. 20-35; [6] – с. 13-232; [7] – с. 5-13.

Тема 5. Навантаження на корпус судна та його загальний згин та тихій воді. Статична постановка судна на хвилю

Категорії навантажень, що діють на судно. Загальний згин корпусу судна на тихій воді. Модель еквівалентного брусу. Статична постановка судна на хвилю.

Література: [8] – с. 198-208.

Тема 6. Елементи теорії імовірності та математичної статистики

Основні поняття теорії імовірності. Випадкові величини та закони їх розподілу. Визначення законів розподілу випадкових величин. Поняття при випадкову функцію. Лінійне перетворення випадкових функцій. Теорема Вінера-Хінчіна. Поняття про стаціонарний випадковий процес. Поняття про енергетичний спектр випадкового процесу. Перетворення стаціонарної випадкової функції лінійною системою.

Література: [4] – с. 21-33.

Тема 7. Поняття про хитавицю та згин суден в умовах дії регулярних хвиль малої амплітуди та в умовах нерегулярного хвилювання

Опис морського хвилювання як стохастичного процесу. Хитавиця судна на регулярному хвилюванні. Амплітудно-частотні характеристики хвильових моментів. Хвильові згинальні моменти на нерегулярному хвилюванні.

Література: [8] – с. 209-258.

Тема 8. **Побудова довготермінового розподілу напружень у суднокорпусному вузлі**

Загальна схема побудови довготермінового розподілу напружень у вузлі. Визначення довготермінового розподілу хвильового згинального моменту у мідельовому перерізі прямим методом (Козлякова-Плєханова). Приклади.

Література: [9] – с. 204-263.

Тема 9. Вплив корозії на втомну міцність зварних конструктивних вузлів

Вплив корозійного середовища на показники втомної міцності зварних з'єднань. Порівняння експериментальних даних втомних випробувань зразків у повітрі та у морській воді. Розрахунки кумулятивного втомного пошкодження із врахуванням ефекту корозії відповідно до нормативних документів.

Література: [3] – с. 345-356; [10] – с. 50-53.

Тема 10. Втома матеріалів при навантаженні нерегулярного характеру

Гіпотеза Пальмгрена-Майнера та її застосування при навантаженні блочного типу. Вплив історії навантаження та напружень, нижчих за границю витривалості, на ввеличину кумулятивного втомного пошкодження конструктивного елементу при нерегулярному навантаженні. Розрахунок кумулятивного втомного пошкодження конструкцій при стохастичному навантаженні із неперервним розподілом. Поняття про нелінійні теорії накопичення втомного пошкодження.

Література: [1] – с. 69-78; [3] – с. 270-318; [4] – с. 96-105.

Тема 11. Визначення довготермінового розподілу зовнішнього навантаження на суднокорпусні вузлі за нормативними документами. Обробка історії навантаження досліджуваних конструкцій

Поняття при методи обробки історії навантаження досліджуваних конструкцій та деталей. Спрощена процедура визначення довготермінового

розподілу навантаження на суднокорпусні вузли та втомного пошкодження із використанням нормативних документів. Приклади розрахунків.

Література: [3] – с. 282-286; [7] – с. 4-5; [11]; [12].

Змістовий модуль 3. Додаткові питання забезпечення втомної міцності суден та їх елементів

Тема 12. Визначення втомної міцності деталей та конструкцій за допомогою втомних випробувань

Значення експерименту. Розсіювання результатів втомних випробувань та їх обробка. Поняття про тензовимірювання. Поняття про моніторинг надійності суднокорпусних конструкцій

Література: [3] – с. 428-440. [5] – с. 93-97.

Тема 13. Технології підвищення втомної довговічності попереднього виготовлених зварних конструцій

Обробка профілю зварного шва. Методи змення залишкових напружень. Покращення корозійного захисту.

Література: [13] – с. 203-210.

Тема 14. Основи розрахунку на втому суднових валопроводів

Напруження, що діють у суднових валопроводах. Категорії навантажень на суднові валопроводи. Критерії перевірки циклічної міцності суднових валопроводів.

Література: [14] – с. 6-32.

Тема 15. Основи механіки руйнування

Поняття про коефіцієнт інтенсивності напружень. Математичний опис процесу підростання тріщин втоми. Пластична зона при вершині тріщини. Підростання тріщин при нерегулярному навантаженні. Поняття про нестабільне руйнування матеріалів і конструкцій.

Література: [3] – с. 122-180; [10] – с. 158-172.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		лекц.	пр.	лаб.	с.р.		лекц.	пр.	лаб.	с.р.
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Поняття втомної міцності конструкцій корпусів суден										
Тема 1. Загальний опис проблеми забезпечення втомної міцності суднокорпусних конструкцій	5	1	-	-	5	7	-	-	-	7
Тема 2. Базові поняття із втомної міцності	7	2	-	-	5	8	1	-	-	7
Тема 3. Фактори, що впливають на опір втомному руйнуванню матеріалів та конструкцій	18	3	4	-	10	15	2	1	-	12
Разом за змістовим модулем 1	30	6	4	-	20	30	3	1	-	26
Змістовий модуль 2. Розрахунок на втому суднокорпусних конструкцій при регулярному та нерегулярному навантаженні										
Тема 4. Практичні методики оцінки втомної міцності зварних конструктивних вузлів	20	3	8	-	9	13	2	3	-	8
Тема 5. Навантаження на корпус судна та його загальний згин та тихій воді. Статична постановка судна на хвилю	5	1	-	-	4	4	-	-	-	4
Тема 6. Елементи теорії імовірності та математичної статистики	13	3	2	-	8	10,5	-	0,5	-	10
Тема 7. Поняття про хитавицю та згин суден в умовах дії регулярних хвиль малої амплітуди та в умовах нерегулярного хвилювання	10	2	2	-	6	4,5	-	0,5	-	4

Тема 8. Побудова довготермінового розподілу напружень у суднокорпусному вузлі	10	2	2	-	6	5,5	1	0,5	-	4
Тема 9. Вплив корозії на втомну міцність зварних конструктивних вузлів	5	1	-		4	4	-	-	-	4
Тема 10. Втома матеріалів при навантаженні нерегулярного характеру	9	1	4	-	4	6	1	1	-	4
Тема 11. Визначення довготермінового розподілу зовнішнього навантаження на суднокорпусні вузлі за нормативними документами. Обробка історії навантаження досліджуваних конструкцій	18	3	6	-	9	12,5	2	2,5	-	8
Разом за змістовим модулем 2	90	16	24	-	50	60	6	8	-	46
Змістовий модуль 3. Додаткові питання забезпечення втомної міцності суден та їх елементів										
Тема 12. Визначення втомної міцності деталей та конструкцій за допомогою втомних випробувань	9	2	-	-	6	8	-	-	-	8
Тема 13. Технології підвищення втомної довговічності попереднього виготовлених зварних конструцій	3	1	-	-	2	5	-	-	-	5
Тема 14. Основи розрахунку на втому суднових валопроводів	3	1	-	-	2	5	-	-	-	5
Тема 15. Основи механіки руйнування	15	4	2	-	10	12	1	1	-	10
Разом за змістовим модулем 3	30	8	2	-	20	30	1	1	-	28
Всього за весь курс дисципліни	150	30	30	-	90	150	10	10	-	130

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Поняття втомної міцності конструкцій корпусів суден			
1	Визначення теоретичних коефіцієнтів концентрації для вузла вирізу люка методом скінченних елементів	4	1
Змістовий модуль 2. Розрахунок на втому суднокорпусних конструкцій при регулярному та нерегулярному навантаженні			
2	Розрахунок на втому зварного вузла із використанням основних практичних методів при дії навантаження незмінного розмаху	8	3
3	Побудова гістограми розподілу статистичних даних морського хвилювання. Визначення базових статистичних характеристик вибірки	4	1
4	Вивчення загальних принципів побудови довготермінового розподілу напружень у суднокорпусному вузлі	2	0,5
5	Визначення довготермінового розподілу зовнішнього навантаження на вузол з’єднання конструкцій борту та подвійного дна суховантажного судна за нормативними документами	6	2,5
6	Перевірка втомної міцності вузла з’єднання конструкцій борту та подвійного дна суховантажного судна при нерегулярному навантаженні	4	1
Змістовий модуль 3. Додаткові питання забезпечення втомної міцності суден та їх елементів			
6	Визначення розвитку тріщини у плоскій пластині з тріщиною	2	1
Всього за весь курс дисципліни		30	10

Самостійна робота

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних та лабораторних занять; самостійне поглиблення знання за темами дисципліни; підготовку до захисту лабораторних робіт і екзамену.

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Модуль 1			
1	Підготовка до лекцій	15	30
2	Підготовка до практичних занять	15	20
3	Підготовка РГЗ 1	15	15
4	Підготовка РГЗ 2	15	25
5	Підготовка РГЗ 3	15	25
6	Підготовка до заліку	15	15
Всього за весь курс дисципліни		90	130

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання

- ***для всіх видів занять:***
  - робота з літературою;
  - пояснення;
  - демонстрування;
- ***для лекційних занять:***
  - лекція;
  - ілюстрування;
  - відео методи;
- ***для практичних занять:***
  - розрахунково-графічні роботи;
  - усне опитування.

Засобами діагностики знань за методами демонстрування результатів навчання є:

- захист розрахунково-графічних робіт;
- залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюється за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки при захисті звітів з розрахунково-графічних робіт і оцінки заліку в кінці семестру.

Питома вага заліку складає 40 балів в загальній системі оцінок. Право здавати залік надається студенту, який виконав і захистив усі розрахунково-графічні роботи. Залік передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувача

із зазначеної теми.

Поточний контроль виконується за результатами виконання та захисту розрахунково-графічних робіт, які є результатом роботи на практичних заняттях.

Зарахування кредитів навчального курсу дисципліни можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок передбаченим чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної дисципліни студентів та їх оцінювання

Розрахунково-графічні роботи

Бал	Критерії оцінювання
18-20	Робота виконана у встановлений термін, самостійно, чітко сформований процес виконання досліду або розв'язування завдання. Застосовувалися коректні методи отримання результатів, виконаний їх аналіз.
12-17	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконав завдання після консультації викладача. Робота виконана в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат.
6-17	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконав роботу під керівництвом викладача. Отримані результати містять помилки, аналіз результатів відсутній.
0	Робота не виконувалась.

Залік

Бал	Критерії оцінювання
35-40	Завдання виконане у встановлений термін, самостійно, чітко сформоване розв'язання питань. Застосовувалися коректні методи для виконання завдань.
30-34	Завдання виконане у встановлений термін. Завдання виконане в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат.
25-29	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Студент виконав завдання після консультації викладача. Завдання виконане в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат
15-24	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Студент виконав завдання під керівництвом викладача. Отримані результати містять помилки, аналіз результатів відсутній.
0	Завдання не виконувалося.

Сумарна кількість балів по формам проміжного контрою

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Семестр денної форми	Семестр заочної форми
Виконання РГЗ	60	60
Залік	40	40
Всього	**100**	**100**

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Змістові модулі, теми		Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ1	Т1-3	РГЗ 1	20	РГЗ 1	20
ЗМ2	Т2-4	РГЗ 2	20	РГЗ 2	20
ЗМ3	Т5-11	РГЗ 3	20	РГЗ 3	20
Семестровий контроль		залік	40	залік	40
Разом за семестр		100		100	

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Технічні засоби

- Мультимедіа- та проекційна апаратура;
- Комп'ютери, комп’ютерні системи та мережи;
- Програмне забезпечення для підтримки дистанційного навчання,
- Бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Міцність при змінних навантаженнях [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Динаміка і міцність машин» спеціальності 131 «Прикладна механіка» / Шукаєв С. М., Лавренко Я. І.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 128 с.

2. Kozak, J. Fatigue problems in ship structure. Transactions on the Built Environment, 1992, 42, pp. 541–550.
3. Stephens R. I., Fatemi A., Stephens R. R., Fuchs H. O. Metal fatigue in engineering. 2nd ed. New York: A Wiley-Interscience Publication, 2001. 473 p.
4. Petinov S.V. In-Service Fatigue Reliability of Structures. Springer International Publishing, 2018. – 201 p.
5. Recommendations for fatigue design of welded joints and components / A. Hobbacher et al.; International Institute of Welding; doc. XIII-2151r4-07/XV-1254r4-07. Paris, October 2008. –144 p.
6. Radaj D., Sonsino C. M., Fricke W. Fatigue assessment of welded joints by local approaches. Second edition. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2006. – 639 p.
7. IACS Recommendation No. 56. Fatigue assessment of ship structures. July 1999.
8. Сердюченко А. М., Лугінін О. Є., Коршиков Р. Ю., Дудченко О. М., Коршиков Ю. С. Основи теорії пружності, будівельної механіки, міцності, та вібрації суден: навчальний посібник / за ред. А. М. Сердюченка. Миколаїв: НУК, 2012. – 422 с.
9. Glen I. F., Dinovitzer A., Paterson R. B., Luznik L., Bayley C. Fatigue-Resistant Detail Design Guide for Ship Structures / Ship Structure Committee; report SSC-405. Washington: Ship Structure Committee, March 1999. 206 p.
10. DNV GL. Fatigue assessment of ship structures: DNVGL-CG-0129, October, 2015.
11. Литвиненко Д. Ю. Методики розв’язку задач втомної міцності суднокорпусних вузлів при нерегулярному навантаженні на базі експериментально-теоретичного методу. Вісник Одеського національного морського університету. Одеса, 2017. № 4 (53). С. 110–125.
12. Blagojević B., Domazet Ž. Simplified procedures for fatigue assesement of ship structures. *10th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean IMAM 2002 (Rethymnon, Crete, 13th–17th May 2002)*. Rethymnon, 2002.

13. Fatigue technology assessment and strategies for fatigue avoidance in marine structures / Ship Structure Committee; report SSC-367. Washington: Ship Structure Committee, March 1993. – 412 p.

14. DNV GL. Fatigue assessment of ship structures: DNVGL-CG-0038, December, 2015.

Допоміжна література

1. Schijve J. Fatigue of Structures and Materials. 2nd ed. Springer, 2009. 622 p.
2. Korostylov, L., Lytvynenko, D., Sharun, H., Davydov, I. Improvement of construction of trauler's hull based on condition of fatigue strength providing, 2021, pp. 50–59. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239159.
3. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден т. 2. 2020.