

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**О. В. ЩЕДРОЛОСЄВ, Ю. К. ЯГЛИЦЬКИЙ,
С. В. ТЕРЛИЧ, К. В. КИРИЧЕНКО**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
"СУЧАСНІ МЕТОДИ ДЕФЕКТАЦІЇ
ТА РЕМОНТ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ
І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДЕН"**

Рекомендовано Методичною радою НУК

УДК 629.5.083.5(076)

М 54

Автори: О. В. Щедролосоєв, д-р техн. наук, професор;
Ю. К. Яглицький, канд. техн. наук, доцент;
С. В. Терлич, старш. викладач;
К. В. Кириченко, викладач

Рецензент О. С. Рашковський, д-р техн. наук, професор

Рекомендовано Методичною радою НУК

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Сучасні методи дефектації та ремонт корпусних конструкцій і технічних засобів суден" / О. В. Щедролосоєв, Ю. К. Яглицький, С. В. Терлич, К. В. Кириченко. – Миколаїв : НУК, 2018. – 44 с.

Розглянуті особливості зносу та ушкодження корпусу судна, наведені класифікація і характеристика дефектів судна та методи визначення пошкоджень корпусу судна. Описані технологічний процес проведення дефектації корпусів суден і методи визначення залишкової товщини листів обшивки, настилів і набору корпусу; а також сучасні прилади для проведення вимірювань залишкових товщин.

Призначено для студентів галузі знань 13 "Механічна інженерія", спеціальність 135 "Суднобудування".

УДК 629.5.083.5(076)

© Щедролосоєв О. В., Яглицький Ю. К.,
Терлич С. В., Кириченко К. В., 2018
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2018

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 4 |
| 1. Особливості та зміст стадій технологічного процесу ремонту суден..... | 5 |
| 2. Номенклатура технічної і ремонтної документації судноремонтного підприємства..... | 7 |
| 3. Знос та ушкодження корпусу судна..... | 9 |
| 4. Класифікація і характеристика дефектів судна..... | 15 |
| 5. Заводська дефектація..... | 18 |
| 6. Методи визначення пошкоджень корпусу судна..... | 20 |
| 7. Технологічний процес проведення дефектації корпусів суден..... | 30 |
| 7.1. Методи визначення залишкової товщини листів обшивки, настилів і набору корпусу..... | 30 |
| 7.2. Прилади для проведення вимірів залишкових товщин..... | 36 |
| Список використаної літератури..... | 43 |

ВСТУП

У наш час виконання якісного ремонту корпусу судна неможливе без розробки технічної та ремонтної документації за результатами дефектації корпусу судна.

Дефектація корпусу судна – це технічно необхідний перелік візуальних оглядів судна і вимірювань його конструктивних елементів для виявлення ступеню зносу, дефектів у вигляді пошкоджень або руйнувань конструкцій, визначення необхідності ремонту (встановлення елементів і місць корпусу, які потребують заміни або додаткової обробки).

Після постановки судна на акваторію заводу виконують дефектацію корпусу, його конструкцій, уточнюють характер і обсяг ремонтних робіт. За результатами дефектації заводом намічаються шляхи і методи усунення виявлених дефектів, визначається залишковий об'єм і розрахунковий термін ремонту, потреба в матеріалах та їх кількість. Результати дефектації оформлюються відповідно до вимог, установлених для цього виду технічної документації. Повний набір документації повинен зберігатися на судні й у власника судна.

Результати дефектації визначають можливість подальшої експлуатації плавучого транспортного засобу. Дефектація суден робиться як обов'язковий захід при черговому огляді транспортного судна й видачі дозволу на наступний період експлуатації, який не перевищує 4 років.

1. ОСОБЛИВОСТІ ТА ЗМІСТ СТАДІЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ СУДЕН

Виробничий процес ремонту складається з основного, допоміжного та обслуговуючих технологічних процесів (ТП). Основний ТП ремонту судна прийнято підрозділяти на стадії: стадії демонтажу, розбирання, дефектації. Стадія відновлення деталей і комплектуючих виробів властива лише ремонтному виробництву. Інші стадії (підготовча, складання, монтажу й випробувань) характерні як для суднобудівного так і для ремонтного виробництва, але є різниця в їх вмісті.

Підготовча стадія. Метою підготовчої стадії ТП у судноремонті є підготовка судна і виробництва. Основою підготовки виробництва є ремонтні відомості, які визначають об'єм ремонту судна, а також інша ремонтна документація, що розробляється проектними організаціями. З використанням ремонтної документації виконується конструкторська і технологічна підготовки виробництва.

Стадія дефектації. Під дефектацією розуміють технічну діагностику з метою визначення технічного стану судна і встановлення на підставі отриманих даних оптимального об'єму й способу виконання ремонту. Встановлення оптимального об'єму виконується за даними огляду, за нормативами гранично допустимого зносу, умов експлуатації, категорії ремонту судна, міжремонтного періоду і т. п.

Стадії демонтажу. З метою розширення фронту ремонтних робіт демонтаж на судні повинен виконуватися відразу ж після постановки судна на акваторію заводу і в можливо більшому об'ємі. Проте при цьому необхідно враховувати наступні обмежувальні обставини: знаходження на судні екіпажу, необхідність забезпечення непроникності, остійності й міцності корпусу судна.

Стадія робочої дефектації. Ця стадія полягає в огляді й встановленні обсягу ремонтних робіт по деталях конструкції. Огляд може виконуватися методом дефектоскопії. Суть методу полягає в тому, що знос одних конструкцій може бути оцінений за станом інших конструкцій на підставі вивчення порівняльної інтенсивності їх зносу. Наприклад, про загальний знос зовнішньої обшивки з внутрішньої сторони можна судити за станом шпангоутів, а знаючи стан обшивки корпусу із зовнішнього боку, можна досить точно визначити загальний знос. В процесі огляду корпусу судна слід особливо пильно оглядати місця концентрації напруги: кути люків, надбудов, ковзаючі з'єднання, деформовані конструкції, а також конструкції, які схильні до сильного вібраційного навантаження. При виявленні тріщин встановлюють причину їх появи. Для уточнення характеру і розташування кінців тріщин використовується кольорова і гасо-крейдяна проби.

Стадія відновлення деталей. Ця стадія полягає у виконанні робіт з відновлення форми і розмірів деталей (внутрішніх і поверхневих властивостей металу).

Стадія складання. Спочатку виконується складання вузлів, а потім конструкції в цілому. В процесі складання зазвичай доводиться виконувати великий обсяг підгінних робіт. З метою остаточного контролю якості цехового ремонту конструкції піддаються випробуванням.

Стадія монтажу. Ця стадія аналогічна добудовчої стадії в суднобудуванні. Вона виконується як при ремонті судна на плаву, так і при стоянці в доці. Випробування судна технологічно прийнято підрозділяти на швартовні та ходові. Порядок проведення випробувань і режиму роботи об'єктів судна визначаються програмою випробувань. Якість виконаних робіт перевіряється приймальною комісією. Після успішного завершення випробувань і усунення виявлених дефектів складається приймальний акт, дата затвердження якого є датою закінчення ремонту судна.

2. НОМЕНКЛАТУРА ТЕХНІЧНОЇ І РЕМОНТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СУДНОРЕМОНТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Широка номенклатура технологічної, конструкторської та експлуатаційної документації, яка розробляється в процесі судноремонту, визначає складність структури його організації і формує високі вимоги до організації документообігу.

Основна *технічна документація* включає в себе:

- графік здачі суден в технічну готовність;
- графік здачі суден у експлуатаційну готовність;
- договори на виконання ремонтних робіт і поставку продукції підрядними організаціями;
- заявки на витратні матеріали (відсутні засоби технологічного оснащення та деталі);
- звіти про виконані роботи;
- акти виконаних робіт;
- конструкторську документацію всіх видів;
- технологічні графіки;
- технологічні процеси на ремонт;
- укрупнені технологічні кошториси;
- додаткові ремонтні відомості;
- акти дефектації;
- акт здачі залишків паливо-мастильних матеріалів, приладів, постачання;
- акт здачі судна в ремонт.

Ремонтна документація включає в себе наступні види документів:

- ремонтні відомості (технічні умови на ремонт);
- договір на виконання робіт і надання послуг з судноремонту (включає в себе: предмет договору, терміни виконання судноремонтних робіт на замовлення, ціну договору та порядок

взаєморозрахунків, технічні умови договору, приймання-здавання виконаних робіт, відповідальність сторін, гарантії, загальні умови);

- графік вхідного контролю поставок Замовником механізмів, змінно-запасних частин і матеріалів;

- документація, що надається Замовником, і технічні вимоги при постановці судна в док;

- акт докового огляду судна;

- акт технічного стану об'єкта (конструкції, верстата, вузла, деталі і т. п.);

- акт приймання судна на ремонт;

- акт приймання-здачі виконаних робіт і наданих послуг.

3. ЗНОС ТА УШКОДЖЕННЯ КОРПУСУ СУДНА

Тривалість служби корпусу судна і його справний технічний стан залежать від умов експлуатації, якості обслуговування і ремонту. В процесі експлуатації необхідно вживати заходи з усунення дефектів, не допускаючи зносу й ушкоджень суднових конструкцій.

Технічний стан (властивість) виробів і конструкцій, якому вони повинні задовольняти в процесі експлуатації, встановлюється за робочими кресленнями і технічними умовами. Відхилення технічного стану виробів і конструкцій від технічних умов стосовно корпусу судна розглядається як дефект, а по механічній частині (двигуну і механізмам) як несправність.

Знос деталі або конструкції проявляється як зміна її розмірів, форми, механічних властивостей матеріалу. Внаслідок зносу деталі або конструкції зменшується її надійність і довговічність. Знос судна визначається мірою зносу основних його елементів й раніше усього корпусу. Зносостійкість суднової деталі чи корпусній конструкції – це здатність їх чинити опір зношуванню в певних умовах експлуатації.

Швидкість зношування характеризується процесом зношування деталі або конструкції і визначається відношенням величини зносу до часу, впродовж якого відбувається це зношування (наприклад, щорічне стоншування товщини зовнішньої обшивки). Основними причинами зносу і ушкодження конструкцій корпусу є корозія, ерозія і втома металу.

Корозія металу – це руйнування металу, яке викликається хімічними або електрохімічними процесами. В результаті корозії суднові конструкції втрачають ряд своїх технічних властивостей. Тому для зменшення хімічної або електрохімічної дії корозійного середовища на метал застосовують низку профілактичних заходів (фарбування, оцинкування та ін.).

Конструкції корпусу судна піддаються корозійному зносу як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони. Корозійний знос корпусних конструкцій проявляється як у вигляді рівномірного зменшення товщини металу на порівняно великих ділянках, так і у вигляді окремих раковин, глибина яких в деяких випадках досягає значної частини товщини металу.

Метал конструкцій усіх частин корпусу і надбудов більшою чи меншою мірою знаходиться під дією умов, які сприятливо впливають на прискорення процесу корозії. Найбільшому корозійному зносу піддаються: листи бортової обшивки в районі змінної ватерлінії; листи палубного настилу в місцях застою води; шпангоути в районах їх перетину з палубами, де скупчується волога; книця в льялах; перегородки в трюмах на ділянках перетину з палубами і платформами; набір і обшивка котельних і машинно-котельних відділень, вантажних трюмів (при перевезенні вантажів з внутрішнім теплоутворенням), вугільних ям, що знаходяться в умовах дії не лише вологого повітря, а й підвищених температур, що сприяє корозії металу; обшивка тунелів гребних валів, палуби наливних суден (вплив пари нафтовантажів).

Ерозія металу – це процес руйнування поверхні металу під ударною дією насиченого повітрям струменя води у вигляді крапель. До ерозії відноситься і явище руйнування металу в зоні кавітації, при якій в потоці води утворюються простори зі зниженим тиском. Найбільш схильні ерозії зовнішня обшивка в кормовій частині гвинтових суден, ахтерштевень, кронштейни гребних гвинтів, напрямні насадки, гребні гвинти. Ослабити ерозію металів можна – для цього треба використовувати високоміцні матеріали і термічну обробку (загартування) деталей.

Ушкодження суднових конструкцій підрозділяються на залишкові деформації й руйнування.

До *залишкових деформацій* відносять вм'ятини, бухтини, гофри, злами корпусу; до руйнувань – тріщини, розриви, про-

боїни. Ушкодження суднових конструкцій виникають в результаті важких умов експлуатації, аварій, стихійних лих, втоми металу, а також за рахунок порушення правил технічної експлуатації судна і допущених під час будівництва або ремонту корпусу судна відступів від робочих креслень і порушень технічних умов виконання робіт.

Вм'ятини (рис. 3.1, *а, б*) є місцевою деформацією елемента конструкції корпусу і характеризуються розмірами та величиною стрілки прогину. Вм'ятину в листах корпусу, який має плавні обводи(в межах шпациї), називають *бухтиною*.

В процесі експлуатації судна вм'ятини перекриттів(борти, днища, палуби) можуть виникати в результаті стискування корпусу судна льодами, зіткнення з іншими суднами, при ударі вантажу об палубу, замерзанні води в цистернах, а також при демонтажних роботах, які виконуються без врахування необхідності збереження достатньої жорсткості конструкцій.

Гофри (рис. 3.1, *в*) є рядом бухтин, які розташовані між шпангоутами або поздовжніми балками і надають судновій конструкції ребристого вигляду. Гофри утворюються найчастіше в носовій кінцівці судна в результаті слемінгу. Також вони можуть бути викликані зварювальними деформаціями при виготовленні або ремонті конструкцій.

Тріщини поверхневі або наскрізні – це руйнування в елементах конструкції. Місцями виникнення тріщин є всілякі вирізи в кутах перекриттів, зварних швах, а також на перетинах набору з поперечними перебірками та інше.

На рис. 3.2 зображені тріщини в стінці флора в місцях проходу поздовжніх балок днища; на рис. 3.3 – тріщини в поперечній перебірці в місцях з'єднання з поздовжньою перегородкою і в місцях жорстких з'єднань з кницями, які встановлені між перегородками.

У підводній частині зовнішньої обшивки можуть виникати тріщини внаслідок втоми металу під дією вібрації.

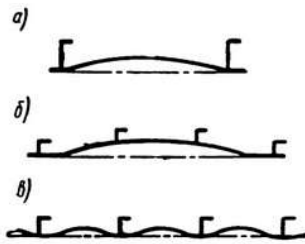


Рис. 3.1. Деформації корпусних конструкцій [7]:
a – вм'ятина (бухтина) листа; *б* – вм'ятина борта; *в* – гофрування борта

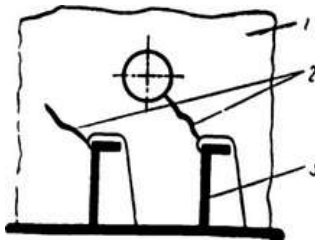


Рис. 3.2. Тріщини в стінці флора у місцях проходу
 поздовжніх днищевих балок [7]:
 1 – флор; 2 – тріщини; 3 – балка

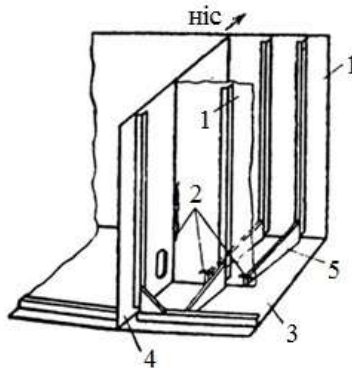


Рис. 3.3. Тріщини в поперечній перебірці [7]:
 1 – поперечна перебірка; 2 – тріщини в місцях виникнення "жорстких точок"; 3 – днищева обшивка; 4 – поздовжня перебірка; 5 – кінці, що з'єднують перебірки

Розриви (рис. 3.4) – руйнування, при яких конструкція корпусу судна виявляється розділеною на частини.

Пробоїни – це місцеві руйнування (розриви) перекриттів. На рис. 3.5 зображена пробоїна у бортовій обшивці судна, яка отримана при зіткненні з іншим судном.

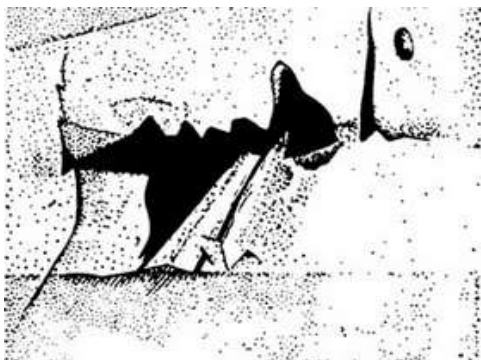


Рис. 3.4. Руйнування бортової обшивки (розрив) у районі носової кінцівки [7]

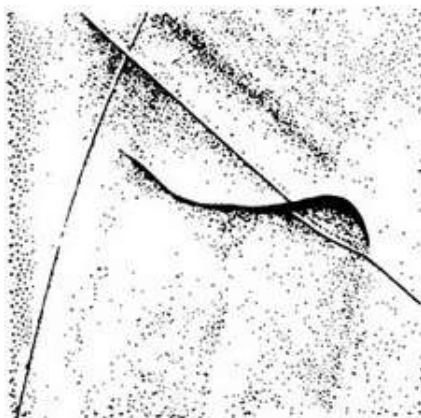


Рис. 3.5. Пробоїна в бортовій обшивці судна, яка отримана при зіткненні [7]

Злам корпусу – залишкова деформація зі зміною пружної лінії корпусу, яка виникає при руйнуванні і втраті стійкості поздовжніх в'язів.

Ремонт корпусів суден виконується при:

- повному руйнуванні (тріщини, розриви, проломи) металу в окремих конструкціях корпусу;

- частковому руйнуванні (корозійному зносі, стиранні, подряпинах) основного металу або зварних швів;

- місцевих механічних ушкодженнях настилів конструкції корпусу разом з набором (вм'ятини) або окремих листів (бухтини);

- залишковій деформації суднового набору, підвищеному гофруванню настилів корпусних конструкцій;

- появі течі в швах;

- стоншуванні металу внаслідок корозії;

- підвищених загальних деформаціях корпусу судна;

- інтенсивному ерозійному зносі зовнішньої обшивки в підводній кормовій частині судна.

Ушкодження конструкцій корпусу судна можуть виникнути як наслідок:

- стискування корпусу льодом під час зимової стоянки;

- роботи в льодових умовах при непідкріпленому корпусі судна; ударів судна об причал або інше судно;

- нерівномірного розподілу вантажу, що викликає місцеві прогини корпусу судна;

- вібрації окремих частин корпусу, що знаходяться під дією динамічних змінних навантажень;

- неритмічній роботі погано відрегульованих механізмів;

- недостатній міцності конструкцій, яка була допущена в процесі проектування або ремонту корпусу судна.

4. КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕФЕКТІВ СУДНА

В процесі експлуатації судна і його елементів виникають дефекти, кількість, розмір, характер і місце розташування яких визначають технічний стан елементів конструкції й судна в цілому. Під дефектом розуміється кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам.

Дефекти класифікуються по розташуванню, конфігурації і причинам виникнення. По розташуванню дефекти підрозділяються на поверхневі, підповерхневі й внутрішні. Поверхневими є такі дефекти, які розташовуються або мають розкриття на поверхні деталі. Дефекти, які залягають на глибині не більше 2 мм, називаються підповерхневими, а які залягають на більшій глибині – внутрішніми. По конфігурації дефекти бувають об'ємні й плоскі. До об'ємних відносяться дефекти, розміри яких за три взаємно перпендикулярними всіяма домірні. Це газові або шлакові вclusions, деякі види непроварів. В плоских дефектах один з розмірів значно менше, ніж два інших. Такими дефектами є тріщини, тонкі непроварювання, відшаровування, риски, задири, напрацювання на робочих поверхнях деталей механізмів і т. п. За причинами виникнення дефекти підрозділяються на конструктивні, виробничі й експлуатаційні. У свою чергу, експлуатаційні дефекти можна підрозділити на дефекти, що виникають від порушення правил експлуатації, експлуатаційні відкладення і дефекти від фізичного зношування та руйнувань.

Експлуатаційні дефекти (підвищений знос і пошкодження) виникають при порушенні правил експлуатації (правил технічної експлуатації і правил судноводіння). Пошкодження корпусу судна, гребних гвинтів і рульових пристроїв часто

виникають також від важких навігаційних умов (штормова погода, льодова обстановка). Експлуатаційні відкладення утворюються в процесі експлуатації, коли корпус судна знаходиться у воді, в якій багато солей і морських організмів; внутрішні поверхні котлів, трубопроводів, теплообмінних апаратів, порожнин охолодження двигунів, що стикаються з водою і конденсатом, які містять солі; коли через системи і охолоджувачі прокачується масло, що містить домішки, і т. п.

Зношування – це процес руйнування і відділення матеріалу з поверхні твердого тіла, а також процеси накопичення залишкової деформації при терті, що виявляється у поступовій зміні розмірів або форми тіла. Результат зношування, який визначається у встановлених одиницях (довжини, об'єму, маси), називається зносом.

Дефекти зварювання – дефекти підготовки і складання виробів під зварювання (неправильні кути скосу при обробленні кромки, непостійність кута скосу кромки по довжині, неправильне притуплювання по довжині кромки, що стикуються, неправильні зазори між кромками); дефекти форми і відхилення в розмірах зварних швів (неправильна ширина по довжині, нерівномірна висота посилення, горби, сідловини); зовнішні дефекти швів (напливи, подрізи, незаповнені кратери, пропалення, газові пори, непровари, тріщини, перекося); внутрішні дефекти швів (газові пори, шлакові включення, непровари, тріщини), дефекти складу і структури швів (перегрів, перепал, неправильний вибір типу електродів, флюсів, присадного металу) – внаслідок недоліків виготовлення при будівництві і ремонті.

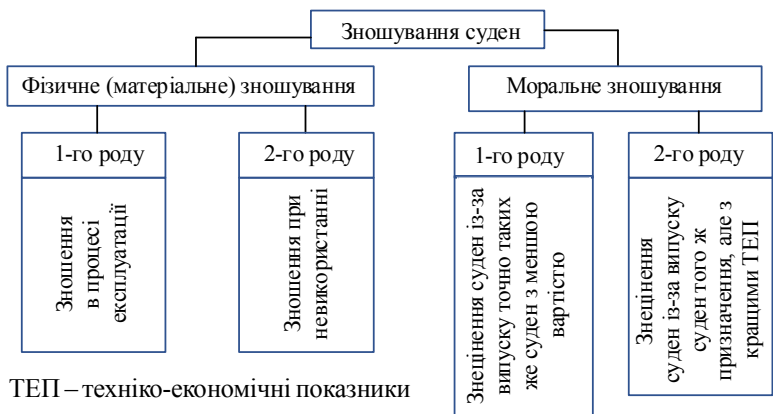


Рис. 4.1. Види зношування суден

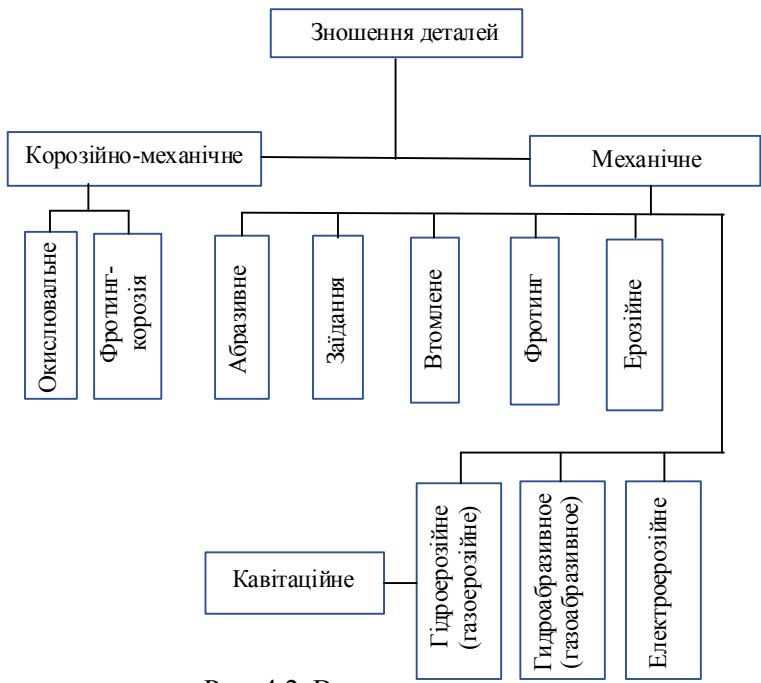


Рис. 4.2. Види зношування

5. ЗАВОДСЬКА ДЕФЕКТАЦІЯ

Заводська дефектація є одним з найважливіших етапів підготовки виробництва судноремонтного підприємства. Вона проводиться з метою уточнення обсягу робіт, які передбачені ремонтними відомостями, і полягає у визначенні фактичного технічного стану корпусу та конструкцій судна, механізмів, вузлів і елементів судна, що підлягають ремонту, встановленні величини і характеру наявних дефектів. В результаті дефектації визначаються остаточний обсяг і розрахунковий термін ремонту, уточнюються договірні умови між судновласником і заводом. Дефектацію проводять протягом першої третини ремонту судна, а при докуванні – протягом двох діб з дня постановки судна в док. Для участі в дефектації судноремонтне підприємство (верф, завод) залучає судову адміністрацію, а у необхідних випадках запрошує представників органів нагляду за суднами.

Для проведення дефектації по кожному судну окремо верф призначає провідних технологів з корпусної, механічної й електротехнічної частин, які є відповідальними за повноту визначення обсягу робіт в межах ремонтної відомості, за прийняті рішення по методам ремонту та підготовку технічної документації. Провідні технологи на підставі попереднього вивчення ремонтних відомостей розробляють графіки підготовки ремонту судна, складають демонтажні відомості, здійснюють дефектацію корпусу, механізмів і елементів судна, ведуть облік результатів дефектації. Подетальну дефектацію роблять у міру демонтажу і підготовки об'єктів судна. Результати обмірів технічних засобів судна оформляють у вигляді карт вимірів. Результати обстеження і вимірів конструкцій корпусу заносять на креслення розтяжок обшивок і настилів та оформляють у вигляді таблиць відповідно до методики дефектації корпусів

морських транспортних суден. Про всі дефекти, що виявлені в процесі дефектації, але не зазначені в ремонтній відомості й впливають на оцінку технічного стану судна, завод зобов'язаний сповістити судову адміністрацію та інспектора Регістру. На підставі обмірів, оглядів та обстеження об'єктів з дефектами технологічна служба підприємства, керуючись нормативно-технічними документами, приймає рішення про методи ремонту. Вони повинні бути узгоджені з представником замовника, а по об'єктах, які піднаглядні Регістру, також і з інспектором Регістру.

Результати заводської дефектації оформляють протоколом, в якому окремо по всіх частинах судна, а також по доковим роботам і роботам з модернізації вказують всі уточнення обсягу робіт, які внесені в ремонтні відомості на підставі даних заводської дефектації. Для скорочення ремонтного часу доцільно проводити передремонтну дефектацію в період рейсу, на переході судна до підприємства для проведення ремонту або під час стоянки в порту під вантажними або допоміжними операціями.

Передремонтна дефектація, як правило, повинна бути цілеспрямованою, а об'єкти дефектації повинні бути заздалегідь підготовлені.

6. МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ КОРПУСУ СУДНА

При дефектації місцевих залишкових деформацій встановлюють район їх поширення по довжині і поперечному перерізу корпусу. Необхідно вказати номери шпангоутів, між якими розповсюджується той або інший вид залишкових деформацій, і номер листа зовнішньої обшивки (поясу). Наприклад, вм'ятина на днищі, в районі 57–59 шпангоутів, V пояс. При дефектації вм'ятин, бухтин і гофрування встановлюється максимальна стрілка прогину f_{\max} .

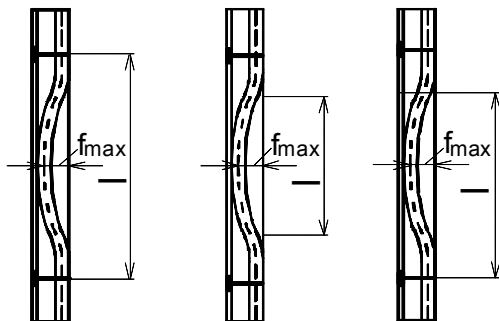


Рис. 6.1. Схеми визначення найменшого розміру вм'ятин:
 l – найменший розмір вм'ятин в плані, який вимірюється по деформованому набору в районі максимального прогину

Стрілки прогину визначають за допомогою спеціальних бухтиномерів, рейок, шаблонів, лінійок. При вимірі "ніжки" бухтиномера повинні встановлюватися на жорсткі недеформовані зв'язки корпусу. Розміри вм'ятин встановлюються за допомогою звичайних вимірювальних інструментів. Точність вимірів повинна складати при вимірі стрілок прогину ± 2 мм, а при визначенні протяжності вм'ятин $\pm 0,1$ м.

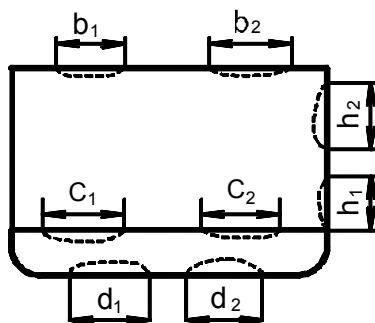


Рис. 6.2. Вм'ятини корпусу:

b_p, d_p, h_p, c_i – це відповідно протяжність окремих вм'ятин, розташованих в одному поперечному перерізі палуби, днища, борту і 2-го дна

Загальний залишковий прогин корпусу судна встановлюють наступними способами: оптичним, по рейках з використанням шлангового ватерпасу, за допомогою натягнутої струни і лінійки, із застосуванням вимірних крюків, шляхом виміру осадки по марках поглиблення. Способи перераховані в порядку зниження точності виконання вимірів. Залежно від того, чи знаходиться судно на плаву або на суднопідіймальній споруді, застосовують різні способи. Найточніше прогин(перегин) корпусу встановлюють за допомогою геодезичних інструментів. Виміри прогинів повинні здійснюватися в 3–4 перерізах у середній частині корпусу і по одному перерізу на кінцівках судна. Перерізи повинні розташовуватися в площині поперечних перегородок або поперечних рамних зв'язків корпусу. У кожному перерізі виміри здійснюються з лівого і правого борту. За результатами вимірів будують пружню лінію і встановлюють величину максимальної стрілки загального прогину корпусу судна. Залишковий загальний прогин корпусу визначають з виразу:

$$f_{\text{заг. прог. max}} = f_{\text{вим. max}} - f_{\text{розр. прог. max}}$$

$f_{\text{вим. max}}$ – максимальна вимірювана стрілка прогину корпусу, мм;
 $f_{\text{розн. прог. max}}$ – розрахункове значення максимальної стрілки пружного прогину корпусу, мм.

Приблизне значення $f_{\text{розн. прог. max}}$ встановлюється за формулою академіка Ю.О. Шиманського

$$f_{\text{прог. max}} = M_{\text{зг. max}} L_2 / (11,4EJ),$$

де $M_{\text{зг. max}}$ – максимальний розрахунковий згинальний момент, Н · м; L – довжина судна, м; E – модуль пружності матеріалу корпусу, Па; J – момент інерції поперечного перерізу корпусу, м⁴.

Виявлення тріщин корпусу здійснюється наступними методами: візуальним, крейдо-гасовим, радіографічним, магнітно-порошковим і ультразвуковим.

Візуальний метод виявлення тріщин полягає в огляді простим оком або через лупу поверхні обшивки, набору і зварних швів.

Крейдо-гасовий метод полягає в нанесенні гасу на очищену поверхню обстежуваної ділянки з подальшим протиранням до сухого стану і покриттям крейдяним розчином. Наявність тріщин виявляється по жировому сліду на крейдяній поверхні, яка при цьому фарбується в жовтий колір.

Магнітно-порошковий метод контролю ґрунтується на силовій дії магнітного поля. Апаратура, яка використовується при цьому методі, призначена для намагнічування контрольованих деталей, в результаті чого над дефектами створюються неоднорідні поля розсіювання, що виявляється за допомогою магнітного порошку.

Технологія магнітно-порошкового методу контролю складається з 4-х послідовних операцій: намагнічування деталі спрямованим магнітним полем; нанесення на поверхню контрольованої деталі магнітного порошку, який концентрується

по контуру дефектів; огляду поверхні деталі з метою визначення місць концентрації порошку, що вказує на наявність дефектів; розмагнічування деталі.

Радіографічні методи контролю ґрунтуються на властивостях іонізуючого випромінювання для виявлення підповерхневих і внутрішніх об'ємних дефектів в деталях, виготовлених з будь-яких матеріалів. Принципова схема таких дій таких методів зображена на рис. 6.3.

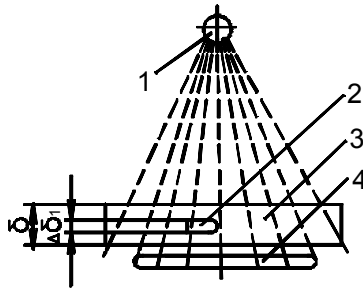


Рис. 6.3. Принципова схема радіографічних методів контролю

Від джерела 1 іонізуюче випромінювання спрямовується на контролюєму поверхню деталі 3, проходить через неї і фіксується регістратором 4. Інтенсивність іонізуючого випромінювання на виході з деталі за інших рівних умов залежить від наявності дефекту 2. Дефекти і їх параметри визначають шляхом реєстрації відносної зміни випромінювання. Застосовують дві групи джерел випромінювання: радіоактивні й електронні. Залежно від цього методи контролю поділяють на рентгенівські й гамаізотопні.

При оформленні результатів дефектації усі виявлені дефекти корпусу наносяться на креслення розтяжки зовнішньої обшивки і настилів. Прийняті умовні позначення різних видів дефектів представлені на рис. 6.4–6.13. Крім нанесення дефектів на креслення розтяжок, оформляють акт дефектації

корпусу, в якому фіксують результати вимірів зносу і ушкоджень. Мають бути визначені і представлені в акті дефектації параметри дефектів, які безпосередньо служать для встановлення потреби в ремонті корпусу судна.

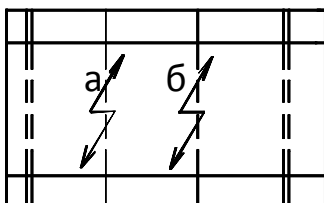


Рис. 6.4. Втрата стійкості набору:
a – без відриву стінки "підсадка стінки"; *б* – з відривом стінки

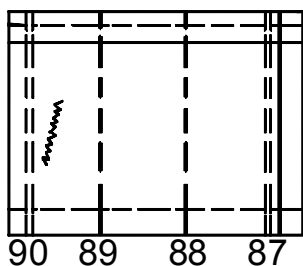


Рис. 6.5. Тріщина листа обшивки, настилу, перебирання

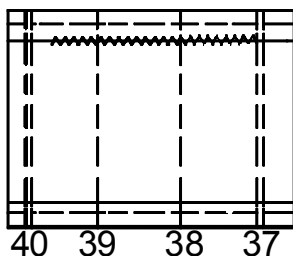


Рис. 6.6. Підварнений водостічний або сильно зношений стиковий зварний шов

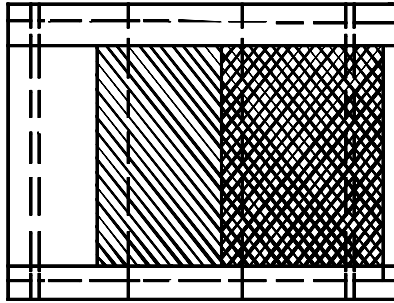




Рис. 6.7. Ділянки листів:

 – підлягають заміні для отримання певної оцінки технічного стану корпусу;
  – фактично замінені ділянки

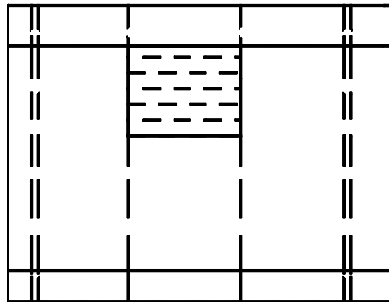


Рис. 6.8. Цементна заливка

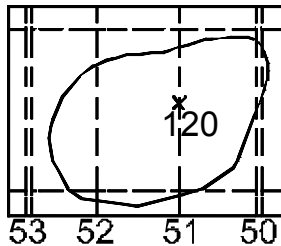


Рис. 6.9. Вм'ятина (район і максимальна стрілка прогину деформованого набору в мм)

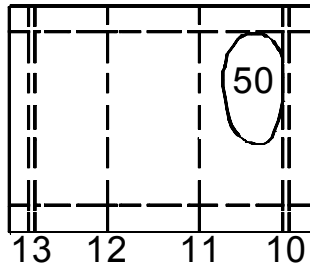


Рис. 6.10. Бухтина (район і максимальна стрілка прогину обшивки набору в мм)

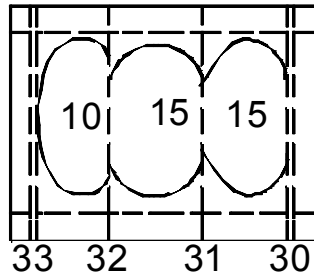


Рис. 6.11. Гофрування (район і стрілки загину в мм)

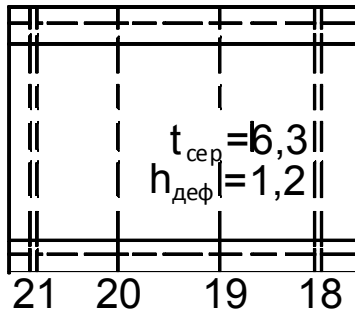


Рис. 6.12. Середня залишкова товщина листа обшивки, t , мм; глибина найбільш розвинених деформацій листа обшивки, h , мм

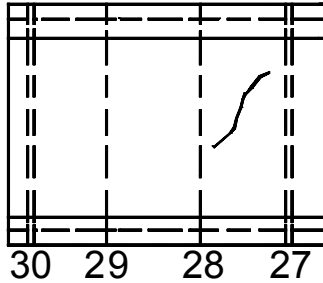


Рис. 6.13. Пробоїна листа обшивки, настилу, переборки за результатами вимірів зносу встановлюють: середній знос елементів в'язей корпусу, %; середній знос групи в'язей корпусу, %; залишкову товщину в найбільш глибоких виразках, мм

Середній знос $W_{a.cер}$, %, елементів в'язей корпусу розраховують за виразом [1]:

$$W_{a.cер} = 100(S - S_{cер}) / S,$$

де S – проектна або нормована правилами Регістра товщина елемента в'язі, мм; $S_{cер}$ – середня залишкова товщина елемента в'язі, яка визначається одним із відомих методів, мм.

Середній знос групи в'язей корпусу $W_{кор.cер}$, %, встановлюється за формулою [1]:

$$W_{кор.cер} = \sum_1^n W_{a.cер} \cdot b_e / \sum_1^n b_e,$$

де b_e – ширина елемента в'язі, мм; n – число елементів у групі в'язей.

У табл. 6.1 як приклад показана форма представлення параметрів зносу корпусу [1].

Таблиця 6.1. Представлення параметрів зносу корпусу

| № шпангоута | Найменування групи в'язей | Елементи групи вязей по поясам | Середня залишкова товщина на елементі в'язі $S_{сер}$ | Проектна товщина S , мм | Знос елемента вязі W_e , %, мм | Знос групи вязей $W_{гр}$, % | Норми зносу для оцінки корпусу добрі $W_{кор}$, % | Висновок про необхідність ремонту |
|-------------|---------------------------|--------------------------------|---|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| 64 | Обшивка днища | I | 7,6 | 8 | 5 | 6 | 10 | Ремонт не потребується |
| | | III | 6,5 | 7 | 7 | | | |
| | | V | 6,6 | 7 | 6 | | | |
| | | VII | 7,5 | 8 | 6 | | | |
| | | IX | 6,7 | 7 | 4 | | | |

Залишкова товщина в найбільш глибоких вибоїнах $S_{зал.виб}$, мм, визначається як різниця між значеннями $S_{сер}$ і заглибленням найбільш глибоких вибоїн $h_{виб.мах}$:

$$S_{зал.виб} = S_{сер} - h_{виб.мах}$$

Для аналізу результатів виміру вм'ятин, окрім представлення заміряних значень стрілок прогину f , необхідно встановити ще два нормовані чинники:

– сумарний розмір вм'ятин по ширині судна окремо для палуби, днища і 2-го дна або по висоті судна окремо для кожного борта:

$$\sum b_i = b_1 + \dots + b_n;$$

$$\sum d_i = d_1 + \dots + d_n;$$

$$\sum h_i = h_1 + \dots + h_n;$$

$$\sum c_i = c_1 + \dots + c_n;$$

– відношення стрілки прогину вм'ятин до їх найменшого розміру в плані f/l .

Порівнянням отриманих значень W з тими, що допускаються [W], встановлюють потребу в ремонті цього елемента або групи в'язей корпусу. Аналогічно визначають необхідність усунення всіх інших дефектів корпусу.

Результати дефектації представляють на розгляд інспектору Регістра, який має право зробити контрольну перевірку зносу і пошкоджень.

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРОВЕДЕННЯ ДЕФЕКТАЦІЇ КОРПУСІВ СУДЕН

Перед проведенням дефектації корпусу судна судноремонтне підприємство-виконавець робіт із залученням команди судна виконує наступні підготовчі роботи:

- підйом судна за допомогою суднопіднімальної споруди з встановленням його на кільблоки або клітини;
- видалення цементних заливок та інших тимчасових закладень;
- зачищення поверхонь металу в місцях вимірювання зносу;
- нумерацію шпангоутів на зовнішній обшивці корпусу.

Для проведення дефектації створюють комісію у складі представників судноремонтного підприємства, власника й адміністрації судна.

7.1. Методи визначення залишкової товщини листів обшивки, настилів і набору корпусу

Дефектація розпочинається з візуального огляду судна, в результаті якого виявляються і вимірюються ушкодження й встановлюються місця виміру зносу корпусу. Визначення зносу елементів зв'язків виконується в 2–3 характерних перерізах в середній частині судна (0,5L) і в одному з перерізів у кінцівках. Поперечні перерізи, які вибрані для визначення зносу елементів в'язей, мають бути найбільш характерними з точки зору мінімальної міцності корпусу, тобто найбільш ослаблені вирізами, з меншою площею поперечного перерізу в'язів, з великими зносами у порівнянні з сусідніми ділянками.

Знос кожної групи в'язів у цьому поперечному перерізі повинен встановлюватися в усіх елементах цієї групи, але

може бути визначений не більше ніж для 5-ти елементів палуби, днища, другого дна і не більше ніж для 3-х елементів зовнішніх і внутрішніх бортів і перегородок. У суден, що постійно експлуатуються на мілководді, швартуються біля необладнаних причалів, на яких здійснюються вантажні роботи за допомогою механізованих засобів, ділянки для вимірів повинні обиратися в місцях безпосереднього примикання обшивки і настилів до набору.

Залежно від необхідної точності і надійності результатів об'єм вимірів може бути різним і встановлюється розрахунковим шляхом.

Необхідна кількість вимірів кожної групи в'язей в цьому поперечному перерізі визначається за виразом [1]:

$$n = (\delta\alpha / \Delta)^2.$$

Аналіз статистичних даних про знос свідчить, що величина середнього квадратичного відхилення знаходиться в межах $\delta = 0,2 \dots 0,5$ мм. Наявність цих відомостей дозволяє встановити необхідну кількість вимірів при заданому граничному відхиленні вибіркової середньої величини замірів Δ і довірчому рівні α . Результати визначення n для вказаного вище діапазону зміни δ представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1. Результати визначення необхідної кількості вимірів кожної групи в'язей

| Прийняті значення вибіркової середньої величини замірів Δ , Мм | Значення n при довірчому рівні α | | |
|---|---|-------|--------|
| | 0,90 | 0,95 | 0,99 |
| 0,15 | 3–18 | 5–30 | 10–60 |
| 0,10 | 8–40 | 11–68 | 23–135 |

В Інструкції по дефектації корпусів суден внутрішнього плавання рекомендований об'єм вимірів для $\Delta = 0,10$ і $\alpha = 0,95$. Таким чином, визначені відповідно до Інструкції значення середньої залишкової товщини S_{cep} знаходяться з імовірністю 0,95 у межах $S_{cep} = 0,1$ мм.

Визначення залишкової товщини листів обшивки, настилів і набору корпусу може робитися одним з 3-х методів: *ваговим, мікрометричним або ультразвуковим*.

При використанні вагового методу з елементів в'язей вирізують невеликі зразки, які потім обрізують у вигляді квадратних планок розміром 200×200 мм. Планки після ретельного очищення до чистого металу обмірюють і зважують. Середня залишкова товщина елемента в'язі в місці вирізування контрольної планки визначається за формулами [1]:

для сталевих в'язей

$$S_{cep} = \frac{m}{0,785 A};$$

для в'язей з легких сплавів

$$S_{cep} = \frac{m}{0,207 A},$$

де m – маса планки, яка визначена з абсолютною погрішністю ± 3 г; A – площа планки, см^2 , яка визначена з абсолютною погрішністю ± 2 см^2 .

Для з'ясування мікрометричного методу розглянемо елемент обшивки або набору корпусу, уражений корозією (рис. 7.1).

На рисунку пунктиром позначені розміри зразка зносу. У загальному випадку знос спостерігається як з внутрішнього, так і з зовнішнього боку.

Середня товщина зношеного елемента визначається по формулі [1]:

$$S_{cep} = V_3 / A,$$

де V_3 – об'єм елемента в'язі, що розглядається, м^3 ; A – площа елемента в'язі, що розглядається, м^2 .

Об'єм зношеного елемента в'язі дорівнює первинному об'єму елемента V за вирахуванням зношеної частини, тобто:

$$V_3 = V - \Delta V_{\text{суц}} - \Delta V_{\text{виб}}^{\text{н}} - \Delta V_{\text{виб}}^{\text{в}},$$

де $\Delta V_{\text{суц}}$ втрата об'єму елемента внаслідок суцільного зносу, м^3 ;

$\Delta V_{\text{виб}}^{\text{н}}$ і $\Delta V_{\text{виб}}^{\text{в}}$ – відповідно втрата об'єму через вибійний знос з нижньої та верхньої сторін, м^3 .

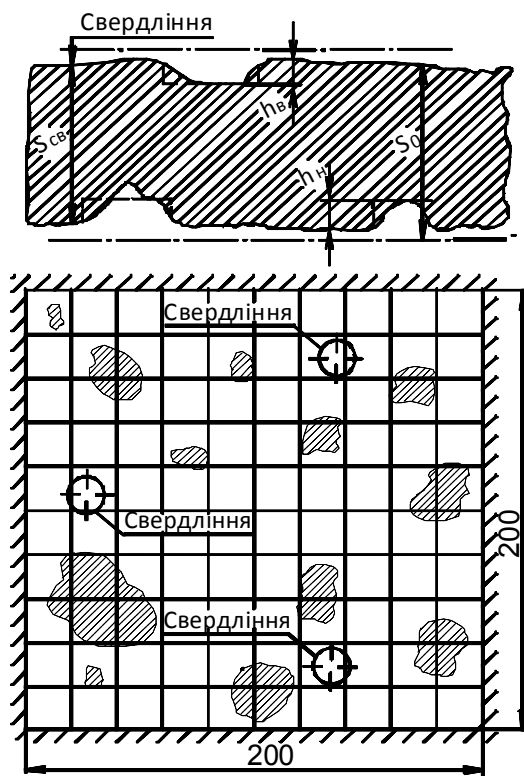


Рис. 7.1. Вимірювання товщин корпусу мікрметричним способом

Величини, що входять у вираз для V_3 , можуть бути подані як:

$$V_0 = V - \Delta V_{\text{сум}} = A s_{\text{сеп}};$$

$$\Delta V_{\text{внб}}^{\text{н}} = \sum_1^{n_n} K_i A_i^{\text{н}} h_i^{\text{н}};$$

$$\Delta V_{\text{внб}}^{\text{в}} = \sum_1^{n_v} K_j A_j^{\text{в}} h_j^{\text{в}},$$

де V_0 – об'єм зношеного зразка при відсутності вибійного зносу, м³; $A_i^{\text{н}}$ та $A_j^{\text{в}}$ – відповідно площа поразки поверхні однією вибоїною на нижній та верхній поверхнях; n_n і n_v – кількість вибоїн на нижній та верхній поверхнях; K_i і K_j – коефіцієнти, що характеризують форму вибоїн.

Вимірювання великої кількості вибоїн показали, що коефіцієнти, які характеризують форму вибоїн, у середньому дорівнюють 0,5. Тоді після відповідних перетворень вираження для визначення середньої залишкової товщини в'язі набуває вигляду [1]:

$$s_{\text{сеп}} = s_{\text{св}} - \frac{1}{2} (h_v \eta_v + h_n \eta_n),$$

де $s_{\text{св}}$ – середня залишкова товщина в місцях свердлень; h_v і h_n – відповідно середня глибина вибоїн на верхній та нижній поверхнях планки; η_v і η_n – відповідно частки поразки верхньої та нижньої поверхні планки вибійним зносом.

Для встановлення середньої товщини мікрометричним методом на поверхні елементу в'язі виділяється ділянка розмірами 200×200 мм. На вибраній ділянці поза вибоїнами робиться свердління не менше 3-х отворів діаметром 6...8 мм. Отвори позначають фарбою, що полегшує контроль їх усу-

нення зварюванням перед спуском судна. У кожному отворі індикатором-товщиноміром (рис. 7.2) здійснюється по 4 виміри залишкової товщини. При цьому прилад після кожного виміру повертають на 90° . Значення S_{CB} визначається як середнє арифметичне результатів вимірів.

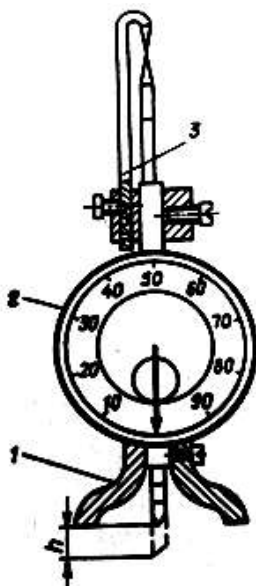


Рис. 7.2. Індикатор-товщиномір:
1 – опорні лапи; 2 – індикатор; 3 – вимірювальний упор

Середню глибину вибоїн визначають як середнє арифметичне вимірів індикатором-товщиноміром глибини 6–10 вибоїн. Для виміру вибирають найбільш розвинені, середні і найменш розвинені вибоїни.

Площа поширення вибоїн $A_{\text{виб}}$ з кожного боку визначається візуально за допомогою дротяних шаблонів, сітчастих трафаретів, які нанесені на кальку, або інших подібних пристосувань.

Точність виміру величин, що входять у формулу для визначення $S_{\text{сер}}$, повинна складати:

- залишкової товщини в місцях свердлінь $\pm 0,1$ мм;
- глибини $\pm 0,2$ мм;
- долі поразки поверхні вибійним зносом ± 5 мм.

При ультразвуковому методі визначення середньої залишковою товщини на кожній ділянці виміру розміром 200×200 мм повинно бути виконано не менше 10 вимірів. Середня залишкова товщина на ділянці виміру визначається як середнє арифметичне:

$$S_{\text{сер}} = \sum_i^n s_j / n,$$

де S_j – значення залишкової товщини елемента в місці виконання j -го виміру, мм; n – число вимірів.

За наявності на поверхні виміру вибоїн глибиною більше 1,5 мм здійснюють облік вибійного зносу аналогічно тому, як це виконують при мікрометричному методі.

7.2. Прилади для проведення вимірювань залишкових товщин

Для проведення вимірювань залишкової товщини необхідно застосовувати товщиноміри, які забезпечують достовірні і надійні результати вимірювань. За принципом роботи, сферою застосування та способом вимірювання товщиноміри поділяють на:

- механічні;
- електромагнітні;
- ультразвукові;
- магнітні;
- вихоротокові;
- електромагнітновихоротокові.

7.2.1. Механічні товщиноміри. Товщиномір мокрого шару (рис. 7.3) призначений для оперативного контролю неотверділих лакофарбних покриттів, щоб потім зробити висновки про товщину сухої плівки. Контроль товщини лакофарбного покриття, що наноситься, дозволяє уникнути виникнення проблем, пов'язаних зі здібністю укриття, швидкістю сушіння, зовнішнім виглядом покриття, перевитратою фарби і т. д. Товщиноміри мокрого шару виготовляються з пластмаси, алюмінію або нержавіючої сталі згідно з вимогами стандартів ISO 2808-2007, ASTM D 4414 (гребінка), ГОСТ Р 51694-2000, ASTM D 1212 (колісний товщиномір).

При контролі товщини мокрого шару за допомогою гребінки останню вдавлюють в покриття перпендикулярно поверхні і притискають до основи. Через декілька секунд її витягають для огляду. Товщина мокрого шару знаходиться в діапазоні між максимальним значенням "мокрого" зубця і мінімальним значенням "сухого" зубця гребінки.



Рис. 7.3. Механічний товщиномір [8]

7.2.2. Електромагнітні товщиноміри. У приладах цього типу (рис. 7.4) для вимірювань використовуються як магнітна індукція, так і ефект Хола, що дозволяє проводити виміри щільності магнітного поля. Для створення магнітного поля частіше всього використовується м'який феромагнітний

стержень з котушкою. Крім того, для виявлення будь-яких змін у магнітному потоці використовується другий стержень з котушкою. Товщина покриття визначається виміром щільності магнітного потоку. Припустимий відсоток погрішності вимірів для приладів даного типу дорівнює $\pm 3\%$.



Рис. 7.4. Електромагнітний товщиномір [9]

7.2.3. Вихоротокові товщиноміри. Для проведення вимірювань непровідних покриттів без їх руйнування використовуються товщиноміри з вихоротоковим принципом дії (рис. 7.5). На поверхні зонду приладу за допомогою струму (з частотою від десятків кГц до одиниць МГц), що проходить через котушку з намотаним тонким дротом, генерується змінне магнітне поле. При наближенні зонду до струмопровідної поверхні змінне магнітне поле генерує на ній вихорові струми (струми Фуко). Вихорові струми створюють власні (протилежні до первинного) електромагнітні поля, які можуть бути виміряні основною або вторинною обмоткою. Вихоротоковий метод використовується переважно для поверхонь, які добре проводять струм, зокрема зроблених з кольорових металів (наприклад, з алюмінію).

Величина напруги на вимірювальній обмотці (вимірювана величина) залежить від відстані від неї до електропровідної поверхні, яка і є товщиною непровідного покриття.



Рис. 7.5. Вихоротоковий товщиномір [10]

7.2.4. Ультразвукові товщиноміри. Для ультразвукових товщиномірів (рис. 7.6) характерна наявність ультразвукового датчика в зонді, який посилає імпульс через покриття, що аналізується (найчастіше неметалічне). Імпульс відбивається від поверхні і перетворюється датчиком у високочастотний електричний сигнал. Відлуння сигналу оцифровується і аналізується для визначення товщини покриття. Допустимий відсоток погрішності вимірів для приладів цього типу дорівнює $\pm 3\%$.

7.2.5. Переваги використання ультразвукових товщиномірів. Ультразвукові товщиноміри найчастіше використовуються, коли є доступ тільки до однієї сторони поверхні виробу, товщина якої має бути визначена (трубопроводи, резервуари, контейнери, великі металеві або пластмасові листи і т. д.). Ультразвуковий товщиномір може бути використаний для вимірювань товщини металів, пластмас, композитів, скловолокна, кераміки і скла.

Ультразвуковий контроль є одним з методів неруйнуючого контролю (без необхідності вирізування або секціонування). Діапазон вимірювань залежить від матеріалу й вибраного перетворювача і може бути в межах від 0,08 до 635 мм. Зазвичай такі матеріали, як дерево, бетон, папір і пінопласт не підходять для вимірювань із звичайними ультразвуковими датчиками.

Всі ультразвукові товщиноміри працюють на основі дуже точного виміру часу, необхідного звуковому імпульсу, згенерованого перетворювачем, для проходження через тестовий зразок. Оскільки звукові хвилі відбиваються від поверхні матеріалу, вимір луни від дальньої сторони зразка може бути використаний з метою виміру його товщини так само, як радар або сонар для виміру відстані. Розширення може бути в межах 0,001.

Більшість сучасних портативних товщиномірів мають як внутрішню пам'ять для зберігання даних, так і USB або RS232 порти для передачі даних про виміри на комп'ютер для обліку і подальшого аналізу.



Рис. 7.6. Ультразвукові товщиноміри

7.2.6. Магнітні товщиноміри. Принцип роботи магнітних товщиномірів (рис. 7.7) ґрунтується на використанні властиво-

стей постійних магнітів. Процес вимірювання здійснюється на основі оцінки сили взаємодії магніту товщиноміра й основи вимірюваного покриття. Зміна товщини покриття змінює силу взаємодії магніту й основи вимірюваного покриття й оцінюється за спеціально відкаліброваною шкалою.

Порівняння методів вимірювання товщини виконане в таблиці 7.2. Як видно з наведеного порівняння, найкращим методом виміру залишкових товщин є ультразвуковий. Цей метод дозволяє з необхідною точністю й досить просто визначати товщину листів і зв'язків зношеного корпусу.



Рис. 7.7. Магнітний товщиномір

Таблиця 7.2. Порівняння методів виміру товщини

| Метод вимірювання товщини | Переваги | Недоліки |
|---------------------------|--|--|
| Ваговий | Загальнодоступний, дозволяє досить точно визначати середній знос в'язей, не потребує використання спеціальних приладів | Руйнуючий, потребує вирізування планок й подальшого усунення отворів зварюванням, трудомісткий, потребує очищення зразків, можливі помилки |

Продовж. табл. 7.2

| Метод вимірювання товщини | Переваги | Недоліки |
|---------------------------|--|---|
| | | при вимірюванні площі, необхідно підіймати судно на суднопідйомну споруду при проведенні вимірів в підводній частині корпусу |
| Мікрометричний | Загальнодоступний, призводить до менших руйнувань металу у порівнянні з ваговим методом, не потребує використання спеціальних приладів | Руйнуючий, потребує засвердлювання отворів й подальшого усунення їх зварюванням, трудомісткий, можливі суттєві помилки при вимірюванні, необхідно підіймати судно на суднопідйомну споруду при проведенні вимірів в підводній частині корпусу |
| Ультразвуковий | Неруйнуючий, дозволяє з необхідною точністю й малою трудомісткістю визначати товщини в'язей, надає можливість виконувати виміри при знаходженні судна на плаву | Потребує відповідних ультразвукових товщиномірів й кваліфікованих операторів, необхідне зачищення міст вимірів |

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Лопырев, Н. К.** Технология судоремонта [Текст] : учебник для вузов водн. трансп. / Н. К. Лопырев, П. П. Немков, Ю. В. Сумеркин // Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. К. Лопырева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1981. – 286 с.
2. **Кулик, Ю. Г.** Механизация технологических процессов в судоремонтном производстве [Текст] / Ю. Г. Кулик. – М. : Транспорт, 1987. – 223 с.
3. **Сторожев, В. П.** Технологія судноремонту [Текст] : підручник / В. П. Сторожев. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 552 с.
4. **Андреев, Н. Т.** Ремонт судов [Текст] / Н. Т. Андреев, О. А. Борчевский, В. Г. Луговых. – Л. : Судостроение, 1972. – 568 с.
5. **Телянер, Б. Е.** Технология ремонта корпуса судна [Текст] / Б. Е. Телянер; Г. П. Турмов; Г. Н. Финкель. – Л. : Судостроение, 1984. – 288 с.
6. **Балякин, О. К.** Технология судоремонта [Текст] : учебник для высших учебных заведений / О. К. Балякин. – М. : Транспорт, 1983. – 264 с.
7. <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/rk/defektatsiya-korpusnyh-konstruktsiy.shtml>
8. <http://ndtpribor.ru>
9. <http://www.sovpribor.ru/>
10. <http://www.ask-roentgen.ru/>

Навчальне видання

ЩЕДРОЛОСЄВ Олександр Вікторович
ЯГЛИЦЬКИЙ Юрій Костянтинович
ТЕРЛИЧ Станіслав Володимирович
КИРИЧЕНКО Костянтин Володимирович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
"СУЧАСНІ МЕТОДИ ДЕФЕКТАЦІЇ
ТА РЕМОНТ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ
І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СУДЕН"**

Комп'ютерне складання та верстання *А. Д. Сорочинська*
Коректор *М. О. Паненко*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,6. Тираж 100 прим. Вид. № 6. Зам. № 211.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.

