

**KAPITEL 3 / CHAPTER 3<sup>3</sup>****OVERVIEW OF THE MAIN STRUCTURAL PROBLEMS INTEGRITY OF THE SHIP'S HULL****DOI: 10.30890/2709-2313.2023-18-01-016****Вступ**

Структурна цілісність корпусу судна є важливим аспектом у забезпеченні безпеки мореплавства. Корпус судна є його основним елементом і має життєво важливе значення для збереження судна і його екіпажу. Під час експлуатації суден на корпус впливають різні чинники, як-от механічні навантаження, корозія, втома матеріалу та інші впливи, які можуть призвести до порушення його структурної цілісності. Одним із способів забезпечення структурної цілісності корпусу судна є його регулярне обслуговування, що включає в себе огляд, технічне обслуговування і ремонт. Нині існує безліч інноваційних технологій і методів, які дають змогу більш ефективно обслуговувати корпус судна і поліпшити його структурну цілісність.

У цьому контексті використання нових технологій, як-от безпілотні підводні апарати, роботи-очишувачі, дрони та інші автоматизовані системи, може значно поліпшити точність і швидкість виконання завдань з обслуговування корпусу судна. Також нові матеріали і технології, як-от нано- і мікрооболонки, антикорозійні покриття та інші інноваційні матеріали, можуть допомогти створити більш ефективні захисні шари на поверхні корпусу судна і тим самим знизити ризики пошкодження і порушення його структурної цілісності. Всі ці інноваційні технології та методи відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки мореплавства і підвищенні ефективності експлуатації суден.

---

<sup>3</sup>*Authors: Shakhov Valentyn Ivanovych*



### 3.1. Дослідження загальних проблем цілісності корпусу судна

Проблеми цілісності корпусу судна можуть виникати через різні причини, такі як механічні пошкодження, корозія, втома матеріалу та інші. Ці проблеми можуть призвести до потенційно небезпечних ситуацій, як-от втрата герметичності, витік вантажу, загоряння, аварія тощо. Основні структурні проблеми цілісності корпусу судна можна розділити на кілька груп:

**Механічні пошкодження.** Це може бути пошкодження корпусу судна внаслідок зіткнення з іншим судном, причалом або іншими об'єктами на воді. Також механічні пошкодження можуть бути спричинені ударом хвиль, крижаними купами або іншими природними факторами.

**Корозія.** Корозія є однією з основних причин деградації корпусу судна. Корозія може виникати внаслідок контакту металевої поверхні корпусу з водою, сольовим розчином, кислотою або іншими агресивними речовинами.

**Втома матеріалу.** Втома матеріалу може виникати внаслідок тривалої експлуатації судна, коли корпус піддається постійним динамічним навантаженням. Це може призвести до руйнування зварних з'єднань, тріщин та інших пошкоджень.

**Ослаблення конструкції.** Ослаблення конструкції може відбуватися через дефекти виробництва, неправильний монтаж, невідповідність проектній документації або неправильне обслуговування. Це може призвести до погіршення характеристик міцності корпусу та загрожувати його цілісності.

Тому для запобігання проблемам цілісності корпусу судна необхідно проводити регулярні інспекції, здійснювати ремонт і заміну деталей, контролювати рівень корозії і дотримуватися правил експлуатації та обслуговування судна.

Механічні пошкодження корпусу судна можуть бути спричинені зіткненням з іншим судном, пірсом або іншими об'єктами на воді. Також вони можуть бути спричинені хвилями, крижинами та іншими зовнішніми факторами. Страхування каско, яке є різновидом комплексного страхування та страхування від зіткнень, може забезпечити покриття фізичного пошкодження корпусу, механізмів та обладнання комерційних суден.



Існує кілька поширених причин механічних пошкоджень корпусів суден. До них відносяться посадка на міліну, зіткнення, інші фактори впливу на судно, прогинання панелей через напруження стискання в площині, вм'ятини через бічні навантаження на суднові конструкції, корозія, пошкодження бічної обшивки від контакту з доками або буксирами, вплив обладнання для переміщення вантажу під час вивантаження, втома і розтріскування конструкційних матеріалів через змінні навантаження, а також несподівані аварії, такі як зіткнення або посадка на міліну, що спричиняють значну деформацію конструкції корпусу.

Методи виявлення пошкоджень корпусу. Один із них - огляд судна на наявність проблемних місць у корпусі, перевірка окремих сегментів та частин корпусу на рахунок дефектів, що може свідчити про пошкодження під поверхнею. Інший спосіб - перевірити зовнішню частину корпусу на наявність вм'ятин або видимих ознак пошкоджень. Процедури візуального огляду також можуть бути застосовані для обстеження зовнішнього корпусу судна, зосереджуючись на формах, лініях і вигинах судна для виявлення підозрілих тріщин і концентрації корозії. Для виявлення тріщин у ребрах жорсткості корпусу також було запропоновано метод, заснований на глибокому навчанні з використанням загорткової нейронної мережі (CNN), яка навчається на даних про прискорення, розрахованих за допомогою скриптового інтерфейсу Abaqus. Крім того, для огляду конструкції на наявність пошкоджень і дефектів, виявлення конкретних типів дефектів і пошкоджень, розуміння їх причин і вимірювання товщини можуть бути використані спеціальні випробувані методи.

Методи ремонту пошкоджень корпусу судна залежать від ступеня серйозності пошкодження. Для невеликих пробоїн найпростіший метод – завести пластир, через яку вода може потрапити всередину судна. Для більших пошкоджень може знадобитися комплексний ремонт.

Методи неруйнівного контролю (Non-Destructive Testing, NDT) - це спеціальні технології, які дозволяють перевірити стан матеріалів та конструкцій без їх руйнування або зниження експлуатаційних властивостей. NDT-методи використовуються в різних галузях промисловості, зокрема в авіації, нафтогазовій та енергетичній промисловості, будівництві, машинобудуванні та



інших сферах. З їх допомогою можна виявляти різні дефекти та несправності, такі як тріщини, корозію, деформації, внутрішні напруження, зміни розмірів та інші. До основних методів неруйнівного контролю відносять:

Ультразвуковий контроль (Ultrasonic Testing, UT) - вимірює час, який потрібен ультразвуковим хвилям для проходження через матеріал та відбивання від його меж. З його допомогою можна виявляти тріщини, зміни розмірів, корозію та інші дефекти.

Магнітно-порошковий контроль (Magnetic Particle Testing, MPT) - полягає в застосуванні магнітного поля для виявлення тріщин та інших дефектів у металевих матеріалах.

Радіографічний контроль (Radiographic Testing, RT) - застосовується для виявлення внутрішніх дефектів та неоднорідностей у матеріалах за допомогою рентгенівського випромінювання.

Візуальний контроль (Visual Testing, VT) - полягає в огляді поверхні матеріалу для виявлення зовнішніх дефектів, таких як тріщини, корозія, вм'ятини тощо.

Контроль методом електромагнітної акустичної емісії (Electromagnetic Acoustical Emission Testing, EAE) - це метод неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти внутрішні тріщини та дефекти в матеріалах за допомогою вимірювання електромагнітної акустичної емісії, яка виникає при їх руйнуванні або деформації. Принцип дії полягає в тому, що при зміні напружень в матеріалі виникають акустичні хвилі, які можуть бути виявлені за допомогою датчиків, які розміщуються на поверхні матеріалу. Під час контролю матеріалу з датчиків отримуються сигнали, які аналізуються спеціальними програмами для виявлення тріщин, вм'ятин та інших дефектів. Цей метод застосовується в різних галузях промисловості, зокрема в авіації, нафтогазовій та енергетичній промисловості, машинобудуванні та інших сферах. Він має декілька переваг порівняно з іншими методами неруйнівного контролю, зокрема може застосовуватися при високих температурах, відсутності прямого доступу до досліджуваного матеріалу, а також дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях їх розвитку. Однак, для успішного застосування методу EAE необхідна висока кваліфікація операторів та спеціалістів з аналізу сигналів.



Методи неруйнівного контролю (NDT) можуть бути використані для виявлення внутрішніх дефектів зварювального шва або дефектів у матеріальних частинах. Методи візуального огляду також можуть бути застосовані для обстеження зовнішнього корпусу судна, зосереджуючи увагу на формах, лініях і кривих судна для виявлення підозрілих тріщин і концентрації корозії.

Ремонтна бригада витрачає першу годину на дослідження пошкоджень, їх локалізацію та виконання ремонту. Методи неруйнівного контролю (NDT) можуть бути використані для виявлення внутрішніх дефектів зварювальних швів або дефектів у матеріальних частинах. Компетенції та послуги з ліквідації пошкоджень та ремонту суден включають обстеження при пошкодженні та ремонт корпусних конструкцій, рухових і машинних систем, компонентів і систем рульового управління, оцінку залишкової міцності корпусу після посадки на міліну або зіткнення, а також консультації щодо погодних обмежень під час рейсу до ремонтної верфі.

**Корозія корпусу судна.** Корозія - це процес руйнування матеріалу внаслідок його взаємодії з навколишнім середовищем. Корозія корпусу судна - одна з найсерйозніших проблем, які можуть виникнути на морі, оскільки вона може призвести до зменшення міцності судна, пошкодження обладнання і навіть втрати судна. Причини корозії корпусу судна можуть бути різними, але найпоширенішими є такі як взаємодія металу з морською водою та атмосферою. Морська вода містить різні солі та кислоти, які можуть призвести до корозії металевих елементів корпусу судна, неправильне конструювання та/або виготовлення корпусу судна. Недостатня кількість захисних покриттів, невідповідні матеріали і технології зварювання можуть сприяти розвитку корозії. Наявність електрохімічних елементів коли корозія може виникати в місцях з'єднання різних металевих елементів, якщо вони перебувають у контакті один з одним і з морською водою. Наслідки корозії корпусу судна можуть бути вкрай серйозними, якщо корозію не виявляють і не усувають своєчасно, це може призвести до руйнування елементів корпусу, пошкодження обладнання і навіть до втрати судна. Заходи запобігання корозії корпусу судна можуть включати в себе такі:

- Регулярний огляд корпусу судна. Це може бути виконано під час



регулярних технічних оглядів або інспекцій.

- Застосування захисних покриттів. Для захисту корпусу судна від корозії можуть використовуватися різні захисні покриття, наприклад, фарби, мастила або спеціальні антикорозійні склади.

- Використання правильних матеріалів і технологій зварювання під час конструювання та/або ремонту корпусу.

- Проблема корозії корпусу судна є однією з найсерйозніших і найдорожчих проблем у суднобудівній галузі. Корозія може призвести до ослаблення конструкції корпусу, появи тріщин і руйнування судна, що може призвести до втрати життів і майна.

Корозія відбувається внаслідок хімічної реакції між металевим матеріалом корпусу і навколишнім середовищем. Основними факторами, що впливають на корозію, є волога, солоність і температура навколишнього середовища. Крім того, на корозію впливають механічні напруження, контакт з іншими металевими матеріалами та наявність різних забруднень на поверхні корпусу. Для боротьби з корозією корпусу судна використовуються різні методи і технології. Одним з таких методів є захисне покриття, яке запобігає проникненню вологи і кисню на поверхню металу. Захисне покриття може бути нанесено на поверхню корпусу у вигляді фарби, епоксидних смол або інших матеріалів.

Іншим методом боротьби з корозією є катодний захист. Катодний захист заснований на використанні електрохімічної реакції, яка дає змогу зберігати метал корпусу в неактивному стані, що запобігає корозії. Для цього на корпус судна встановлюються аноди, які служать джерелом електричного струму. Цей струм спрямовується на корпус судна, що призводить до зміни потенціалу металу і запобігає корозії. Однак, незважаючи на використання різних методів боротьби з корозією, цей процес не може бути повністю виключений, і тому необхідні регулярні інспекції та обслуговування корпусу судна. Це дає змогу виявляти й усувати корозійні пошкодження на ранній стадії, що запобігає виникненню корозійних процесів.

**Втома матеріалу корпусу судна** є однією з важливих проблем, яку необхідно враховувати під час проектування та експлуатації судна. Ця проблема





пов'язана з тим, що під час тривалої експлуатації судна матеріали корпусу піддаються впливу різних чинників, які можуть призвести до їхньої втоми та пошкодження. Один із таких факторів - це втома матеріалів. Це відбувається через багаторазові навантаження на матеріали корпусу під час експлуатації судна. Також важливо враховувати, що корозія також може призвести до втоми матеріалів. Корозія - це процес руйнування матеріалу корпусу судна під впливом навколишнього середовища. Корозія відбувається, коли металеві поверхні судна вступають у контакт із водою, повітрям та іншими агресивними середовищами. Ще одним фактором, який може призвести до пошкодження матеріалів корпусу судна, є удари і зіткнення. Це може статися, наприклад, у разі аварії або зустрічного зіткнення з іншим судном.

Для запобігання втоми матеріалів корпусу судна необхідно проводити регулярні перевірки та технічні обслуговування судна. Це дасть змогу своєчасно виявляти й усувати можливі проблеми та пошкодження. Для захисту корпусу судна від корозії використовують різні методи, наприклад, покриття та антикорозійні препарати. Також можна використовувати спеціальні аноди, які захищають металеві поверхні від корозії шляхом створення електричного поля. Важливо зазначити, що для забезпечення безпеки судна необхідно також враховувати не тільки проблеми, пов'язані з матеріалами корпусу, а й інші аспекти, як надійність обладнання та системи управління, кваліфікація і досвідченість екіпажу тощо.

Аноди використовуються для захисту корпусу судна від корозії, спричиненої впливом морської води. Аноди виготовляються з таких матеріалів, як магній, алюміній, цинк, хром, залізо і нікель, розташованих у порядку зменшення їхньої реактивності. Матеріал анода важливий для забезпечення належного захисту і терміну служби. Аноди з цинкового або алюмінієвого сплаву використовуються в солоній воді, аноди з алюмінієвого сплаву використовуються в солонуватій воді або для суден, які мігрують між прісною і солоною водою, а аноди з магнієвого сплаву використовуються в прісній воді. Аноди захищають корпус судна від корозії, виступаючи в ролі металу-жертви, який піддається корозії першим, жертвуючи собою заради з'єднання з іншим металом і таким чином захищаючи його. Анод прикріплений до корпусу, має



більш анодний потенціал, ніж сталь, при зануренні в морську воду. Морська вода діє як електроліт і переносить електрони з анода, окислюючи його над сталеву пластину і створюючи захисний шар. Якщо метал більш активний, він легко окислюється і захищає металеву сполуку, змушуючи її діяти як катод. Матеріал анода важливий для забезпечення належного захисту і терміну служби. Аноди з цинкового або алюмінієвого сплаву використовуються в солоній воді, аноди з алюмінієвого сплаву використовуються в солонуватій воді або для суден які мігрують між прісною і солоною водою, а аноди з магнієвого сплаву використовуються в прісній воді. Кваліфікований фахівець з корозії може визначити правильну кількість анодів для конкретного судна, і після цього аноди потрібно замінювати щосезону, доки кількість підводного металу не зміниться.

Найпоширенішими анодними матеріалами для захисту корпусу судна від корозії є магній, алюміній, цинк, хром, залізо і нікель, розташовані в порядку зменшення реакційної здатності. Матеріал анода важливий для забезпечення належного захисту і терміну служби. Ці аноди забезпечують струм катодного захисту, але при цьому споживаються, а тому потребують заміни для підтримання захисту. Система катодного захисту імпресійним струмом використовує нерозчинний анод, яким може бути платина, платинований титан або будь-які інші інертні елементи для перетворення з анода в катод і захисту корпусу від корозії.

Магній є широко використовуваним анодним матеріалом для захисту корпусу судна від корозії в прісноводних середовищах. Переваги використання магнію як анодного матеріалу включають його високу пробивну напругу, що забезпечує відмінний захист від корозії, і його легку вагу, що полегшує обробку і установку. Однак магнієві аноди мають і деякі недоліки. Вони мають вищий рівень споживання, ніж інші анодні матеріали, а це означає, що їх потрібно частіше замінювати. Вони також мають меншу пропускну здатність по струму, що означає, що вони можуть не забезпечити належний захист для більших ємностей. Крім того, магнієві аноди можуть бути дорожчими за інші анодні матеріали, що може бути недоліком для деяких судновласників. Важливо вибрати відповідний анодний матеріал, виходячи з типу водного середовища, в якому буде експлуатуватися судно, щоб забезпечити належний захист і термін





служби.

### **3.2. Страхування корпусу судна**

Страхування корпусу судна є одним із важливих аспектів забезпечення безпеки мореплавства. Страхування корпусу судна дає змогу захистити судновласника від фінансових втрат, пов'язаних із пошкодженням або втратою корпусу судна. Основними видами страхування корпусу судна є страхування від каско-ризиків і страхування від морських ризиків. Страхування від каско-ризиків надає захист від фінансових втрат, пов'язаних із пошкодженням або втратою корпусу судна внаслідок зіткнення, пожежі, вибуху, атаки піратів та інших аналогічних подій. Страхування від морських ризиків надає захист від фінансових втрат, пов'язаних із пошкодженням або втратою корпусу судна внаслідок несприятливих погодних умов, затоплення, вантажних аварій та інших аналогічних подій.

Варто зазначити, що умови страхування корпусу судна можуть значно відрізнятися залежно від типу судна, його технічних характеристик, умов експлуатації та інших факторів. Тому під час вибору страхового покриття необхідно враховувати всі особливості конкретного судна. Загалом, страхування корпусу судна є важливим інструментом забезпечення безпеки мореплавства і захисту інтересів судновласників. При цьому необхідно обирати оптимальне страхове покриття, враховуючи всі особливості конкретного судна та умов його експлуатації.

Страхування каско - це вид страхування, який забезпечує захист від фізичного пошкодження або повного знищення водного або повітряного судна. Воно покриває витрати на ремонт або заміну корпусу, механізмів та обладнання судна у разі пошкодження або знищення, спричиненого такими небезпеками, як зіткнення/нещасний випадок, погодні умови, пожежа, затоплення/перекидання, піратство або скидання з судна. Страхування каско можна розділити на два різних типи полісів: каско для коричневої води та каско для синьої води.

Страхування каско можна розділити на два різних типи полісів: каско для



коричневої води та каско для синьої води. Страхування каско для коричневої води покриває човни, які подорожують внутрішніми водами, такими як річки та близько до берега. Страхування каско на блакитній воді, з іншого боку, покриває судна, які плавають у великих водоймах, таких як океани та моря. Покриття також поширюється на зобов'язання за участю третьої сторони в разі зіткнення в морі, включаючи тілесні ушкодження членів екіпажу. Таким чином, основна відмінність між каско для коричневої води та каско для синьої води полягає в типі води, якою подорожує судно.

Страхування каско забезпечує покриття фізичної шкоди самому судну, спричиненої такими небезпеками, як зіткнення/нещасний випадок, погодні умови, пожежа, затоплення/перекидання, барраторій, піратство або викидання. З іншого боку, страхування відповідальності покриває травми пасажирів і третіх осіб, а також пошкодження майна третіх осіб. Страхування відповідальності допомагає оплатити судовий захист, якщо на власника судна подали позов у зв'язку з подією, яка може бути покрита полісом страхування судна. Таким чином, каско покриває шкоду, заподіяну самому судну, тоді як страхування відповідальності покриває шкоду, заподіяну іншим особам або майну, заподіяну судном.

Щоб подати заяву на виплату страхового відшкодування за КАСКО, страхувальник повинен якомога швидше повідомити страхову компанію про подію та зареєструвати заяву. Страхувальник повинен зберігати реєстраційний номер. Процес відшкодування збитків за каско схожий на інші види страхування. Покриття може бути розділене на два різних типи полісів: коричневий водний каско та синій водний каско. Страхувальник повинен ознайомитися з документами свого полісу, щоб зрозуміти конкретне покриття та виключення зі страхового полісу каско.

Час, необхідний для обробки заяви про виплату страхового відшкодування по КАСКО, може варіюватися в залежності від страхової компанії та складності страхового випадку. Після інформування страхової компанії про подію та реєстрації заяви страхувальник повинен надати всю необхідну документацію та інформацію на підтримку заяви. Після цього страхова компанія розгляне заяву та оцінить збитки, щоб визначити суму відшкодування, що підлягає виплаті.



Страховальник повинен ознайомитися з документами свого полісу, щоб зрозуміти конкретний процес розгляду претензії та терміни дії свого полісу КАСКО. Таким чином, час, необхідний для врегулювання страхового випадку КАСКО, залежить від конкретних обставин страхового випадку та процесу врегулювання страхової компанії.

Найпоширенішими причинами відмови у виплаті страхового відшкодування можуть бути відсутність страхового покриття, виключення з полісу та несвоєчасне подання заяви. Страхові компанії також можуть шукати лазівки в полісах для відшкодування збитків, пов'язаних з сильним вітром, зливами, ураганами та крадіжками. Страховальник повинен уважно ознайомитися зі своїми полісами, щоб зрозуміти конкретне покриття та виключення з нього. Помилки або плутанина в документах, а також питання про медичну необхідність є поширеними причинами відмови у виплаті страхового відшкодування за медичним страхуванням, але вони не поширюються на страхування каско. Страхування корпусу судна має декілька переваг для судновласників та операторів суден:

1. Захист від ризиків адже страхування корпусу судна дозволяє власникам забезпечити захист від ризиків, пов'язаних з власністю та експлуатацією судна, таких як стихійні лиха, крадіжки, вандалізм, а також зіткнення та інші аварійні ситуації.

2. Фінансовий захист тому що страхування корпусу судна дозволяє власникам забезпечити фінансовий захист у разі виникнення нещасних випадків, пов'язаних з експлуатацією судна. Це може включати компенсацію за пошкодження судна, втрату вантажу, а також відшкодування шкоди, завданої третім особам.

3. Законні вимоги з приводу того що деякі держави можуть вимагати, щоб корпус судна був застрахований перед його реєстрацією та експлуатацією. Це може стати обов'язковою умовою для отримання ліцензій та інших дозволів на експлуатацію судна.

4. Легкість отримання фінансування може допомогти власникам отримати фінансування на його купівлю або ремонт. Банки та інші фінансові установи можуть вимагати наявності страхування як умови надання кредиту на придбання



судна.

Отже, страхування корпусу судна є важливим елементом експлуатації та власності на судно, яке дозволяє захистити власників від ризиків, забезпечити фінансовий захист та відповідати законним вимогам держави.

### **3.3. Фактори впливу на стан корпусу судна**

Стан корпусу судна може бути пошкоджений різними факторами, які можуть впливати на нього як окремо, так і в сукупності. Деякі з основних чинників, які можуть вплинути на стан корпусу судна, включають в себе:

- Морське середовище, включно з солоною водою, морським повітрям і припливами та відливами, може чинити несприятливий вплив на корпус судна. Це може призвести до корозії, викривлення та інших видів пошкоджень.

- Несприятливі погодні умови, як-от шторми і сильні вітри, можуть призвести до пошкоджень корпусу судна, таких як тріщини, розриви і деформації.

- Невдалі маневри, такі як зіткнення з іншими суднами, можуть призвести до пошкодження корпусу судна.

- Помилки під час експлуатації судна, як-от перевантаження або неправильне використання системи керування, можуть призвести до пошкодження корпусу.

- Час експлуатації судна може призвести до природного зносу корпусу, що може призвести до його пошкодження або втрати.

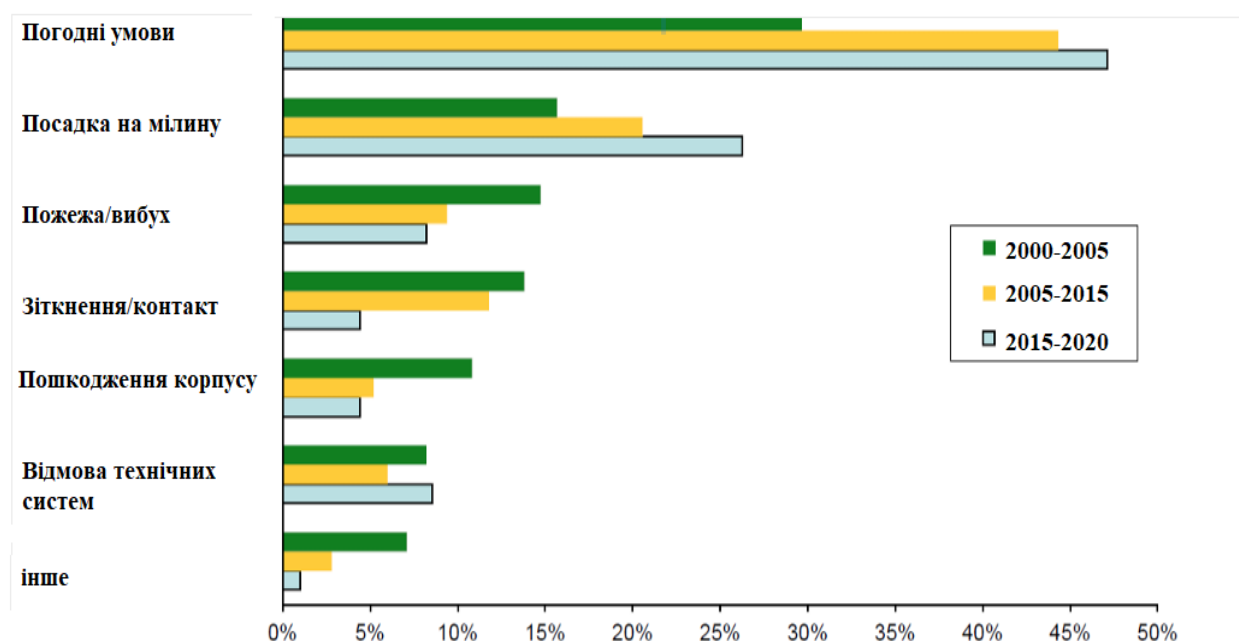
- Відсутність регулярного обслуговування і ремонту корпусу судна може призвести до накопичення пошкоджень і деформацій, які можуть негативно позначитися на його структурній цілісності.

- Деякі види тварин і рослинності, як-от раки і водорості, можуть призвести до пошкодження корпусу судна, особливо в разі тривалого перебування судна в одному місці.

Це тільки деякі з факторів, які можуть вплинути на стан корпусу судна. Щоб запобігти пошкодженням корпусу судна і забезпечити його безпеку, необхідно



вживати відповідних заходів щодо регулярного обслуговування та ремонту. Але існує ще декілька факторів, що впливають на стан корпусів суден, серед них - вік судна, що призводить до погіршення структури через пошкодження покриття, корозію, розтріскування та деформації (вм'ятини), а також механічні пошкодження внаслідок зносу. Однокорпусні суховантажі мають ряд унікальних характеристик, які впливають на стан корпусу, таких як велике чисте навантаження на подвійне дно, високі зсувні напруження на бортах корпусу, чутливі до протікання і схильні до повної втрати структури, висока швидкість завантаження, поперечна міцність, зелені моря та інші. Незважаючи на те, що загальна кількість суден, які зазнали повної загибелі через пошкодження корпусу, з роками зменшилася, вони все ще залишаються однією з п'яти найбільш важливих причин повної загибелі суден валовою місткістю понад 500 тон. Про це свідчать останні статистичні дані Міжнародного союзу морського страхування (IUMI) щодо загальних збитків суден протягом 2001-2021 років, наведені на рисунку 1.



**Рис. 1 Загальні втрати суден з причинами для всіх типів валовою місткістю понад 500 тон**

Таке зниження втрат судна можна пояснити багатьма факторами, однак, однією з основних причин є краще розуміння навантажень, що діють на



конструкцію корпусу, та нові вимоги до виконання чисельного розрахунку конструкції корпусу.

Основні фактори впливу на стан корпусу судна:

- вік;
- вплив середовища;
- навантаження.

Історія судноплавства нараховує багато морських аварій, пов'язаних з руйнуванням корпусних конструкцій. Чи то тріщина в районі міделя, чи то повний відрив шпангоута, чи то руйнування через поширення тріщин - суть питання зводиться до кількох причин, які викликають велике занепокоєння у проектувальників та експлуатаційників судна. Старіння судових конструкцій можна визначити як прогресуюче погіршення стану конструкцій в результаті нормального експлуатаційного використання та впливу навколишнього середовища. Наслідки старіння судна і вплив корозії на пошкодження конструкцій йдуть рука об руку. Здебільшого поширення тріщин відбувається через втому, що призводять до руйнування корпусу судна з точки зору поздовжньої міцності. Термін служби є одним із важливих чинників, що впливають на стан корпусу судна. Кожен матеріал має свій термін служби, який визначається не тільки якістю матеріалу, а й режимами експлуатації, умовами експлуатації та технічним обслуговуванням.

Додатково існує кілька факторів, які впливають на термін служби корпусу судна, це матеріали. Корпуси суден виготовляють із різних матеріалів, таких як сталь, алюміній, композити тощо. Кожен матеріал має свої особливості і термін служби, який може варіюватися залежно від умов експлуатації. Умови експлуатації, такі як вплив солоної води, корозія, удари тощо, можуть скоротити термін служби корпусу судна. Регулярне технічне обслуговування може продовжити термін служби корпусу судна і виявити приховані дефекти. Неправильний режим експлуатації, такий як перевантаження або неправильне керування судном, може скоротити термін служби корпусу. Загалом, термін служби корпусу судна може варіюватися від декількох років до десятиліть, залежно від матеріалів, умов експлуатації та технічного обслуговування. Відсутність регулярного обслуговування є одним із чинників, які можуть





негативно впливати на стан корпусу судна. Регулярне обслуговування охоплює перевірку корпусу на наявність дефектів, очищення від нальоту і забруднень, а також ремонт пошкоджень.

Якщо судно не проходить регулярне обслуговування, то на його корпусі можуть з'являтися дефекти і пошкодження, які можуть призвести до серйозних наслідків. Наприклад, корозія металевих поверхонь може призвести до втрати структурної міцності корпусу, що може призвести до аварій. Накопичення нальоту і забруднень на поверхні корпусу може також призвести до зменшення швидкості і маневреності судна, що може вплинути на його безпеку. Регулярне обслуговування корпусу судна є важливим елементом підтримки його стану і безпеки експлуатації, і воно дає змогу виявляти й усувати дефекти та пошкодження на ранній стадії, що знижує ймовірність виникнення аварійних ситуацій і подовжує термін служби корпусу.

### **3.4. Вплив обростання корпусу на продуктивність та енергоефективність судна**

Вплив обростання підводного корпусу і гребного гвинта на продуктивність і енергоефективність судна є важливим аспектом, який може вплинути на експлуатаційні характеристики судна. Обростання підводної частини корпусу і гребного гвинта впливає на гідродинамічні властивості судна, що призводить до збільшення опору і втрати швидкості, а також зниження ефективності роботи гребного гвинта.

Обростання підводної частини корпусу судна спричиняє збільшення площі опору, що призводить до зниження швидкості судна і збільшення витрати палива. У процесі експлуатації судна на корпусі можуть з'являтися різні утворення, тріщини, корозійні плями тощо, що можуть призвести до подальшого розвитку корозії та утворення біологічних утворень на поверхні корпусу. Обростання гребного гвинта також впливає на роботу судна. Утворення біологічних утворень на поверхні гребного гвинта може спричинити порушення балансу обертання, що призводить до збільшення вібрації судна і підвищення витрати палива. Крім того, обростання гребного гвинта може призводити до



пошкодження його поверхні та погіршення гідродинамічних характеристик.

Для запобігання негативному впливу обростання на продуктивність і енергоефективність судна необхідно регулярно проводити огляд і обслуговування підводної частини корпусу і гребного гвинта. Також можуть бути застосовані різні методи захисту від корозії та обростання, як-от використання антикорозійних покриттів, антиобростаючих фарб і технологій електролізу. Використання антикорозійних покриттів є одним із методів захисту корпусу судна від корозії. Антикорозійні покриття наносять на поверхню корпусу судна для створення бар'єрного захисту від агресивних впливів навколишнього середовища, як-от морська вода та повітря.

Одним із найпоширеніших антикорозійних покриттів є епоксидна фарба. Вона складається з двох компонентів: смоли і затверджувача. Під час змішування цих компонентів утворюється тверде покриття, яке має високу стійкість до корозії та механічних впливів. Ще одним типом антикорозійних покриттів є цинкові покриття. Вони мають високу стійкість до корозії завдяки своїм катодним властивостям. Також цинкові покриття можуть бути легко оновлені за допомогою спеціальних розчинів. Іншим методом захисту корпусу судна від корозії як було вже зазначено є використання анодів. Аноди виготовляються з металів, які мають вищу електрохімічну активність, ніж матеріал корпусу судна. Під час контакту з морською водою аноди починають піддаватися корозії, а матеріал корпусу судна залишається недоторканим.

Деякі сучасні судна оснащені також системами моніторингу корозії. Ці системи дають змогу контролювати стан корпусу судна і своєчасно виявляти можливі проблеми з корозією. Загалом, використання антикорозійних покриттів та інших методів захисту від корозії є важливим елементом підтримання цілісності корпусу судна і забезпечення безпеки його експлуатації.

Враховуючи як ефективність корпусу, так і відповідність нормативним вимогам щодо боротьби з обростанням, боротьба з підводним обростанням контролю за обростанням, управління підводним обростанням корпусу судна привертає все більше уваги з боку судновласників і операторів. Обростання є результатом прикріплення і зростання різних живих організмів на поверхні корпусу судна. Обростання призводить до зниження швидкості,



збільшення витрати палива і збільшення викидів забруднюючих вихлопних газів, оксидів сірки, оксидів азоту та парникових газів (ПГ), таких як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>). Таким чином, обростання гребного гвинта і підводного корпусу суттєво впливають на продуктивності та енергоефективності судна. Після того, як гребний гвинт і корпус спроектовані і побудовані, підтримка гладких і вільних від обростання поверхонь підводних частин судна є відповідальністю власників і операторів, що є важливою складовою для підвищення продуктивності судна під час експлуатації. Щоб запобігти обростанню підводного обладнання, підводний корпус судна, як правило, покривається системою протиобростаючих покриттів. Коли використовується система протиобростання система покриття використовується, вона повинна відповідати Міжнародній конвенції ММО про контроль за шкідливими протиобростаючими системами на судах (Конвенція AFS) щодо обмеження використання біоциду трибутилолова, що застосовується в покритті, прийнятої 5 жовтня 2001 року. і набула чинності 17 вересня 2008 року. Резолюція ММО A928, що набула чинності 1 січня 2003 року, обмежує застосування або повторне застосування сполук органотину ТБТ (три-бутил олово), які діють як біоциди в протиобростаючих системах. Впровадження практик контролю та управління біообростанням може суттєво допомогти у зниженню ризику перенесення інвазивних водних видів. Керівництво з контролю та управління біообростанням суден з метою мінімізації перенесення інвазивних водних видів з Резолюції ММО МЕРС.207(62) була прийнята 15 липня 2011 року з метою забезпечення глобально узгодженого підходу до управління біообростанням з корпусів суден. Біообростання - це природне утворення водоростей, молюсків та інших організмів на поверхні корпусу судна, що може призвести до збільшення опору і зменшення швидкості судна.

Резолюція МЕРС.207(62) встановлює міжнародні стандарти для управління біообростанням на судах. Згідно з цією резолюцією, судновласники повинні забезпечувати, щоб корпус судна був очищеним від біообростання перед кожним плаванням. Також судновласники повинні встановлювати системи обробки води, які зменшують ризик формування біообростання. Резолюція визначає основні вимоги до систем управління біообростанням на корпусах суден, які повинні



використовуватися для забезпечення ефективності плавання та зниження впливу на довкілля. Зокрема, резолюція вимагає від судновласників та експлуататорів встановлювати на своїх суднах системи управління біообростанням, які мають бути сертифіковані згідно з міжнародними стандартами. Також резолюція включає в себе рекомендації щодо використання екологічно безпечних методів управління біообростанням, зокрема використання безшкідливих для довкілля антифулінгових покриттів та управління біообростанням за допомогою засобів, які не мають токсичного впливу на морське середовище. Для забезпечення ефективності систем управління біообростанням, резолюція рекомендує використовувати різні методи, зокрема фізичні, механічні та хімічні методи. Також, резолюція рекомендує проводити регулярні інспекції корпусів суден для виявлення та усунення біообростання. В цілому, резолюція ММО МЕРС.207(62) спрямована на зниження впливу біообростання на довкілля та забезпечення ефективності плавання суден шляхом встановлення ефективних систем управління біообростанням на корпусах суден.

Одним зі способів управління біообростанням є використання антифулінгових покриттів на поверхні корпусу судна. Антифулінгові покриття складаються з хімічних речовин, які запобігають формуванню біообростання на поверхні корпусу. Вони можуть бути нанесені на корпус судна під час його будівництва або встановлені пізніше. Згідно з цією резолюцією, антифулінгові покриття повинні бути екологічно безпечними і не містити шкідливих речовин. Крім того, резолюція встановлює вимоги щодо випробувань антифулінгових покриттів перед їх використанням на суднах. Для управління біообростанням з корпусів суден було прийнято ряд рекомендацій, включаючи вимоги до розроблення технологій та матеріалів, які дозволяють зменшити обростання корпусу та гребного гвинта, а також створення систем очищення та використання антифулінгових покриттів на корпусі судна.

Зокрема, резолюція вимагає, щоб власники суден розробляли технічні рішення, які б дозволяли зменшити відкладення водоростей та інших організмів на корпусі та гребному гвинті судна. Також вона рекомендує використання відповідних матеріалів для виготовлення корпусу, які були б менш придатними для обростання водоростями та іншими морськими організмами.



Для регулювання біообростання з корпусів суден було запроваджено міжнародні стандарти, які вимагають від суден дотримання певних правил та норм. Наприклад, Міжнародна організація з морської справи (МОМС) встановлює правила про організацію регулярного очищення корпусу та гребного гвинта судна, що дозволяє зменшити ризик біообростання та підвищити прохідність та енергоефективність судна. Крім того, використання антифулінгових покриттів на корпусі судна є одним з найефективніших методів для запобігання біообростанню. Такі покриття здатні утримувати відкладення на мінімальному рівні, що дозволяє зменшити опір та знизити витрати палива.

Такі методи управління можуть також поліпшити гідродинамічні характеристики судна і можуть бути ефективними інструментами підвищення енергоефективності та скорочення викидів в атмосферу з суден. Ця концепція була визнана Резолюцією ММО МЕРС.213(63), прийнятою 2 березня 2012 року, "Керівництво з розробки судового плану управління енергоефективністю судна (SEEMP)".

Загальновідомо, що обростання, особливо у випадку "твердого або черепашкового обростання", може спричинити негативний вплив на гідродинамічні характеристики судна. Тому підводне очищення гребного гвинта і корпусу може виконуватися в проміжках між докованнями з метою підвищення ефективності роботи судна. Ці заходи, однак, вимагають витрат, які необхідно оцінювати з урахуванням отриманої економії палива. Крім того, очищення корпусу і гребних гвинтів вимагає різного часу для виконання і передбачає різні витрати. Таким чином, повинна існувати оптимальна частота технічного обслуговування корпусу та/або гребного гвинта в залежності від конкретного стану забруднення судна.

Загальновідомо, що обростання суден ставить під загрозу продуктивності судна, що призводить до втрати швидкості при постійній потужності, або, навпаки, до збільшення потужності при постійній швидкості. Це призводить до збільшення споживання палива та/або більші затримки, що призводить до значних екологічних та економічних штрафів.

Важливість обростання корпусу судна для експлуатаційних характеристик судна була визнана з найдавніших часів. На сьогоднішній день майже всі



судна мають протиобростаюче покриття надводної частини корпусу, та підводної частини корпусу. Сучасні покриття працюють дуже добре за умови, що вони підібрані відповідно до відповідно до експлуатаційного профілю конкретного судна. Однак, для суден, які тривалий час стоять в порту, обростання може швидко розвиватися. Згідно дослідженню Флоридського технологічного інституту (2010), відмінності в експлуатаційних характеристиках комерційних покриттів оцінювалися для 8 складів, які піддавалися 180 днів статичного занурення, всі системи стали обростати, за винятком біоцидного покриття, що не містить міді, як показано на рисунку 2:



**Рис 2. Рама з різними покриттями показує забруднення покриття корпусу судна**

Також слід брати до уваги штрафи за остійність судна мулу, водоростей і обростання черепашок. Значна частина енергії, необхідної для руху суден є подолання опору тертя між корпусом і водою. Для низькошвидкісних суден (суховантажів), суден з низькою швидкістю (балкерів і танкерів) це може становити близько 70 - 90% від загальної маси судна.

Згідно дослідження, надається оцінка для збільшення потужності валу (SHP) для утримання фрегата на швидкості фрегата на швидкості 15 вузлів залежно від типу обростання, визначеного відповідно до Військово-морських сил США Ship Technical Manual, як показано в Табл. 1. Його дані підкреслюють важливість технічного обслуговування для підтримання корпусу судна у вільному від обростання стані.





Таблиця 1 - Показники дослідження NSTM США

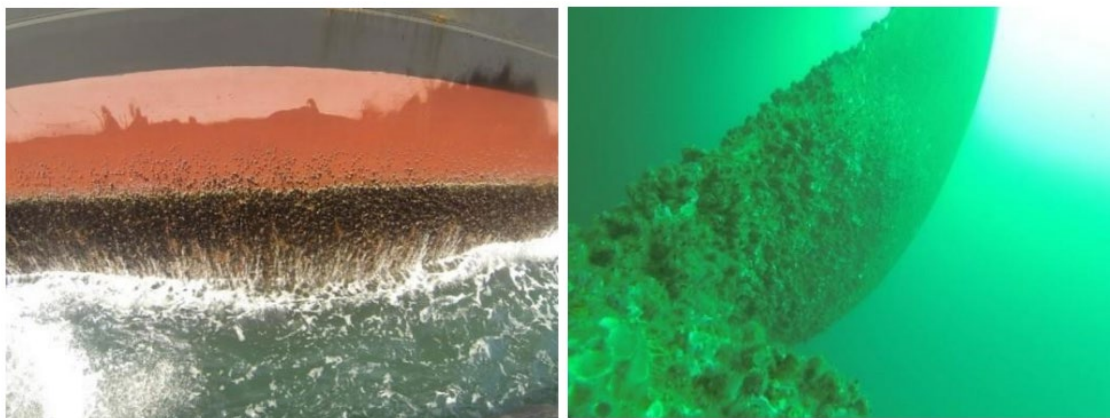
Рейтинг	Опис	Зростання потужності валу (SHP)
0	Гладка поверхня	0%
0	Типове протиобростаюче покриття	2%
10-20	Пошкоджене покриття або легкий шлам	11%
30	Сильний мул	21%
40-60	Невеликі вапняні відкладення або водорості	35%
70-80	Середні вапняні відкладення	54%
90-100	Сильні вапняні відкладення	86%

Деякі судна виконують короткі рейси та тривалий час перебувають у портах. Ці судна схильні до розвитку обростання. Для того, щоб оцінити вплив зносу корпусу і гвинта на експлуатаційні витрати та викиди парникових газів (ПГ) були розглянуті ходові випробування, які були проведені для нафтового танкера довжиною 264 м, який 8 місяців простояв у порту без експлуатації та проаналізовано дослідження Флоридського технологічного інституту, проведеного у 2021 році з метою оцінки вплив зносу корпусу і гвинта на експлуатаційні витрати.

У ході ходових випробувань були проведені замірювання:

- для судна в повністю забрудненому стані;
- після очищення гребного гвинта;
- після очищення корпусу та полірування гребного гвинта гребного гвинта.

На рисунках 3,4 показані фотографії гребного гвинта та корпусу перед кожним комплексом проведених випробувань. Як можна спостерігати, обростання оболонки розвинулося майже по всьому корпусу і на більшій частині гребного гвинта. Очищення та полірування корпусу і гребного гвинта водолазами під водою.

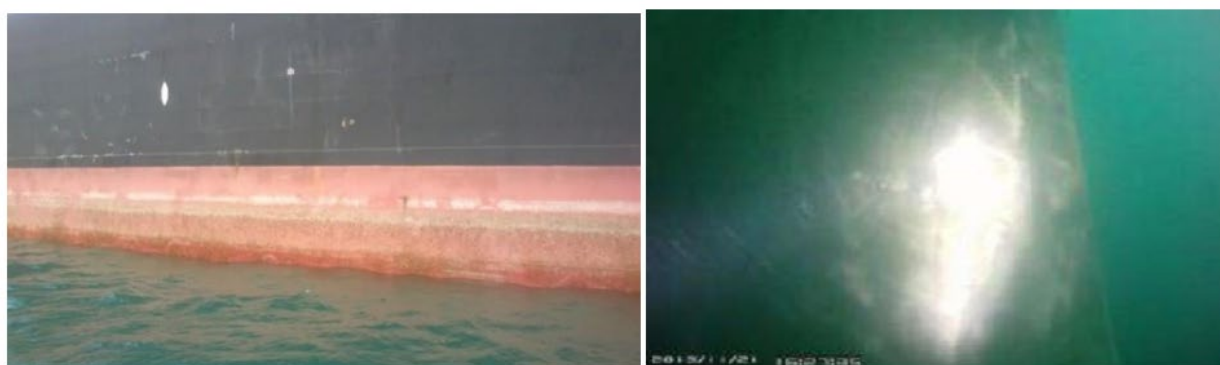


**Рис. 3 - Гребний гвинт і корпус судна перед очищенням**



**Рис. 4 - Корпус судна перед очищенням**

Враховуючи, що зусилля, які докладаються для очищення гвинта і корпусу є різними, що призводить різні витратах для оператора, слід оцінити ефекти від кожного заходу окремо.



**Рис 5. Корпус судна та гребний гвинт після полірування**

Однак, не було можливості провести додаткові ходові випробування після



полірування гребного гвинта і, на жаль останні роботи були виконані після очищення корпусу та полірування гребного гвинта одночасно. Процедури ходових випробувань були розроблені відповідно до судна. В дослідженні були обрані наступні режими роботи двигуна і повторювалися для кожного сеансу ходових випробувань:

- 65% від MCR;
- 75% від MCR;
- 90% від MRC (2 рази).

Були проведені наступні вимірювання:

- Положення і курс судна;
- стан вітру (швидкість і напрямок);
- Хвильовий режим (висота, період і
- напрямок)
- Кут нахилу керма;
- Глибина води;
- Швидкість судна як по бортовому журналу, так і по
- GPS;
- Параметри двигуна, такі як крутний момент, кількість
- обертів і потужності;
- Електричні навантаження;
- Витрата палива.

Деякі інші параметри також були перевірялися перед початком ходових випробувань:

- Щільність і температура води;
- Осадка / диферент, відповідні -водотоннажність і вертикальний центр ваги;
- Положення анемометра;

Згідно отриманим результатам очікується 7% покращення в продуктивності між початковим станом і характеристиками, отриманими з чистим пропелером. Виграш між чистим гвинтом і чистим гвинтом плюс очищення корпусу і поліруванням гвинта, становить близько 35%. Нарешті, покращення між початковим станом і кінцевим станом становить



близько 45% як максимум. Як і передбачалося, основний вплив припадає на очищення корпусу та полірування гребного гвинта. Цей вплив в основному можна приписати саме очищенню корпусу. Це підкреслює той факт, що опір тертя збільшується через морських водоростей, а обростання становить значну частину опору. Очищення гребного гвинта має менший вплив, але суттєво змінює характеристики судна. Виміри, отримані під час ходових випробувань при прийманні судна, показують більш високі швидкості для тих же діапазонів потужності і для більшої водотоннажності.

Але слід зазначити, згідно дослідження крім того, що судно покращує експлуатаційні характеристики, що були досягнуті завдяки нанесенню покриття другим елементом є той факт, що гребний гвинт очищений і відполірований не такий ефективний, як новий гвинт. Відмінності, що спостерігаються у вимірюваннях, також можуть бути пов'язані зі станом гребного гвинта і залишкового дефолту через забруднення в профілі лопаті.

### **3.5. Проведення сюрвейерських оглядів та експертиз**

Проведення сюрвейерських оглядів корпусу судна є важливим заходом для забезпечення його безпеки та готовності до експлуатації. Сюрвейер - це інспектор, який проводить огляд корпусу судна для виявлення дефектів, пошкоджень та інших проблем, що можуть вплинути на безпеку судна та його здатність до плавання.

Сюрвейерські огляди корпусу судна проводяться відповідно до міжнародних стандартів і рекомендацій, таких як стандарти Міжнародної морської організації (ІМО) і Класифікаційних товариств. Основна мета сюрвейерських оглядів корпусу судна - забезпечити безпеку плавання, запобігти виникненню аварій і унеможливити допущення судновласником експлуатації судна з недоліками і дефектами.

Проведення сюрвейерських оглядів корпусу судна охоплює візуальний огляд, інспекцію судових документів, тестування і вимірювання. Сюрвейер може також використовувати різні методи неруйнівного контролю, такі як



ультразвуковий контроль, магнітопорошковий контроль тощо.

Основна мета сюрвеєра - визначити стан корпусу і виявити всі можливі дефекти і пошкодження, які можуть вплинути на безпеку судна і його ефективність. Сюрвеєрський огляд може бути проведений як у доці, так і на мілководді. Під час огляду судна сюрвеєр перевіряє наявність корозії, тріщин, прогинів, деформацій, розломів та інших пошкоджень. Для проведення сюрвеєра може використовуватися різне обладнання, таке як ультразвукові прилади, гідравлічні преси, магнітні дефектоскопи тощо. Після проведення огляду судна сюрвеєр складає звіт про стан корпусу судна і рекомендації щодо його обслуговування та ремонту. Ці рекомендації можуть містити рекомендації щодо заміни пошкоджених деталей, ремонту корозійних ушкоджень та інші заходи з підтримання цілісності корпусу судна. Таким чином, проведення регулярних сюрвеєрів є важливою складовою забезпечення безпеки судна і дає змогу своєчасно виявляти й усувати дефекти, які можуть призвести до аварії або втрати судна.

Проведення сюрвеєрських оглядів корпусу судна дає змогу своєчасно виявляти дефекти і пошкодження, а також запобігати їхньому розвитку. Це сприяє поліпшенню безпеки плавання судна, а також збільшенню його терміну служби. Регулярне проведення сюрвеєрських оглядів є обов'язковою вимогою для судновласників і операторів суден у багатьох країнах. Безперервний вплив різних морських стихій, сил і організмів призводить до зношування елементів конструкцій судна, тому вони потребують постійного профілактичного та планово-попереджувального ремонту. Для спостереження та перевірки готовності судна до експлуатації важливо проводити підводні обстеження та своєчасні ремонтні роботи.

Планування має велике значення незалежно від галузі та завдання, яке необхідно виконати. Існує народне прислів'я, яке говорить, що "коли не плануєш, то плануєш невдачу". Морський сюрвей не є винятком. Насправді, його значення в судноплаванні є першорядним оскільки судноплавання - це галузь, яка завжди працює проти годинника, і якщо врахувати комерційний тиск, який притаманний морським операціям, якщо дослідження не будуть належним чином сплановані, кінцева мета оцінки придатності конструкції корпусу судна до використання за





призначенням не буде задовільно досягнута.

Кодекс ESP 2011 року конкретно вимагає розроблення анкети планування профілактичного дослідження та програми огляду (планового документа) перед кожним спеціальним/оновлювальним/проміжним оглядом на суднах віком понад 10 років. На суднах, вік яких менше 10 років, програма огляду не потрібно затверджувати перед проміжним оглядом. Огляд не повинен розпочинатися до узгодження програми огляду. Програма повинна оцінювати рівень небезпеки на основі визнаних принципів і практичних операцій.

В цілому, основна мета оцінки конструкції корпусу судна полягає в тому, щоб ефективно визначити чи здатна конструкція корпусу судна витримувати навантаження, для яких вона була спочатку спроектована протягом періоду часу, який триває класифікаційний цикл, тобто протягом п'яти років. У світі судноплавства існують дві основні мети проведення оцінки корпусу існуючих суден корпусних конструкцій суден, забезпечення структурної безпеки та експлуатаційної придатності, а також мінімізація витрат і часу на ремонт.

Підводні огляди - це планові, або позапланові огляди, що проводяться з різних причин, в першу чергу, технічного обслуговування. Підводні обстеження корпусу судна є обов'язковими незалежно від типу судна і вантажопідйомності. Вони необхідні для правильної оцінки технічного стану корпусу судна. Підводні обстеження можуть проводитися як під час стоянки судна в доці, так і на плаву. Останнє може здійснюватися тільки за допомогою спеціального обладнання та приладів, які використовуються для проведення вимірювань, зйомки відеоматеріалу і передачі його на монітор в режимі реального часу.

Тип необхідного огляду буде залежати від віку, стану, та дати останнього огляду судна. Проведення підводного огляду під час перебування судна на плаву дозволяє кваліфікованому водолазу/інспектору провести ретельне якісне обстеження обшивки корпусу і придатків нижче ватерлінії. Вони можуть перевірити наступне:

- стан листів обшивки та їх зварних швів;
- катодний захист і поширення корозії;
- оцінка морського обростання і біобростання;





- локалізацію пошкоджень, вм'ятин, потертостей і тріщин;
- стан решіток і розрядів морських скринь;
- рульового та пропульсивного механізмів, обмірювання підшипників кормового редуктора та підшипників запасу рульових пера.

Підводні обстеження, проведені на плаву, значно полегшують виявлення потенційних ризиків та їх усунення на місці, а також дозволяють більш точно визначити перелік необхідних ремонтних робіт для подальшого докування.

У разі огляду судна на плаву, сюрвейер буде спостерігати за ходом огляду через телевізійний монітор і за допомогою керівника водолазних робіт буде керувати діями водолазів. Ретельно оглядається обшивка корпусу і придатки, включаючи гребний гвинт, кермо тощо. Всі результати огляду ретельно фіксуються екіпажем на борту в режимі реального часу. Іноді підводне обстеження проводиться одночасно з необхідними ремонтними роботами.

Перед початком обстеження сюрвейер повинен мати уявлення про очікувані типи дефектів та їх ймовірні місця розташування, а також знати про ті елементи, які є конструктивно важливими, наприклад, всі зовнішні граничні конструктивно значущі елементи, такі як всі зовнішні граничні обшивки, первинні та вторинні елементи міцності. Корпус однокорпусних суховантажних суден можна розділити на різні конструктивні елементи, і кожен з них має свою функцію в загальній цілісності корпусу. При визначенні ймовірності та типу дефектів, що можуть бути виявлені, сюрвейер повинен розуміти функцію і важливість кожного структурного елемента в локальному масштабі і як він впливає на загальну міцність судна.

Методи сюрвейерського огляду - це систематичні процедури і засоби, що використовуються для виявлення різних недоліків і пошкоджень, таких як втрата матеріалу міцності, тріщини і деформації, на ранній стадії наскільки це можливо, щоб провести необхідний ремонт і гарантувати, що судно придатне до експлуатації. Методи обстеження корпусу судна повинні розглядатися як комплексний підхід і включати в себе всебічні засоби виявлення недоліків, моніторингу структурного стану і схеми перевірок які скомпрометовані в рамках Кодексу ОСПЗ.



Перевірка цілісності швів є важливою частиною сюрвеєрського огляду корпусу судна. Це дає змогу виявити можливі дефекти і пошкодження, які можуть призвести до погіршення морехідних якостей і безпеки судна.

Для перевірки цілісності швів зазвичай використовують різні методи. Один з них - візуальний огляд, під час якого сюрвеєр перевіряє шви на наявність тріщин, корозії, порушень щільності та інших дефектів. Іншим поширеним методом є ультразвукова дефектоскопія, яка дає змогу виявити приховані дефекти в металевих конструкціях. Якщо в результаті перевірки було виявлено дефекти або пошкодження, необхідно вжити заходів щодо їх усунення. Залежно від характеру і ступеня пошкодження, це може вимагати ремонту або заміни деталей, а також проведення додаткових заходів щодо забезпечення безпеки судна.

Засоби виявлення дефектів та моніторингу стану, серед іншого: візуальні огляди (загальний та крупний план); випробування на тиск і герметичність; вимірювання товщини сталі; неруйнівний контроль (NDT). На Рис можна побачити неруйнівний контроль, який виконується на бічній стінці зварювання, а саме: проникаючий барвник та ультразвуковий для визначення поверхневих та глибинних дефектів на зварювальному шві.



**Рис. 6 - Зварювання на бічній оболонці перевіряється за допомогою проникаючого барвника та ультразвукового обладнання для виявлення дефектів**



Основні переваги, які ви отримаєте при обстеженні підводного корпусу судна у воді: немає необхідності перебувати в сухому доці, щоб мати можливість виконати дослідження корпусу судна; перевага в районах з поганою видимістю або в суворих умовах, де традиційне обстеження корпусу судна за допомогою водолаза або ROV є неефективним та/або складним для виконання; значний потенціал економії коштів; може виконуватися в поєднанні з іншими обстеженнями, наприклад, резервуарів;

Після сюрвеєрського огляду корпусу судна, необхідно проаналізувати отримані дані і визначити, які заходи мають бути вжиті для забезпечення безпеки судна. Якщо було виявлено будь-які проблеми з цілісністю корпусу, необхідно негайно вжити заходів щодо їх усунення, як-от ремонт або заміна пошкоджених частин.

Також може знадобитися проведення додаткових вимірювань або випробувань, щоб точніше оцінити стан корпусу і визначити причину виникнення проблем. Після того, як всі необхідні роботи були виконані, рекомендується провести повторний огляд корпусу судна, щоб переконатися в тому, що всі проблеми були усунуті і корпус судна перебуває в безпечному стані.

Перевірка забортної арматури також є важливою частиною обстеження корпусу судна. Забортна арматура охоплює всі елементи, які розташовані на зовнішній поверхні корпусу судна, такі як навісні драбини, штанги, гаки, кришки люків, бризковики, каталки та інші конструктивні елементи.

Під час проведення перевірки забортної арматури, основна увага приділяється таким аспектам:

- Перевірка наявності та правильного функціонування елементів безпеки, таких як поручні, перила та огорожі.
- Перевірка кріплення елементів на корпусі судна та їхнього стану. Важливо переконатися в тому, що елементи кріплення не ослаблені, а кріплення міцні та надійні.
- Перевірка наявності пошкоджень і корозії на елементах забортної арматури. Наявність пошкоджень і корозії може призвести до втрати цілісності та надійності елементів.
- Перевірка загального стану елементів забортної арматури, включно з



їхнім віком і зносом.

У разі виявлення пошкоджень або несправностей, необхідно вжити заходів щодо їх усунення, заміни або ремонту перед відправленням судна в плавання. Це не тільки підвищує безпеку судна, а й запобігає можливим порушенням законодавства в галузі безпеки мореплавства. Нові технології в обслуговуванні корпусу судна охоплюють різні інновації та методи, які допомагають поліпшити ефективність, безпеку й економічність роботи. Деякі з них можуть включати в себе:

1. Безпілотні підводні апарати (БПЛА), які використовуються для огляду та обстеження корпусу судна без необхідності занурення дайверів. Це дає змогу скоротити витрати на трудові ресурси та зменшити ризики для людського життя.

2. Роботи-очишувачі, які можуть автоматично очищати корпус судна від водоростей, морських раковин та інших небажаних утворень. Це дає змогу знизити опір корпусу і поліпшити гідродинаміку, що своєю чергою може зменшити витрату палива.

3. Нано- і мікроболонки, які наносяться на поверхню корпусу судна і створюють гладку поверхню з мінімальним опором води. Це допомагає поліпшити гідродинаміку і знизити витрату палива.

4. Дрони, що використовуються для моніторингу стану корпусу судна, зокрема для визначення пошкоджень, тріщин та інших проблем, які можуть виникнути на корпусі.

5. Технології для видалення фарби, які використовують лазери або гідроабразивні методи для видалення старої фарби з корпусу судна. Це може скоротити час і витрати на обслуговування корпусу.

6. Антикорозійні покриття, які створюють захисний шар на поверхні корпусу і запобігають корозії металу. Це допомагає продовжити термін служби корпусу судна.

Загалом, нові технології в обслуговуванні корпусу судна допомагають скоротити витрати, збільшити ефективність і поліпшити безпеку работ.

Безпілотні підводні апарати (БПЛА) - це автономні підводні апарати, що можуть працювати без участі людини і використовуватися для різних завдань, зокрема для огляду та обстеження корпусу судна. БПЛА оснащені камерами та



іншими датчиками, які дають змогу отримувати детальні зображення і дані про стан корпусу судна. Це дає змогу проводити обстеження без ризику для людського життя, оскільки немає необхідності занурення дайверів. БПЛА можуть бути використані для пошуку і виявлення пошкоджень корпусу, огляду недоступних місць, а також для контролю за процесом очищення корпусу. Вони можуть працювати в різних умовах, зокрема в глибинах до кількох тисяч метрів, що дає змогу використовувати їх для обстеження як великих морських суден, так і для роботи з невеликими катерами і яхтами.

Використання БПЛА в обслуговуванні корпусу судна має низку переваг. По-перше, це дає змогу знизити витрати на обстеження і зменшити час, необхідний для проведення робіт. По-друге, це підвищує безпеку роботи, оскільки немає необхідності занурюватися в небезпечні зони для огляду корпусу. По-третє, це дає змогу отримати точнішу і повнішу інформацію про стан корпусу судна, що допомагає запобігти проблемам і пошкодженням у майбутньому. Роботи-очишувачі - це автоматичні пристрої, які можуть очищати корпус судна від водоростей, черепашок, мікроорганізмів та інших відкладень, які можуть знижувати швидкість і маневреність судна. Ці роботи використовуються для обслуговування корпусу судна і можуть працювати як на поверхні, так і під водою. Роботи-очишувачі оснащені різними типами щіток, які можуть очищати корпус судна від різних типів відкладень. Вони також можуть використовувати водострум для видалення відкладень, які важко видалити щіткою. Крім того, деякі роботи-очисники оснащені системами вакуумного очищення, які можуть збирати відкладення з поверхні корпусу судна.

Очищення корпусу судна за допомогою роботів-очишувачів має низку переваг. По-перше, це дає змогу знизити витрати на обслуговування судна, оскільки немає необхідності залучати велику кількість робітників для проведення очищення. По-друге, це дає змогу підвищити якість очищення, оскільки роботи-очишувачі можуть працювати точніше й ефективніше, ніж людина. По-третє, це дає змогу знизити ризик травм та інших проблем, пов'язаних із роботою у воді, оскільки немає необхідності занурюватися у воду для проведення очищення. Роботи-очишувачі використовуються в різних сферах, включно з суднобудуванням, морською промисловістю, рибальством та



іншими галузями, де потрібне обслуговування корпусу судна.

Нано- і мікроболонки - це технології, які використовуються для захисту поверхні корпусу судна від різних видів забруднень і корозії. Ці оболонки наносяться на поверхню корпусу судна у вигляді тонких плівок і мають мікро- і наномасштабні структури, які можуть знижувати опір води і опір корозії.

Нанооболонки - це тонкі покриття, що складаються з наночастинок, які можуть змінювати властивості поверхні, такі як гідрофобність (відштовхування води) або гідрофільність (тяжіння води). Це може допомогти зменшити опір води, що зі свого боку може знизити енергоспоживання судна. Крім того, нанооболонки можуть мати антикорозійні властивості, захищаючи корпус судна від іржавіння та інших видів корозії.

Мікроболонки - це тонкі плівки, які мають мікроструктури на поверхні, створюючи тисячі мікроскопічних повітряних кишень. Це може допомогти знизити опір води і поліпшити гідродинамічні властивості корпусу судна. Також мікроболонки можуть запобігти утворенню водоростей, черепашок та інших морських організмів на поверхні корпусу судна.

Нано- і мікроболонки використовуються в суднобудуванні та морській промисловості для захисту корпусів суден від корозії, забруднення і поліпшення гідродинамічних властивостей. Вони також можуть знизити експлуатаційні витрати на суднах, покращуючи їхню енергетичну ефективність і знижуючи необхідність частого очищення корпусу.

Дрони використовуються в морській промисловості для моніторингу стану корпусу судна. За допомогою дронів можна отримувати високоякісні зображення корпусу судна з різних кутів, а також здійснювати інспекцію у важкодоступних місцях, таких як кормові зони, обшивка і підводні частини судна. Дрони зазвичай оснащені високоякісною камерою та іншими датчиками, як-от термокамери і лазерні сканери, які можуть виявляти пошкодження, корозію та інші проблеми, яких може бути не видно неозброєним оком.

Дрони можуть бути керованими оператором із землі або програмуватися для автономних польотів. Вони можуть працювати в різних погодних умовах і можуть швидко обстежити великі поверхні корпусу судна.

Використання дронів для моніторингу стану корпусу судна дає змогу





швидко і точно визначати проблеми, які можуть потребувати ремонту, що допомагає запобігти можливим аваріям і знизити витрати на обслуговування судна. Крім того, використання дронів може знизити ризики для працівників, оскільки вони можуть проводити інспекцію без необхідності занурення дайверів у воду. Для видалення фарби з корпусу судна існують різні технології, включно з використанням лазерів і гідроабразивних методів.

Лазерна технологія використовує лазерний промінь для видалення фарби з поверхні корпусу судна. Цей метод особливо корисний для видалення фарби з металевих поверхонь. Лазерний промінь може бути точно налаштований для видалення тільки верхнього шару фарби, не пошкоджуючи металеву поверхню. Цей метод очищення екологічно безпечний і не виділяє шкідливих речовин у навколишнє середовище. Гідроабразивна технологія використовує воду під високим тиском, змішану з абразивними частинками, для видалення фарби з поверхні корпусу судна. Цей метод очищення може бути використаний на різних поверхнях, включно з металевими та нетканими матеріалами. Гідроабразивна технологія є ефективною, але може вимагати великої кількості води і не є екологічно безпечною.

Обидва методи мають свої переваги і обмеження, і вибір технології залежить від типу фарби і матеріалу корпусу судна. Використання технологій для видалення фарби може значно скоротити час і витрати на підготовку корпусу судна перед нанесенням нового шару фарби. Антикоровізійні покриття призначені для захисту поверхні корпусу судна від корозії та інших руйнівних факторів. Ці покриття можуть створюватися за допомогою різних технологій і матеріалів, включно з такими як епоксидні покриття. Епоксидні смоли володіють чудовими властивостями адгезії та стійкості до води, що робить їх ідеальними для використання в якості антикорозійних покриттів на корпусі судна. Поліуретанові покриття - ці покриття мають високу стійкість до ультрафіолетового випромінювання і механічних пошкоджень, що робить їх ідеальними для використання в якості захисного шару на поверхні корпусу судна. Цинкові покриття - цинк є одним з найефективніших матеріалів для захисту від корозії, і його використання як покриття на поверхні корпусу судна може значно продовжити термін служби судна. Нанотехнології - за допомогою



нанотехнологій можна створити антикорозійні покриття, які можуть самостійно ремонтувати мікротріщини на поверхні корпусу судна, що може значно поліпшити ефективність захисного шару. Антикорозійні покриття можуть істотно поліпшити захист корпусу судна від впливу навколишнього середовища і зменшити витрати на ремонт і заміну пошкоджених ділянок корпусу.

## **Висновки.**

Використання нових технологій в обслуговуванні корпусу судна може значно поліпшити ефективність і точність процесів очищення, моніторингу та захисту. Безпілотні підводні апарати, роботи-очишувачі, дрони та інші автоматизовані системи дають змогу істотно збільшити швидкість і точність виконання завдань з обслуговування корпусу судна, а також знизити ризики для дайверів та інших працівників. Нано- і мікроболонки, антикорозійні покриття та інші інноваційні матеріали й технології дають змогу створювати ефективніші захисні шари на поверхні корпусу судна, що може значно подовжити термін його служби та зменшити витрати на ремонт і обслуговування. Таким чином, використання нових технологій в обслуговуванні корпусу судна може призвести до ефективнішого та економічно вигіднішого обслуговування суден, що може принести значну вигоду як для компаній, що експлуатують судна, так і для навколишнього середовища.