

Міністерство освіти і науки України

Одеський національний морський університет
Навчально-наукового інституту морського флоту

Кафедра експлуатації суднового електрообладнання
і засобів автоматики

Конспект лекцій

з дисципліни

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА СУДНОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Рівень підготовки	другий (магістерський)
Галузь знань	27 – «Транспорт»
Спеціальність	271 – «Морський та внутрішній водний транспорт»
Спеціалізація	271.03 – «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»)
Освітньо-професійна програма	«Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»
Форма навчання	денна
Мова навчання	українська, англійська

ЗМІСТ

Процеси технічної експлуатації суден.....	4
Експлуатаційна надійність суден та суднового обладнання.....	15
Технічний нагляд за суднами.....	29
Стратегія і методи забезпечення працездатного стану засобів водного транспорту. Організація технічного менеджменту підприємств водного транспорту.....	34
Організація управління технічного обслуговування суден.....	46
Сутність і задачі технічної діагностики.....	55
Контроль, діагностика та оцінка стану суднової техніки.....	62
Особливості діагностування обладнання на суднах.....	70
Система технічного обслуговування та ремонту суден.....	80
Організація ремонту суден.....	86

Тема 1. Процеси технічної експлуатації суден.

Основні задачі та принципи організації технічної експлуатації на суднах. Процеси технічного обслуговування та ремонту. Фізичний і моральний знос судна. Класифікація процесу зносу, старіння. Взаємозв'язок процесів технічної експлуатації зі змінами технічного стану об'єкта.

1.1 Основні задачі та принципи технічної експлуатації на суднах.

Технічна експлуатація флоту є науково обгрунтованою системою організаційно-технічних заходів, спрямованих на підтримку флоту в технічному стані, що забезпечує надійну і безпечну роботу суден і судових технічних засобів (СТЗ) і їх використання з максимальною ефективністю.

Основні завдання технічної експлуатації:

- збільшення робочого періоду суден за рахунок скорочення їх простоїв з технічних причин;
- підвищення надійності і довговічності суден і СТЗ;
- раціональне використання техніки, витратних матеріалів, палива і мастильних матеріалів;
- зниження витрат на технічну експлуатацію і ремонт суден;
- широке поширення передових методів технічної експлуатації.

Технічну експлуатацію флоту можна розділити на *технічне використання, технічне обслуговування, ремонт і технічне управління*. Під першим мається на увазі експлуатація судна, СТЗ, систем і пристроїв відповідно до їх техніко- експлуатаційних характеристик, передбачених проектом судна, що виконується судовим екіпажем, під *технічним обслуговуванням* - комплекс робіт та заходів, що виконуються екіпажем або працівниками берегової організації з метою підтримки судна в справному технічному стані, без вивода його з експлуатації.

Ремонт - сукупність заходів, що забезпечують відновлення до необхідного рівня технічного стану судових конструкцій, СТЗ і суден в цілому і виконуваних, як правило, з виводом суден з експлуатації.

Технічне управління - управління технічною експлуатацією, що передбачає організацію технічної експлуатації суден на різних рівнях управління, регулювання взаємодії між ланками системи технічного обслуговування.

Для забезпечення безперебійної роботи суден в оптимальних режимах необхідні цілеспрямовані дії працівників галузі. Це досягається, в свою чергу, комплексом заходів, пов'язаних з підвищенням культури технічної експлуатації, введенням регламентуючої технічної документації, введенням спеціальної системи підготовки кадрів, зайнятих технічною експлуатацією.

Що стосується змісту *технічної експлуатації флоту*, то воно формується з таких основних питань:

- організаційні форми, методи здійснення та схема управління технічною експлуатацією суден. При цьому повинні бути проаналізовані показники технічної експлуатації, охарактеризовані і простежені шляхи розвитку судна;

- зміст і призначення основоположної технічної документації, яка регламентує аспекти технічної експлуатації;

- методи і способи технічного обслуговування суден. При цьому повинні бути піддані аналізу можливі шляхи удосконалення технічного обслуговування;

- наглядова діяльність як елемент технічної експлуатації флоту. Потрібно критично проаналізувати всі види нагляду за суднами протягом їх терміну служби;

- система підготовки кадрів для технічної експлуатації, що забезпечує необхідний рівень і якість цієї підготовки.

Судновий екіпаж здійснює ТЕ судна шляхом вахтового і технічного обслуговування. Організація ТЕ регламентується Статутом служби на судах морського флоту України, Положенням про технічну експлуатацію морського флоту, а також інструктивними документами міністерства транспорту і судновласника. Судновий екіпаж повинен забезпечити постійну готовність судна до роботи; ефективну його роботу з показниками, близькими до проектних і передбаченими нормативними документами; підтримку техніко-експлуатаційних характеристик і справний стан судна і суднових технічних засобів впродовж усього терміну служби.

Відповідальним за ТЕ судна є капітан, а ТЕ судна в цілому забезпечує служба технічної експлуатації (єдина технічна служба). Основна мета введення на судах єдиної технічної служби - зосередити загальне керівництво ТЕ судна в особі старшого механіка, як найбільш кваліфікованого фахівця на судні з інженерних питань, і забезпечити ефективне виконання одного з найважливіших завдань екіпажа - підтримка судна в справному стані.

Технічна служба складається з трьох груп:

1. групи технічного обслуговування корпусу і суднових пристроїв;
2. групи технічної експлуатації енергетичної установки;
3. групи технічної експлуатації електроустаткування.

Загальне керівництво технічною службою судна здійснює старший механік. На нього покладається відповідальність за: планування робіт по ТЕ судна, правильне ведення усієї технічної документації, витрачання бюджету ремонтного часу і засобів на ремонт, технічне постачання. Старший механік є відповідальним за якість і повноту представлення ремонтних відомостей і донесень про технічний стан корпусу, енергетичної установки, суднових пристроїв і систем.

Керівником групи технічного обслуговування корпусу і суднових пристроїв є боцман, що забезпечує ТЕ корпусних конструкцій, суднових пристроїв і загальносуднових систем. Відповідальним за ТЕ експлуатації силової установки є 2-й механік, а електроустаткування - електромеханік.

За правильне технічне використання корпусних частин судна відповідає старший помічник капітана. Він забезпечує дотримання членами екіпажу, що входять в службу експлуатації, правил технічної експлуатації, контроль технічного стану корпусу, загальносуднових систем, пристроїв і обладнання,

своєчасну підготовку і передачу старшому механіку відомостей дефектів по корпусній частини судна. Для належного виконання цих функцій старший помічник капітана і інші особи командного складу служби експлуатації повинні вести формуляри технічного стану корпусу і суднових пристроїв. До складу служби технічної експлуатації входять члени екіпажу, що забезпечують вахтове обслуговування СЕУ, а також члени екіпажу, що не несуть постійної вахти і зайняті роботами з підтримки судна в справному стані. Склад і чисельність технічної служби встановлюються старшим механіком за погодженням з капітаном окремо для ходового і стояночного режимів роботи судна. У ходовому режимі при сприятливій навігаційній обстановці капітан судна виділяє додатково до складу технічної служби матросів, звільнених від несення вахти на містку. Залучення членів екіпажу з технічної служби для виконання робіт, не пов'язаних з ТЕ (швартування, розрахунок і кріплення вантажу, підготовка трюмів і т. Д.), проводиться за погодженням із старшим механіком.

Створення на суднах єдиної технічної служби та підпорядкування її старшому механіку позитивно позначилися на ТЕ суден. За рахунок більшого маневрування у використанні трудових, матеріальних і технічних ресурсів з'явилася можливість зосередити зусилля членів екіпажу на найбільш важливих в даний момент ділянках, оперативно виконувати великий обсяг робіт по ТО судна в цілому з урахуванням погодних умов.

Одним з основних принципів організації ТЕ на суднах є розподіл всіх суднових технічних засобів по завідуванню осіб командного складу відповідно з нормативними документами. Розподіл всіх технічних засобів в завідування осіб командного складу підвищує їх відповідальність за підтримання судна в справному стані. Особи командного складу, відповідальні за завідування, повинні досконало знати закріплені за ними технічні засоби, підтримувати їх в справному стані і постійній готовності, своєчасно проводити огляди органами нагляду, правильно вести технічну документацію.

1.2 Процеси технічного обслуговування та ремонту.

ТО полягає у виконанні робіт, що забезпечують збереження в справному стані суднових технічних засобів і судна в цілому. Воно передбачає своєчасне виконання профілактичних та відновлювальних робіт, включаючи контроль технічного стану, виявлення і усунення несправностей, відновлення і своєчасну заміну зношених деталей, елементів і вузлів з метою запобігання відмов. ТО повинно забезпечити працездатність і справний технічний стан судна за весь час його експлуатації при оптимальному використанні наявних трудових і матеріальних ресурсів. Якщо управління, контроль стану і режимів роботи суднових технічних засобів здійснюються виключно силами суднового екіпажу, то ТО виконується спільно судновим екіпажем і береговими бригадами.

Розглянемо організацію ТО, що виконується безпосередньо судновим екіпажем і береговими ремонтними бригадами, що періодично направляються в рейс.

Для проведення ТО члени екіпажу, що не несуть вахту, об'єднуються в бригади, склад і чисельність яких встановлює старший механік в залежності від обсягу і характеру майбутніх робіт, розподілу стояночного та ходового часу. У кожній бригаді повинен бути призначений бригадир з числа найбільш підготовлених членів суднового екіпажу, відповідальний за терміни і якість виконуваних робіт. Безпосереднє керівництво робочою бригадою по корпусній частині здійснює боцман, по машинної частини - 2-й механік, а по електротехнічній - електромеханік.

ТО виконують при безпосередній участі осіб командного складу, відповідальних за завідування. Вони зобов'язані бути присутніми при розкритті і закритті технічних засобів свого завідування, проводити огляд і дефектацію всіх деталей і вузлів, виконувати необхідні контрольні заміри і заносити їх в технічний формуляр і журнал обліку дефектів, відмов і несправностей устаткування, контролювати обсяг і якість виконуваних робіт, здійснювати приймання відповідальних робіт.

При тривалому ходовому режимі виконують роботи, не пов'язані з роботою головного двигуна. До таких робіт відносяться: перебирання допоміжних двигунів; компресорів стиснутого повітря; чистка допоміжного котла; ревізія резервних насосів; мийно-фарбувальні роботи і ін.

Для підвищення ефективності проведення ТО і раціональної організації праці перед виходом в рейс відповідальні особи складають плани робіт на ходовому і стояночному режимах за своїми повноваженнями. Зведений план служить керівництвом для організації робіт і раціонального використання робочого часу.

Перед виконанням робіт в ходовому режимі необхідно оцінити обстановку, виходячи з тривалості переходу судна, стану погоди, і виконати всі необхідні підготовчі роботи, щоб забезпечити якнайшвидший введення в дію об'єкта, що ремонтується.

Наведемо основні вимоги виконання ТО в ходовому режимі. Перебирання кожного механізму повинно проводитися після закінчення ревізії попереднього механізму. Ревізія вузлів повинна проводитися послідовно з тим, щоб при необхідності забезпечувалась можливість якнайшвидшого введення в дію механізму. Замість відновлення зношених деталей, з метою прискорення робіт, краще проводити їх заміну з подальшим поповненням запасу або відновленням зношених деталей на заводі. На випадок штормової погоди повинна бути передбачена можливість швидкої збірки механізму і приведення його в робочий стан.

Основний обсяг ремонтно-профілактичних робіт, як правило, виконується в денний час робочою бригадою, куди входять вільні від вахт штатні члени екіпажу. Іноді члени ремонтної бригади розподіляються по вахтам механіків. При цьому найбільш відповідальні роботи виконують на тій вахті, в чиєму завідуванні знаходяться обслуговуємий об'єкт. Решта вахти забезпечують підготовчі роботи. При такій організації ТО в ходовому режимі судна роботи виконуються без шкоди для інших завідувань, так як в разі

виникнення неполадок в завідуванні одного з механіків мотористи можуть бути звільнені від виконання робіт по завідування свого вахтового механіка і поставлені на роботи по іншим завідування.

На стоянках ТО виконують бригадним методом. Робочу бригаду з механічної частини очолює 2-й механік.

При необхідності компанія за обґрунтованою заявкою капітана направляє в рейс ремонтну бригаду, яка комплектується з берегових фахівців. Як обґрунтування, повинен бути представлений розрахунок наявного бюджету часу суднового екіпажу на виконання ТО, а також перелік і планова трудомісткість майбутніх робіт з розподілом за елементами судна (корпус, суднові пристрої, силова установка, суднові системи, електрообладнання).

Члени направленої в рейс ремонтної бригади не можуть використовуватися для несення вахтової служби, за винятком випадків, пов'язаних із забезпеченням безпеки плавання судна і проведення рятувальних робіт. Вони повинні підчинятися правилам внутрішнього розпорядку судна, відповідно до якого судова адміністрація встановлює режим роботи берегової ремонтної бригади. Їй можуть бути доручені самостійні роботи, її члени можуть включатися до складу суднових бригад, що комплектуються з осіб суднового екіпажу, що не несуть вахту. Суднова адміністрація повинна забезпечити берегову ремонтну бригаду необхідними для роботи інструментами, матеріалами, СЗЧ.

Велике значення для збільшення експлуатаційного періоду суден має збільшення відносного обсягу ремонтних робіт по виконанню підтримки і відновлення працездатності вузлів судна, які мають виконуватись в процесі експлуатації береговими бригадами.

Розподіл обсягів робіт з ТО між судновими екіпажами і бригадами ТО, які направляються в рейс, визначається конкретними умовами експлуатації, виходячи з забезпечення максимального експлуатаційного періоду при мінімальних витратах. Однак у всіх випадках на судновий екіпаж покладається контроль технічного стану суден та їх елементів, виконання робіт, пов'язаних із забезпеченням безаварійного плавання протягом рейсу, а також визначення обсягу заводських робіт.

Можливими шляхами істотного скорочення трудовитрат суднових екіпажів на ТО автоматизованих суден є застосування високонадійних суднових технічних засобів і систем технічної діагностики.

Автоматизація повинна підвищити ефективність використання суден за рахунок поліпшення ряду техніко-експлуатаційних показників роботи суднового устаткування і скорочення чисельності вахтової служби. Для цього необхідно забезпечити працездатність і правильне функціонування великої кількості різноманітних за призначенням, конструкції і принципу дії систем автоматизації. В іншому випадку відмова засобів автоматики, контролю, сигналізації та захисту може привести до серйозних матеріальних втрат.

Оперативне обслуговування, профілактичні огляди виконують суднові екіпажі, проте повний комплекс ТО систем автоматизації може бути забезпечений лише добре організованими береговими базами.

1.3 Фізичний і моральний знос судна. Класифікація процесу зносу, старіння.

Експлуатовані на водному транспорті судна піддаються зносу і моральному старінню.

Розрізняють 2 види зносів: матеріальний (фізичний), що призводить до зміни форми, властивостей, характеристик деталей, вузлів і елементів суден; і моральний знос (моральне старіння), обумовлений науково-технічним прогресом на водному транспорті і в галузях, що будують флот. Розрізняють матеріальний знос і моральне старіння першого і другого роду.

Матеріальний знос першого роду

Даний вид зносу (знос від використання) є наслідком експлуатації суден, коли під дією корозійного і ерозійного впливу, впливу знакозмінних і хімічних навантажень, відбувається механічне зношування корпусу і механізмів.

Матеріальний знос другого роду

Даний вид зносу (знос від невживання) є наслідком того, що судни не експлуатуються, а піддаються впливу зовнішнього середовища, в тому числі корозійних руйнувань обшивки, що не законсервованих деталей машин і механізмів, трубопроводів, лакофарбових покриттів і т.д.

Моральний знос першого роду (моральне старіння) обумовлений тим, що в результаті впровадження на суднобудівних заводах нової техніки, нових матеріалів і технологій, підвищується продуктивність праці, що призводить до зниження вартості будівництва судна (без урахування інфляції) в порівнянні з вартістю старого, побудованого багато років назад.

Моральний знос другого роду

Обумовлений тим що на водному транспорті з'являються судна того ж призначення, але з кращими техніко-економічними характеристиками, тобто більш продуктивні.

Одним з істотних чинників конкурентоспроможності флоту вважається вік суден. Ця обставина має цілком конкретне фінансове навантаження на судновласника у вигляді підвищених страхових зборів і в збільшенні портових зборів, у забороні суден з певним віком відвідувати порти окремих зарубіжних держав. Зниження віку флоту можливо досягти через систему реновації, яка дозволяє призначати нову дату народження судна з моменту завершення цієї операції.

Усунення зносів судна може бути здійснено такими шляхами:

1. матеріальний (фізичний) знос - усувається за плановою схемою ремонту суден;
2. моральний знос першого роду - через переоцінку вартості;
3. моральний знос другого роду - через модернізацію, переобладнання або реновацію флоту.

Укрупнена кількісна оцінка ступеня зносу суден може бути виконана через використання системи коефіцієнтів.

Коефіцієнт, що характеризує *ступінь матеріального зносу окремого механізму, деталі, елементи судна*

$$K_{\phi i} = t_{\phi i} / t_{Hi} \quad (1.1)$$

де $t_{\phi i}$ – фактичний строк служби i -го елемента судна;
 t_{Hi} – нормативний строк служби цих елементів.

Коефіцієнт загального фізичного зносу судна

$$K_{\phi заг} = \sum K_{\phi i} \cdot a_i, \quad (1.2)$$

де a_i – доля вартості i -го елемента в загальній вартості судна
 n – кількість елементів, що розглядаються.

Коефіцієнт морального зносу 1-го роду

$$K_{m1} = (C_c - C_n) / C_c \quad (1.2)$$

де C_c – вартість старого судна;
 C_n – вартість нового судна.

Коефіцієнт морального зносу 2-го роду

$$K_{m2} = (S_c - S_n) / S_c \quad (1.3)$$

де S_c – собівартість перевезення продукції на старому судні;
 S_n – собівартість перевезення продукції на новому судні.

Коефіцієнт загального зносу судна

$$K_{заг} = K_{\phi заг} + K_{m1} - K_{\phi заг} * K_{m1} \quad (1.4)$$

Загальна негативна реакція на знос судна - зниження прибутку від його експлуатації. З цієї причини судноремонт є вкрай необхідним видом виробництва і вимагає постійного розвитку та вдосконалення.

1.4 Взаємозв'язок процесів технічної експлуатації зі змінами технічного стану об'єкта

Технічний стан це сукупність властивостей регламентованих Правилами РРР елементів судна, що характеризують в даний момент часу ступінь їх придатності для експлуатації та відповідності Правилам. Система або елемент (об'єкт) виконує певні функції; має певний життєвий цикл, який протікає в часі і має певні закономірності, що вивчаються в теорії надійності. В результаті впливу на елементи судна різних зовнішніх і внутрішніх експлуатаційних факторів (режими і умови роботи, дії або бездіяльність обслуговуючого персоналу) відбувається зміна їх технічного стану.

Життєвий цикл об'єкта - це сукупність фактичних станів об'єкта і виникаючих подій, що сприяють переходу в новий стан. Якщо відбувається повна або часткова втрата здатності виконання будь-яких функцій (наприклад, втрата працездатності) протягом життєвого циклу об'єкта, то така подія називається відмовою.

Відмова - подія, що полягає в порушенні робочого стану об'єкта.

Критерій відмови - ознака або сукупність ознак нерапрацездатності стану об'єкта, встановлених в НД і (або) конструкторської (проектної) документації.

Типовими критеріями відмов є:

- припинення виконання об'єктом заданих функцій (відмова функціонування); зниження якості функціонування по одному або декільком з вихідних параметрів (продуктивність, потужність, точність і ін.) за межі допустимого рівня (параметричний відмову);
- спотворення інформації на виході об'єктів, що мають в своєму складі ЕОМ або інші пристрої дискретної техніки через збої;
- зовнішні прояви, пов'язані з настанням або загрозою настання непрацездатного стану (шум, вібрації, перегрів і ін.).

У зв'язку з цим виділяють п'ять основних видів технічного стану об'єкта:

1. Справний стан (справність) - це стан об'єкту, при якому він відповідає всім вимогам НТД і (або) конструкторської (проектної) документації.

2. Несправний стан (несправність) - це стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог НТД і (або) конструкторської (проектної) документації.

3. Працездатний стан (працездатність) - це стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, характеризуючих здатність виконувати задані функції, відповідає вимогам НТД і (або) конструкторської (проектної) документації.

4. Непрацездатний стан - це стан об'єкта, при якому значення хоча б одного параметру, що характеризує здатність виконувати задані функції, не відповідає вимогам НТД і (або) конструкторської (проектної) документації.

5. Граничний стан - це стан об'єкта, при якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, або відновлення його працездатного стану неможливо або недоцільно.

Граничний стан обумовлено фізичною неможливістю подальшої експлуатації об'єкта, або неприпустимим зниженням його ефективності, або вимогами безпеки і визначається встановленим критерієм граничного стану.

Критерій граничного стану - ознака або сукупність ознак граничного стану об'єкта, встановлені НТД і (або) конструкторської (проектної) документацією.

Типові критерії граничних станів:

- відмова однієї або декількох складових частин, відновлення або заміна яких на місці експлуатації не передбачені експлуатаційною документацією (повинні виконуватися на підприємстві-виробнику або на спеціалізованому ремонтному підприємстві);

- механічний знос відповідальних деталей (вузлів) або зниження фізичних (хімічних) властивостей матеріалів до гранично допустимого рівня;
- зниження напруцювання на відмову (підвищення інтенсивності відпоклик) нижче (вище) допустимого рівня;
- підвищення встановленого рівня поточних (сумарних) витрат на технічне обслуговування і ремонт або інші признаки, що визначають економічну недоцільність подальшої експлуатації.

Перехід об'єкта з одного технічного стану в інший зазвичай відбувається внаслідок подій: відмов, пошкоджень або несправностей.

Пошкодження - це подія, що полягає в порушенні справного стану об'єкта при збереженні працездатного стану. Розрізняють два основних види пошкоджень об'єкта:

1. Допустимі пошкодження, що виникають при нормальних умовах експлуатації (старіння, знос і т.п.). Повністю ліквідувати цей вид ушкоджень неможливо, але можна уповільнити їх прояв.

2. Неприпустимі пошкодження, що виникають внаслідок наявності дефектів або випадкових неконтрольованих зовнішніх причин, безпосередньо не пов'язаних з технічним станом даного об'єкту (аварії, стихійні лиха і т.п.).

Несправний стан - стан об'єкта, при якому він не відповідає хоча б одній з вимог НТД і (або) конструкторської (проектної) документації. Пошкодження і несправності, в свою чергу, можуть виникнути через дефекти обладнання.

Дефектом називається кожна окрема невідповідність об'єкта встановленим НТД і (або) конструкторської (проектної) документації, що знижує його рівень надійності. Слід зазначити, що об'єкт, який має дефект, може перебувати в працездатному стані. Дефект розглядається як можлива причина виникнення відмови, але наявність дефекту не означає, що відмова станеться.

За ознакою стадії походження дефекти можна розділити на три групи:

1. Дефекти (помилки) проектування:
 - 1.1. недостатню захищеність вузлів тертя;
 - 1.2. наявність концентраторів напружень на деталях;
 - 1.3. неправильний розрахунок несучої здатності деталей (призводить до їх статичного руйнування);
 - 1.4. неправильний вибір матеріалів;
 - 1.5. неправильне визначення передбачуваного рівня експлуатаційних навантажень і т. п. ;
2. Дефекти виготовлення (виробничі):
 - 2.1. дефекти заготовок (пористість, усадочні раковини, і т.п.);
 - 2.2. дефекти механічної обробки (прижоги, задираки, надлишкова локальна пластична деформація і т.п.);
 - 2.3. дефекти зварювання (тріщини, залишкові напруги і т.п.);
 - 2.4. дефекти термообробки (перегрів, гартівні тріщини, повідця, викривлення);

2.5. дефекти збірки (пошкодження поверхонь, задираки, перекоси, внесення абразиву і т. п.).

3. Дефекти експлуатації:

3.1. порушення умов застосування;

3.2. неправильне технічне обслуговування і ремонт;

3.3. наявність перевантажень і непередбачених навантажень;

3.4. застосування неякісних експлуатаційних матеріалів.

Взаємозв'язок різних факторів, що впливають на технічний стан СТЗ і конструкцій і їх противонаправленість при впливі на структуру суднового комплексу і його елементів визиває необхідність максимальної формалізації способів прийняття рішень при експлуатації суден в умовах ринку. Тому розробка і розвиток ефективних сучасних методів при управлінні якістю послуг реалізованих на суднах дозволяє приймати рішення по експлуатаційним, технологічним і бізнес - процесам використання суден, як один з резервів зниження витрат на проведення технічного обслуговування суден і відповідно збільшити конкурентоспроможність судових компаній.

СТЗ - двигуни, генератори, насоси, компресори, котли, теплообмінні апарати, посудини під тиском, фільтри, арматура систем, палубні механізми, побутові установки скрапленого газу, обладнання екологічної безпеки та інші вироби суднового машинобудування, призначені для виконання виділених функцій, пов'язаних із забезпеченням можливості експлуатації судна, управління судном і його обладнанням. Технічний стан СТЗ встановлюється в залежності від величини макродефектів у вигляді тріщин, задирав, подряпин і т.п., а також зносу деталей у вигляді зміни лінійних розмірів, спотворень форми і взаємного розташування базових поверхонь і т.д.

Знос виникають від корозійних і ерозійних впливів (руйнування) на поверхні деталей, однак основна причина зношування деталей механізмів - тертя.

Розрізняють декілька видів руйнування деталей :

- утомлююче руйнування деталей, яке виникає від дії на них стискаючих, розтягуючих і крутячих зусиль, на металі воно проявляється у вигляді тріщин;

- руйнування від мікрорізання, що виникає при відповідній конфігурації контактуючого виступу або при наявності на поверхні тертя частинок абразиву;

- відділення частинок металу з поверхні внаслідок повторного деформування металу, що приводить до повторного деформування тонкого поверхневого шару, перенаклепу і розрушення;

- глибинні руйнування вириванням, що виникають при взаємному ковзанні поверхонь, в місцях контакту. Воно носить характер видирання або виколування матеріалу не за місцем спайки, а всередині під поверхнею;

- атомарний знос (що виникає при терті двох тіл) від градієнта температури, напруг і деформацій, коли атоми з кристалічної решітки однієї поверхні можуть дифузивати в іншу.

Взаємне розташування поверхонь деталей при експлуатації СТЗ змінюється внаслідок нерівномірного зносу, залишкових деформацій або аварійних пошкоджень. Це призводить до погіршення умов роботи деталей і вузлів, появи ударних навантажень, порушення умов змазування і т.п.

Фактичний технічний стан СТЗ, оцінюють за результатами дефектації або діагностування.

Корпус судна і його елементи (обшивка і настили суднових перекриттів, набір, закриття отворів і ін.) забезпечують міцність, остійність і непотоплюваність судна. Обсяг ремонтних робіт і термін служби елементів корпусу залежать від їх технічного стану. *Технічний стан корпусу* (корпусних конструкцій) - це сукупність параметрів, що визначають міцність, жорсткість і непроникність корпусу (корпусних конструкцій), схильних до зміни в процесі експлуатації.

Технічне обслуговування корпусних конструкцій забезпечують особи командного складу судна, призначені судновласником.

Кожному типу суден притаманні характерні конструкції, так звані "слабкі місця", які найбільш часто пошкоджуються. Слабкі місця конструкцій кожного судна (серії суден) встановлюються на основі досвіду його технічної експлуатації, результатів дефектації, обсягів виконуваного ремонту.

Тема 2. Експлуатаційна надійність суден та суднового обладнання.

Зміст та значення надійності. Основні поняття, номенклатура показників надійності. Оцінка надійності по даним експлуатації. Показники надійності судна і суднового обладнання. Шляхи підвищення надійності суден та їх елементів.

2.1. Зміст та значення надійності.

Безперервне ускладнення суднових технічних засобів при незмінній надійності комплектуючих елементів, вузлів і виробів неминує веде до зниження надійності суднових систем, пристроїв і суден в цілому. Вихід з ладу основного обладнання в силу специфічних умов експлуатації суден створює аварійну обстановку, а іноді викликає аварії з тяжкими наслідками, включаючи людські жертви. Морські транспортні судна тривалий час знаходяться далеко від берегових баз і не можуть розраховувати на своєчасну допомогу судноремонтних підприємств. Тому при недостатньому рівні надійності суднового устаткування для забезпечення безперервного працездатного стану судна передбачають резервування (дублювання) агрегатів, що ще більше ускладнює судову установку.

Безперервне збільшення кількості суден, їх розмірів і швидкості веде до зростання інтенсивності руху і вимагає підвищення безпеки плавання, що в значній мірі залежить від надійності всіх суднових технічних засобів. У цьому полягають технічні передумови виникнення проблеми надійності.

Важливість проблеми підвищення надійності підтверджується також економічними міркуваннями. Недостатній рівень надійності - це додаткові витрати, викликані аваріями і простоями суден, зниженням їх швидкості і

збільшенням часу вантажних операцій, а також додаткові витрати на ремонт і ТО обладнання. Збільшення міжремонтного періоду суден, скорочення чисельності суднових екіпажів (без збільшення напруженості праці) не можуть бути успішно реалізовані без істотного підвищення надійності всіх технічних засобів. У цьому полягають економічні передумови проблеми надійності.

Таким чином, проблема забезпечення необхідного рівня надійності суднового устаткування відноситься до числа проблем першочергової важливості.

Технічний прогрес висунув проблему надійності на перше місце і залежить від успішного її вирішення. Однак недостатньо розуміти значення надійності для підвищення техніко-економічної ефективності створення і використання технічних засобів. Необхідно вміти кількісно оцінювати рівень надійності, визначати кількісну залежність надійності від режимів використання та умов експлуатації.

Будь-яка галузь людських знань, щоб стати самостійною наукою, повинна оволодіти математичним апаратом. Для теорії надійності основу математичного апарату складають теорія ймовірностей і математична статистика. Теорія надійності є інструментом для вирішення багатьох практичних завдань, і зокрема задач оптимальної ТЕ. Як приклад розглянемо схему використання теорії надійності для вирішення практичних завдань ТЕ суднового устаткування.

1) Знаючи залежність показників надійності від режимів роботи і умов експлуатації, можна розрахувати характеристики надійності для різних можливих режимів плавання (експлуатації суден), отже, можна заздалегідь вжити заходів, що забезпечують досить високий рівень надійності навіть в найнесприятливіших умовах експлуатації.

2) Використовуючи показники безвідмовності і ремонтпридатності виробів, можна визначити оптимальну періодичність робіт по ТО, що дозволить підвищити рівень надійності при мінімальних витратах.

3) Знаючи показники довговічності, безвідмовності елементів і умови поповнення запасів, можна розрахувати оптимальну кількість СЗЧ, що дозволить уникнути затоварення і простою обладнання (суден) через брак будь-яких деталей або вузлів.

Використовуючи експлуатаційні дані про надійність суднового устаткування, фахівці морської індустрії кваліфіковано оцінюють технічний стан суден, планують ремонт конкретних видів техніки, а науково-дослідні та проектно-конструкторські організації морського транспорту розробляють системи і методи ТО суден, забезпечують використання на судах найбільш надійного обладнання.

2.2. Основні поняття, номенклатура показників надійності. Оцінка надійності по даним експлуатації. Показники надійності судна і суднового обладнання.

Надійність є однією із складових властивостей якості об'єкта. У свою чергу, надійність можна розглядати як складову властивість, що включає в себе кілька властивостей: безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збереженість.

Таблиця 2.1- Опис властивостей надійності технічних об'єктів [ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення.— К.: Держстандарт України, 1994.— 36 с..]

Властивість	Опис	Примітка
Безвідмовність	Властивість об'єкта виконувати потрібні функції в певних умовах протягом заданого інтервалу часу чи наробітку	
Довговічність	Властивість об'єкта виконувати потрібні функції до переходу у граничний стан при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту	
Ремонтотпридатність	Властивість об'єкта бути пристосованим до підтримання та відновлення стану, в якому він здатний виконувати потрібні функції за допомогою технічного обслуговування та ремонту	
Збережуваність	Властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції, під час і після зберігання та (чи) транспортування	
Готовність	Властивість об'єкта, бути здатним виконувати потрібні функції, в заданих умовах у будь-який час чи протягом заданого інтервалу часу за умови забезпечення необхідними зовнішніми ресурсами	1. Залежить від поєднання властивостей та забезпечення технічного обслуговування і ремонту. 2.Необхідні зовнішні ресурси, що не належать до ресурсів технічного обслуговування та ремонту, не впливають на властивість готовності об'єкта

Безвідмовність є основною складовою властивістю надійності, так як саме вона забезпечує виконання об'єктом своїх функцій. Цією властивістю об'єкт може мати в період його використання (роботи) і в період очікування, зберігання, транспортування.

Для відновлюваних об'єктів одним з основних властивостей є *ремонтпридатність*, яка може бути якісно оцінена наступними характеристиками:

- 1) можливість швидкого доступу до місця пошкодження;
- 2) доступність деталей і вузлів для огляду і ремонту;
- 3) наявність засобів для визначення місця і причини відмови, пошкодження (сигналізація про несправності, контрольні точки вимірів, маркування, можливість поділу вузлів, схем на ділянки і т. д.);
- 4) простота монтажу;
- 5) можливість і зручність регулювання окремих параметрів, що змінюються в процесі експлуатації;
- 6) можливість ремонту та обслуговування з мінімальними витратами часу, дефіцитних матеріалів, миючих засобів і т. д.
- 7) все зазначені вище характеристики ремонтпридатності можуть бути оцінені кількісно витратами часу і трудомісткістю робіт з відшукування і усунення відмов (пошкоджень), з проведення ТО і ремонту.

Надійність - це властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників (параметрів) в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, ТО, ремонту, зберігання і транспортування. Надійність - комплексна властивість, яка в залежності від призначення, конструктивних особливостей і умов експлуатації може включати безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість окремо, або певні поєднання цих властивостей як для об'єкта в цілому, так і для його частин. Так, для не ремонтуваних об'єктів надійність включає безвідмовність, довговічність і збереженість, а для об'єктів відновлюваних і ремонтуваних часто визначальним властивістю є ремонтпридатність, хоча для них характерна наявність всіх чотирьох складових властивостей надійності.

Наступна група понять, що відносяться до надійності, містить такі події, як пошкодження і відмова, які знаходяться між собою в такому ж співвідношенні, як справність і працездатність. Пошкодження може бути істотним (значним) і бути причиною порушення працездатності, тощо. Деякі відмови об'єктів не пов'язані з їх ушкодженнями. Наприклад, неправильні дії обслуговуючого персоналу можуть призвести до неспрацювання деяких органів управління установкою, і в результаті порушується її працездатність, виникає відмова, хоча ніяких пошкоджень при цьому не було.

Необхідно розрізняти відмови виробів, об'єктів і відмови складових частин (вузлів, блоків, деталей). Одна і та ж подія - пошкодження може бути відмовою для складової частини і не викликати відмови об'єкта в цілому.

Якісне визначення надійності не дозволяє виміряти надійність. Тим часом для вирішення практичних завдань забезпечення і підвищення надійності необхідно мати можливість кількісно оцінити рівень надійності конкретних об'єктів. Тільки кількісна оцінка надійності дозволяє задавати конкретні вимоги і норми надійності розроблених нових виробів; проводити

розрахунок надійності при проектуванні; порівнювати по надійності різні елементи (об'єкти) і на цій основі вибирати кращі, найбільш надійні вироби, проектні і конструкторські рішення; розраховувати терміни служби і ресурси елементів і визначати необхідну кількість запасних частин; визначати періодичність ТО і планувати ремонт.

Відмова та відновлення - два протилежних випадкових події, які можуть бути охарактеризовані відповідними випадковими величинами. Як випадкових величин можна розглядати напрацювання до відмови (між відмовами), тривалість і трудомісткість відновлення, а також число відмов, що виникли за фіксований проміжок часу.

Найбільш повною характеристикою будь-якої випадкової величини є закон розподілу, тобто співвідношення, що встановлює зв'язок між можливими значеннями випадкової величини і відповідними їм ймовірностями. У теорії надійності найбільш часто в якості випадкових величин розглядаються час і кількість відмов. Якщо, наприклад, T - час безвідмовної роботи об'єкта, то функцією розподілу випадкової величини T називається функція виду:

$$Q(t) = P \{T < t\}, \quad (2.1)$$

де: $P \{T < t\}$, вірогідність того, що час T до виникнення даної відмови буде менше заданого проміжку часу t , тобто $Q(t)$ - вірогідність відмови об'єкту за час t .

Похідна від функції $Q(t)$ називається щільністю вірогідності відмови, або щільністю розподілу:

$$f(t) = Q'(t) = dq / dt \quad (2.2)$$

Графік щільності розподілу найбільш повно характеризує закон розподілу; великі значення $f(t)$ відповідають моментам часу, в яких більш часто виникають відмови.

Кожен закон розподілу випадкових величин характеризується певним співвідношенням основних параметрів, з яких найбільший інтерес представляють математичне очікування як характеристика стану центру групування випадкових величин і дисперсія як характеристика їх розсіювання.

Знання законів розподілу випадкових величин необхідно для правильного вибору математичного апарату при обробці даних про відмови та ремонтах. Воно дозволяє з більшою точністю визначати і прогнозувати час безвідмовної роботи об'єкта, необхідну кількість запасних частин на заданий період експлуатації і т.д.

У ряді випадків необхідно знати основні параметри законів розподілу, які використовуються для визначення показників надійності. Точкові значення основних генеральних характеристик можуть бути оцінені за дослідними, вибірковими (експлуатаційним) даними з використанням формул математичної статистики. Так, оцінкою математичного чекання є статистичне середнє $\bar{t}$:

$$\bar{t} = 1 / n \sum t_i, \quad (2.3)$$

де: t_i - значення даної випадкової величини;

n - кількість значень випадкової величини у вибірці.

Для оцінки надійності об'єктів використовуються показники надійності,

тобто кількісні характеристики одного або декількох властивостей, складових надійності об'єкту.

В судноплавстві проводились статистичні методи обліку відмов суднових технічних засобів, надавались методики для розрахунку показників характеристики надійності.

Показники надійності можна розділити на дві групи: одиничні і комплексні. При цьому одиничний показник надійності відноситься до однієї з властивостей надійності об'єкта (наприклад, безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності), а комплексний показник надійності характеризує одночасно кілька властивостей, складових надійності об'єкта (наприклад, коефіцієнт готовності - комплексний показник, що характеризує одночасно безвідмовність і ремонтпридатність об'єкта).

У ряді випадків необхідно знати основні параметри законів розподілу, які використовуються для визначення показників надійності. Точкові значення основних генеральних характеристик можуть бути оцінені за дослідними, вибірковими (експлуатаційним) даними з використанням формул математичної статистики. Так, оцінкою математичного чекання є статистичне середнє t^- :

$$t^- = 1 / n \sum t_i, \quad (2.4)$$

де: t_i - значення даної випадкової величини;

n - кількість значень випадкової величини у вибірці.

Для оцінки надійності об'єктів використовуються показники надійності, тобто кількісні характеристики одного або декількох властивостей, складових надійності об'єкту.

В судноплавстві проводились статистичні методи обліку відмов суднових технічних засобів, в тому числі і засобів для бункерування, надавались методики для розрахунку показників характеристики надійності.

Показники надійності можна розділити на дві групи: одиничні, комплексні.

При цьому одиничний показник надійності відноситься до однієї з властивостей надійності об'єкту (наприклад, безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності), а комплексний показник надійності характеризує одночасно декілька властивостей, складових надійності об'єкту (наприклад, коефіцієнт готовності - комплексний показник, що характеризує одночасно безвідмовність і ремонтпридатність об'єкту), використовуючи терміни і визначення стандартів. В судноплавстві проводились статистичні методи обліку відмов суднових технічних засобів, тому надавались методики для розрахунку показників характеристики надійності.

Вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$, як показник надійності, може застосовуватися і для відновлюваних об'єктів. Проте, в цьому випадку він характеризує безвідмовність об'єкту з врахуванням системи планового технічного обслуговування (ТО) або розглядається вірогідність безвідмовної роботи за період між черговим ТО. Перераховані вище показники

безвідмовності характеризують *абсолютний рівень надійності* конкретних об'єктів.

Таблиця 2.2-Показники безвідмовності:

Назва показника	Математичний опис	Основні характеристики
1.Інтенсивність відмов, $\lambda(t)$	$\lambda(t) = [N(t) - N(t+\Delta t)] / \Delta t N(t)$, де: $N(t)$ и $N(t+\Delta t)$ - кількість працездатних об'єктів в моменти часу t и $t+\Delta t$ відповідно.	За величину, що характеризує ступінь надійності об'єкта в кожен даний момент, приймають відношення числа об'єктів, які відмовили в одиницю часу, до числа об'єктів, працездатних до даного моменту часу.
2 Вірогідність безвідмовної роботи $P(t)$	$P(t) = N(t) / n$.	Відношення числа $N(t)$ об'єктів, що справно працювали до моменту t , до загальної кількості n об'єктів, спочатку поставлених під нагляд:
3 Середнє напрацювання до вімови $T1$	$T1 = 1 / \lambda$.	Математичне очікування напрацювання об'єкта до першої відмови
4 Параметр потоку відмов $\omega(t)$	$\omega(t) = m(\Delta t) / N \Delta t$, де: $m(\Delta t)$ - кількість відмов за проміжок часу Δt ; N – загальна кількість об'єктів під наглядом.	Середня кількість відмов відновлюваного об'єкта в одиницю часу, взяте для розглянутого моменту часу t :
5 Напрацювання на відмову	$T0 = t / M(m)$. При експоненційному розподілі напрацювання між відмовами $T0 = 1 / \omega$.	Відношення напрацювання відновлюваного об'єкта до математичного сподівання числа його відмов протягом цього напрацювання

Поряд з цим для визначення найменш надійних елементів складних об'єктів, для виділення найчастіших видів відмов, що часто зустрічаються, застосовуються показники **відносної безвідмовності** - коефіцієнти відмов, які показують долю відмов елементів певного типу в загальному потоці відмов об'єкту (системи, складного виробу) або долю відмов певного вигляду (характеру) в загальній кількості відмов об'єкту.

Вибір номенклатури показників надійності і, зокрема, безвідмовності для конкретних об'єктів, виробляється виходячи з їх функціонального призначення, конструктивного виконання, наслідків відмов. Для об'єктів, відмова яких

приводить до матеріальних втрат, нормується середнє напрацювання повністю або напрацювання на відмову (відповідно для невідновних і відновлюваних об'єктів). Для комплектуючих елементів основним показником є інтенсивність відмов або параметр потоку відмов.

Для процесу бункерування суден необхідно застосовувати абсолютний рівень надійності.

Показники довговічності (longevity). Показники довговічності можуть бути розбиті на дві групи - технічні ресурси і терміни служби.

Технічний ресурс - напрацювання об'єкту від початку експлуатації або її відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану. Термін служби — календарна тривалість експлуатації об'єкту від початку експлуатації або її відновлення після капітального ремонту до настання граничного стану.

У таблиці 2.3 приведена класифікація показників довговічності.

Таблиця 2.3 Класифікація показників довговічності.

Ресурс (строк служби)	
За методом визначення	За граничним станом
Середній	До заводського ремонту
Гама-відсотковий	До капітального ремонту
Медіанний	Міжремонтний
Призначений	До списання

Середній ресурс (термін служби) - математичне очікування ресурсу (терміну служби). Знаючи значення ресурсу окремих об'єктів, можна визначити середній ресурс.

Гамма-процентний ресурс - напрацювання, протягом якого об'єкт не досягає граничного стану із заданою вірогідністю γ (гамма) відсотків, або гамма-процентний - це такий ресурс, який мають або перевищують в середньому обумовлене число γ (гамма) відсотків об'єктів. Гамма-процентний ресурс визначається з рівняння:

$$1 - F_{pc}(t) = \gamma / 100, \quad (2.5)$$

де: $F_{pc}(t)$ - функція розподілу ресурсу.

Якщо $\gamma=90\%$, то відповідний ресурс називається дев'яностопроцентним; при $\gamma = 50\%$ гамма-процентний ресурс називається медіанним. Істотною перевагою гамма-процентних показників є можливість їх оцінки і перевірки при значно меншому об'ємі статистичних даних. *Призначений ресурс* - сумарне напрацювання об'єкту, при якому експлуатація має бути припинена незалежно від його стану. Користуючись таблицею 3, можна скласти найменування будь-якого показника довговічності. Наприклад, середній ресурс до списання — середній ресурс об'єкту від початку експлуатації до його списання, обумовленого граничним станом. Вибір показників довговічності для конкретних об'єктів здійснюється з врахуванням режимів роботи, схеми експлуатаційного циклу, а також можливості перевірки показників за даними

випробувань або експлуатації. Наприклад, для об'єктів, що працюють в тривалому режимі (насоси, що охолоджують, вентилятори і тому подібне), використовуються ресурси до капітального ремонту і до списання; для об'єктів короткочасного режиму (брашпілі, шпилі, шлюпочні лебідки і тому подібне) доцільніше оцінювати терміни служби до капітального ремонту і до списання, а також ресурс до списання.

Показники ремонтпридатності. Показники ремонтпридатності можуть бути умовно розділені на показники відновлення працездатності після відмов і показники ТЕ і ремонту. Процес відновлення працездатності характеризується випадковою величиною часу відновлення T_{bi} , тобто часу, необхідного для відшукування і усунення однієї відмови. З ним пов'язані показники ремонтпридатності. Вірогідність відновлення $V(tb)$ в заданий час – вірогідність того, що час відновлення працездатності об'єкту не перевищить заданого часу t_b :

$$V_{(tb)} = P\{T_{bi} < t_b\} \quad (2.6)$$

Найбільш наочними і поширеними показниками ремонтпридатності є: середній час відновлення $\overline{T_b}$ – математичне чекання часу відновлення працездатності, середня трудомісткість відновлення $\overline{H_b}$ – математичне чекання трудомісткості відновлення працездатності. Поряд з цим застосовуються показники ремонтпридатності, що характеризують ТЕ і ремонт:

- середній час одного ТЕ даного вигляду;
- середній час одного ремонту (середнього, капітального);
- середня трудомісткість

Комплексні показники надійності.

Розглянуті вище одиничні показники надійності, даючи кількісну оцінку рівню окремих властивостей, не дозволяють, проте, виробляти порівняння надійності об'єктів комплексно по всіх властивостях. В одних об'єктів можуть виявитися вищими показники безвідмовності, але нижчими показники довговічності і ремонтпридатності, або навпаки. У зв'язку з цим виникає необхідність введення таких показників, які враховували б спільний вплив декілька складових властивостей надійності. В даний час застосовуються комплексні показники надійності, що враховують спільний вплив безвідмовності і ремонтпридатності.

Коефіцієнт готовності – вірогідність того, що об'єкт виявиться працездатним в довільний момент часу, окрім планованих періодів, протягом яких використання об'єкту за призначенням не передбачено:

$$k_g = T_0 / (T_0 + \overline{T_b}). \quad (2.7)$$

Коефіцієнт технічного використання – відношення часу перебування об'єкту в працездатному стані t_{np} за деякий період експлуатації до суми часу працездатного стану і простоїв, обумовлених ТЕ t_{mo} і ремонтами $t_b + t_{рем}$ за той же період експлуатації:

$$k_{me} = t_{np} / (t_{np} + t_{mo} + t_b + t_{рем}) \quad (2.8)$$

Коефіцієнти k_e і k_{me} застосовуються для оцінки надійності агрегатів, машин, механізмів, пристроїв і суден в цілому.

Оцінка надійності за даними експлуатації.

Існує два способи дослідної оцінки кількісних характеристик надійності [3]: за результатами спеціальних випробувань на надійність і за результатами спостережень за роботою об'єкту в реальних умовах експлуатації. Ці обидва способи мають свої переваги та недоліки. Проведення випробувань на надійність пов'язане з великими труднощами імітації зовнішніх умов і режимів роботи, з великою вартістю організації і проведення випробувань, а часто і з неможливістю їх проведення з різних причин. Проте при таких випробуваннях можливо отримати найбільш повні і різносторонні дані про надійність технічних об'єктів. При другому способі вартість робіт за оцінкою надійності значно нижча, ніж при першому, за рахунок того, що не вимагається імітація умов експлуатації і режимів роботи, не потрібно перераховувати показники надійності з лабораторних умов на експлуатаційні. Показники надійності, отримані на основі експлуатаційної інформації, мають часом вирішальне значення, особливо для складних об'єктів з великим терміном служби, для яких доки немає перевірених способів визначати показники надійності іншим шляхом. При оцінці показників надійності судового устаткування зокрема, призначеного для бункерування, за даними експлуатації необхідно враховувати наступні особливості:

- кількість суден і судових технічних засобів, з яких поступає інформація про надійність в процесі бункерування, може змінюватися;

- по судовим експлуатаційним документам для більшої частини устаткування можна встановити лише загальну кількість відмов за певний період експлуатації, але не проміжки часу між відмовами.

Прагнення отримати оцінку надійності в можливо короткий термін призводить до того, що визначення показників відбувається при обмеженій, а часом незначній кількості вихідної інформації. Отже основна властивість статистичних оцінок: чим менша кількість даних використана при визначенні показника, тим нижче точність оцінки при заданому рівні достовірності. Точність вибірових оцінок показників надійності визначається за допомогою довірчих інтервалів.

Об'єктивна необхідність безперервного підвищення надійності технічних засобів стимулює вивчення фактичного рівня надійності устаткування, вживаного на судах, і використання отриманих результатів для розробки організаційних і технічних заходів, спрямованих на усунення виявлених конструктивних недоліків, причин відмов, на вдосконалення системи ТО.

2.3. Шляхи підвищення надійності суден та їх елементів.

Об'єктивна необхідність безперервного підвищення надійності суден і судових технічних засобів стимулює вивчення фактичного рівня надійності обладнання, що застосовується на судах, і використання одержаних результатів для розробки організаційних і технічних заходів, спрямованих на

усунення виявлених конструктивних недоліків, причин відмов, на вдосконалення системи ПЕ.

Безвідмовність. Найбільш докладно досліджені до теперішнього часу показники безвідмовності як основної властивості надійності, що забезпечує безперебійну експлуатацію суден.

Головні малооборотні двигуни. Найбільш характерним показником надійності головного двигуна є напрацювання на одну вимушену зупинку судна в морі. Для сучасних теплоходів цей показник змінюється від 330 до 645 год. при тривалості стоянки 70+137 хв. Найменш надійними вузлами головних двигунів є циліндро-поршнева група (ЦПГ) ($\kappa_0 = 25\%$) та паливна апаратура ($\kappa_0 = 30\%$). Час безвідмовної роботи багатьох деталей (поршні, циліндрові втулки, підшипники тощо) узгоджується з законом гамма-розподілу.

Допоміжні механізми енергетичної установки. В таблиці 2.2 наведені значення середнього часу безвідмовної експлуатації деяких допоміжних механізмів.

Таблиця 2.2-Середній час безвідмовної експлуатації деяких допоміжних механізмів

Найменування механізму	Те, тис. год.	Найменш надійні елементи і їх коефіцієнти відмов, $\kappa_0, \%$
Компресори пускового повітря	5 ÷ 9	Клапани 50-90; ЦПГЗ - 1 4 ; підшипники 2-14
Насоси відцентрові	10÷26	Ущільнення 40 - 70; підшипники 12 - 30; вали 10-30; робочі колеса 3-16
Насоси поршневі	8÷13	Кільця поршневі 10-37; клапани 29 - 62; підшипники 5; сальники 7-17
Відцентрові сепаратори	13÷28	Прокладки барабана 10 - 29; черв'ячні передачі 11 - 26; муфти 10 - 30; підшипники 5 - 28

Електрообладнання. В перші півтора-два роки експлуатації спостерігається підвищена в 2 - 3 рази частота відмов (параметр потоку відмов λ); після зазначеного періоду припрацювання значення (λ) стабілізується навколо встановленого значення $\lambda_{уст.}$. Ця закономірність характерна для всіх видів електрообладнання. Кількість відмов за рівні проміжки часу, як правило, узгоджується з законом Пуассона. З усіх відмов електрообладнання відмови кабелів та арматури мережі освітлення складають (у відсотках): 40 - 50, апаратури електроприводів 25 - 40, електродвигунів 5 - 8, електронагрівальних приладів 5 - 8 , розподільних пристроїв 2 - 6, силових кабелів 2 - 4 , джерел електроенергії 1 - 2 .

Засоби автоматизації. Численні дослідження показали, що час безвідмовної експлуатації систем і засобів автоматизації розподілено за

експоненціальним законом. Враховуючи відмінності в складності і конструктивному виконанні елементів і схем автоматики, різний рівень якості вихідних матеріалів і виконання, не представляється можливим дати узагальнену оцінку безвідмовності систем і засобів автоматизації. Можна лише навести приклади з конкретних систем. Так, час безвідмовної експлуатації Те систем ДАУ і САУ суден типу «Новгород» становить (в годинах):

- для системи ДАУ головного двигуна - 690,
- системи централізованого контролю - 540,
- ДАУ допоміжних двигунів - 4600,
- САУ насосів головного двигуна - 2200,
- САУ компресорів - 17 280,
- САУ і контролю сепараторів - 2420,
- ДАУ клапанами паливної і баластної систем - 4600,
- САУ допоміжного котла - 6280,
- системи авторегулювання температури охолоджуючої заборотної води - 2200,
- САУ кермом - 6050.

Гребні гвинти і валопроводи. Гребні гвинти, як правило, є об'єктами, не відновлюваними в судових умовах. Тому показник безвідмовності (середнє напрацювання до відмови) збігається з показником довговічності - ресурс до капітального ремонту або заміни (списання). За даними обстеження 360 торгових суден і великої кількості військових кораблів США, для 50% суден капітальний ремонт гребних гвинтів, виготовлених з марганцевистої бронзи, знадобився через 10 років експлуатації і раніше, а 35% гвинтів були замінені в перші 5 років. Відмови гребних валів відбуваються, як правило, внаслідок розвитку втоми. Згідно з результатами обстежень морських суден, більше 30% всіх валів мали термін служби до 3 років і лише 13% - від 9 до 12 років.

Довговічність. Визначення показників довговічності судових технічних засобів досвідченим шляхом представляє найбільш складне завдання, оскільки для багатьох судових систем, машин і механізмів термін служби складає 10 і більше років, протягом яких відбуваються суттєві зміни в конструкції і технології виготовлення нових виробів аналогічного призначення. Тому для таких агрегатів і механізмів терміни служби уста-новлюють виходячи зі схеми ПЕ судна з урахуванням досвіду експлуатації аналогічних виробів попередніх випусків. Нормовані показники при проектуванні забезпечуються відповідними розрахунками міцності.

У більшості випадків термін служби основних агрегатів і механізмів приймається рівним нормативному терміну служби судна (20 - 25 років) або терміну служби до великого ремонту судна,

У той же час для ряду елементів судна термін служби встановлюється, спираючись на середній швидкості (інтенсивності) спрацювання або корозії, гранично допустимому зносі.

Середній термін служби судових трубопроводів становить від 5,7 до 9 років; менші значення — для сталевих оцинкованих і мідних труб в

загальносуднових і санітарних системах. Виняток складають сталеві труби з гумовими покриттями і поліхлорвінілові труби, розрахунковий термін служби яких значно вище. Середній термін служби, років, до капітального ремонту суднових механізмів і пристроїв становить: люкові закриття та їх приводи - 8, донно-заборотної арматури - 8, вантажні стріли та блоки -6-10, гребні гвинти - 6-10, насоси - 8, вентилятори - 10, рульові машини 9, крани, лебідки вантажні -10-14, випарники - 4, опріснювачі, водонагрівачі, маслоохолоджувач - 8.

Ремонтопридатність. Характерним показником ремонтпридатності СЕУ і, зокрема, головного двигуна, є середній час простою судна під час вимушеної зупинки в морі, рівний 1 -2,5 год, який може розглядатися як середній час відновлення T_v .

При оцінці надійності двигунів широко застосовується в якості показника ремонтпридатності трудомісткість одного ТО основних вузлів дизеля.

Для деяких допоміжних механізмів усунення відмов деталей і вузлів поєднується у часі з ТО (перебіркою) усього механізму. Трудомісткість однієї перебирання H_{mol} , як показник ремонтпридатності, складає (чол-год):

10-30 для відцентрових насосів, 36 - 60 для компресорів пускового повітря, 14-29 для відцентрових сепараторів, 29 - 33 для поршневих насосів.

Для електрообладнання судна в цілому $\sim T_e = 3,9$ год, $\sim H_e = 5,6$ чол. год. При цьому найменші значення $T_e = 2,4$ год і $H_e = 3$ чол-год характерні апаратури для комутації, захисту та управління, а найбільші $T_e = 16$ год і $H_e = 22$ чол-год - для електродвигунів. Середній час відновлення апаратури автоматики складає 0,5 - 2 ч.

Комплексні показники надійності. Найбільш характерними комплексними показниками надійності судна в цілому є: коефіцієнт технічного використання κ_{mi} , питома трудомісткість ТО h_{mo} і ремонту h_p за рік, питома вартість ТО C_{mo} і ремонту C_p за рік експлуатації. Їх значення враховують безвідмовність, ремонтпридатність і довговічність складних систем, агрегатів та їх елементів. Оцінка техніко-економічної ефективності суден не може бути проведена без урахування зазначених вище показників надійності.

Таблиця 2.2- Комплексні показники надійності судна

Позначення показника	Одиниця вимірювання	Значення показника по типу судна			
		1	2	3	4
h_{mo}	Люд.-год.	42,2	58,5	49,0	71,2
C_{mo}	Грн.	84,4	97,1	94,0	144,1
h_p	Люд.-год.	24,4	22,2	20,8	44,3
C_p	Грн.	124,2	107,0	117,4	206,6
κ_{mi}		0,88	0,89	0,902	0,84

Для комплектуючого обладнання κ_{mi} і κ_e не є досить наочними показниками, так як їх значення зазвичай близькі до одиниці, а найбільш трудомісткий ремонт обладнання проводиться при заводському ремонті судна,

тривалість якого, як правило, визначається об'ємом корпусних робіт. Тому основним комплексним показником надійності комплектуючого обладнання є питома трудомісткість ТО, наведена до певного періоду експлуатації, напрацювання і т. д. (наприклад, за рік експлуатації, за 1000 год роботи, на 1 циліндр тощо), яка використовується при плануванні робіт суднових екіпажів і суднових ремонтних бригад. Цей показник застосовується для агрегатів, машин і механізмів в цілому, а також для їх вузлів, блоків та деталей.

За експлуатаційними даними трудомісткість головного двигуна за 1000 год роботи, складає (люд-год):

для двигуна 6RD-76 Зульцер - 84,

для 7ДКРН74/160 - 176,

для K8Z 70/120E Ман- 157.

Найбільш трудомісткими (в обслуговуванні) вузлами головних двигунів є: циліндро- поршнева група (20 - 43% загальної трудомісткості), кришки з клапанами (10 - 24%), паливна апаратура (13 - 35%), турбокомпресори (10 - 30%) і підшипники (10-17%).

Трудомісткість ТО допоміжних двигунів на один циліндр за 1000 год роботи складає (чол-год): 32,1 для двигуна ВАН-22; 39,3 для 25 МТВН-40; 33 для NVD-36 та 33 для ЧН 25/34.

Питома (річна) трудомісткість ТО допоміжних механізмів становить (чол- год): компресорів пускового повітря - 32 - 110, відцентрових насосів - 10 - 20, поршневих насосів - 20 - 35, сепараторів - 5 - 19. Річна трудомісткість ТО електрообладнання становить 2500 - 3500 чол. год.

Наведені вище комплексні показники надійності є середніми за період експлуатації до капітального ремонту або списання. В дійсності, під впливом багатьох факторів, що визначають обсяг і характер робіт з ТО і ремонту, строк служби судна можна розділити на чотири періоди.

Перший період - освоєння судна, виявлення і усунення будівельних дефектів - триває 1,5-2 роки і характеризується підвищеною потребою у ТО.

Другий період - з 3-го по 9-й рік служби - період стабільного та ефективного використання з найменшими трудовитратами на ТО і ремонт.

Третій період - з 10 до 20 років - характеризується зростаючим обсягом робіт.

Четвертий період - в наступні роки до списання - період найбільшої питомої трудомісткості.

Наведені показники фактичного рівня надійності сучасних суден та їх комплектуючого обладнання, природно, не є вичерпними. Тут не проведений аналіз факторів, що впливають на безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність об'єктів, не наведено рекомендації щодо підвищення надійності судового обладнання; такий аналіз і рекомендації носять індивідуальний характер.

Тема 3. Технічний нагляд за суднами.

Види та організація нагляду за суднами. Надзорна діяльність Регістру Судноплавства України. Кваліфікаційне посвідчення суден в експлуатації. Клас судна. Нагляд судовласника за технічним станом суден.

3.1 Види та організація нагляду за суднами.

З метою забезпечення безпеки плавання суден, охорони життя і здоров'я людей, збереження вантажу, що перевозиться і для запобігання забрудненню навколишнього середовища судна підлягають державному нагляду.

За суднами в період експлуатації здійснюються такі види контролю та нагляду:

- Технічний;
- Протипожежний;
- Санітарно-епідеміологічний;
- З охорони праці;
- Екологічний;
- У галузі зв'язку;
- По безпеці судноплавства.

За результатами наглядової та контрольної діяльності уповноважені органи видають на судно документи установленого зразка із зазначенням терміну їх дії.

Для спеціальних оглядів у зв'язку з аварійною ситуацією, що викликала забруднення водного середовища, капітан судна повинен викликати інспектора відповідного органу контролю і нагляду. При неможливості прибуття інспектора на судно за рішенням судовласника і капітана створюється комісія для розслідування аварійної ситуації, що сталася. Оформлені комісією акти та матеріали розслідування надаються у відповідні органи контролю та нагляду.

Огляд судна, технічних засобів інспектором органів контролю і нагляду проводиться в присутності особи, уповноваженої на це капітаном судна.

При незгоді судовласника з вимогами, пред'явленими органами контролю та нагляду, всі розбіжності вирішуються в вищестоячих органах або в арбітражному суді.

3.2 Надзорна діяльність Регістру Судноплавства України. Кваліфікаційне посвідчення суден в експлуатації. Клас судна.

Технічний контроль і нагляд.

Технічний нагляд за суднами здійснює **Регістр Судноплавства України**, який відповідно до діючих правил видає, подовжує з підтвердженням або відновлює відповідні документи:

1. Судно повинно мати такі основні судові документи:
 - 1) свідоцтво про право плавання під Державним прапором України;
 - 2) свідоцтво про право власності на судно;
 - 3) свідоцтво про придатність до плавання;
 - 4) пасажирське свідоцтво (для пасажирського судна);
 - 5) міряльне свідоцтво;
 - 6) свідоцтво про вантажну марку;

- 7) свідоцтво про запобігання забрудненню нафтою;
- 8) свідоцтво про запобігання забрудненню стічними водами;
- 9) свідоцтво про запобігання забрудненню сміттям;
- 10) ліцензія суднової радіостанції і радіожурнал (якщо судно має суднову радіостанцію);
- 11) суднова роль;
- 12) судновий журнал;
- 13) машинний журнал (для суден з механічним двигуном);
- 14) санітарний журнал;
- 15) журнал операцій зі стічними водами;
- 16) журнал операцій зі сміттям;
- 17) журнал нафтових операцій для суден, що не є нафтовими танкерами;
- 18) журнал нафтових операцій для нафтових танкерів;
- 19) суднове санітарне свідоцтво про право на плавання.

Регістром Судноплавства України розроблені Правила огляду суден в експлуатації (ПОСЕ) .

Спеціалізовані огляди, що проводяться у формі освідчення, мають цілями:

1. Оцінку технічного стану судна.
2. Призначення або підтвердження класу судна.
3. Призначення виду ремонту і оцінка його обсягу.

Регістр проводить наступні види оглядів:

1. Первісний
2. Черговий
3. Класифікаційний
4. Щорічний
5. Доковий
6. Позачерговий.

Первісний огляд проводиться після будівництва судна, після оновлення, переобладнання або ремонту, наслідком яких є зміна його типу і призначення, при перекласифікації судна, при прийомі на класифікаційний облік судна, що не має документів Регістру, в тому числі раніше знаходилися на обліку іншого класифікаційного органу. При первинному огляді перевіряється відповідність елементів судна проекту і правилам, виявляються їх конструктивні особливості і технічний стан для присвоєння судну класу і видачі судових документів Регістру.

Черговий огляд проводиться перед класифікаційним з метою визначення технічного стану елементів судна. За результатами чергового огляду пред'являють вимоги, після виконання яких може бути поновлено клас судна. Періодичність чергових оглядів (свідчень) визначається періодичністю класифікаційних.

Класифікаційний огляд проводиться після чергового на підготовленому до експлуатації судні з метою поновлення класу і оформлення нового

класифікаційного свідоцтва. Судновласник надає документи, що підтверджують обсяг і якість виконаних після чергового огляду робіт, результати вимірювань параметрів, акти про випробування елементів судна, сертифікати на замінені деталі. Судно пред'являється до класифікаційного огляду 1 раз в 5 років, починаючи від дати першого чи останнього класифікаційного огляду.

Щорічний огляд проводиться в період між класифікаційними оглядами, включає в себе контрольну перевірку технічного стану судна і має на меті встановити, що судно в достатній мірі підтверджує вимоги класу. Проводяться, переважно, зовнішні огляди елементів судна, виконуються перевірка в дії.

Доковому огляду підлягають всі судна змішаного плавання, а також судна внутрішнього плавання, які визнані придатними до експлуатації з обмеженнями, які передбачають зниження зовнішніх навантажень на корпус судна. Докове освідчення проводиться перед 3-м щорічним, після первісного або класифікаційного оглядів з таким розрахунком, щоб період між доковим і черговим оглядами не перевищував 36 місяців. Доковий огляд проводиться з метою виявлення ознак втрати загальної міцності, неприпустимих місцевих залишкових деформацій, порушень цілісності зовнішньої обшивки, донно-заборотної арматури.

Позачергове опосвідчення проводиться:

- після появи пошкоджень, без усунення яких не забезпечується безпека експлуатації судна;
- після усунення пошкоджень;
- у випадках виявлення дефектів, що загрожують безпеці плавання;
- з метою контрольної перевірки технічного стану експериментальних об'єктів;
- для перевірки готовності судна до разового переходу поза установленого району плавання, або при неспецифікаційному його завантаженні;
- при оновленні, модернізації, ремонті судна без зміни його типу і призначення;
- на прохання судновласника і т.д.

В обґрунтованих випадках Регістр може перенести терміни проведення огляду. Оцінка технічного стану судна при огляді виставляється окремо по основних елементів судна: корпусу, головному механізму і допоміжним, котлів та судин, що працюють під тиском, по електроустаткуванню та автоматизації. По кожному елементу встановлюється 1 з 3-х оцінок:

- придатний технічний стан;
- придатний з обмеженнями;
- непридатний.

Остаточна оцінка по судну в цілому приймається по найгіршій з оцінок, отриманих по всім елементам. Оцінка технічного стану визначається двічі: до і після ремонту. У першому випадку вона виводиться за результатами дефектації, у другому - за результатами ремонту.

Контроль за пожежною безпекою

Технічний нагляд за виконанням вимог національних і міжнародних нормативних актів до конструктивної протидії пожежного захисту, систем пожежогасіння, пожежної сигналізації, протипожежного обладнання та постачання здійснює Морський Регістр судноплавства, який здійснює огляд судна, його постачання і видає відповідні документи. Судно є об'єктом підвищеної пожежної небезпеки, так як для його руху використовується вогненебезпечне паливо, крім того, судно може бути використано для перевезення вогненебезпечних вантажів.

Аналіз статистичних даних причин аварій і загибелі суден показує, що велика кількість втрат тоннажу світового флоту відбувається через пожежі. Це свідчить про важливість нагляду за протипожежним станом суден. При цьому перевіряють дотримання на судні відповідних правил Реєстру, протипожежних правил перевезення вантажів і протипожежного режиму. Перевіряють обслуговування і догляд за протипожежним захистом судна, а також знання командиром обов'язків по боротьбі з пожежею. Для більш ефективного використання пожежної техніки на судні вона закріплюється за другим механіком (механізми, системи і пристрої) і за старшим помічником капітана (палубне пожежне обладнання).

Санітарно-епідеміологічний нагляд і контроль

Нагляд за загальним санітарним станом судів, устаткування, систем, а також за виконанням Санітарних правил і норм (Сан-Пін) на судні здійснюється органами Державного санітарно-епідеміологічного нагляду Міністерства охорони здоров'я України, які за результатами огляду видають відповідні документи, продовжують або підтверджують терміни їх дії. .

Нагляд за санітарним станом обумовлений тим, що судна морського флоту, відвідуючи різні країни, в короткі терміни переходять в різні кліматичні пояси і є домом для екіпажу, де він проводить всі 24 години на добу. При сучасних швидкостях судно з порту з температурою повітря -10 °C - 20 °C іноді потрапляє в тропічний клімат через кілька днів. З цих причин на судах морського флоту забезпечують постійне спостереження за роботою камбуза, водопостачання, освітлення, вентиляції, опалення, кондиціонування повітря. Старший помічник капітана здійснює нагляд за санітарним станом судна. Відповідно до існуючого стану всі судна, що знаходяться в експлуатації, кожні два роки (не рідше) проходять санітарний огляд, і при відсутності порушень санітарно-епідеміологічна служба видає на два роки санітарне свідоцтво на право плавання, без якого судно не може вийти в рейс.

Нагляд за санітарним станом суден здійснюють органи санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я басейнових, портових і лінійних санітарно-епідеміологічних станцій на водному транспорті, а при їх відсутності - відповідних обласних, міських і районних санітарно-епідеміологічних станцій місцевих органів охорони здоров'я.

Нагляд і контроль за охороною праці.

Нагляд і контроль за дотриманням на судах нормативних документів в

галузі охорони праці здійснюють Інспекція праці і судновласник. Крім того, контроль на судах здійснює технічний інспектор праці профспілки працівників водного транспорту. Результати нагляду, контролю та необхідні приписи заносяться в Єдину книгу огляду судна.

Цей нагляд обумовлений специфікою штормових умов в морі і вантажних операцій в портах. Весь командний склад судна (кожен по своєму завідуванню) є відповідальним за дотримання техніки безпеки і охорони праці. Відповідно до встановленого положенням нагляду за виконанням на судах Правил техніки безпеки і охорони праці здійснює Технічна інспекція. Адміністративний контроль здійснює компанія через відділи і служби.

Екологічний нагляд і контроль

Технічний нагляд за виконанням на судах вимог національних і міжнародних нормативних актів до судових механізмів і систем щодо запобігання забруднення навколишнього середовища здійснює Морський Регістр судноплавства.

Із суден забороняється скидання всіх видів відходів.

Забезпечення екологічної безпеки, запобігання забруднення з суден господарсько-побутовими і нафтомісткими водами, сміттям, нафтопродуктами і іншими речовинами, шкідливими для людей і водних біологічних ресурсів, є обов'язком судновласника.

Нагляд в галузі зв'язку

Для отримання права судна користуватися радіозв'язком, воно пред'являється інспектору Держзв'язокнагляду. За результатами нагляду на судно видається: для суден внутрішнього водного транспорту - дозвіл на користування радіозв'язком, а для суден змішаного (річка-море) плавання - ліцензія на судову радіостанцію.

Нагляд за безпекою судноплавства

Нагляд за безпекою судноплавства здійснює Державна служба морського і річкового транспорту України.

Кваліфікаційне посвідчення суден в експлуатації. Клас судна.

Процедура з сертифікації суден на відповідність вимогам Кодексу ОСПЗ проводиться Регістром судноплавства України. Визначається *клас судна* – сукупність умовних символів і словесних характеристик, що присвоюється суднам, іншим плавучим спорудам, а також морським стаціонарним платформам класифікаційним товариством, і характеризує їхні конструктивні особливості, призначення й умови експлуатації, визначені правилами цього класифікаційного товариства.

3.3 Нагляд і контроль з боку судновласника

Судновласник здійснює контроль за технічним станом суден, виконанням на судах вимог цього Посібника, національних і міжнародних нормативних актів. Порядок і періодичність контролю встановлюється судновласником.

Контроль технічного стану суден судновласником рекомендується проводити шляхом проведення інспекторських оглядів спеціальними

комісіями. При проведенні інспекторського огляду оцінюється також робота суднового екіпажу за підтримання судна в справному технічному стані і належному виді.

Порядок проведення інспекторських оглядів, їх періодичність, обсяги огляду і склад комісії затверджуються судовласником.

Тема 4. Стратегія і методи забезпечення працездатного стану засобів водного транспорту. Організація технічного менеджменту підприємств водного транспорту.

Моніторинг технічного стану судна. Підготовка, організація, проведення та контроль ремонту судна. Організація технічного менеджменту судноплавних компаній. Корпоративні автоматизовані системи технічного менеджменту.

4.1 Моніторинг технічного стану судна.

При постійному моніторингу стану і прогнозування розвитку несправностей в складних технічних системах можливе підвищення ефективності при їх експлуатації. Контроль стану складної технічної системи складається з декількох етапів: виявлення відхилення; виявлення несправностей та їх причин; прогнозування розвитку несправностей; прийняття рекомендацій по коригувальним діям; аналіз стану після зупинки технічної системи.

На рисунку 4.1 представлена концептуальна модель комплексної системи управління технічного обслуговування і ремонту механізмів.

Попередній етап включає в себе 3 стадії, які проводяться для СТЗ один раз і більше не повторюються, за весь термін служби.

Етап аналізу несправностей полягає у визначенні та аналізі умов і факторів, які призводять або можуть призвести до виникнення повної або часткової втрати функцій, зниження ефективності роботи технічної системи, погіршення безпеки або інших важливих властивостей, які в наслідку призводять до ТО і Р механізму.

Етап визначення діагностичних параметрів.

Діагностичний параметр – параметр (ознака) об'єкта діагностування, встановлений для визначення його технічного стану. До діагностичних параметрах можуть бути віднесені потужність, тиск, шум, вібрація, подача (напір) та ін.

Несправність легше (дешевше та простіше) виявити на моменті її зародження, а не шукати причину повної відмови технічної системи, тому зупинимось більш докладніше на етапах діагностування і прогнозування стану технічних систем.

Для кожної відмови необхідно визначити спосіб її виявлення і засоби, які можуть бути застосовані для діагностики. Діагностика може бути проведена за допомогою технічних засобів, автоматично (вбудоване тестування) або шляхом

введення спеціальної процедури контролю до початку роботи системи або механізму, а також, при технічному обслуговуванні.

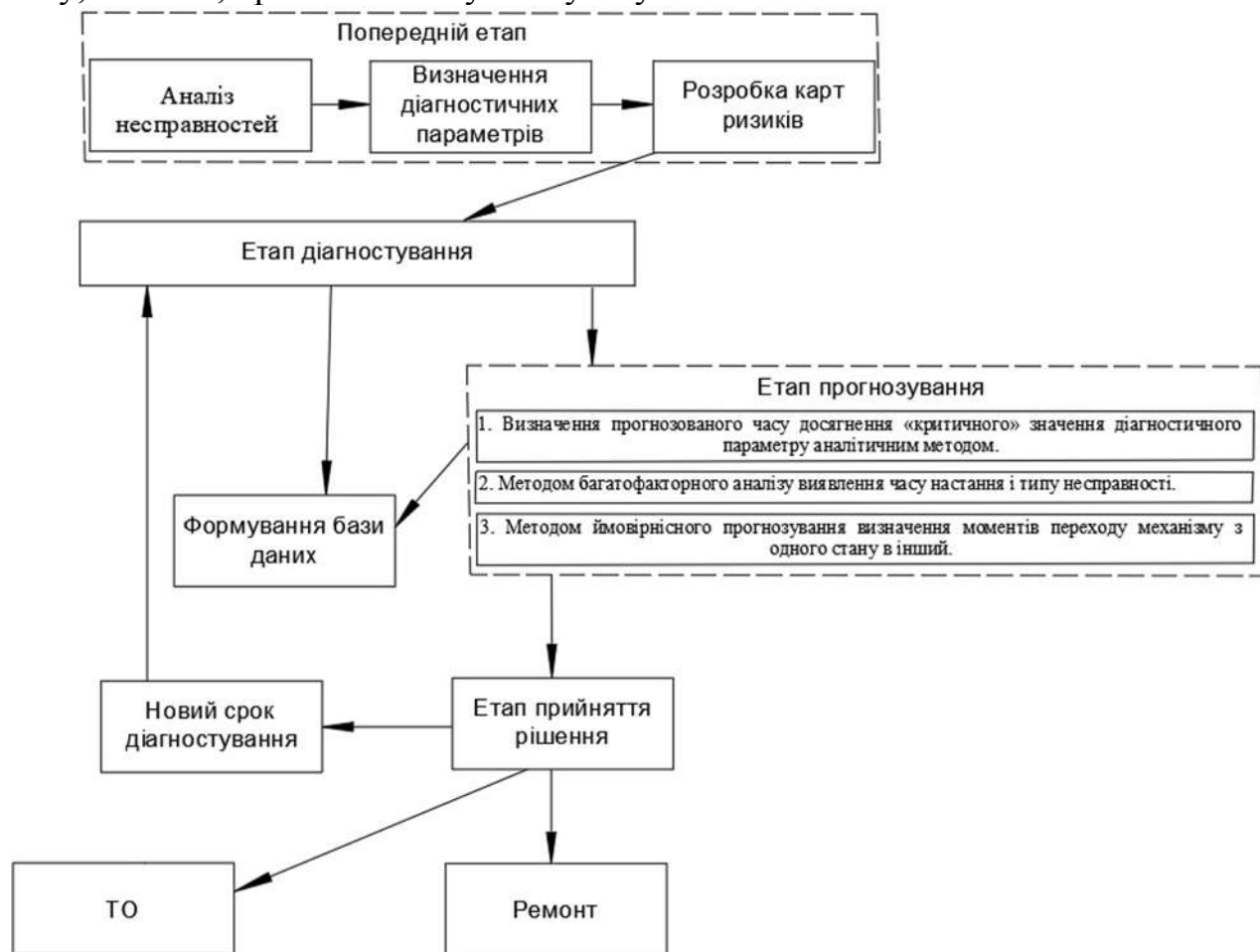


Рисунок 4.1 – Концептуальна модель системи ТОiP СТЗ

Види відмов повинні бути проаналізовані і перераховані.

Тяжкість відмови є оцінкою значущості впливу наслідків виду відмови на функціонування об'єкту.

В процесі експлуатації об'єктів діагностування, як правило, не представляється можливим пряме вимірювання структурних параметрів. Тому доводиться використовувати діагностичні параметри, за допомогою яких побічно визначаються структурні параметри, а по ним і категорія технічного стану об'єкта.

Діагностичні параметри приймаються з числа параметрів, що описують об'єкт діагностування. Це вхідні, вихідні та внутрішні параметри.

Вхідні параметри – це зовнішні умови і дії, що управляють (положення органів управління, характер подачі палива, робочих і допоміжних середовищ).

Вихідні параметри (реакції):

а) параметри, що показують поведінку об'єкта (що характеризують основні задані функції - потужність, частота обертання, подача та ін.;

б) параметри різних середовищ (випускні гази, що охолоджує вода, масло, конденсат і т. і.) на виході з об'єкта;

в) параметри фізичних полів, що виникають навколо (на поверхні) об'єкта діагностування – віброакустичні, теплові, магнітні, акустична емісія, люмінесценція і ін.

Внутрішні параметри:

а) параметри, що характеризують робочі процеси, що відбуваються всередині об'єкта діагностування;

б) структурні параметри, тобто, параметри, що визначають структуру об'єкта (розміри деталей об'єкту, зазори, суцільність та ін.).

Вплив вхідних параметрів при визначенні технічного стану об'єктів повинно бути виключено за допомогою приведення вихідних і внутрішніх параметрів до стандартних умов.

При виборі діагностичних параметрів слід враховувати той факт, що не всі вихідні параметри (реакції) можуть бути використані для визначення структурних параметрів.

Прогнозування стану технічних систем є одним з важливих дій, результати якого в подальшому допоможуть діагностувати працездатність технічної системи і виявити ризики її відмови.

Відмови технічної системи можуть бути виявлені шляхом дослідження певних функцій, взятих з вимірів і порівняння їх з відомими порогами прийнятної поведінки. Здатність до виявлення та зносостійкість різних відмов складних технічних систем залежать від природи експерименту і доступності вимірювань.

Вид відмови може привести до припинення виконання первинних функцій системи і викликає важкі ушкодження системи та навколишнього середовища і / або загибель і важкі травми людей

Вид відмови може привести до припинення виконання первинних функцій системи і викликає значне пошкодження системи і навколишнього середовища, але не є серйозною загрозою життю або здоров'ю людей

Вид відмови може значно погіршити виконання первинних функцій системи і викликає незначне пошкодження системи, але не представляє загрози для навколишнього середовища або життя людей

Вид відмови, що може погіршити виконання функцій системи без помітного ушкодження системи або загрози життю або здоров'ю людей

Вид відмови, який може погіршити виконання функцій системи, але не викликає пошкоджень системи і не створює загрози життю і здоров'ю людей.

Вид відмови може привести до припинення виконання первинних функцій системи і викликає важкі ушкодження системи та навколишнього середовища і / або загибель і важкі травми людей

Вид відмови може привести до припинення виконання первинних функцій системи і викликає значне пошкодження системи і навколишнього середовища, але не є серйозною загрозою життю або здоров'ю людей

Вид відмови може значно погіршити виконання первинних функцій системи і викликає незначне пошкодження системи, але не представляє загрози для навколишнього середовища або життя людей

Вид відмови, що може погіршити виконання функцій системи без помітного ушкодження системи або загрози життю або здоров'ю людей

Вид відмови, який може погіршити виконання функцій системи, але не викликає пошкоджень системи і не створює загрози життю і здоров'ю людей

Розуміння фізичних процесів, що лежать в основі несправностей різних видів, а також збір даних, пов'язаних з попереднім застосуванням машини, її технічним обслуговуванням, результатами контролю, періодом безвідмовної роботи, характером роботи машини в різних умовах при різних показниках продуктивності необхідні для прогнозування розвитку несправності.

Прогноз чи прогнозування має цінність тільки в заданих межах рівня довіри. Чим більші межі, тим менше значимість прогнозу, так як прийняте оператором рішення ґрунтується на прийнятному рівні ризику. Типова схема процедури контролю стану і побудови прогнозу включає в себе підетапи, які передбачають визначення рівнів довіри і процедуру підтвердження прогнозу.

Довірчий рівень (confidence level): Кількісний показник ступеня правильності діагнозу або прогнозу.

Дана величина відображає сумарний вплив джерел невизначеності на ступінь впевненості в точності діагнозу або прогнозу. Вона може бути розрахована за певним алгоритмом або являти собою вихідне значення автоматизованої системи діагностування (наприклад, нейронної мережі).

Рівень довіри є відображає у відсотках числову характеристику того, з яким ступенем визначеності можна стверджувати про правильність діагнозу або прогнозу.

Ця числова характеристика показує сумарний ефект впливу всіх джерел невизначеності на точність остаточного висновку. Вона може бути отримана як сума зважених невизначеностей від різних джерел або за певним (заданим) алгоритмом.

Процедура визначення рівня довіри включає в себе облік інформації, яка відноситься до різних параметрах механізму. До таких параметрів можна віднести: історію ТО механізму, конструкцію і характерні види відмов механізму, характеристика методів аналізу, граничні значення контрольованих параметрів, інтервали між вимірами, процедура і оцінка даних, процедура при постановці діагнозу і складання прогнозу, майбутніх навантажень і умов роботи механізму, і т. ін.

Можливість передбачати розвиток накопичень пошкоджень в машині при наявності заданих критеріїв контролю досягається методами одночасного аналізу великої кількості параметрів і застосовуваними в них моделями. [74]

Багатофакторний аналіз включає в себе одночасне використання відповідних даних однією системою моніторингу. Такий спосіб аналізу кращий при прогнозуванні стану технічної системи, оскільки дозволяє не тільки спостерігати окремі контрольовані параметри, але і зіставляти їх зміни.

Особливо це важливо, коли є підстави припускати взаємозв'язок між різними контрольованими параметрами технічної системи.

Для прогнозування майбутніх відмов технічної системи, перш за все, слід визначити критерії їх настання через що впливають фактори, приймаючи до уваги, що один і той же параметр може служити в якості впливаючого фактору для наступаючої відмови і використовуватися в якості ознаки зародження несправності, що приводить до майбутньої відмови. При цьому основна причина відмови даного виду може бути визначена через набір параметрів, значення яких прямо або побічно вказують на ступінь розвитку несправності.

Таким чином, прогноз зародження несправності (пошкодження) технічної системи, що веде до відмови певного виду, ґрунтується на встановленні критеріїв зародження несправності.

Результатом прогнозування є ймовірність настання тієї чи іншої несправності елемента технічної системи протягом заданого періоду часу.

Для більш наочного застосування методу багатфакторного аналізу приймемо за складну технічну систему відцентровий насос НЦВ 63 / 30.

Суднові відцентрові вертикальні насоси НЦВ застосовуються для перекачування морської і прісної води з температурою до + 85 °С, розсолу. Призначені для кораблів, суден, плавзасобів усіх класів, типів і призначень. Також насоси можуть застосовуватися в наземних установках без пред'явлення до них специфічних суднових вимог. Також насоси НЦВ можуть застосовуватися в наземних установках без пред'явлення до них специфічних

суднових вимог. Матеріал проточної частини: бронза; подача 63 м³ / год; натиск 30 м; потужність комплектуючого електродвигуна - 11 кВт.

4.2 Підготовка, організація, проведення та контроль ремонту судна.

Мета планування ремонту суден - визначити термін, обсяг і базу ремонту по кожному окремому судну. На підставі планів ремонту визначають бюджет ремонтного часу, обсяг ремонту в цілому за плановий період, величину експлуатаційного часу суден. Планування ремонту включає розробку перспективних планів ремонту.

Перспективний план ремонту суден, що розробляється компанією, є основним документом, що визначає обсяг робіт по ремонту, модернізації, переобладнання і дообладнання суден, накопичення обмінного фонду суднових механізмів і виготовлення СЗЧ. Він служить розрахунковою базою для визначення необхідних виробничих потужностей судноремонтних підприємств.

При розробці перспективних планів ремонту суден використовується наступна основна інформація: склад флоту, плани поповнення і списання суден; плани впровадження нової техніки, модернізації, переобладнання і дообладнання суден; відомості про технічний стан флоту; схеми і документація на ТО і ремонт суден.

Перспективні плани є основою для розробки річних планів ремонту.

Річний план-заявка на ремонт встановлює перелік суден, які підлягають ремонту і докування на планований рік, категорії, обсяг, терміни і бази ремонту. Він складається окремо по кожному підприємству, на якому будуть ремонтувати судно, на підставі перспективного плану ремонту, передбачених бюджетом коштів на ремонт і ремонтного часу транспортного флоту. При розробці річного плану-заявки враховують фактичний технічний стан суден, переглядають документацію на ТО, планові ціни на ремонт. Ремонт повинен виконуватися в обсязі, що забезпечує належний технічний стан суден на майбутній період до наступного планового ремонту.

Найважливішими питаннями планування ремонту є визначення планового обсягу і тривалості ремонту кожного судна. Обсяг ремонту визначається за плановими цінами на окремі види ремонту суден з урахуванням дійсного технічного стану, віку, необхідність виконання вимог органів нагляду, а також на підставі аналізу виконавчих калькуляцій попередніх заводських ремонтів.

Обсяг заводського ремонту може бути визначений також по аналітичному вираженню, що характеризує функціональну залежність питомої середньорічної трудомісткості заводського ремонту від вантажопідйомності судна, отриманої в результаті обробки фактичних даних методом кореляційного аналізу:

$$H_{ip} = (0.0098Di - 0,24 Di + 2,949) \kappa_n \kappa_i, \quad (4.1)$$

де: H_{ip} - питома середньорічна трудомісткість ремонту i - го судна, кошторисні годинни/т;

Di - планова вантажопідйомність i - го судна, тис. т;

κ_n - коефіцієнт перекладу нормо-годин на кошторисні години;

κ_i - коефіцієнт, що враховує поправку на вік i - го судна. Наведемо значення коефіцієнта κ_i в таблиці 3.1.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта κ_i

Вік судна, років	Значення κ_i - коефіцієнт, що враховує поправку на вік i - го судна
до 6	0,8
6-10	1,0
10-14	1,2
14-18	1,4
понад 18	1,3

Планові терміни ремонту судна і тривалість стоянки в доці встановлюють, виходячи із загального обсягу ремонту і норми середньодобової виробки за формулою:

$$Tp = Hp/\kappa \cdot h + t \cdot \partial, \quad (4.2)$$

де:

Tp - планова тривалість;

H_p - плановий обсяг заводського ремонту, включаючи роботи нульового етапу, а також роботи, що виконуються в період ремонту субпідрядниками і сторонніми організаціями безпосередньо на відремонтованому судні;

κ - поправочний коефіцієнт до норм середньодобової вироблення в залежності від потужності судноремонтного підприємства; $\kappa = 1-0,8$;

h - норма середньодобової вироблення при ремонті і докуванні суден;

δ - додатковий час на введення і виведення судна з доку, включаючи святкові дні, що припадають на період ремонту.

Норма середньодобового вироблення являє собою обсяг робіт в кошторисних годинах, який підприємство має виконати на даному судні протягом однієї доби.

Вона встановлюється в залежності від виробничого призначення суден (вантажопасажирські, суховантажні, наливні, криголами, буксири), від однієї з їх основних характеристик (водотоннажність, дедвейт, потужність головного двигуна), від виду ремонту (малий або великий), від технічного оснащення, що застосовується технології і досягнутого рівня продуктивності праці на підприємстві. У міру розвитку технічного прогресу в судноремонті і зростання продуктивності праці норми середньодобового вироблення періодично переглядаються.

Крім плану-заявки на ремонт, по кожному транспортному судну виконують розрахунок бюджету ремонтного часу:

$$\tau_p = \sum D_{\text{ч}} T_p, \quad (4.3)$$

де: τ_p - бюджет ремонтного часу, тис. тонна-доби ;

$D_{\text{ч}}$ - чиста вантажопідйомність судна, що ремонтується, тис.т.

Бюджет ремонтного часу обчислюється по кожному судну, кожній групі суден і в цілому по транспортному флоту в тисячах тоннажі-доби та у відсотках до загального календарному часу.

В процесі реалізації плану ремонту виникають неминучі відхилення часу по ремонту суден на судноремонтних підприємствах від запланованих термінів, позапланові постановки суден на ремонт, зняття суден з планового ремонту, зміна обсягів і тривалості ремонтів. Все це викликає необхідність в оперативному плануванні судноремонту, яке полягає в складанні квартальних планів.

Квартальний план-заявку на ремонт суден складають на базі затверджених раніше основних показників річного плану та узгоджують з графіком перевезень на планований квартал і очікуваним виконанням плану ремонту до кінця поточного кварталу. У квартальних планах-заявках уточнюють перелік суден, які підлягають ремонту, обсяг, термін ремонту і докування по кожному судну; наводять перелік суден, які потрібно виводити з експлуатації; передбачають ліміти для виконання навігаційного ремонту.

Річна виробнича програма складається з розділів, що відображає види робіт, які будуть виконуватися в планованому році. На підставі планів-заявок на ремонт і докування суден, ремонт механізмів та обладнання обмінного фонду, на виконання робіт по нульовому етапу I виготовлення СЗЧ, змінних

вузлів і деталей, на підставі контрольних цифр судноремонтне підприємство розробляє проект виробничої програми на майбутній рік. Як правило, програма складається з чотирьох основних розділів: суднобудування; судноремонт, включаючи виготовлення судових СЗЧ; машинобудування, в тому числі по номенклатурі, і інші роботи.

У розділі суднобудування планують і враховують всю продукцію заводу по будівництву суден. Обсяг суднобудування на судноремонтному підприємстві, як правило, не перевищує 10 - 15% від загальної програми. Будують головним чином службово-допоміжні судна для внутрішніх потреб галузі.

Розділ судноремонт включає в себе всі види ремонту, що виконуються заводом, а також виготовлення СЗЧ для суден. У цьому розділі вказують: назву суден, включених до плану, послідовно по видам ремонту (великий, малий); ремонти, які не входять в планово-попереджувальний систему; планований обсяг ремонту; випуск продукції за нормативною вартістю обробки; обсяг реалізованої продукції.

Згідно розділу машинобудування планують і враховують продукцію для виготовлення судових механізмів і обладнання, СЗЧ портових механізмів, лиття, поковки та Інші вироби.

У розділі інші роботи планують роботи по ремонту внутрішньозвідського обладнання, капітального будівництва, різні роботи для власних потреб і сторонніх організацій.

При плануванні ремонту суден на будь-який календарний період необхідно виконати наступні умови:

- не перевищити ліміти бюджету ремонтного часу і коштів на ремонт;
- забезпечити рівномірне завантаження судноремонтного підприємства.

4.3 Організація технічного менеджменту судноплавних компаній.

Технічний менеджмент - комплекс операцій, необхідних для того, щоб підтримувати судноплавні компанії на рівні вимог класифікаційного суспільства, згідно із затвердженням експлуатаційного бюджету, забезпечувати високі стандарти безпеки експлуатації флоту згідно з міжнародними нормами і вимогами. В рамках технічного менеджменту можна виділити такі самостійні сфери діяльності як кадровий менеджмент, управління постачанням продуктів харчування ін.

Згідно стандартної угоди Shipman 2009 менеджери забезпечують технічне керівництво, яке включає в себе без обмеження наступні функції:

- надання компетентних спеціалістів для перевірки технічного стану судна;
- обслуговування і загальної ефективності роботи судна;
- організація і нагляд за докуванням, ремонтом, перебудовою і підтриманням судна на рівні вимог судовласників, з умовою, що керуючі (менеджери) будуть вправі здійснювати необхідні витрати з тим, щоб забезпечити дотримання Судном законів прапора Судна і тих районів, в яких

воно здійснює плавання, і всіх вимог і рекомендацій класифікаційного товариства;

- організація постачання необхідних запасів, запчастин і мастил;
- призначення сюрвеєрів і технічних консультантів, яких Менеджери вважатимуть час від часу необхідними;
- розробка, впровадження і підтримка Системи Управління Безпекою (СУБ) відповідно до МКУБ (див. Підпункти 4.2.1 5.3).

В рамках договору, компанія надає наступні послуги:

- огляд суден, інспекції, консультації, формальне, документальне і технічний супровід угоди за дорученням судновласника в рамках операції продажу або покупки судів;
- укладання договорів купівлі / продажу суден (SALEFORM 1993);
- складання звітів стану судна, систем, механізмів і судових документів по міжнародній формі, акцептованої страховими компаніями, клубами і банками;
- укладання договорів страхування КАСКО суден і відповідальності судновласників суден з провідними страховими компаніями від імені і на користь судновласника;
- юридичний супровід договорів страхування з аварійним випадків, аж до отримання судновласником страхового покриття;

Менеджмент для судноплавних компаній формується в наступних напрямках:

- складання розширеного опису судна, судових систем, обладнання та механізмів, з метою складання бази даних на основі комп'ютерної системи технічного менеджменту;
- складання комп'ютерних планів-графіків технічного обслуговування і ремонту суден за системою безперервного обслуговування на період до 5 років;
- складання комп'ютерних каталогів змінно-запасних частин основних судових механізмів;
- складання комп'ютерних планів-графіків поставки змінно-запасних частин на борт судна, відповідно до плану-графіку технічного обслуговування на період до 5 років;
- складання бюджетів технічної експлуатації, технічного обслуговування і ремонту суден на період до 5 років;
- постачання на борт судна в будь-якому порту світу: паливо, масла й змащення, присадки і суднова хімія, змінно-запасні частини, інструмент, спецодяг, обладнання та механізми, витратні матеріали. Пряма робота з постачальниками і шипшандлерами по всьому світу;
- комп'ютерний облік руху і залишків на борту: паливо, масла й змащення, присадки і суднова хімія, змінно-запасні частини, інструмент, спецодяг, витратні матеріали. Підписання від імені судновласника договорів про матеріальну відповідальність з членами екіпажу, періодичне проведення

інвентаризацій цінностей, контроль ведення звітів передачі матеріальних цінностей;

- складання ремонтних відомостей, укладення договорів на ремонт і докування суден з судноремонтними підприємствами, напрямок суперінтендантів для відстеження проведення ремонтів судів;

- формування і напрямок в рейси судноремонтних бригад для поточного ремонту суднових систем і механізмів, без виведення судна з експлуатації;

- навчання, консультації, тестування членів екіпажу, що відповідають за технічну експлуатацію суден. Консультації, тестування, інструктаж і складання планів-завдань і форм обмірів механізмів для членів судноремонтних бригад, які направляються в рейс для ремонту суднових систем і механізмів;

- пряме керівництво технічною експлуатацією суден, шляхом систематичної листування з судами і періодичного відвідування судів суперінтендантами компанії;

- періодичний контроль стану судна, точності і своєчасності ведення технічної документації, машинних і рефрижераторних журналів, журналів техстану, офіційних журналів, запропонованих міжнародними конвенціями;

- контроль за роботою екіпажів суден, членами суднових ремонтних бригад і працівниками СРЗ в частині технічної експлуатації і ремонту суден, шляхом направлення на борт судна суперінтендантів: в порт приходу судна, в рейс або в судноремонтний завод;

- контроль виконання робіт за планами-графіками, контроль за використанням ЗІПа, інструменту, обладнання, перевірка звітів по виконаних роботах, перевірка карт вимірів і матеріальних звітів;

- діагностика суднових головних і допоміжних дизелів, шляхом установки на суднах комп'ютерної системи технічної діагностики і систематичний контроль режимів роботи і стану суднових дизелів, шляхом обробки щоденних звітів системи діагностики;

- робота з класифікаційними товариствами, проектними та конструкторськими організаціями, в рамках проведення огляду суден класифікаційними товариствами та виробництва будь-яких розрахунків та переобладнань суден;

- робота з адміністраціями прапора судна, штаб-квартирами міжнародних організацій і головними офісами класифікаційних товариств, в рамках сертифікації суден для відповідності міжнародним конвенціям і системі МКУБ;

- робота з провайдерами супутникового зв'язку, укладення договорів на обслуговування суднових супутникових станцій,

- проведення переобладнань і модернізацій тралових, технологічних комплексів і рефрижераторних систем рибпромислових суден, з метою підвищення продуктивності продукції, що випускається і асортименту, з урахуванням району експлуатації рибальського судна;

▪ відстеження новинок, винаходів, випуску нової техніки і технологій в галузі морської індустрії та інформування судновласника про нові можливості, стосовно його типу судна.

4.4 Корпоративні автоматизовані системи технічного менеджменту. Для підприємства будь-якої галузі найважливішим завданням є управління технічним обслуговуванням і ремонтом (ТОіР) виробничого обладнання. Однак у такій галузі, як судноплавство, проблема ефективності управління ТОіР стоїть найгостріше. Статистика показує, що рівень рентабельності в судноплавстві складає 6-9%. Це обумовлено цілим рядом причин, мають нерідко глобальний і непередбачуваний характер. Одна з головних - жорстока конкуренція, особливо в морських перевезеннях, де в боротьбі за вантажну базу може брати участь будь-яка судноплавна компанія світу зі своїми уявленнями про «розумні ціни». У перспективі конкуренція може загостритися і на вітчизняних внутрішніх водних шляхах, куди будуть допущені судна під іноземним прапором. Є й ряд інших причин. Наприклад, зі збільшенням віку судна, особливо починаючи з терміну експлуатації 15 років, світові фрахтові ставки знижуються на десятки відсотків. А витрати на ТОіР, навпаки, стрімко зростають: для старих суден (20 років і більше) вони вдвічі вищі, ніж для порівняно нових (до 10 років).

Зазначені фактори, а також ряд об'єктивних причин (віднесення на собівартість перевезень каналних і шлюзових зборів, недовантаження суден через зниження глибин, тощо) створюють досить жорсткі умови для ведення бізнесу та ставлять судноплавство в ряд найризикованіших індустрій. Всю сукупність перерахованих факторів можна охарактеризувати як слабо керовану, або зовсім некеровану. У той же час, судноплавна компанія може безпосередньо впливати на експлуатаційні витрати (витрати на паливо і технічний менеджмент), багато в чому визначають рентабельність підприємства.

У даній ситуації технічний менеджмент виявляється дієвим ресурсом для підтримки і підвищення рентабельності. Причому потенціал у цього ресурсу досить істотний - в структурі експлуатаційних витрат витрати на ТОіР становлять 20-30%. Ось чому ефективний технічний менеджмент стає життєво важливим для багатьох судноплавних компаній.

Управлінню ТОіР в судноплавстві приділялося велике значення. Функціонують компанії або окремі служби всередині компаній, які займаються виключно питанням експлуатації суден як технічних об'єктів і об'єднуються загальним поняттям "технічний менеджмент". В той же час, на певному етапі розвитку можливості традиційних методів управління вичерпуються. Підвищення ефективності технічного менеджменту неможливо без відповідної інформаційної підтримки. У зв'язку з цим пропонується впровадження корпоративної Автоматизованої системи технічного менеджменту на базі програмного комплексу TRIM. Завдання системи:

- скорочення непродуктивних простоїв суден;
- оптимізація витрат на технічне обслуговування і ремонт суден;

- зниження аварійності, підвищення безпеки експлуатації суден;
- підвищення ефективності використання персоналу;
- перехід до управління, орієнтованого на виробничий процес.

Для досягнення поставлених цілей потрібно було вирішити комплекс завдань, пов'язаних з технічною експлуатацією суден:

➤ *Планування робіт.*

Частка «вікових» суден (старше 15 років) в складі флоту компанії досить велика, збільшується обсяг технічних вимог, які потрібно задовольнити при огляді суден, відповідно зростають обсяги робіт, що проводяться в порядку підготовки до інспекції.

Одним з трудомістких і важливих документів є суднова ремонтна відомість. Повнота інформації, необхідна для розрахунку вартості робіт, на практиці досягається шляхом багаторазових узгоджень і перерахунків. Відсутність достатньої формалізації цього процесу тягне за собою наднормативні витрати, простої суден в очікуванні ремонту.

➤ *Забезпечення ресурсами.*

Надзвичайно важливим є завдання планування і організації матеріально-технічного постачання - забезпечення суден змінно-запасними частинами, матеріалами (ПЗЧМ). Філії компанії віддалені один від одного на відстань до 2000 кілометрів, відповідно, складський комплекс має розподілену структуру. Планування має завчасно давати відомості про необхідний обсяг постачання, про стан складів на даний період з тим, щоб уникнути витрат, пов'язаних з відсутністю ПЗЧМ. При управлінні розподіленими складами важливо організувати і узгодити дії центрального офісу і підлеглих складів. В офісі повинна бути доступна повна інформація про залишки, рух товарів на всіх підлеглих складах. Офіс повинен мати можливість дистанційно резервувати товари на підлеглих складах, перерозподіляти їх, оформляти торгові документи. Як необхідний елемент процесу матеріально-технічного постачання, повинні бути задіяні тендерні процедури з вибору постачальників.

➤ *Якісне виконання робіт.*

Відомо, що невідповідності технічного стану через неякісне (несвоєчасне) виконання робіт призводять до затримання суден в портах і витрат внаслідок простою. Крім того, неякісне проведення робіт призводить до позапланових заходів на ремонт в період навігації. Тому виникла необхідність підвищення прозорості системи технічного менеджменту, відповідальності і повноважень посадових осіб шляхом документування заявок на ремонт від їх подачі - до закриття ремонтних відомостей, що дозволить відстежувати дії персоналу, приймати рішення, підвищить відповідальність виконавців *робіт*.

➤ *Аналіз звітності по роботам.*

Для аналізу процесу ТОiР фахівців різних рівнів необхідна зведена інформація з можливістю оперативного доступу до неї. У зв'язку з цим треба було скоротити час отримання звітної інформації з віддалених підрозділів з кількох днів до 1 години. Для створення такої системи звітності та аналізу необхідна основа - база даних по суднам і суднового обладнання. У такій базі

кожна облікова одиниця отримує унікальний ідентифікаційний номер, включається до відповідної ієрархії обладнання, до неї приєднуються дані про напруження, про технічний і експлуатаційний стан, історія робіт.

➤ *Облік витрат.*

Найважливішим управлінським завданням судноплавних компаній є визначення економічної доцільності експлуатації старих суден. У зв'язку з цим для компанії важливо акумулювати всі вироблені витрати з віднесенням їх на конкретне судно, а також оцінити вартість альтернативних варіантів, таких, як реновація судна, коли надійність старого судна підвищується і йому призначається 5- або 10-річний вік, або конверсія судна, коли будується нове судно з використанням елементів старого судна.

Тема 5. Організація управління технічним обслуговуванням суден.

Основні поняття теорії управління. Організаційні структури та функції служби технічного обслуговування суден в судноплавних компаніях. Показники технічної експлуатації. Документація по технічній експлуатації суден.

5.1 Основні поняття теорії управління.

Управління виробництвом є цілеспрямований вплив на виробничі колективи, засноване на свідомому використанні економічних, природничих, технічних та інших законів.

З розвитком і ускладненням виробництва управління в області діяльності, де в основному переважали особистий досвід і інтуїція, поступово перетворювалося в систему наукових знань, що складають теоретичну базу управління.

Теорія управління суспільним виробництвом формується на стику ряду наук. Управління виробництвом, його галузевими ланками пов'язано з керівництвом діяльністю колективів людей, що представляють собою соціальні колективи. Розвиваються колективи відповідно до закономірностей і положень, що встановлюються на базі наукових досліджень в галузі соціології та психології. До конкретних наук про управління відносяться науки, які вивчають окремі елементи процесу управління, такі, як планування і облік, постачання, фінансування, статистика, аналіз господарської діяльності тощо. Всі ці науки є теоретичною базою для практичного вирішення різних завдань і вдосконалення відповідних функцій управління, для підготовки спеціалістів, розвитку досліджень.

Однак, щоб управління відповідало своєму призначенню, необхідна особлива область діяльності, яка б узгоджувала і об'єднувала всі частини управління в єдине ціле. Такою областю діяльності є керівництво. Сутність теорії управління полягає в її комплексності, в охопленні різних сторін управління: планування, обліку, техніки управління, психології, права як єдиного цілого.

В силу творчого характеру управління не вкладається повністю в рамки одних законів науки, тому до складу теорії управління входить і мистецтво управління, тісно пов'язане з поняттям «зразок управління». Головна риса

управлінського мистецтва полягає в тому, що мистецтво має справу з конкретними ситуаціями в усьому їх різноманітті, а теорія - з принципами, правилами, закономірностями. На основі мистецтва управління виробляються навички втілення теорії в практику. Таким чином, теорія управління включає в себе дві частини: власне теорію управління, яка формується на базі логічного методу і досліджує закони і принципи управління; і мистецтво управління, яке формується на базі конкретного досвіду управління. Ці дві взаємопов'язані і взаємодоповнюючі частини і складають предмет теорії управління виробництвом.

Принципи та методи управління. Управління технічним обслуговуванням суден здійснюється на основі певних принципів, що відображають особливості способу управління.

З принципами тісно пов'язані методи управління - способи впливу на об'єкт і систему управління для вирішення поставлених завдань. Методи, як і принципи, спираються на об'єктивні закони, властиві об'єкту управління, і випливають з цих законів. Різниця між ними полягає в наступному. Принципи є обов'язковими, їх не вибирають, ними керуються. Методи носять більш альтернативний характер, можливий їх вибір, заміна одного іншим.

Управління можна розглядати в статичі як структуру, в динаміці - як процес.

Структура управління. Структура управління - це сукупність різних взаємопов'язаних управлінських органів, забезпечуючих виконання функцій і завдань управління. Вона характеризується елементами і їх зв'язками. Елементами структури являються органи управління, їх підрозділи і окремі працівники.

Орган управління - це колектив працівників, пов'язаних між собою відносинами поділу праці і мають загального керівника. Орган управління може складатися з однієї або декількох первинних груп. Первинна група відрізняється від органу управління тим, що працівники, які утворюють групу, мають загального керівника, але не мають підлеглих. Первинна група може бути підрозділом або самостійним органом управління.

Структура управління будується за ієрархічним принципом, згідно з яким органи управління розрізняються за їх положенням в структурі на вищі, нижчі і рівноправні. Зв'язки між елементами структури можуть бути двох типів: вертикальні - зв'язки керівництва-підпорядкування і горизонтальні - зв'язку кооперації рівноправних елементів апарату управління. Вертикальні зв'язки, в свою чергу, поділяються на лінійні (адміністративне підпорядкування) і функціональні (підпорядкування з певних функцій).

Можна виділити три *основні типи організаційних структур управління*: лінійну, функціональну і комбіновану.

Структура управління залежить від масштабів і складності виробництва, застосовуваних технічних засобів, технології, зовнішніх і внутрішніх зв'язків і інших чинників.

Процес управління. Наведемо деякі положення цих робіт, які розкривають сутність питання, що розглядається. Процес управління - це діяльність об'єднаних в певну структуру органів управління (судноплавна компанія, судновласник), направлена на досягнення поставлених цілей на основі застосування відповідних принципів і методів управління. Процес управління характеризується змістом, організацією і технологією. Зміст процесу управління. З точки зору змісту процес управління - це процес вирішення технічного обслуговування, проблем постачання запчастин деталей, технічного прогресу, соціальних проблем. Зміст процесу залежить від масштабів і рівня управління, специфіки виробництва. При всьому різноманітті і відмінності застосовуваних рішень в управлінській діяльності можна виділити певний склад операцій (елементів дій) і послідовність їх виконання. Для кожного рішення характерно наступне: встановлення ситуації, що вимагає ухвалення рішення; інформаційне забезпечення, що включає збір і обробку інформації для ознайомлення з питанням, за яким приймається рішення; розробка можливих варіантів рішення, їх порівняльна оцінка і вибір оптимального варіанту; організація виконання прийнятого рішення.

Управлінські рішення, як найбільш важливий результат управлінської діяльності, повинні відповідати певним вимогам. Головні з них - обґрунтованість, правомірність, цільова спрямованість, стислість, конкретність, своєчасність. Прийняте рішення оформляється у формі плану, завдання, наказу або розпорядження. У цих документах формується мета, назначаються відповідальні виконавці, встановлюються терміни виконання.

5.2. Організаційні структури та функції служби технічного обслуговування суден в судноплавних компаніях.

У процесі розширення послуг клієнтам послуг суднового менеджменту в другій половині двадцятого століття очевидною стала необхідність забезпечення їх високої якості, яку можна було досягти лише спільними зусиллями. З цією метою в 1988 році п'ять провідних компаній суднового менеджменту на добровільних засадах утворили асоціацію, відому як «група п'яти», яка розробила Кодекс стандартів управління в судноплаванні». Безліч положень цього Кодексу знайшли своє відображення в прийнятих пізніше резолюціях ІМО і були рекомендовані для застосування всіма країнами-членами організації.

У 1991 році в Лондоні на зустрічі представників 35 компаній суднового менеджменту була утворена Міжнародна асоціація суднових менеджерів (International Ship Manager's Association-ISMA), покликана працювати над підвищенням якісного рівня обслуговування клієнтів і безпеки експлуатаційної діяльності судноплавних компаній. Кодекс «групи п'яти» був істотно змінений, хоча і застосовується членами ISMA і багатьма незалежними компаніями суднового менеджменту в якості основного керуючого документа. Передбачена внутрішня перевірка (аудит) виконання вимог до суднових менеджерів. Кодекс членів ISMA передбачає, що перевірка їх діяльності повинна здійснюватися найбільш авторитетними класифікаційними

організаціями (Регістр Ллойда, Німецький Ллойд і ін.). За результатами успішної перевірки компанії видається сертифікат, який засвідчує високу якість наданих нею послуг.

ISMA співпрацює зі страховими компаніями, банками, P & I клубами, міжнародними морськими організаціями. Діяльність ISMA за рішенням практичних завдань безпечної та ефективної експлуатації суден позитивно оцінюється і підтримується світовим морським співтовариством. На підставі Кодексу ISMA пізніше був розроблений і зараз повсюдно впроваджений Міжнародний кодекс управління безпекою (МКУБ).

Як приклад однієї з великих шипменеджерських компаній можна назвати компанію V. Ships з головним офісом в Монако, яка здійснює повний менеджмент суден, спостереження за будівництвом суден, фрахтування, різні види страхування, супровід операцій з продажу та купівлі суден, залучення інвестицій в сферу судноплавства, фінансову і технічну підтримку різних проектів, кріюнг, навчання персоналу і ін. Компанія здійснює повний технічний менеджмент своїх суден з офісів, розташованих по всьому світу: Монако, Саутгемптон, Осло, Лімасол, Нью-Йорк, Ріо-де-Жанейро, Дубай, має кріюнгіві агентства в Генуї, Гдині, Одесі, Бомбеї, Нью-Делі, Манілі.

На рис. 5.1 представлена типова схема організації менеджменту групи суден. Вісім суден, розділених на дві групи, обслуговуються шістьма фахівцями, серед яких: два суперінтенданта, адміністратор по флоту, менеджер із закупівель, спеціаліст по розрахунковим операціям та секретар. Цей персонал діє як єдина команда і несе відповідальність за технічне обслуговування суден, необхідні закупівлі та постачання, адміністративні заходи та ін.

Діючі в офісі функціональні системи і зв'язку, а також схема обміну інформацією показані на рис.5. 2

Обладнані сучасними засобами комп'ютерної техніки та комунікацій, ці системи є універсальними для всіх офісів компанії і дозволяють оперативно виконувати всі операції по менеджменту суден.

Цифрами тут позначена послідовність і вид операцій:

1. - заявки судна на різні види обслуговування, технічну допомогу, комплектування екіпажем та ін .;
2. - прямі і зворотні зв'язки компанії (офісу) з сервісними організаціями;
3. - операції з виконання заявок і забезпечення якісного менеджменту судна;
4. - звітність перед клієнтом про технічне обслуговування та інші види обслуговування суден.

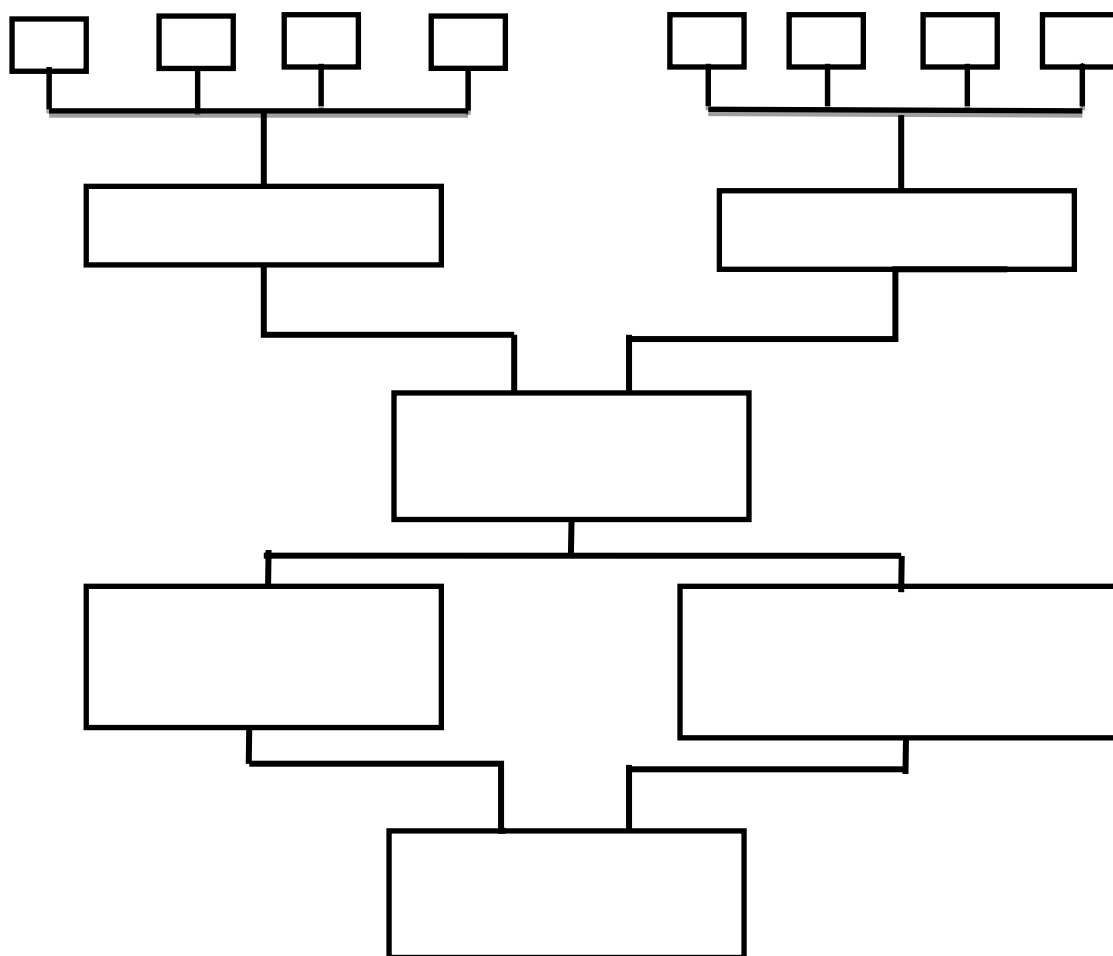


Рис. 5.1 - Типова групи суден

Системи зв'язку призначені для прийому інформації від суден в офісі, зв'язку з відповідними сервісними береговими організаціями і з клієнтами. Останні можуть встановлювати, за своїм бажанням, час, періодичність і ступінь деталізації звітів менеджерів про результати управління судами.

Системи інформації збирають, аналізують і підтримують в режимі реального часу необхідні дані про роботу суден. Може бути передбачена можливість раннього попередження персоналу компанії про будь-які відхилення від передбачених виробничих операцій, що дозволяє менеджерам швидко оцінювати ситуацію і негайно діяти.

Системи контролю фінансів забезпечують автоматизований контроль бюджету суден, різних статей витрат. Здійснюється прогнозування нерегулярних витрат, наприклад, на ремонт суден і ін. Фінансові звіти надаються клієнту, в залежності від його бажання, щодня, щотижня, один раз на місяць або квартал.

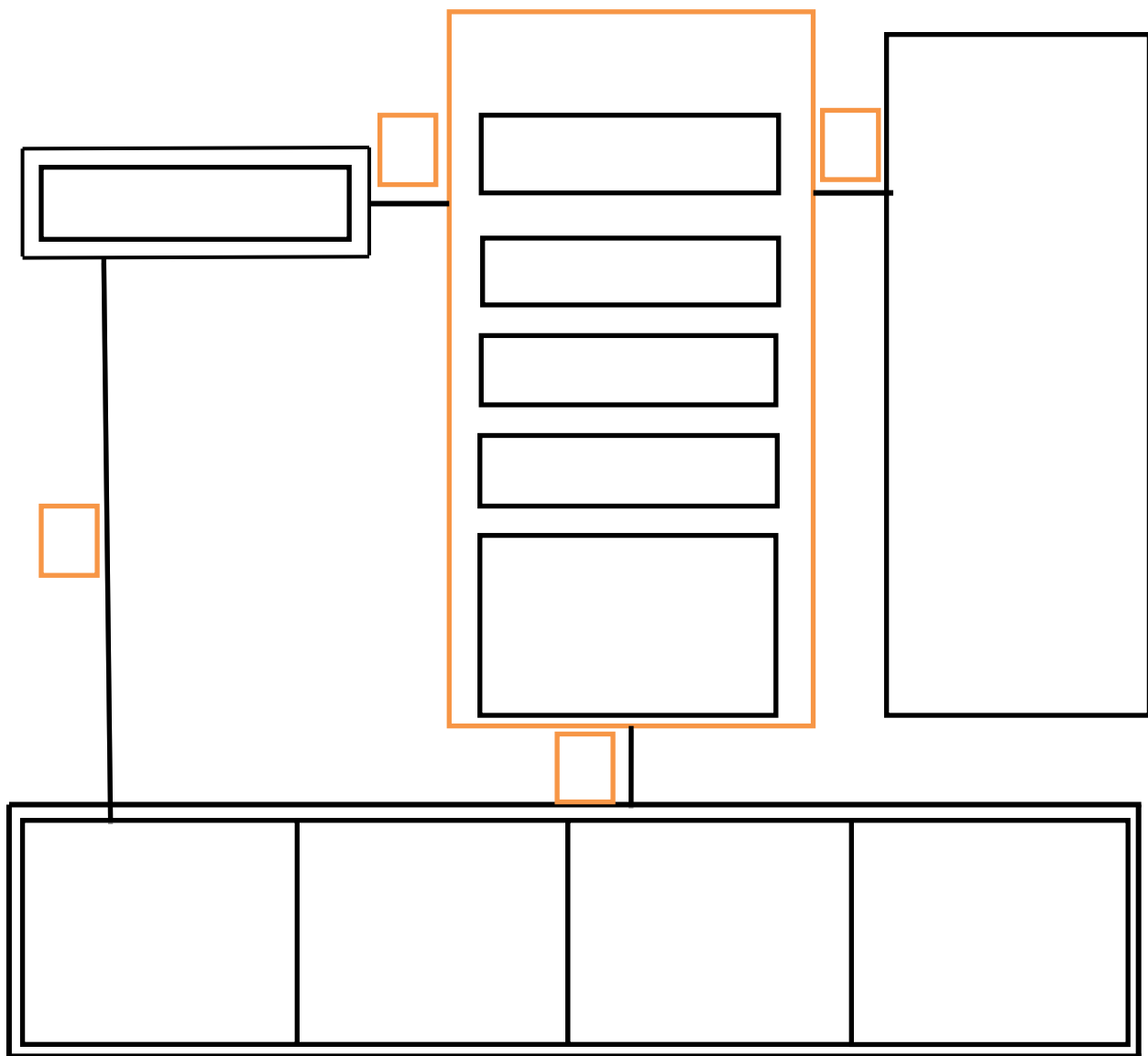


Рис. 5.2 - Принципова схема організації контролю в шипменеджерській компанії

Системи професійної підготовки персоналу і захисту навколишнього середовища здійснюють контроль кваліфікації членів екіпажів суден, які знаходяться в управлінні компанії, періодичності їх перепідготовки на судах і в берегових навчальних центрах. Фахівці шипменеджерської компанії контролюють виконання на судах вимог міжнародних конвенцій щодо безпеки і запобігання забруднення морського середовища (СОЛАС, МАРПОЛ та ін.).

5.3 Показники технічної експлуатації.

Будь-який вид управління неможливий без показників діяльності. Тому перша вимога до системи - правильний вибір показників і критеріїв оцінок діяльності. Необхідно, щоб будь-яка система показників відповідала двом вимогам:

1) показники повинні відображати мету управління, корисність діяльності;

2) показники і критерії оцінок повинні бути обрані так, щоб результати діяльності даного елемента системи, яка оцінюється за своїм показником, забезпечили оптимальне функціонування системи в цілому.

Для підвищення якості та ефективності ТЕФ необхідні аналіз і об'єктивна оцінка, виражена системою показників, які досить повно і всебічно характеризували якість ТЕ. Показниками якості ТЕ можуть бути абсолютні, відносні і питомі величини витрат часу, коштів, праці і матеріалів на здійснення ТЕ судна в цілому (групи суден) або його складових. Вони повинні стимулювати підвищення ефективності ТЕФ, підвищення продуктивності праці судових екіпажів, зниження витрат експлуатаційного часу і коштів на підтримку і відновлення необхідного рівня надійності суден.

Основними показниками ТЕ транспортних суден є:

- S - питомі витрати на ТЕ, грн./ 1000 тоннажо-миль;

- κ_{mi} - коефіцієнт технічного використання судна;

- κ_{γ} -коефіцієнт використання побудовочної швидкості судна;

- S_p питомі витрати на ремонт, а також технічний стан судна.

Основні показники визначаються по вихідним, значна частина яких має також і самостійне значення для аналізу ефективності ТЕ.

До вихідних показників відносяться:

T_e - експлуатаційний період судна - час експлуатації, протягом якого судно використовують за основним або допоміжним призначенням за певний календарний період, діб;

T_p - ремонтний період - сумарна тривалість всіх виводів судна з експлуатації на ремонт за певний визначений календарний період, діб;

T_p^{CP} - середньорічна тривалість ремонтів судна - середня сумарна тривалість ремонтів всіх видів за певний календарний період, діб;

$D_q L$ - виконана судном транспортна робота (групою суден, флотом), тоннажо-милі (D_q - чиста вантажопід'ємність, т, L - кількість пройдених миль);

V_{ϕ} - фактична середньозважена технічна швидкість судна, вузли;

B_{ϕ} - фактична витрата палива, т;

C_p - сумарні витрати на ремонт усіх видів за визначений календарний період, грн.;

C_n - сумарні витрати на паливо за певний календарний період, грн.;

C_{ce} - сумарні витрати на утримання судового екіпажу за певний календарний період, грн.;

C_m - сумарні витрати на матеріально-технічне постачання за певний календарний період, грн.

Величина експлуатаційного періоду T_e , середньорічна тривалість ремонтів T_p^{CP} , витрати коштів на ремонт C_p і витрати на паливо C_n найбільш об'єктивно характеризують рівень ТЕ, так як на ці показники не впливає величину транспортної роботи $D_q L$, яка головним чином залежить від техніко-

експлуатаційних характеристик суден (вантажопідйомність, швидкість), від співвідношення ходового і стояночного часу, від середньої дальності плавання.

Питомі витрати на технічну експлуатацію представляють величину витрат, пов'язаних безпосередньо з технічним використанням, обслуговуванням і ремонтом, віднесених до транспортної роботи судна. Вимірником транспортної роботи є тоннажо-мильна продукція, яка визначається як добуток чистої вантажопідйомності судна на пройдену відстань (по лагу):

$$S = (C_{\pi} + C_{ce} + C_p + C_m) / D_{\text{ч}} L.$$

Питомі витрати на ремонт визначаються як відношення сумарних витрат на всі види ремонту судна за розглянутий календарний період до його вантажопідйомності.

Технічний стан судна та його елементів відображає величину відхилення параметрів, що характеризують здатність судна і його елементів виконувати задані функції, від еталонних значень параметрів по проектно-технічній документації.

Основними документами для обліку і контролю показників ТЕ є судові звітні документи, на підставі яких в компанії роблять розрахунок виконання встановлених норм і аналізу основних і вихідних показників ТЕ. Ефективність, ТЕ суден серії оцінюється шляхом аналізу основних і вихідних показників. Основна мета аналізу - виявити недоліки ТЕ і з'ясувати, які показники і наскільки відстають від аналогічних показників кращих суден серії і що необхідно зробити для усунення виявлених недоліків.

Середні значення основних показників ТЕ: питомі витрати на ТЕ $S=1,24$ грн./ 1000 тоннажо-миль; коефіцієнт технічного використання судна $\kappa_{mi}=0,91$; коефіцієнт використання швидкості судна $\kappa_{\gamma}=0,9$; питомі витрати на ремонт - 13,79 грн./1 т вантажопідйомності.

Кожен норматив повинен допускати відхилення фактичних величин в залежності від умов експлуатації, коефіцієнта ходового часу, віку суден. По мірі накопичення досвіду система показників ТЕ повинна постійно вдосконалюватися.

Склад судових документів і технічної документації встановлено компанією і органами нагляду.

Всі документи, які використовуються для організації, планування і управління ТЕ флоту, можуть бути поділені на:

- основні,
- інструктивні,
- планові,
- обліково-звітні.

5.4 Основні документи технічної експлуатації - це документи розпорядчого типу, що визначають правове становище, цілі, завдання, структуру та основні функції системи в цілому і її елементів. Основоположні документи відображають багаторічний досвід організації ТЕ суден і зв'язку з іншими системами морського транспорту. Прикладами таких документів є:

Статут служби на суднах морського флоту, Положення про технічну експлуатацію морського флоту та ін.

Інструктивні документи містять обов'язкові до виконання вказівки про порядок і способи виконання будь-яких робіт, дій різних підрозділів, органів або окремих осіб в області ТЕ суден. На відміну від основних документів, інструктивні охоплюють менше коло питань або процесів, але з більш глибокою їх деталізацією. До інструктивних документів належать: Правила технічної експлуатації суднових технічних засобів і елементів судна; методики проведення певного виду робіт; інструкції заводів - виробників обладнання; технологічні інструкції і т. п.

Правила технічної експлуатації суднових технічних засобів і елементів судна встановлюють вимоги до їх утримання та обслуговування. В системі ТЕ морського флоту діють правила технічної експлуатації: корпусу, приміщень, пристроїв і систем судна; суднових дизелів; суднових парових турбін; суднових парових котлів; суднових допоміжних механізмів і обладнання; суднового електрообладнання; суднових холодильних установок; суднових електронавігаційних і радіонавігаційних приладів; суднових засобів радіозв'язку і радіотрансляції. У ряді випадків правила містять загальні вказівки і вимоги до утримання та обслуговування суднових технічних засобів. Більш конкретні вказівки містяться в інструкціях заводів - постачальників обладнання, розроблених стосовно кожного окремо обслуговуваного механізму, пристрою, апарату.

Планові документи відображають функції планування. У них визначені матеріальні і фінансові ресурси, необхідні для здійснення ТЕ суден; обсяги і терміни виконання робіт по підтримці і відновленню працездатності суден; кількісні значення показників ТЕ. До числа планових документів ТЕ флоту відносяться: плани ремонту і докування суден; виробнича програма СРЗ; планова заявка на паливо, на матеріально-технічне постачання і т. д.

Обліково-звітні документи відображають умови роботи, режими використання та технічний стан суднових технічних засобів, рух виробничих ресурсів за часом. Документами первинного обліку є форми, в які вносять результати спостережень, вимірювань, реєстрації фактичних даних про технічне використання, ТО і ремонт суднових технічних засобів, а також про витрачання ресурсів в процесі ТЕ. До суднових обліково-звітних документів відносяться: судновий і машинний журнали; формуляри технічного стану корпусу судна і СЕУ, включаючи формуляри допоміжних механізмів і суднового електрообладнання; журнал реєстрації відмов, дефектів і недоліків обладнання; журнал нафтових операцій; графіки планово-попереджувального ремонту.

Основними юридичними документами є судновий і машинний журнали, які підлягають реєстрації у капітана порту приписки судна. У машинному журналі фіксують параметри, що характеризують роботу СЕУ; сумарне число годин роботи головного двигуна на різних режимах; витрати палива, масла.

Машинний журнал є щомісячним документом. Він зберігається на судні протягом двох років, після чого здається в архів.

Формуляри служать для відображення стану суднового устаткування. Систематичне заповнення формулярів дозволяє накопичувати необхідні дані для аналізу роботи суднових технічних засобів, усунення їх появи в роботі механізмів та підтримки їх в належному технічному стані. Від якості заповнення формулярів залежить правильність оцінки технічного стану судна і його елементів. У формулярах наводять основні відомості про технічні засоби судна. Ці відомості записують при прийманні від заводу-виробника, зміни в них вносять тільки при заміні будь-яких механізмів на нові, що мають інші характеристики. У формуляри заносять результати дефектації, число годин роботи механізмів з часу попередньої заміни, відомості про виконані судновим екіпажем і береговими базами ремонтних робіт.

Журнал реєстрації відмов, дефектів і недоліків обладнання є основним джерелом інформації про надійність. У журналі реєструють несправності, конструктивні і технологічні недоліки, зміни в комплектації суден. Носієм інформації є повідомлення про відмову (відривний лист журналу ТЕ-14), який містить адресу виробу, що відмовив, вузла і деталі, якісні та кількісні характеристики відмови.

Звітні документи - документи, призначені для передачі інформації з одного рівня управління на інший і містять відомості про фактичне використання суден, суднових технічних засобів і ресурсів в процесі ТЕ.

Тема 6. Сутність і задачі технічної діагностики.

Сутність і задачі технічної діагностики. Теоретичні основи діагностики. Класифікація методів проведення технічного діагностування суднових систем, вузлів і механізмів.

6.1. Сутність і задачі технічної діагностики. Теоретичні основи діагностики.

Дослідження технічного стану устаткування є предметом **технічного діагностування**, **мета** якого - вивчення проявів (ознак) різних технічних станів, розробка методів їх визначення, а також принципів побудови і використання систем діагностування.

Технічне діагностування - галузь науково-технічних знань, суть яких складають теорія, методи і засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи.

Цілі діагностування - своєчасне виявлення порушень функціонування і працездатності об'єктів і запобігання серйозним наслідкам можливих відмов.

1) Досліджуваний об'єкт може знаходитися в одному з наступних технічних станів (рис. 6.1): справний або несправний; працездатний або непрацездатний; стан правильного або неправильного функціонування.



Рис. 6.1. Стан досліджуваного об'єкту

Об'єкт, що задовольняє усім вимогам нормативно-технічної документації, є справним. Справний об'єкт знаходиться в справному технічному стані. Об'єкт працездатний, якщо він може виконувати усі задані йому функції із збереженням значень заданих параметрів в необхідних межах. Працездатний об'єкт знаходиться в працездатному стані.

Таким чином, **справний об'єкт** повністю задовольняє усім технічним вимогам. **Несправний об'єкт** - об'єкт, що має дефект. **Дефект** - будь-яка невідповідність властивостей об'єкту заданим, необхідним або очікуваним його властивостям.

Для несправного об'єкту можливі два стани: працездатне і непрацездатне. **Працездатний об'єкт** - об'єкт, у якого технічним вимогам відповідають лише властивості, що характеризують здатність виконання заданих функцій. Перехід справного об'єкту в працездатний стан називається **ушкодженням**. Перехід працездатного об'єкту в непрацездатний стан називається **відмовою**.

Правильно функціонуючим є об'єкт, значення параметрів якого в даний момент часу знаходяться в необхідних межах. Об'єкт може також знаходитися в несправному стані і в стані неправильного функціонування.

В умовах експлуатації необхідно підтримувати (як мінімум) працездатний стан. Це покладається на систему технічного обслуговування (ТО) і ремонтів. Основний зміст ТО - контроль стану устаткування і його обслуговування в цілях підтримки справності або працездатності. Завдання ремонту - відновлення справності або працездатності.

Основним завданням діагностування є своєчасне виявлення і пошук дефектів, тобто визначення їх наявності, характеру і місця знаходження. **Виявлення дефекту** - встановлення факту наявності дефекту у об'єкті. **Пошук дефекту** - вказання з певною точністю його місцезнаходження в об'єкті.

Призначення технічного діагностування полягає в підвищенні надійності об'єктів на етапі експлуатації, а також запобігання виробничому браку на етапі виготовлення. Вимоги, яким повинен задовольняти об'єкт, визначаються відповідною нормативно-технічною документацією.

Проведення діагностичних робіт, отримання безперервної інформації про контрольовані параметри за допомогою контрольних приладів дозволяє виявити закономірності прояву відмов і втрати працездатності машини і розробити систему профілактичних заходів.

Діагностування при цьому пов'язане з профілактикою технічних систем судна.

Як діагностування, так і профілактика повинні бути безперервними.

Діагностування невіддільне від процесів дослідження надійності і працездатності судових машин і подальшого прогнозування стану подій. Цей процес можна характеризувати як визначення стану машини для даного періоду експлуатації в зв'язку зі зміною або порушенням в часі технологічних функцій і фізико-механічних властивостей, її механізмів і вузлів. Діагностування супроводжується і характеризується безперервним контролем параметрів, виявленням причин виникнення відмов і втрати працездатності безпосередньо в період експлуатації, прогнозуванням подальшого стану машини і виявленням закономірностей зміни параметрів у часі. Діагностування оцінює вплив процесів, що протікають, на зміну технічного стану вузла технічної системи судна в період її експлуатації; прогнозує можливі наслідки стану обладнання, вибір шляхів і засобів усунення шкідливих наслідків. В цьому випадку діагностування буде направлено на попередження та виявлення причин втрати працездатності.

Технічне діагностування в умовах експлуатації судна дозволяє досліджувати і вивчати питання працездатності, форми прояву відмов і методи їх локалізації, розпізнавання і прогнозування прихованих дефектів без розбирання технічного об'єкта.

Технічне діагностування проводиться в наступних випадках:

- судновий механізм знаходиться в одному з станів: працездатному або непрацездатному (в стані відмови);
- в технологічному обладнанні можна виділити вузли, механізми, які характеризують один зі станів (працездатне або неробочий);
- з числа техніко-експлуатаційних параметрів судової машини можна виділити і проконтролювати конкретні параметри і їх значення.

У процесі технічного діагностування здійснюється безперервний контроль технічного стану і параметрів судових механізмів. Під час контролю технічного стану виконується перевірка відповідності значень контрольованих параметрів судових механізмів вимогам техніко-експлуатаційної документації. В результаті проведення контролю та виконання діагностування здійснюється пошук місця і визначення причин відмови і появи несправностей. Результати діагностування використовуються для прогнозування технічного стану судових механізмів і їх поведінки в наступні періоди експлуатації.

Достовірність діагностування багато в чому залежить від технічного стану автоматичних контрольних пристроїв, датчиків, приладів, від можливості використання пристроїв і приладів не тільки для діагностування, але і для моніторингу. В процесі експлуатації суднових механізмів виникає можливість здійснення основного обсягу діагностичних операцій по вимірах, роботі та технічному стану вузлів і механізмів, умов роботи.

Основними об'єктами діагностування стають найбільш навантажені вузли і механізми, що працюють в складних і важких умовах застосування, при підвищених температурах, хімічному і електричному впливі, незадовільних умовах доступності до обслуговування, мащення. До таких вузлів можуть бути віднесені найбільш рухливі та високошвидкісні механізми і вузли двигунів, пневмо- і гідроапаратура, автоматична апаратура і системи управління.

Діагностування суднових машин супроводжується сукупністю перевірок і зняття тестів взаємопов'язаних параметрів, для яких встановлені межі допустимих відхилень.

Програмне забезпечення передбачає наявність вбудованих діагностичних тестів для виявлення місця відмови. Проведення діагностичних тестів з можливістю моніторингу становить основу отримання достовірної інформації, необхідної для визначення місця відмови і елемента, що відмовив.

Автоматичний контроль і діагностування включають виявлення і усунення відмов, систематичне спостереження за роботою механізмів і вузлів. Виконується безперервна фотографія роботи суднових механізмів, проводиться хронометраж простоїв і статистика відмов. У період фотографії часу роботи машини враховуються і фіксуються всі види відмов, час відмов і усунення причин неполадок. Враховують відмови як з технічних, так і не з технічних причин. Результати діагностування або автоматично реєструються, або заносяться в карту спостережень. Потім слід статистична обробка результатів діагностування і розробляються заходи щодо забезпечення надійності і працездатності машини, виявляються резерви підвищення ресурсу та її надійності.

Контроль працездатності об'єкта здійснюється з виконанням необхідного числа і частоти контрольних перевірок. Кожна перевірка дає інформацію про значення контрольованих параметрів машини з отриманням позитивного результату, якщо значення контрольованого параметра знаходиться в зоні допуску, і негативного, якщо значення контрольованого параметра знаходиться за межами допуску. Судновий механізм буде вважатися працездатним, якщо в процесі діагностування отримані значення показників в заданій послідовності мають позитивні результати. Необхідна ступінь деталізації і якості діагностування визначається вимогами, що пред'являються до техніко-експлуатаційних параметрів суднових механізмів.

Діагностування застосовується в практиці управління технічним станом суднових вузлів, реєстрації і запису змін параметрів машини і її вузлів, одержуваних безперервно в процесі експлуатації. Це дозволить виявити не тільки поточний стан параметрів, але і визначити тенденції їх зміни в часі.

Аналізуючи значення параметрів, можна виявляти зміну параметрів і часу перебування їх в допустимих межах. На основі чого вживаються заходи, спрямовані на запобігання втрати працездатного стану механізму, що, в свою чергу, призведе до запобігання поломок, виникнення аварій, грубих порушень експлуатації техніки. У процесі діагностування можна стежити за швидкістю зміни і погіршення значень контрольованих параметрів і здійснювати прогнозування, контролювати залишковий технічний ресурс. Прогнозування працездатності на основі діагностування вирішує завдання діагнозу технічного стану машини і подальшої зміни надійності вузлів і механізмів.

Діагностування використовує результати дослідження фізичної суті процесів функціонування виробу, методи теорії надійності, теорії вимірів і аналізу інформації. Діагностування ґрунтується на результатах технічного контролю. **Технічний контроль** - перевірка відповідності продукції або процесу встановленим технічним вимогам.

Технічний контроль здійснюється на різних стадіях життєвого циклу виробу. Зокрема велике значення має **експлуатаційний контроль**:

1. Контроль параметрів механізму при його функціонуванні з використанням штатних приладів контролю.
2. Періодичний контроль правильності функціонування з використанням штатних сигналізаторів.
3. Контроль з метою виявлення відхилень в роботі виробу з використанням штатних засобів контролю.
4. Діагностування технічного стану з використанням спеціальних діагностичних алгоритмів на основі контрольно-вимірювальної інформації.

Контроль і діагностування вирішують наступні завдання:

1. Створення контролепридатного виробу.
2. Розробка системи контрольних засобів.
3. Розробка методів обробки і аналізу контрольно-вимірювальної інформації.
4. Обґрунтування і реалізація способів представлення діагностичної інформації.
5. Розробка рекомендацій по використанню результатів контролю і діагностування і ухвалення необхідних рішень.

Процеси виявлення і пошуку дефектів здійснюються при визначенні технічного стану об'єкту і об'єднуються терміном "діагностування". Завдання діагностування - перевірка справності, працездатності і правильного функціонування об'єкту, а також завдання виявлення і пошуку дефектів.

У діагностиці для об'єкту часто використовується термін **"контролепридатність"** - властивість об'єкту, що характеризує його пристосованість до проведення контролю заданими засобами.

Рівень контролепридатності об'єкту визначає міру ефективності рішення завдань тестового контролю. Контролепридатність забезпечується в результаті перетворення структури об'єкту, що перевіряється, до виду, зручного для діагностування. Наприклад, до складу об'єкту вводять додаткову апаратуру і

передбачають додаткові контрольні точки.

Завдання технічного діагностування

При визначенні технічного стану об'єкту можна виділити три типи вирішуваних завдань:

1. Визначення поточного стану об'єкту - завдання діагностування.
2. Пророцтво технічного стану об'єкту в майбутній момент часу - завдання прогнозування.
3. Визначення технічного стану об'єкту для минулого моменту часу - завдання генезу (наприклад, розслідування аварії).

6.2 Класифікація методів проведення технічного діагностування суднових систем, вузлів і механізмів.

Інформація, що надходить від датчиків і пристроїв зворотного зв'язку і автоматичних контрольно-вимірювальних приладів, може використовуватися для діагностики стану суднової системи, функціонування її вузлів і механізмів.

Інформація також застосовується для прогнозування роботи технічних суднових систем і подальшого контролю стану працездатності. Необхідно вміти визначити і оцінити стан системи з контролю техніко-експлуатаційних параметрів на основі діагностики. Крім того, необхідно мати дані про стан керованості машини, її механізмів, вузлів.

Існує взаємозв'язок методів діагностування та технічних засобів діагностування та оцінки стану надійності. Засоби оцінки стану машини, технічні засоби діагностування, прилади та апаратура для контролю і діагностування знаходяться в повному взаємозв'язку з застосовуваними методами діагностування. Можна виділити окремі методи діагностування з проведенням контролю стану технічної системи по експлуатаційним параметрам.

Метод діагностування по ефективності роботи системи. Застосовується для проведення діагностування та виявлення загального технічного стану машини по вихідним експлуатаційним параметрам, наприклад, таким як вимір і втрата потужності, витрата електроенергії, контроль часу робочого циклу і циклової продуктивності, контроль виконання технічних умов і технічних вимог, експлуатаційних характеристик, якості виробів, що випускаються. Застосовуються технічні засоби діагностики, бортові комп'ютери, прилади.

Метод діагностування по герметичності робочих органів і систем. заснований на вимірі витоку повітря, газів і рідин в розподільній апаратурі, системі трубопроводів, в пневмогідроапаратурі. Метод отримав широке застосування для оцінки ступеня зношеності циліндро-поршневих груп, герметичності з'єднань, герметичності системи гальмування і системи охолодження, системи мастила, гідро- і пневможивлення і живлення двигуна. Оцінюються герметичність і цілісність міжкорпусних і міжвузлових ущільнень.

Метод діагностування по геометричним параметрам. Застосовується для визначення зазорів і люфтів, що дозволяє оцінювати технічний стан і роботу вузлів устаткування.

Диференціальний метод. Відноситься до числа необхідних для діагностування стану різних видів передач. Діагностуються кінематичні пари, передачі, визначаються зазори, биття, люфти в трансмісіях, здійснюються контроль і дотримання норм точності виготовлення деталей.

Тепловий метод діагностування. Заснований на оцінці вимірювання температури в характерних точках під час роботи механізмів і вузлів. Досліджуються в процесі експлуатації закономірності зміни температури вузлів, механізмів, підшипникових опор в межах допустимих обмежень.

Віброакустичний метод – метод діагностування по виникненню коливальних процесів. Він заснований на дослідженні параметрів вібрації та акустичних шумів при роботі вузлів. Метод використовується для контролю стану електродвигунів, передач, тощо. Контроль появи і розпізнавання стуку розглядається як наслідок підвищеної зношеності вузлів і механізмів. Із застосуванням сучасних приладів і комп'ютерної техніки віброакустичний метод отримує велике поширення.

Профілактичний метод візуального контролю. Процес діагностування передбачає обстеження основних вузлів, візуальний контроль і виявлення місць порушення роботи технічної системи і можливих причин виникнення відмов. Застосовуються переносні прилади, електронні датчики, контрольні пристрої, перевіряється робота пневмогідроапаратури, здійснюється контроль стану силового електроживлення і електричних ланцюгів управління.

Метод контролю за нормативними даними. Заснований на порівнянні фактичних або експериментальних значень параметрів (зусилля, тиск, потужність, температура і ін.) з нормативними даними, паспортними значеннями, технічними умовами. Метод передбачає, що для діагностується вузла призначається сукупність детермінованих контрольних параметрів. Кожному вхідному параметру повинно відповідати строго заданий значення вихідного параметра. Кожному вихідному параметру можуть відповідати кілька передбачуваних вихідних значень, що дозволяють задавати допустимі відхилення в залежності від вимог замовника і якості виробів, що виготовляються.

Метод розрахункових залежностей. Заснований на порівнянні експериментально отриманих функціональних залежностей параметрів вузла, що перевіряється, з заданими нормативними залежностями, отриманими експериментальним або розрахунковим шляхом.

Метод контролю нестационарних значень параметрів машини. Є методом контролю невстановлених значень параметрів, описуваних законами імовірнісного розподілу з урахуванням зміни параметрів у часі.

Метод контролю із застосуванням осцилографів. Заснований на аналізі і вимірі параметрів із застосуванням осцилографів і контрольної техніки.

Кореляційний метод дослідження. Будуються кореляційні залежності зміни параметрів.

Метод спектрального аналізу. Діагностування починається з аналізу

параметрів, що хронометруються за даними діагностичних спостережень і досліджень.

Тема 7. Контроль, діагностика та оцінка стану суднової техніки.

Задачі служби технічної експлуатації судна за контролем та діагностикою стану суднової техніки. Системи контролю. Основні положення прогнозування стану працездатності суднового обладнання.

7.1 Задачі служби технічної експлуатації судна за контролем та діагностикою стану суднової техніки.

Тільки правильно організований процес діагностування може забезпечити високий рівень працездатності машини. Виконуючи діагностування, формують область технічного стану і встановлюють фактичний рівень надійності машини.

Технічний стан для кожного вихідного параметра формується як область, в якій знаходяться всі його значення для прийнятих умов і режимів роботи машини. Зміна області стану відбувається з плином часу і залежить від процесів старіння, зносу, умов і режимів експлуатації машини. У зв'язку з цим закон імовірнісного розподілу $F(x)$ буде характеризувати ймовірність знаходження в заданій точці значень x . Область станів визначається не тільки значеннями параметрів, але і імовірнісними характеристиками: математичним очікуванням, дисперсією, коефіцієнтом асиметрії, а повною характеристикою стає функція закону розподілу $F(x)$.

Для оцінки технічного стану машини в період діагностування визначаються значення встановлених вихідних параметрів для різних умов експлуатації та проведення розрахунків на основі показників існуючого рівня надійності машини. При експлуатації машини показники будуть змінюватися, і другим етапом оцінки надійності стає проведення прогнозування зміни області станів вихідних параметрів машини під впливом очікуваних процесів старіння.

Для проведення діагностування призначають сукупність контрольно-діагностичних операцій. Може бути запропонована система технічного діагностування, яка включає технічні засоби - ТСД, алгоритм діагностування, тобто, сукупність приписів про проведення діагностування, вибір методу діагностування - функціональний або тестовий.

При проведенні діагностування можуть бути використані аналітичні та графоаналітичні дослідження функціонування вузлів і механізмів, включаючи розробку системи диференціальних рівнянь і передавальних функцій, що зв'язують вхідні і вихідні параметри і функціонування. У процесі діагностування можуть вирішуватися такі завдання: розробка та аналіз функціональних і структурних схем, побудова математичної моделі функціонування машини із залученням програмних продуктів, вибір і призначення діагностичних параметрів і контрольних точок, мінімізація тестів і оптимізація процедур пошуку і локалізації несправностей, прогнозування майбутнього стану

діагностованих об'єктів, виявлення умов, що визначають доцільність відновлення працездатності вузлів і механізмів машини шляхом заміни і ремонту вузлів і механізмів.

Діагностування проводиться з повним вивченням об'єктів діагностики, уточненням критеріїв працездатності, діагностичних параметрів і контрольних точок на основі розробленої методики діагностування та алгоритмів побудови програм.

Методики діагностування повинні містити розроблені методи і алгоритми проведення досліджень, включно з документацією. Документація по проведенню діагностування підрозділяється на організаційну і технологічну. Організаційна документація містить опис методів проведення діагностування з зазначенням періодичності, послідовності виконання робіт, а також основні положення організації робіт, нормативи, інструкції з техніки безпеки та виробничої санітарії, форми планування та обліку виконуваних робіт, в тому числі діагностичні карти.

Технологічна документація включає перелік і опис операції по проведенню робіт, технічних засобів діагностування, черговість виконання робіт, технічні умови і вимоги до виконання операцій.

У висновку про технічний стан вказується залишковий технічний ресурс стану машини, визначаються етапи проведення подальших робіт з технічного обслуговування і ремонту. Результат діагностування повинен задовольняти наступні умови: відображати зміни показників, що визначають надійність, працездатність і довговічність машини в майбутньому, тобто в наступний період експлуатації.

Автоматичний контроль в процесі діагностування передбачає здійснення сукупності операцій контролю і перевірок в заданій послідовності виконання.

Діагностування в залежності від організації обслуговування і ремонту технічних об'єктів, а також технологічного призначення підрозділяють на спеціалізоване і суміщене. В цьому випадку діагностування стає частиною єдиної системи технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) і служить засобом отримання інформації про технічний стан для вжиття заходів планування ТО і ПР.

Метод спеціалізованого діагностування для вирішення завдань проведення ТО і ПР передбачає управління технологічними процесами ТО і ПР. Його проводять переважно для контролю технічного стану машини і її механізмів по окремим узагальненими критеріями і параметрами.

Метод суміщеного діагностування передбачає проведення всебічного діагностування, включаючи поглиблений контроль якості стану машини і вузлів. Тоді технічні засоби та обладнання для діагностування розміщують безпосередньо на контрольних ділянках або в боксах проведення ТО і ПР.

Аналіз схем ТО і ПР (рис. 7.1) дозволяє виявити такі закономірності в організації діагностування з можливістю проведення ТО і ПР.



Рис. 7.1- Закономірності в організації діагностування з можливістю проведення ТО і ТР

В процесі виконання діагностичних робіт крім виявлення значень параметрів працездатності і надійності для досягнення і забезпечення високого рівня якісного стану і функціонування механізмів і вузлів машини робиться контроль техніко-експлуатаційних параметрів. Можуть вимірюватися наступні параметри в процесі контрольних випробувань і діагностування:

- шлях, швидкість, прискорення ведених і провідних ланок механізму або приводу;
- кінцеві положення ланок механізмів, розкид їх положення, позиціонування;
- нерівномірність обертання або поступального переміщення ланок механізмів;
- зусилля і моменти, що діють на ланки механізмів і приводу;
- тиск в гідро- і пневмосистемах;
- потужність, споживана електродвигунами;
- момент часу подачі команд включення апаратів, муфт та приладів;
- час початку і кінця роботи механізмів (по циклограмме);
- температура і області зміни температурного поля;
- параметри жорсткості і пружних деформацій окремих ланок механізмів
- рівень шуму і вібрацій при роботі механізмів; спрацьовування і плавність переміщення золотників, соленоїдів і пристроїв системи управління;
- вузли повороту і точності кулачкових, поворотно-фіксуючих механізмів.

При проведенні діагностування та оцінки контрольованих параметрів можливий диференційований метод визначення стану машин з урахуванням технічних і експлуатаційних даних, режимів функціонування, ступеня впливу техніко-експлуатаційних параметрів на працездатність і надійність. В результаті діагностичних робіт готується інформація для проведення економічних розрахунків про витрати на виконання профілактичних і ремонтних робіт, технічного обслуговування.

При виконанні економічних розрахунків враховуються наступні критерії: продуктивність, ймовірність безвідмовної роботи, сумарне напрацювання, параметри точності, якісні та техніко-експлуатаційні характеристики. При проведенні розрахунків параметрів в процесі діагностування надійності доступними стають методи визначення зносостійкості і міцності, методи дослідження інтенсивності зношування, вивчення форми і мікрошліфів зношених поверхонь, втомної міцності, умов змащення в рухомих з'єднаннях. Діагностування дозволяє здійснювати із застосуванням приладів хронометражу часу роботи і простоїв, витрат часу на відновлення працездатності, визначення причин відмов і інші роботи на даному проміжку часу проведення досліджень.

7.2. Системи контролю

Основу системи діагностування складає експлуатаційний контроль об'єкту. Експлуатаційний контроль об'єктів є системою визначення його технічного стану. На підставі отриманих при контролі даних приймається рішення про допустимість подальшої експлуатації об'єкту або про необхідність ремонту і його об'єм. Система експлуатаційного контролю повинна забезпечити виявлення і ідентифікацію дефектів (власне діагностування), а також прогнозування їх розвитку.

Термін "контроль" означає усю сукупність процедур, необхідних для ухвалення рішення по забезпеченню нормальної експлуатації об'єкту. Об'єм випробувань при експлуатаційному контролі визначається виходячи з досвіду експлуатації. Періодичність контролю визначається швидкістю розвитку дефектів і встановлюється в результаті ряду повторюваних випробувань.

Найбільшою мірою цілям діагностування відповідає контроль по прогнозуючому параметру, тобто по такому параметру, який найтісніше пов'язаний з відмовою. Зазвичай цей зв'язок носить стохастичний характер. Достовірність прогнозування залежить від того, наскільки тісний цей зв'язок.

Сучасна система діагностування має в першу чергу бути системою раннього виявлення дефектів, що розвиваються. **Для створення ефективної системи контролю необхідно:**

1. На підставі досвіду експлуатації виявити дефекти, що призводять до відмов, причини їх виникнення і хід розвитку.
2. Визначити спостережувані характеристики (діагностичні параметри) об'єкту, зміна яких пов'язана з виникненням і розвитком дефектів.
3. Виявити зв'язки між значеннями параметрів і технічним станом устаткування. Встановити граничні значення параметрів, що характеризують перехід об'єкту в інший клас технічних станів.

4. Розробити методи виміру цих параметрів в умовах експлуатації.
5. Визначити об'єм і періодичність випробувань, а також їх послідовність (алгоритм контролю).
6. Встановити критерії бракування.

При створенні діагностичної системи для певного об'єкту вирішуються наступні завдання:

1. Вивчення функціональних властивостей об'єкту і основних параметричних залежностей.
2. Визначення найбільш ефективних способів інструментального контролю.
3. Формування діагностичних ознак на основі параметричної інформації.
4. Формування діагностичних алгоритмів на основі параметричної інформації.
5. Розробка програмно-математичного забезпечення.
6. Відробіток методів ідентифікації результатів діагностування.
7. Розробка методів і правил використання результатів діагностування для ухвалення рішень.

7.3 Основні положення прогнозування стану працездатності суднового обладнання

Прогнозування вимагає проведення досліджень і розробку методів прогнозу технічного стану і працездатності суднового обладнання.

При цьому проведені процеси діагностування та інформаційного забезпечення стану машини, напрацювання за минулий період експлуатації слугують необхідною інформаційною базою для прогнозування і оцінки майбутнього стану машини зі збереженням технічного ресурсу і забезпечення надійності машини в наступний період експлуатації.

Дані діагностування та моніторингу є основою для прогнозування поведінки і технічного стану технологічного обладнання. Прогнозування являє собою процес, в результаті якого отримують імовірнісні дані про майбутній стан прогнозованого процесу і в цілому технологічного обладнання.

Для проведення прогнозу потрібна інформація про об'єкт прогнозування, яка розкриває його стан в попередній період протікання подій для виявлення закономірностей і характеру зміни стану в наступний період розвитку подій і стану машини.

Інформація в питаннях прогнозування ґрунтується на поточній (хронологічній) інформації стану та поведінки вузлів і механізмів технологічного обладнання, в тому числі отриманої інформації при діагностуванні і в процесі моніторингу діючих машин. При наявності хронологічної інформації, отриманої в процесі довготривалих спостережень, виявляються закони поведінки і зміни параметрів $\{p_n\}$ надійності і працездатності в часі поточного періоду експлуатації, закони подальшого імовірнісного зміни параметрів.

Смисл, вкладений в поняття «науково-технічне прогнозування», вимагає пояснення і більшої точності у вживанні. Прогнозування спрямоване не тільки

на виявлення поточного стану техніки, підтримання її надійності і працездатності, а й на нововведення і застосування нових технічних досягнень для підвищення техніко-експлуатаційних параметрів технологічного обладнання.

Існує *короткострокове прогнозування і довгострокове*, що відображає тактику і стратегію планування та прийняття рішень. При короткостроковому прогнозуванні необхідно брати до уваги, що повнота виявлення тенденцій може бути не забезпечена з необхідним рівнем імовірності. Не всі відхилення і зміни можуть бути враховані. При довгостроковому прогнозуванні зміна подій в минулому дає більш повну і точну інформацію для стратегічного планування розвитку подій і вжитих заходів, але потрібен тривалий період для отримання хронологічної інформації.

Вивчаючи прогнозування технічного стану технологічного обладнання, розглянемо прогнозування стосовно технічного розвитку. Просування рівня стану техніки від попереднього до наступного вимагає безперервного розвитку технологічного обладнання в процесі його експлуатації. Темп розвитку буде сповільнюватися або прискорюватися в залежності від прийнятих рішень, різноманітних зовнішніх подій, умов зовнішнього середовища. Прогноз розвитку технологічного обладнання може ставитися до будь-якого елементу, вузлу, механізму аналізованого події, до різних рівнів розвитку події в часі.

В основі прогнозування технічного розвитку лежить виявлення перспективних напрямків і пошук технічних рішень. При цьому технічний розвиток залежить від зміни технічних параметрів у часі (рис. 7.2).

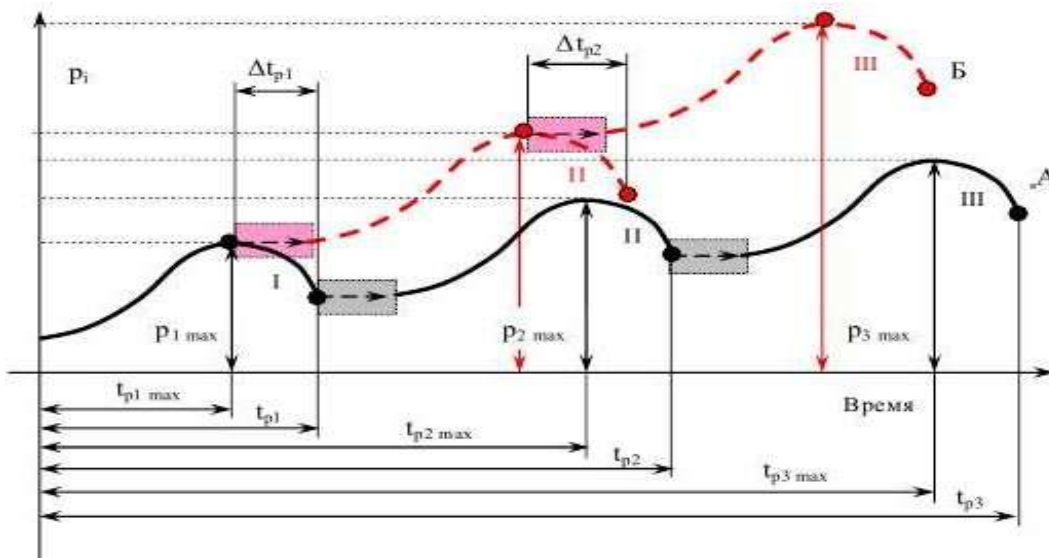


Рис. 7. 2- Графік зміни технічних параметрів розвитку техніки

На рис. 7.2 позначено: А - поточний варіант розвитку техніки; Б - прогресуючий варіант розвитку техніки; I, II, III - етапи зміни технічного стану техніки і її вдосконалення; p_1, p_2, p_3 - досягнуті рівні розвитку техніки для різних етапів технічного стану; $\Delta t_{p1}, \Delta t_{p2}$ - зміщення початку чергового етапу розвитку техніки. Зона графічного зображення рис. 7.2 показує темп розвитку і переходу з одного рівня на інший.

Технічними параметрами $\{p_i\}$ можуть бути в залежності від об'єкта

швидкість, продуктивність, питоме споживання палива, витрата електроенергії, потужність, показники якості, витрати на технічне обслуговування і ремонт.

За рахунок чого досягається технічний розвиток? За рахунок модернізації і удосконалення конструкції, реалізації нових патентів, використання нових матеріалів і т. д.

Функції технічного розвитку показують, що існує безліч причин або факторів, що призводять до необхідності проведення прогнозів. Основні чинники - знос, моральне і фізичне старіння техніки, необхідність безперервного вдосконалення конструкції, вдосконалення обслуговування і ремонту технологічного обладнання, розробка більш ефективної системи постачання запчастинами, недостатня кваліфікація, досвід і знання обслуговуючого персоналу і ін.

Тоді функція технічного розвитку технічного об'єкта запишеться

$$T = a(p)^{bc}_i \quad (7.1)$$

де p_i - поточне значення параметра технічного об'єкта;

a - константа зміни поточного технічного стану (параметра p_i) по відношенню до майбутнього зразком технічного об'єкта з кращими параметрами p_δ ,

$$a = \frac{p_\delta}{p_i}$$

де p_δ - значення прогнозованого параметра для майбутнього зразка технічного об'єкта;

b - коефіцієнт впливу зовнішнього середовища;

c - коефіцієнт темпу розвитку,

$$c = \frac{t_{p\delta}}{t_{pi}}$$

де t_{pi} , $t_{p\delta}$ - темп або час переходу з одного рівня розвитку на наступний.

Параметри a , p_i , b є прогнозованими.

На темп розвитку (параметр c) техніки впливають:

L - кількість ефективно працюючого обслуговуючого персоналу; α - показник середнього рівня освіти;

β - показник технічної підготовки, середнього рівня досвідченості; I - рівень капіталовкладень;

I - темп зміни рівня капіталовкладень;

δ - очікуваний темп зміни ринкового попиту, нахилу кривої збуту; τ - темп поширення і впровадження удосконалень.

Відомо, що «майбутня техніка і події появи аварій і катастроф відкидають свою тінь і стають видимими і передбачуваними суспільству задовгодо того, як її вплив зробиться значним. І повинні бути в змозі виявити ознаки майбутнього технічного зміни і систематично стежити за ним і приймати нові рішення». Це означає, що прогнозувати потрібно виходячи з існуючих подій.

За вищевикладеним визначень здійснюються стеження, діагностування і

при необхідності моніторинг, які гуртуються на оцінці подій і фактів.

Моніторинг заснований на діагностиці параметрів стану технологічного обладнання і безперервному контролю його працездатності. Моніторинг, включаючи діагностування, являє собою систему спостережень і безперервного контролю, що здійснюються регулярно і циклічно за заданою програмою і розробленою методикою.

Моніторинг повинен включати:

1) вибір таких параметрів, варіантів планованих кроків, дій і рішень, які можна простежити, встановити значення цих параметрів, швидкість і напрямки розвитку, а також ефект застосування;

2) пошук ознак в навколишній обстановці, які можуть бути початковими параметрами вдосконалення і розвитку технологічного обладнання та майбутніх подій експлуатації та застосування машини, що дозволить передбачати майбутні події і зміни;

3) своєчасне відстеження і контроль даних, подання даних, отриманих на попередніх етапах, для прийняття рішень із застосуванням обчислювальної техніки;

4) забезпечення сприйнятливості системи прогнозування до виникнення і можливої зміни (стійкість) подій;

5) виявлення тенденцій напрямки розвитку технологічного обладнання;

6) виявлення можливих наслідків, якщо ці ознаки справедливі (правдиві) і якщо розвиваються тенденції, на які вони вказують.

При проведенні моніторингу надається можливість здійснювати оцінку технічного стану машини і безперервний збір інформації з розглядом фактів за результатами моніторингу для прийняття рішень. В результаті моніторингу ведеться пошук, розгляд альтернативних варіантів, напрямів прийняття рішень, вибір для спостереження і оцінки найбільш важливих параметрів стану працездатності технологічного обладнання.

Прогнозування технічного ресурсу. Теоретичною основою для прогнозування ресурсу технологічного обладнання в умовах накопичення, і виникнення несправностей, тріщин служить механіка руйнувань, зносу. Фізичний процес руйнування складається з накопичення розсіяних пошкоджень, може становити значну частину загального ресурсу. Процес накопичення ушкоджень безперервно триває, виявляються їх закономірності зміни, що впливає на зміну параметрів, що контролюються $\{p_n\}$.

Завдання прогнозування технічного ресурсу включає також розрахунок на експлуатаційну надійність, безвідмовність техніки. Особливе місце займає розрахунок на безпеку.

В процесі експлуатації техніки ведеться постійний пошук і контроль дефектів. У зв'язку з цим необхідний збір інформації про вузли, стан деталей і механізмів, навантаженнях, швидкостях і інших техніко-експлуатаційних параметрах технологічного обладнання.

Прогнозуючи, можна поставити «діагноз» стану технологічного обладнання, його працездатності, стану механізмів і навантажених деталей. Прогнозування застосовується в практиці управління технічним станом технологічного обладнання, коли здійснюється контроль зміни параметрів безперервно в процесі експлуатації. Це дозволяє бачити⁶⁹ не тільки поточне значення параметрів,

але і виявляти тенденції їх зміни в часі, коли аналізуються значення параметрів.

Методи визначення допустимого відхилення параметрів технічного стану при прогнозуванні залишкового ресурсу техніки встановлює стандарт.

Прогнозування має певну організацію його проведення, яке включає наступні етапи:

1) припущення, гіпотезу, осмислене висловлювання, умовивід, що з'являються в процесі аналізу проблеми або проведеного дослідження; це означає, що, прогнозуючи, можна передбачити, побудувати прогноз найбільш ймовірного прояву події, явища в майбутньому;

2) висування теорії або методу, що визначають можливість проведення прогнозування з отриманням достовірного результату з максимально досяжною точністю, визначення достовірності припущення, гіпотези;

3) застосування методу або кілька об'єднаних методів з отриманням результату з можливо допустимої ступенем ймовірності; перевірка теорії на проведенні досліджень.

Прогнозування надійності характеризується тим, що вирішується ймовірна задача, в якій поведінка технічного об'єкта або події в майбутньому визначається з тим чи іншим ступенем достовірності і оцінюється ймовірність його знаходження в певному стані при розглянутих умовах експлуатації.

Існують різні методи прогнозування:

- прогнозування надійності;
- працездатності;
- технічного ресурсу.

Стосовно до надійності прогнозування зводиться в основному до розрахунку ймовірності безвідмовної роботи об'єкта $P(t)$ в залежності від можливих умов експлуатації.

В основі прогнозування надійності лежить оцінка зміни вихідних параметрів технологічного обладнання в часі при різних вхідних даних, на підставі чого можна зробити висновок про показники надійності при різних умовах і методах експлуатації.

Прогнозування надійності технологічного обладнання зводиться до прогнозування працездатності, ймовірності безвідмовної роботи, прогнозування залишкового технічного ресурсу. Розширюючи область пізнання питань прогнозування на основі діагностування, можна вирішувати питання прогнозування стосовно технічного стану і надійності різних видів техніки.

Тема 8. Особливості діагностування обладнання на судах.

Методи діагностування судових допоміжних механізмів. Области застосування віброакустичного діагностування на етапах життєвого циклу судових механізмів.

8.1 Методи діагностування судових допоміжних механізмів.

В даний час діагностування технічних об'єктів приділяється велика увага як засобу істотного підвищення їх надійності. Це пояснюється тим, що розробка і впровадження в практику експлуатації різних технічних засобів, методів і засобів їх діагностування дозволяє підвищити безвідмовність, ремонтпридатність і

довговічність обладнання, попереджати аварії, прогнозувати залишковий ресурс і значно збільшити надійність і економічність енергетичних установок. Особливо ефективно використання коштів діагностування на транспортних установках в зв'язку з їх численністю і багатотипністю. Так, тільки за рахунок впровадження засобів діагностування скорочення трудомісткості і час ремонтів транспортних установок може досягти до 30-40%, зменшення витрат палива до 3 - 4%, а збільшення коефіцієнта технічного використання обладнання до 10 - 12%.

Технічне діагностування - процес контролю і прогнозування технічного стану об'єкта діагностування.

Як об'єкт діагностування (ОД) розуміють судові технічні засоби (СТЗ) і конструкції, стан яких підлягає визначенню. У поняття СТЗ включаються головні і допоміжні двигуни, допоміжні механізми і пристрої.

Діагностична модель – формалізований опис ОД, що враховує можливість зміни його стану в часі. Моделі ОД необхідні для побудови алгоритмів діагностування формалізованими методами, для аналізу результатів на повноту виявлення та на глибину пошуку несправностей. Діагностичні моделі можуть бути представлені в аналітичній, табличній, векторній і графічній формах.

Сутність технічного діагностування полягає в розробці та практичній реалізації алгоритмів оцінки параметрів технічних станів об'єктів діагностування без їх розбирання в робочих умовах.

Якщо під технічним станом (ТС) об'єкта діагностування розуміти сукупність його властивостей, що змінюються під час роботи, то для пошуку дефектів, прогнозування ТС необхідно виділити ті суттєві властивості об'єкта, які забезпечують його стійке функціонування і є, в зв'язку з цим характеристикою ТЗ. Крім цього, необхідно знайти закономірності зміни цих властивостей і тим самим визначити види ТС, в яких може знаходитися об'єкт діагностування.

При діагностуванні використовують вектор структурних параметрів об'єкта

$$R = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_m\} \quad (8.1)$$

де r_i , $i=1,2,3, \dots, m$ - відхилення i -го параметра технічного стану від його номінального значення.

Стан складного об'єкта діагностування зазвичай оцінюється безліччю структурних параметрів r_i , зміна яких згодом напрацювання призводить до відмови. На основі вивчення статистичних відмов механізму складається перелік слабких вузлів, що лімітують ресурс механізму, складається також перелік підлягають діагностуванню дефектів, обумовлених виходом того чи іншого структурного параметра за допустимі межі (наприклад, зазори в підшипнику, ступеня зносу поршневих кілець, значення дисбалансу ротора і ін.).

Порушення працездатності об'єкта діагностування з часом напрацювання, зване в теорії надійності відмовою, хоча і є випадковою подією, обумовлено, тим не менш, цілком певними фізичними і хімічними процесами, що протікають в матеріалах деталей механізму при його експлуатації і викликають старіння матеріалів і знос елементів. Ці деградаційні процеси в свою чергу залежать від ряду зовнішніх і внутрішніх факторів: принципу дії механізму, його конструкції, використовуваних матеріалів, технології виготовлення, режимів і умов роботи.

Комплекс зовнішніх і внутрішніх факторів, що впливають на механізм, призводить до змін структурних параметрів. Процес наближення технічного стану об'єкта діагностування до відмов характеризується рухом випадково змінюється з

плином часу експлуатації вектору структурних параметрів R до кордону робочої області, при досягненні якої об'єкт втрачає працездатність. Отже, будь-який *роторний механізм складається з електродвигуна, з'єднувальної муфти, ротору, корпусу.*

Методика визначення технічного стану ротаційних механізмів без розбирання передбачає контроль стану підшипників, ротора, ущільнень і з'єднувальних муфт різними методами діагностування: механізмів.

Параметр «температура» використовується для контролю протікання робочих процесів в машинах і апаратах СЕУ.

– Параметром теплового (*термометричного*) діагностування є температура, яка відображає протікання робочого процесу, поява і розвиток цілого ряду несправностей в суднових технічних засобах.

Інтроскопія (бачення з середини) – огляд (при необхідності з фіксуванням зображення) внутрішніх поверхонь суднових технічних засобів - дизелів, редукторів і приводів розподільних валів, проточних частин турбін і турбокомпресорів, трубних поверхонь котлів і теплообмінників, трубопроводів і т. і. - без розбирання через отвори за допомогою оглядових трубок з вбудованою системою освітлення об'єкта спостереження у видимій області спектра (0,38 – 0,78 мкм). Включення в масло відображають характер і інтенсивність зносу (руйнування) елементів СТЗ, що змащуються маслом, і характеризуються розміром, числом, концентрацією часток і їх хімічним складом. Число частинок вимірюється в одиницях, що припадають на обсяг (од. мл.). При нормальному зносі СТЗ (процеси тертя і зрізу) виявляються частинки розміром 0,15 – 15 мкм і товщиною 0,15 – 1 мкм. При терті – це гладкі круглі лусочки. Початок інтенсивного зношування супроводжується збільшенням числа (концентрації) частинок і їх розміру до 50 мкм і більше і проявом певної форми. При подальшому розвитку несправності з'являються частинки більше 100 – 300 мкм, а при виході з ладу (аварії) - більше 1000 мкм. Накопичення продуктів зносу в маслі залежить від мастильної системи СТС (циркуляційна або картерна), якості очищення масла, розміру і частоти доливання, інтенсивності чаду.

– *Теплові методи* використовують для визначення стану підшипників електродвигунів, генераторів, насосів, ДВС, турбін, валопроводів

– Принцип вимірювання товщини стінок *ультразвуковим методом*. В процесі експлуатації суднових енергетичних установок в результаті впливу як зовнішніх чинників, так і внутрішніх чинників, пов'язаних із здійсненням процесів перетворення енергії, відбувається зміна (зменшення) товщини стінок елементів енергетичних установок (трубки і колектори котлів, трубки теплообмінних апаратів, стінки корпусів різних насосів, трубопроводів з агресивними середовищами і ін.). Принцип дії товщиномірів заснований на вимірюванні швидкості проходження ультразвукових сигналів, що посилюються випромінювачем, які проходять через стінку і відбиваючись від дефекту в стінці або зовнішньої поверхні стінки знову повертаються до датчика. Товщиноміри автоматично перераховують час поширення ультразвукових коливань від місця установки випромінювача до протилежної стінки виробу і назад, а на дисплеї приладу висвічується значення товщини стінки. При цьому попередньо прилад налаштовується на відповідний матеріал, з якого виконано даний виріб.

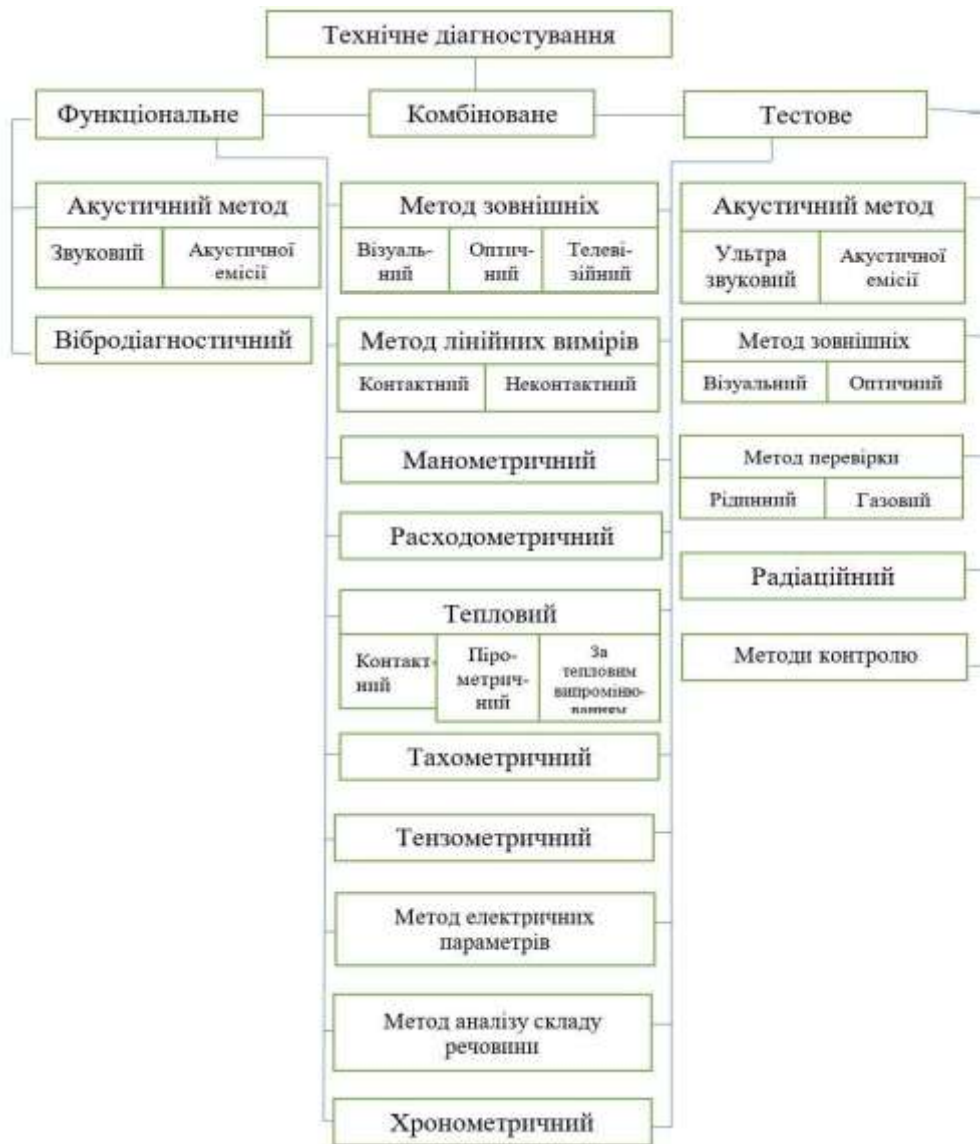


Рисунок 8.1 – Методи технічного діагностування енергетичного обладнання

8.2 Області застосування віброакустичного діагностування на етапах життєвого циклу суднових механізмів.

Вібрацію класифікують за її джерелами (механічна, аерогідродинамічна, електромагнітна, електродинамічна) або за конструктивним вузлу її викликає (роторна, лопаткова, підшипникова, зубчаста і т. д.).

Механічна вібрація викликається дією сил через невідновженості механізму (як правило, періодична вібрація), зіткнення частин (ударні імпульси), виникнення деформацій через порушення кінематики.

Аерогідродинамічна вібрація виникає через зрив потоку при обтіканні елементів СТЗ (лопаток турбін, робочих коліс насосів і т. і.), Кавітаційних явищ, порушення гідродинаміки мастила. Цей вид вібрації носить характер випадкових коливань.

Електромагнітна і електродинамічну вібрація виникає в електричних машинах і пристроях при порушенні взаємодії провідників зі струмом, порушення магнітного поля.

Слід враховувати, що при визначенні технічного стану СТЗ по загальному рівню віброшвидкості неможливо визначити конкретну несправність, але можна встановити, що СТЗ справний, якщо рівень вібрації укладається в норми для «доброго» і «прийняттого» стану. Якщо ж загальний рівень вібрації відповідає «допустимому (обмежено)» і «неприпустимого» рівню, то це не означає, що СТЗ несправний, так як при вимірюванні в широкому діапазоні частот захоплюється наведена вібрація від інших джерел. У той же час робота СТЗ при наведеній вібрації від інших джерел, рівень якої потрапляє в діапазон «Неприпустимо», призведе до різкого скорочення ресурсу, тому причина повинна бути усунута.

Як показує практика, технічна діагностика необхідна на всіх етапах життєвого циклу механізму: від проектування і виготовлення до зняття з експлуатації і в ремонтний період, хоча методи і засоби діагностування, що застосовуються на цих етапах, істотно різняться між собою. Це пов'язано з різницею виду дефектів і генеруюємих ними сигналів, а також умов і кінцевих цілей діагностування.



Рисунок 8.2 – Области застосування віброакустичного діагностування на етапах життєвого циклу механізму

На основі вищевикладеного матеріалу та, проаналізуємо методику визначення технічного стану роторних механізмів спочатку на прикладі відцентрового насоса.

Об'ємні насоси з обертовим або обертальним і зворотно-поступальним переміщенням робочих органів незалежно від характеру руху ведучого ланки насоса називаються роторними. До них відносяться шестеренні, коловоротні, гвинтові, шибєрні, аксіально і радіально-поршневі і інші. Гідність їх - малі габаритні розміри і маса, рівномірність подачі рідини

(газу) і функція пристрою запису двигунами з великою частотою обертання валу (без редуктора). Недоліки - низька всмоктуюча здатність і необхідність ретельної пригону частин, так як збільшення зазорів між корпусом і ротором насоса різко знижує подачу і тиск. На судах роторні насоси застосовують для перекачування в'язких рідин, а також в якості продувних у двотактних дизелів. Часто роторні насоси (паливний, масляний, продувний) є складовою частиною конструкції механізму (наприклад, дизеля).

Контроль фактичного стану насосів і електроприводів може виконуватися технічне обслуговування наступних вузлів:

- насоси – заміна підшипників, заміна (відновлення) корпусу, ротора, ущільнень, очищення робочих коліс від відкладень, заміна (відновлення) з'єднувальних муфт;
- електродвигуни – поповнення або заміна мастила, заміна підшипників, ремонт ротора.

Технічний стан насосів контролюється за рівнем ударних імпульсів, при цьому виявляються пошкодження підшипників та стан мастила, вібрації, перегріву підшипників, зниження подачі (напору), зміни струму електродвигуна приводу, місцевим зменшення товщини корпусу і результатами огляду робочого колеса ендоскопом. Досягнення гранично допустимого значення хоча б одним з параметрів говорить про необхідність проведення технічного обслуговування насосів. За рівнем вібрації насосів з електроприводом встановлюється зміна балансування робочого колеса (через ерозію, наявності відкладень, поломки лопаток, зміщення робочого колеса і т. і.), Центрування (стану сполучної муфти), а також потрапляння насоса в кавітаційний режим. Виміру вібрації повинно передувати вимірювання ударних імпульсів, щоб встановити стан підшипників і їх вплив на вібрацію насоса.

Зниження подачі (напору) насоса може бути пов'язано зі значною ерозією робочого колеса, шестерень і гвинтів, поломкою лопаток і зубів, значними відкладеннями на робочих вузлах насосів, а також з зносом внутрішніх ущільнень і визначається по зниженню тиску за насосом при нормально відкритих клапанах на всмоктуючому і нагнітаючому трубопроводах, чистих фільтрах і відсутності нещільності в з'єднаннях. Істотним слід вважати зниження подачі (напору) на 20-30%.

Температуру підшипників рекомендується контролювати у насосів з підшипниками ковзання, де її підвищення пов'язане з порушенням мастила, центрування і навантаження на них, а також з сильним зносом.

Контроль за струмом електродвигуна за допомогою штатних приладів дозволяє виявити руйнування підшипників насоса, потрапляння сторонніх предметів, і заклинювання робочих органів насоса, знос внутрішніх ущільнень і зміщення робочого колеса. Про несправності насоса свідчить підвищення струму від початкового рівня на 10-20%.

Контроль місцевого зменшення товщини корпусу через кавітаційного руйнування проводиться товщиноміром. Для контролю вибираються характерні точки з зовнішньої сторони корпусу, що відповідають місцевим

кавітаційним пошкодженням всередині корпусу. Характерні точки вибираються при черговій розбиранні насоса над місцями появи кавітаційних каверн.

Для великих насосів доцільно передбачати огляд робочого колеса ендоскопом через спеціальні отвори з пробкою в корпусі насоса або через отвори для кріплення протекторів.

Таблиця 8.1 – Періодичність контролю технічного стану відцентрових насосів

Вид контролю	Періодичність контролю, міс	
	Добрий технічний стан	Задовільний технічний стан
Рівень ударних імпульсів та вібрацій, температури підшипників для насосів з напрацюванням за рік більше 3000 годин	6	3
Рівень ударних імпульсів та вібрацій, температури підшипників для насосів з напрацюванням за рік менше 3000 годин	12	6
Контроль зменшення товщини корпусу	12	6
Огляд робочого колеса ендоскопом	12	6

Проаналізуємо методику визначення технічного стану роторних механізмів спочатку на прикладі двигуна.

При розробці документації по технічному обслуговуванню суднових дизелів станом слід розрізняти такі види контрольних операцій, як огляд дизеля, його складальних одиниць і деталей без демонтажних робіт або з мінімальними розбірками для забезпечення доступу і виконання вимірювань зазорів або інших параметрів технічного стану за допомогою штатних контрольно-вимірювальних приладів і пристосувань.

Реєстрація та обробка теплотехнічних робочих параметрів, отриманих за допомогою штатних і додаткових контрольно-вимірювальних приладів.

Контрольна розбирання вузла для виконання очищення, огляду, замірів, заміни або ремонту окремих деталей.

Періодичність виконання контрольних операцій з напрацювання або календарному терміну повинна бути встановлена в плані-графіку технічного обслуговування дизеля. Вказані контрольні операції, в підпункті спрямовані на виявлення головним чином раптових відмов і повинні плануватися і виконуватися в терміни і з періодичністю, передбаченими інструкцією по експлуатації дизеля. Приклади таких операцій: огляд картера з перевіркою кріплення деталей і надходження мастила до вузлів; завмер раскепов колінчастого вала; огляд робочих поверхонь розподільного механізму з виміром зазорів в підшипниках; перевірка затяжки анкерних болтів та ін.

Факт виконання контрольних операцій повинен реєструватися в плані-графіку технічного обслуговування. Результати контролю з описом виявлених несправностей і вжитих заходів, а також результати вимірювань відображаються в Журналі обліку технічного стану СТЗ по завідуванию механіка.

Контроль робочих параметрів дизеля за допомогою штатних приладів здійснюється вахтовим персоналом з періодичної реєстрацією в машинному журналі значень параметрів головного двигуна і відхилень від норми параметрів допоміжних двигунів.

У загальному випадку контролюються та реєструються наступні параметри: тиск робочих середовищ (масла, охолоджуючої води, палива, продувного повітря, випускних газів); температура робочих середовищ; частота обертання дизеля і турбокомпресорів; навантаження двигуна; перепади тиску і температури в системах двигуна; зовнішні умови: тиск і температура повітря, температура забортної води.

Перелік контрольованих параметрів визначається для кожного конкретного дизеля в залежності від його оснащення штатними вимірювальними приладами і конструктивними особливостями.

Контроль робочих параметрів за допомогою додаткових приладів здійснюється механіком по завідуванню (II або III механіком) періодично в призначені терміни або в разі появи ознак несправності незалежно від призначених термінів. Результати контролю відображаються в Журналі індиціювання або в Журналі обліку технічного стану СТЗ по завідуванню. Додатково можуть контролюватися: тиск газів (максимальне або в залежності від кута повороту колінчастого вала) в циліндрі дизеля і в системах продувки-випуску; температура окремих частин двигуна або його систем; віброшвидкість і віброприскорення окремих частин двигуна; витрата палива, масла і охолоджуючої води в замкнутих контурах.

Аналіз і обробку вимірних значень робочих параметрів здійснює механік, в завідуванні якого знаходиться двигун, під загальним контролем старшого механіка. Відповідальність за правильність дій при раптовій зміні контрольованих штатними приладами параметрів несе вахтовий механік.

Організація робіт по контрольній розбиранні вузлів двигуна повинна базуватися на одному з наступних методів: розбирання (виконання робіт) за результатами контролю фактичного технічного стану шляхом оглядів або на підставі непрямих параметрів, виконувана з призначеної періодичністю; розбирання частини однотипних вузлів з призначеної періодичністю і перенесенням результатів контролю на інші вузли (вибірковий контроль); розбирання з призначеної періодичністю (по напрацюванню або календарному часу); розбирання (виконання робіт) при зовнішньому прояві несправності або відмови.

Принцип виконання відновлювальних робіт по фактичному стану в рамках планової системи технічного обслуговування може бути застосований до складальним одиницям і вузлів двигуна в тих випадках, коли наявними засобами забезпечений достатній безрозбірний контроль технічного стану.

Контроль виконується з призначеної періодичністю. Застосовувані засоби і методи контролю дозволяють виявити критичні значення параметрів технічного стану вузла, при перевищенні яких з'являється ризик відмови двигуна в цілому. Вихід за допустимі значення неконтрольованих параметрів технічного стану окремих деталей не призводить до відмов інших деталей вузла.

На основі контролю фактичного технічного стану може виконуватися технічне обслуговування наступних вузлів суднового дизеля: робочі втулки і

поршні - очищення робочих циліндрів і поршнів з заміною кілець (моточистка циліндрів). Впускні і всмоктувальні клапани робочих циліндрів заміна (відновлення). Турбокомпресори - очищення проточної частини, заміна підшипників. Кочення. Форсунки і паливні насоси високого тиску - регулювання і заміна. Ресивер продувного повітря, продувні та впускні вікна, підпоршневу порожнину, впускні трубопроводи і колектор, порожнини водяного охолодження - очищення. Теплообмінні апарати і фільтри - очищення система циркуляційного змащування - заміна масла з очищенням картера.

У перший призначений термін повинна проводитися контрольне перебирання не менше 30% загальної кількості однотипних вузлів двигуна. Максимальний термін (напрацювання) між контрольними переборками будь-якого з вузлів не повинен перевищувати подвоєного спочатку призначеного терміну (наробітку).

Вибіркового контролю підлягають вузли двигуна, технічний стан яких визначається процесами нормального зносу. До них, наприклад, відносяться: рамового, головного і мотильового підшипників (зокрема, з багатошаровими вкладишами); механізми приводу паливних насосів високого тиску і газорозподільних органів; сальники ущільнення штоків поршнів; внутрішні зношуємі або забруднюємі деталі робочих поршнів та ін.

Контрольному розбиранню з призначеної періодичністю підлягають вузли двигуна, що забезпечують безпеку його роботи і маневрені якості судна. До них відносяться: запобіжні клапани; головний пусковий і пускові клапани; реверсивний пристрій; регулятор частоти обертання з сервомотором і приводом; розподільник повітря, клапани управління і блокування. Повний перелік вузлів, що підлягають перебиранню з призначеної періодичністю, визначається для кожного конкретного типу двигуна з його конструктивних особливостей.

Позапланові роботи, не передбачені планом-графіком технічного обслуговування, можуть виконуватися за результатами контролю, до них же відносяться роботи по усуненню несправностей, виявлених в процесі вахтового обслуговування.

Технічний стан циліндропоршневої групи характеризується наступними ознаками: щільністю циліндра, пов'язану зі зношеністю кілець і втулки або з поломкою і «залипання» кілець; наявністю ушкоджень або надмірним забрудненням втулки, поршня і поршневих кілець.

Щільність циліндра повинна контролюватися в призначені для кожного типу двигуна терміни наступними способами.

Вимірювання тиску кінця стиснення в циліндрі за допомогою максиметра, механічного індикатора або індикатора іншого типу і зіставлення отриманого значення з еталонним. Оскільки тиск кінця стиснення P_c великою мірою визначається тиском на початку стиснення (тиском наддуву) P_{int} , як діагностичний параметр приймається відношення P_c / P_{int} , де тиску стиснення і наддуву є абсолютними і розраховуються шляхом підсумовування заміряного і барометричного тиску.

З огляду на, що тиск кінця стиснення залежить від частоти обертання, рекомендується з метою підвищення точності діагнозу вимірювати тиск стиснення на режимі малого ходу для головних судових дизелів і на режимі холостого ходу зі зниженою частотою⁷⁸ обертання для допоміжних двигунів.

Частота обертання повинна бути однаковою у всіх випадках вимірювань з метою контролю щільності циліндра. Еталонне значення відносини P_c / P_{int} визначається за результатами стендових випробувань, а при їх відсутності - шляхом вимірювання на свідомо справному приробленому циліндрі. Критерієм незадовільною щільності циліндра є зниження відношення P_c / P_{int} на 6 % в порівнянні з еталонним значенням.

Головні та допоміжні двигуни повинні бути обладнані приладами для вимірювання: тиску мастила перед двигуном та на розподільний вал (при автономній системі змащування); тиску (або потоку) прісної води в системі охолодження двигуна; тиску пускового повітря перед головним пусковим клапаном або пусковим пристроєм; тиску палива перед насосами високого тиску (за наявності паливо-підкачувального насоса); температури вихлопних газів кожного циліндра (для двигунів із діаметром циліндрів 180мм і менше – температури в газовипускному трубопроводі); температури мастила на вході у двигун; тиску (або потоку) в системі охолодження форсунок (у випадку автономної системи); температури палива перед насосами високого тиску (для палива, що потребує підігріву); тиску (або потоку) в автономній системі охолодження поршнів; тиску мастила на рамові підшипники при автономному відводі мастила та на упорному підшипнику (для упорних підшипників, що вбудовані у двигун); тиску мастила на головні підшипники (у випадку автономного підводу); температури масла на розподільному валу (у випадку автономного підводу); тиску мастила на вході у турбонагнітач при використанні циркуляційного мастила двигуна; температури та потоку мастила на виході з кожного підшипника турбонагнітача (для гравітаційних систем змащування); температури та потоку охолоджуючої рідини на виході з кожного поршня (для двигунів з контрольованим охолодженням поршнів); температури охолоджуючого середовища форсунок на виході (у випадку автономної системи); температури прісної води на виході з кожного циліндра або температури прісної води на виході з двигуна (у випадку спільної порожнини охолодження на весь двигун); температури прісної води на вході в двигун; температури прісної води на виході з турбонагнітача; тиску в ресиверах наддувного повітря; температури наддувного повітря після повітроохолоджувачів; температури вихлопних газів перед і за турбонагнітачами.

Залежно від конструктивних особливостей двигунів перелік контрольно-вимірювальних приладів може бути змінений з наданням на розгляд Регістру технічного обґрунтування. Додаткові вимоги стосовно турбонагнітачів двигунів наведені у статтях Регістру. Кожний приводний двигун потужністю більше 37кВт повинний бути обладнаний засобами попереджувальної звукової і світлової сигналізації, що подає сигнали у разі зниження тиску мастила в системі циркуляційного змащування нижче допустимої границі, та сигналізацією про витoki у паливних трубопроводах високого тиску дизелів.

Рекомендується також установлювати прилади аварійно- попереджувальної сигналізації за такими параметрами: зниження тиску в системі охолодження прісної води або підвищення температури на виході з двигуна; зниження рівня мастила в напірній цистерні турбонагнітачів; підвищення температури упорного підшипника, вбудованого в двигун.

Місцеві пости керування головними двигунами повинні бути обладнані приладом для вимірювання частоти обертання колінчастого вала, а за наявності

роз'єднувальних муфт також приладом для вимірювання частоти обертання гребного вала. Місцеві пости керування головними реверсивними двигунами та рушіями з реверс-редукторними передачами повинні обладнуватися показчиками напряму обертання гребного вала.

Ротори, вали і диски парових турбін і газотурбінних двигунів, а також болти з'єднувальні корпусів турбін високого тиску підлягають при виготовленні ультразвуковому контролю. Вали головних зубчастих передач при масі більше 100кг, шестерні, зубчасті колеса (ободи) при масі більше 250 кг підлягають при виготовленні ультразвуковому контролю. Деталі двигунів внутрішнього згоряння зі сталі також підлягають при виготовленні ультразвуковому контролю.

Кожний механізм після закінчення складання, регулювання та обкатування до встановлення на судно повинний бути випробуваний на стенді під навантаженням за програмою, схваленою Регістром. В окремих випадках за погодженням із Регістром випробування на стенді можуть бути замінені випробуваннями на судні. Головні зразки механізмів повинні випробовуватися за програмою, що забезпечує перевірку надійності та тривалої працездатності окремих деталей, вузлів і механізмів у цілому.

Конструкція головних механізмів, призначених для використання на судах з одновальними установками, як правило, повинна передбачати можливість їхньої роботи в аварійних режимах на зниженій потужності при виході з ладу деталей, заміна яких у судових умовах неможлива або пов'язана з тривалою витратою часу.

Сталеві ковані, литі і зварені, а також чавунні деталі механізмів при виготовленні повинні піддаватися термічній обробці відповідно до вимог Регістру (частини XIII «Матеріали» і частини XIV «Зварювання»).

Кріпильні деталі рухомих частин механізмів і пристроїв, а також кріпильні деталі, що знаходяться у важкодоступних місцях, повинні мати пристосування або відповідну конструкцію, що не допускають мимовільного їхнього ослаблення і віддачі.

Нагріті поверхні механізмів і обладнання повинні бути ізольовані. Деталі механізмів, які стикаються з середовищем, що викликає корозію,

повинні бути виготовлені з антикорозійного матеріалу або мати стійкі проти корозії покриття. В охолоджуючих порожнинах механізмів і охолоджувачів, у яких циркулює морська вода, повинні бути встановлені протектори.

Тема 9. Система технічного обслуговування та ремонту суден.

Види та схеми технічного обслуговування та ремонту. Планово-попереджувальної системи технічного обслуговування та ремонту.

9.1. Види технічного обслуговування та ремонту.

Весь комплекс робіт, виконуваних для підтримки і відновлення працездатності (справності) суден, можна класифікувати по: умовам виконання, причин виникнення, виконавцям.

Залежно від умов виконання весь комплекс робіт підрозділяється на роботи, що виконуються в процесі експлуатації (ТО) і під час виведення судна з експлуатації (ремонт). ТО визначається як комплекс робіт для підтримання справності або тільки працездатності виробів при підготовці і використанні за призначенням, при

зберіганні і транспортуванні. Ремонт визначається як комплекс робіт для підтримання та відновлення справності або працездатності виробу. Стосовно до морським транспортним судам можна дати наступні визначення понять технічне обслуговування і ремонт.

Технічне обслуговування суден - це комплекс робіт, що забезпечує підтримання їх працездатності і виконується судновими екіпажами, ремонтними бригадами в рейсах і на стоянках в портах без виведення суден з експлуатації.

Система ТОіР – планово-попереджувальна, післяосмотровая система. Це означає, що кожен вид обслуговування і ремонту проводиться в терміни, встановлені в результаті оглядів і дефектації. При цьому кожне наступне обслуговування включає всі попередні плюс додатково ускладнює роботу. [8] Система ТОіР включає в себе основні ланки:

1. Експлуатаційна обкатка;
2. Технічні обслуговування (ТО);
3. Технічний огляд;
4. Ремонт;
5. Зберігання флоту.

Система ТОіР вирішує 3 завдання:

1. використання суден за призначенням;
2. технічне обслуговування суден - комплекс заходів, спрямованих на підтримку технічного стану судна;
3. ремонт суден - відновлення технічного стану суден, яке було втрачено в процесі експлуатації.

Основні керівні документи за технічної експлуатації судна:

- Правила технічної експлуатації річкового і морського транспорту;
- Правила Класифікаційних товариств; – Правила ремонту суден.

Удосконалення системи ТОіР обумовлено розвитком конструкцій обладнання, технологічного процесу і управлінською структурою на підприємствах. [9]

9.2 Планово-попереджувальні системи технічного обслуговування та ремонту.

Принципово можливі кілька *різних стратегій ремонту* в залежності від вимог до безпеки експлуатації елементів техніки або всього транспортного засобу. Можна виділити основні 5 стратегій ТОіР технічних систем:

1) Ремонт може виконуватися після того, як відбудеться поломка механізму, пристрою або іншого елемента судна. У цьому випадку застосовують стратегію ремонту за потребою (або реактивна). Дана стратегія забезпечує найменші витрати на ремонт, так як замінюють (або ремонтують) тільки ті елементи, які вийшли з ладу. Однак через непрогнозованість виходів з ладу елементів судна можливі непланові стоянки суден на ремонті і зниження безпеки судноплавства.

2) Ремонт може проводитися в заздалегідь встановлені терміни з тим, щоб попередити поломку. У цьому випадку застосовують планово-попереджувальний стратегію ремонту, яка має три різних напрямки: післяосмотрових стратегія, ремонт станом, стандартна планово- попереджувальна стратегія. Післяосмотрових планово-попереджувальна стратегія полягає в тому, що заздалегідь регламентуються терміни проведення ремонтних робіт і їх обсяги.

Ці обсяги можуть бути відкоректовані після виконання предремонтної перевірки. Стратегія «ремонт за станом» є подальшим розвитком основної системи і характеризується переходом до визначення стану елементів, вузлів, і деталей судна без їх розбирання на базі діагностування об'єкта.

При стандартній планово-попереджувальній стратегії ремонт проводиться в заздалегідь встановлені терміни і в заздалегідь зазначених обсягах. Передбачені до заміни вузли або деталі, обов'язково замінюють незалежно від того, в поганому або хорошому технічному стані вони знаходяться.

3) За станом – аналіз даних за результатами використання коштів безрозбірної діагностики;

4) Проактивний – сучасний розвиток системи ТОіР. Цей тип стратегії ТОіР характеризується виникненням і розвитком довірчого рівня прогнозу, заснованого на продовження міжремонтного ресурсу.

5) Широке поширення набувають змішані стратегії ремонту, при яких для різних елементів однієї і тієї ж технічної системи застосовують різні стратегії: для найбільш відповідальних – стандартна (за відпрацьованим ресурсу), для більшості інших елементів – станом на базі технічного діагностування, для окремих невідповідальних елементів – за потребою. Змішані стратегії забезпечують найбільшу надійність і мінімальні витрати на ремонт, однак широке поширення цих стратегій вимагає створення і впровадження судових бортових діагностичних комплексів.



Рисунок 9.1 – Класифікація стратегій ремонту суден

Порівняльний аналіз переваг і недоліків кожної з застосовуваних на практиці стратегій представимо у вигляді таблиці 9.1.

У судноремонті застосовують змішану стратегію ремонту, а також післяосмотрових планово-попереджувальний стратегію ремонту та технічного обслуговування суден. Їх використання регламентується «Правилами ремонту», «Правилами Класифікаційного суспільства» і керівними технічними матеріалами з технічного обслуговування і ремонту суден.

Для реалізації обслуговування технічних об'єктів необхідні методи і засоби технічного діагностування, які дають можливість безперервно або періодично визначати дійсний стан об'єкта.

Ремонт суден - це комплекс робіт, що забезпечує підтримку і відновлення працездатності, що виконується судноремонтними підприємствами з виведенням суден з експлуатації. Це визначення, що враховує специфіку ТЕ морських транспортних суден, передбачає поділ робіт в залежності від умов і технологічних можливостей їх виконання. ТО і ремонт суден характеризуються також різними формами організації та планування робіт, різною технологією, застосовуваним обладнанням та оснащенням. ТО і ремонт діляться на планові і вимушені (непланові).

Таблиця 9.1 – Порівняльний аналіз стратегій технічного обслуговування і ремонту

Стратегія	Коротка характеристика	Переваги	Недоліки
За потребою	Ремонтні роботи проводяться за фактом дефекту	Відсутність витрат на ТОіР	Велика ймовірність виходу системи з ладу
ППО и ППР	Виконання робіт за регламентом	Низька ймовірність аварій	Недовиробленої ресурс; великі витрати
За станом	Використання коштів безрозбірної діагностики	Менша вартість; Низька ймовірність аварії	Неможливість виконати роботи в будь-який момент часу
Проактивна	Прогнозування процесу «старіння» на основі результатів діагностування	Оптимальні витрати; низька ймовірність аварії	Необхідність розробки науково обґрунтованої методики
Змішана	Для різних елементів однієї і тієї ж технічної системи застосовують різні стратегії	Забезпечуються найбільша надійність і мінімальні витрати на ремонт	Потрібне створення і впровадження суднових бортових діагностичних комплексів

Планове ТО і ремонт проводять завчасно до настання відмови. Воно передбачає систематичне виконання робіт, потреба в яких носить закономірний характер і викликане старінням, природним зносом і експлуатаційними відкладеннями. Роботи повинні бути передбачені нормативною документацією, здійснюватися в плановому порядку у встановлені терміни.

Вимушене ТО і ремонт проводять після порушення працездатності. Воно передбачає виконання робіт по відновленню або заміні що вийшли з ладу, раптово відмовили або гранично зношених елементів судна.

Природний знос - це зміна первісної форми або розмірів деталей, структури матеріалів, яке виникає в результаті дії фізичних або хімічних явищ. Розрізняють **нормальний фізичний знос**, що виникає в процесі експлуатації від тертя, корозії, пружних і пластичних деформацій, і **прискорений знос**, що виникає в результаті експлуатації судна в важких умовах, а також порушень Правил технічної експлуатації (несвоєчасне і недбале виконання планово-попереджувальних робіт, погана очистка мастил і палив, порушення встановлених зазорів і т. п.).

Експлуатаційні відкладення утворюються внаслідок взаємодії судна і його елементів із зовнішнім середовищем (відкладення опадів нафтопродуктів в танках; відкладення солей на поверхнях охолодження двигунів, нагріву котлів, теплообмінних апаратів; обростання корпусу судна).

Залежно від виконавців, місця і умов виконання всієї сукупності робіт з підтримки і відновлення працездатності судів можна виділити чотири основні форми обслуговування:

-ТО, що виконується судновими екіпажами в рейсах і під час стоянки суден у портах;

-ТО, що виконується різними оперативними береговими базами (ремонтними бригадами) в рейсах;

-ТО, яке виконує оперативними базами під час стоянки судна в порту;

-ТО, яке виконує судоремонтним підприємством.

Зазначені форми обслуговування відрізняються між собою організацією виконання робіт, технічною оснащеністю і застосовуваної технологією, місцем і часом їх виконання, системою планування і фінансування робіт.

Існують наступні види ремонтів судів:

-ремонт, що входять в планово-попереджувальний систему (ППС) (докування, навігаційний);

-ремонт, що не входять в ППС (підтримуючий, аварійний, відновний).

ППС ремонтів застосовується протягом розрахункового терміну служби судна, після закінчення якого, в залежності від технічного стану, воно може бути виключено з системи.

Докування полягає у виконанні комплексу робіт, що забезпечують відновлення захисних покриттів корпусу від корозії і обростання; перевірку і відновлення справного стану движувально-рульового комплексу, донної і забортної арматури. При докування можуть виконуватися супутні роботи.

Навігаційний ремонт полягає у виконанні робіт, виробництво яких є несумісним з вантажними операціями і вимагає короткострокового виведення судна з експлуатації.

Підтримуючий ремонт полягає у виконанні мінімально необхідного обсягу робіт, що забезпечують можливість використання судів, виведених з ППС, за своїм призначенням.

Аварійний ремонт полягає у виконанні робіт з метою усунення пошкоджень судна і судових технічних засобів, викликаних стихійними причинами, конструктивними недоліками, неправильної завантаженням і розвантаженням судна, порушенням Правил технічної експлуатації та інших нормативних документів.

При аварійному ремонті, як правило, виконують роботи, пов'язані з ліквідацією наслідків аварії.

Відновлювальний ремонт полягає в проведенні робіт з метою відновлення працездатності судна, який вибув зі складу діючого флоту через великі зноси або із-за значних пошкоджень, отриманих при аварії. Відновлювальний ремонт роблять у виняткових випадках, в основному для особливо цінних і унікальних суден. Судна, що пройшли відновлювальний ремонт, вводять в ППС.

Для елементів судна весь комплекс робіт планового і вимушеного ТО і ремонту при всьому їх різноманітті в залежності від характеру, змісту і обсягуможна розділити на три види: **технічний догляд, поточний і капітальний ремонти**.

Слід зауважити, що цей поділ не має чітко виражених кордонів і визначається головним чином зовнішніми ознаками (роботи, що виконуються без розбирання або з розбиранням обладнання, з заміною або без заміни основних, робочих, базових або допоміжних елементів обладнання).

Технічний догляд - це сукупність робіт, що забезпечують визначення технічного стану, обмеження інтенсивних зносів і експлуатаційних відкладень, запобігання несправностей і відмов суднових технічних засобів. Спільною особливістю таких робіт є те, що їх, як правило, виконують без розбирання обладнання. Ці роботи характеризуються багаторазовим повторенням. До робіт з технічного догляду відносяться: огляд; очищення; мащення; контроль технічного стану; регулювання параметрів роботи механізмів; усунення течії масла, води, палива; мийка фільтрів; перевірка затяжки болтових з'єднань; опресовування паливної апаратури; зміна масла і т. д.

Поточний ремонт - це сукупність робіт, що забезпечують збереження справного стану суднових технічних засобів, заміну і відновлення змінних і робочих елементів, а також часткове відновлення базових елементів. Характерними роботами поточного ремонту є: відновлення захисних покриттів; усунення водотічності, деформацій; заварка, наплавка; перебирання; заміна і відновлення зношених деталей.

Технічний догляд і поточний ремонт за своїм характером і змістом відносяться до робіт, що забезпечує підтримку працездатності елементів судна. Ці роботи можна виконувати в процесі експлуатації і з висновком судів з експлуатації. Витрати на їх виконання відносять на експлуатаційні витрати.

Капітальний ремонт - це сукупність робіт, що забезпечують відновлення частково або повністю втраченою в процесі тривалого використання працездатності елементів судна. При капітальному ремонті роблять повне відновлення базових і робочих елементів суднових технічних засобів. Характерними роботами капітального ремонту є: заміна елементів конструкцій корпусу; відновлення та заміна базових і робочих елементів механізмів; відновлення або заміна відповідальних вузлів систем, агрегатів, пристроїв. Витрати на відновлення або заміну елементів судна виробляють з амортизаційних відрахувань.

Науково-технічний прогрес в судноплавстві і суднобудуванні супроводжується підвищенням надійності суднових технічних засобів і зниженням нормативних термінів служби суден. Це призводить до зменшення

капітальних ремонтів механізмів і обладнання в загальному обсязі робіт по ТО і ремонту суден.

Тема 10. Організація ремонту суден.

Організація технічної підготовки до судноремонту. Ремонтні відомості. Інформаційні системи управління судноремонтом.

10.1. Організація технічної підготовки до судноремонту.

Мета планування ремонту суден - визначити термін, обсяг і базу ремонту по кожному окремому судну. На підставі планів ремонту визначають бюджет ремонтного часу, обсяг ремонту в цілому за плановий період, величину експлуатаційного часу суден. Планування ремонту включає розробку перспективних планів ремонту.

Перспективний план ремонту суден, що розробляється компанією, є основним документом, що визначає обсяг робіт по ремонту, модернізації, переобладнання і дообладнання суден, накопичення обмінного фонду судових механізмів і виготовлення СЗЧ. Він служить розрахунковою базою для визначення необхідних виробничих потужностей судноремонтних підприємств.

При розробці перспективних планів ремонту суден використовується наступна основна інформація: склад флоту, плани поповнення і списання суден; плани впровадження нової техніки, модернізації, переобладнання і дообладнання суден; відомості про технічний стан флоту; схеми і документація на ТО і ремонт суден.

Перспективні плани є основою для розробки річних планів ремонту.

Річний план-заявка на ремонт встановлює перелік суден, які підлягають ремонту і до кування на планований рік, категорії, обсяг, терміни і бази ремонту. Він складається окремо по кожному підприємству, на якому будуть ремонтувати суду, на підставі перспективного плану ремонту, передбачених бюджетом коштів на ремонт і ремонтного часу транспортного флоту. При розробці річного плану-заявки враховують фактичний технічний стан суден, переглядають документацію на ТО, планові ціни на ремонт. Ремонт повинен виконуватися в обсязі, що забезпечує належний технічний стан суден на майбутній період до наступного планового ремонту.

Найважливішими питаннями планування ремонту є визначення планового обсягу і тривалості ремонту кожного судна. Обсяг ремонту визначається за плановими цінами на окремі види ремонту суден з урахуванням дійсного технічного стану, віку, необхідність виконання вимог органів нагляду, а також на підставі аналізу виконавчих калькуляцій попередніх заводських ремонтів.

Обсяг заводського ремонту може бути визначений також по аналітичного вираженню, що характеризує функціональну залежність питомої середньорічної трудомісткості заводського ремонту від вантажопідйомності судна, отриманої в результаті обробки фактичних даних методом кореляційного аналізу,

$$H_i^p = (0.0098D_i^2 - 0,24 D_i + 2,949) k_n k_i, \quad (9.1)$$

де: H_i^p - питома середньорічна трудомісткість ремонту i -го судна, кошторисні години/тонн;

D_i - планова вантажопідйомність i -го судна, тис. тонн;

κ_n - коефіцієнт перекладу нормо-годин на кошторисні годинник;

κ_i - коефіцієнт, що враховує поправку на вік i - го судна.

Наведемо значення коефіцієнта κ_i :

Вік судна, років

до 6.....	0,8
6-10.....	1,0
10-14.....	1,2
14-18.....	1,4
понад 18.....	1,3

Планові терміни ремонту судна і тривалість стоянки в доці встановлюють виходячи із загального обсягу ремонту і норми середньодобової вироблення за формулою:

$$T_p = H_p / \kappa_h + t_d, \quad (9.2)$$

де: T_p - планова тривалість;

H_p - плановий обсяг заводського ремонту, включаючи роботи нульового етапу, а також роботи, що виконуються в період ремонту субпідрядниками і сторонніми організаціями безпосередньо на відремонтованому судні, кошторисні годинник;

κ - поправочний коефіцієнт до норм середньодобової вироблення в залежності від потужності судноремонтного підприємства; $\kappa = 1-0,8$;

h - середньодобові норма вироблення при ремонті і докуванні суден;

t_d - додатковий час на введення і виведення судна з доку, включаючи святкові дні, що припадають на період ремонту.

Норма середньодобової вироблення являє собою обсяг робіт в кошторисних годинах, який підприємство має виконати на даному судні протягом однієї доби.

Вона встановлюється в залежності від виробничого призначення суден (вантажопасажирські, суховантажні, наливні, криголами, буксири), від однієї з їх основних характеристик (водотоннажність, дедвейт, потужність головного двигуна), від виду ремонту (малий або великий), від технічного оснащення, що застосовується технології і досягнутого рівня продуктивності праці на підприємстві. У міру розвитку технічного прогресу в судноремонті і зростання продуктивності праці норми середньодобової вироблення періодично переглядаються.

Крім плану-заявки на ремонт, по кожному транспортному судні виконують розрахунок бюджету ремонтного часу:

$$T_p = \sum D_i T_p \quad (9.3)$$

де: T_p - бюджет ремонтного часу, тис. тоннажо- діб;

D_i - чиста вантажопідйомність судна, що ремонтується, тис.т.

Бюджет ремонтного часу обчислюється по кожному судну, кожній групі суден і в цілому по транспортному флоту в тисячах тоннажо-діб та у відсотках від загального календарного часу.

В процесі реалізації плану ремонту виникають неминучі відхилення: від запланованого часу суден на судноремонтне підприємство від запланованих термінів, позапланові постановки суден на ремонт, зняття суден з планового ремонту, зміна обсягів і тривалості ремонтів. Все це викликає необхідність в оперативному плануванні судноремонту, яке полягає в складанні кварталних планів.

Квартальний план-заявку на ремонт суден складають на базі затверджених раніше основних показників річного плану та узгоджують з графіком перевезень на планований квартал і очікуваним виконанням плану ремонту до кінця поточного кварталу. У кварталних планах-заявках уточнюють перелік суден, які підлягають ремонту, обсяг, термін ремонту і докування по кожному судну; передбачають ліміти для виконання навігаційного ремонту.

Річна виробнича програма складається з розділів, що відображає види робіт, які будуть виконуватися в планованому році. На підставі планів-заявок на ремонт і докування суден, ремонт механізмів та обладнання обмінного фонду, на виконання робіт по нульовому етапу і виготовлення СЗЧ, змінних вузлів і деталей, на підставі контрольних цифр судоремонтне підприємство розробляє проект виробничої програми на майбутній рік. Як правило, програма складається з чотирьох основних розділів: суднобудування; судноремонту, включаючи виготовлення судових СЗЧ; машинобудування, в тому числі по номенклатурі, і інші роботи.

У розділі суднобудування планують і враховують всю продукцію заводу по будівництву суден. Обсяг суднобудування на судноремонтному підприємстві, як правило, не перевищує 10 - 15% загальної програми. Будують головним чином службово-допоміжні судна для внутрішніх потреб галузі.

Розділ судноремонт включає в себе всі види ремонту, що виконуються заводом, а також виготовлення СЗЧ для суден.

Підготовка суден до заводського ремонту проводиться замовником відповідно до встановлених положень [7, 8]. Перед постановкою судна на завод судновласник зобов'язаний привести його в стан, що забезпечує можливість своєчасно почати ремонт. Відповідальність за своєчасну підготовку судна до ремонту, якість і повноту складання ремонтних відомостей несуть капітан і старший механік. Виведення судна з експлуатації на ремонт оформляється наказом по судноплавній компанії, здача судна в ремонт - відповідним актом.

Підготовка судна до ремонту включає:

- підготовку технічної документації;
- виконання встановленого переліку робіт з підготовки судна до ремонту.

10.2 Ремонтні відомості.

Підготовка технічної документації починається з підготовки первинного технічного документа для будь-якого виду ремонту - **ремонтних відомостей**.

В відомостях перераховують номери комплектів і вузлів судна, що підлягають ремонту по діючим заводським або уніфікованим преїскурантам типових ремонтних робіт із зазначенням кількості і обсягу. По роботах, не передбачених преїскурантами, складають звичайну відомість. За всіма видами ремонту окремо складають відомість нульового етапу, докових і ремонтних робіт. Кожна відомість (за винятком відомості докових робіт) містить розділи робіт по корпусним, механічним, електротехнічним та радіонавігаційним частинам.

Основними вихідними матеріалами для складання відомостей на ремонт судна служать: формуляри технічного стану корпусу і механізмів СЕУ; акти огляду Регістра; акти інспекторських оглядів; акти, приписи і вимоги органів нагляду; норми допустимих зносів елементів корпусу, деталей механізмів; дані оглядів і спостережень в процесі експлуатації. Для того щоб заявлений в ремонтних відомостях обсяг робіт відповідав фактично необхідному, особи

командного складу, відповідальні за завідування, повинні добре знати стан суднових технічних засобів і корпусу судна, вести ретельний облік, систематизувати і узагальнювати матеріали по зносам, пошкодженням і відмовам. Перед безпосереднім складанням ремонтної відомості на судні особи командного складу представляють старшому механіку переліки робіт по своєму завідуванню. Він вносить відповідні корективи і складає ремонтні відомості по судну в цілому. Судова адміністрація представляє ремонтні відомості в технічний департамент компанії до постановки судна в ремонт в такі строки: - на роботи нульового етапу: за 7- 4 міс; на ремонтні роботи: за 4 - 2 міс; відновлювальний ремонт - за 7 міс; аварійний - після закінчення огляду аварійних пошкоджень; на докування - за 1 міс.

Технічний суперінтендант коригує представлені судном ремонтні відомості, уточнює відповідність ремонтних робіт відпущеного ліміту коштів і передає їх судноремонтному підприємству до планованої постановки судна в ремонт в такі терміни: - на ремонтні роботи: за 3 - 1,5 міс; відновлювальний ремонт - за 6 міс; аварійний ремонт - одночасно з постановкою судна в ремонт; на докування - за 10 діб; замовлення по нульовому етапу для ремонтів - за 3 -6 міс; замовлення на модернізаційні роботи, переобладнання і дообладнання суден - за 6 місяців до планового терміну виконання цих робіт.

З отриманням від компанії ремонтних відомостей судноремонтне підприємство організовує їх ретельне опрацювання, мета якого - встановити технічні можливості підприємства; виконати пред'явлену номенклатуру робіт; уточнити формулювання і пропонований обсяг основних і технологічно необхідних (Супутніх) робіт; уточнити номенклатуру СЗЧ та інших виробів, що підлягають постачанню судновласником; скласти перелік дефіцитних матеріалів, в тому числі матеріалів, необхідних у великих кількостях; підготувати необхідну для ремонту технічну документацію (креслення, типові технологічні документи, бланки вимірювальних карт і т.п.). Опрацьована і узгоджена ремонтна відомість служить підставою для складання кошторисно-фінансового розрахунку і видачі цехах замовлень на демонтаж і підготовку об'єктів до дефектації. Перелік робіт з підготовки судна до ремонту і терміни їх виконання встановлюють за погодженням з заводом. Зазвичай в нього включають такі роботи:

- *по корпусу*: очищення трюмів, льял, піків, міждонних відсіків, цистерн, паливних танків; видалення сміття і бруду в тих місцях, де передбачено виробництво ремонтних робіт; розтин горловини; провітрювання, дегазацію паливних танків; очистку і дегазацію машинного відділення; видалення з ремонтіваних приміщень інвентарю, зйомного устаткування і різного майна, що заважає роботам, а також горючих і легкозаймистих матеріалів;

- *по експлуатації парових котлів опалення*: спуск пара і води; очистку котла з боку вогневого простору; видалення, при необхідності, цегляної кладки в топках;

- *по головним двигунам і допоміжним механізмам*: видалення води, масла, палива; зовнішню очистку і протирання механізмів, які підлягають ремонту, а також консервацію або прибирання з місць приладів контролю і автоматики;

- *по судовим системам*: продування і звільнення від води, масла і палива всіх трубопроводів, що підлягають ремонту.

Якщо за умовами експлуатації зачистити і дегазувати танки в останньому перед ремонтом рейсі неможливо, то ці роботи виконують за рахунок експлуатаційного або ремонтного часу в порту. Зачистку танків проводять силами суднового екіпажу або силами берегових підприємств. Крім паливних і масляних танків, зачищають також баластні танки від мулу і бруду. Після закінчення підготовки до ремонту на судно викликають представників судноремонтного підприємства, які визначають готовність до ремонту і спільно з замовниками підписують акт приймання судна в ремонт. Дата підписання акта вважається початком ремонту судна.

10.3 Інформаційні системи управління судноремонтом.

Аналіз існуючих інформаційних систем управління судноремонтним підприємством показує, що у поточному стані робіт з даної предметної області можна виділити два основних напрямки: розробка спеціалізованих систем управління судноремонтом та впровадження традиційних багатопрофільних програмних систем. У першому напрямку слід відзначити системи «МАРТ», «TRIM», «Marine 2000», у другому застосовуються універсальні корпоративні інформаційні системи типу: «Галактика», «Парус», «1-С Підприємство» та інші. Зазначені системи через свою багатофункціональність і універсальність не мають можливості відобразити увесь спектр виробничих функцій, не враховують у повному обсязі особливості судноремонту. Загальним недоліком визначених систем є відсутність у них модулів підтримки прийняття рішень, що істотно обмежує їх функції та не дає можливість здійснювати оперативний аналіз і контроль за станом виробничого процесу. На практиці, при вирішенні завдань управління судноремонтом необхідно вводити багато непрогнозованих параметрів, точні значення яких неможливо визначити заздалегідь. Таким чином, задача управлінням судноремонтом вирішується в умовах часткової невизначеності вхідних даних.

Недоліки існуючих інформаційних систем управління судноремонтом обумовлюють необхідність створення для вказаних цілей нових спеціалізованих інтелектуальних інформаційних систем управління.