

Гімпель Р.М.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Ткаченко В.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Рященко О.І.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

Тришин В.В.

Дунайський інститут водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій

МЕТОДИКИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТУРБОВАНИХ ДВИГУНІВ ШВИДКІСНИХ СУДЕН ІЗ ЧАСТКОВО ЗАНУРЕНИМИ ГВИНТАМИ

У процесі експлуатації швидкісних суден із високооборотними турбованими двигунами виникають відмови й несправності, пов'язані з конструктивними особливостями пропульсивного комплексу, а також помилковими діями екіпажу. Крім того, натеper відсутні сталі методики проведення діагностики й контролю параметрів такого типу двигунів, що мають свої особливості. Інтуїтивне управління двигунами й екіпажем призводить до підвищених навантажень на головні двигуни, високих рівнів вібрації, швидкого виходу з ладу складної енергетичної апаратури. Виникаючі відмови призводять до зниження безпеки мореплавання, простою суден, а також до значних витрат на виконання ремонтних робіт. Отже, актуальне розроблення методик контролю параметрів турбованих двигунів швидкісних суден із частково зануреними гвинтами.

Натеper практично відсутні науково обґрунтовані технічні рішення та організаційно-методичні заходи, спрямовані на підвищення ефективності експлуатації пропульсивних комплексів швидкісних суден (із частково зануреними гвинтами) на різних режимах роботи. Розробкою та впровадженням ефективних методів і засобів оцінки фактичного стану судових технічних засобів, удосконаленням їх технічної експлуатації займалася та зробила значний внесок низка вчених, які розглядали завдання, що визначають надійність безпечної експлуатації суден за межами призначених термінів служби; розробляли й впроваджували ефективні методи й засоби оцінки фактичного стану судових технічних засобів; розглядали завдання, пов'язані з проєктуванням та узгодженням теплотехнічних характеристик турбокомпресорів і двигуна.

У статті розроблено комплекс методик оцінювання технічного стану пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами, що дозволяють провести відповідну оцінку. Виконано аналіз конструктивних особливостей та експлуатаційних режимів роботи сучасних суден із частково зануреними гвинтами. Аналіз відмов і несправностей пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами показав, що аварія головного двигуна (2%), муфт (6%), ушкодження лопатей гребних гвинтів (10%), поява тріщин на транці судна (4%), систем гідравліки (56%) є результатом роботи головного двигуна на підвищених навантаженнях і наслідком впливу вібрації елементів пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами. Експериментальні дослідження показали, що сполучення особливостей (режими руху судна, роботи головного двигуна й турбокомпресора, приводів Арнесона, неправильне управління) призводять до граничних значень теплотехнічних параметрів ($Ne_{гд} = 100\%$, $t_{ог} = 700\text{ }^{\circ}\text{C}$) і високим рівням вібрації (Вскз до 14 мм / с).

Ключові слова: високошвидкісне судно, пропульсивний комплекс, несправності, суднова енергетична установка, турбований двигун.

Постановка проблеми. У процесі експлуатації швидкісних суден із високооборотними турбованими двигунами виникають відмови й несправності, пов'язані з конструктивними особливостями пропульсивного комплексу (далі – ПК), а також помилковими діями екіпажу. Крім того,

натеper відсутні сталі методики проведення діагностики й контролю параметрів такого типу двигунів, що мають свої особливості. Інтуїтивне управління такими двигунами екіпажем призводить до підвищених навантажень на головні двигуни, високих рівнів вібрації,

швидкого виходу з ладу складної енергетичної апаратури. Виникаючі відмови призводять до зниження безпеки мореплавання, простою суден, а також до значних витрат на виконання ремонтних робіт. Отже, актуальним є розроблення методик контролю параметрів турбованих двигунів швидкісних суден із частково зануреними гвинтами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Натепер практично відсутні науково обгрунтовані технічні рішення та організаційно-методичні заходи, спрямовані на підвищення ефективності експлуатації пропульсивних комплексів швидкісних суден із частково зануреними гвинтами (далі – ЧЗГ) на різних режимах роботи. Розробкою та впровадженням ефективних методів і засобів оцінки фактичного стану суднових технічних засобів (далі – СТЗ), удосконаленням їх технічної експлуатації займалися та зробили значний внесок: О.Г. Антушев, А.М. Басін, Е.В. Голуб, Н.Д. Карачун, К.Н. Куліков, А.А. Коломієць, Е.З. Мадорський, Е.Л. Мишинський, В.І. Попков, В.І. Швеев та інші.

Зазначені вище вчені:

- розглядали завдання, що визначають надійність безпечної експлуатації суден за межами призначених термінів служби;
- розробляли й впроваджували ефективні методи й засоби оцінки фактичного стану СТЗ;
- розглядали завдання, пов'язані з проектуванням та узгодженням теплотехнічних характеристик турбокомпресорів і двигуна.

Постановка завдання. Мета статті полягає у формуванні комплексу науково обгрунтованих технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації ПК швидкісних суден ЧЗГ на різних режимах експлуатації на основі контролю параметрів.

Виклад основного матеріалу.

I. Основні характеристики двигуна.

До складу двохвального ПК швидкісного судна із ЧЗГ (рис. 1) входять агрегати й обладнання, що наведені в таблиці 1 [1, с. 12].

Особливістю реєстрової системи турбонаддуву дизеля “MTU” 10V2000 M93 (рис. 2) є два турбокомпресори (далі – ТК).

Таблиця 1

Склад ПК із ЧЗГ

№ з/п	Найменування та виробни	Позначення	Фірма-виробник	Країна
1	Дизельний двигун	10V2000 M93	MTU	Німеччина
2	Редуктор	ZF 2050	H	Німеччина
3	Гребні гвинти	ЧЗГ	ZF	Швейцарія
4	Привід Арнесона	ASD-14	Twin Disc	США
5	Торсіонний вал	CENTADISC-CD 70	CENTA	Німеччина

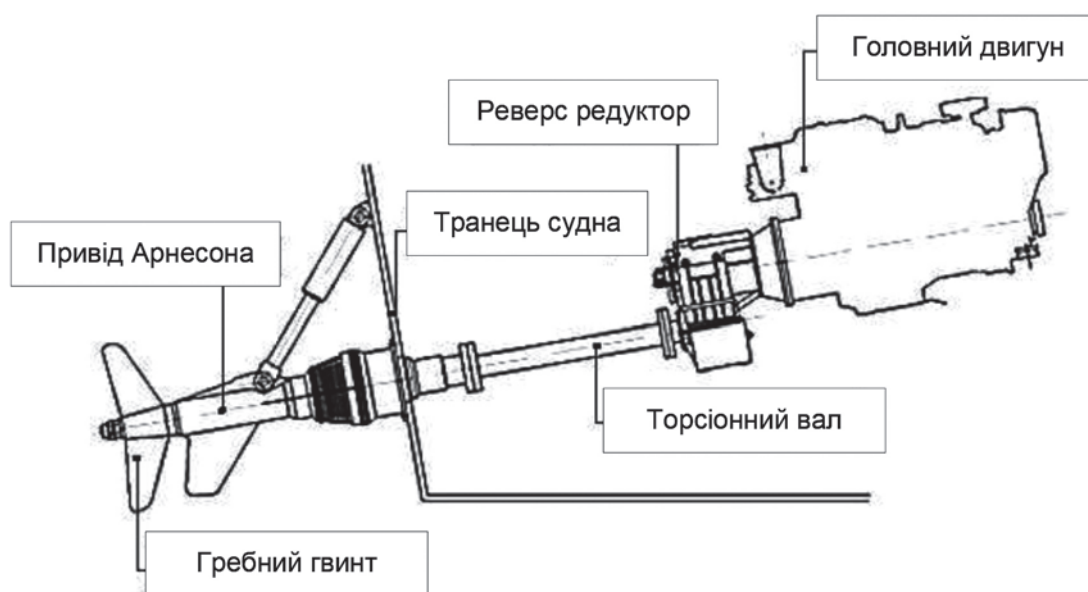


Рис. 1. Пропульсивний комплекс суден із частково зануреними гвинтами

Повітряна частина:

- повітряні фільтри на кожний із ТК;
- загальний ресивер наддувочного повітря;
- охолоджувач наддувочного повітря.

Газовихлопна частина:

- газовихлопні колектори, що працюють на загальний пропускний газопровід відпрацьованих газів (далі – ВГ);

- загальний охолоджуваний корпус ТК;
- вихлопний тракт і керуючі клапани.

На рис. 2 введені такі умовні позначення: 1 – головка циліндра; 2 – випускний канал; 3 – відвід ВГ із циліндрів; 4 – турбокомпресор, що підключається; 5 – основний турбокомпресор; 6 – корпус турбіни; 7 – робоче колесо турбіни; 8 – вихідний отвір для ВГ; 9 – робоче колесо компресора; 10 – повітряний фільтр; 11 – корпус компресора; 12 – охолоджувач наддувочного повітря; 13 – повітряний колектор; 14 – трубопровід наддувочного повітря; 15 – колектор ВГ; 16 – камера згоряння; 17 – клапан вільного випуску; 18 – повітряний клапан; 19 – регулятор тиску наддуву; 20 – нижня частина несущого корпусу; 21 – середня частина несущого корпусу;

22 – верхня частина несущого корпусу; 23 – трубопровід органів управління для регулятора тиску наддування.

На рис. 3 наведена універсальна характеристика головного двигуна (далі – ГД) «MTU» 10V2000 M93: обмежувальні характеристики (MCR, DBR), криві питомої витрати палива (b_e) і розрахункова гвинтова характеристика $P = f(n^3)$.

Система наддуву дизеля передбачає чотири режими роботи:

- 1) пуск і прогрів;
- 2) з одним ТК (робота в зоні середніх навантажень I, водотоннажний режим, при $n_{гд} \leq 1\,900$ хв⁻¹);
- 3) з двома ТК (робота в зоні II, перехідний і глісуючий режими, при $n_{гд} \geq 1\,900$ хв⁻¹);
- 4) у разі перевищенні тиску наддуву.

Перемикання режимів здійснюється електронним блоком керування за допомогою керуючих клапанів.

II. Методика контролю стану елементів пропульсивного комплексу в експлуатації

На досліджуваних швидкісних суднах візуальний контроль приводів Арнесона через особливості конструкції судна і ПК із ЧЗГ може здійснюватися тільки на стоянці. У таблиці 2 наведені робочі параметри системи гідравліки приводів Арнесона.

Таблиця 2

Робочі параметри системи гідравліки приводів Арнесона

№ з/п	Найменування	Параметр	Значення параметра	
1	Робочий тиск у системі гідравліки рульового управління	Р _{раб.}	8 барів	
2	Тиск настроювання протиударного клапана	Система гідравліки рульового управління	Р _{кл.ру}	10 барів
		Система гідравліки балансування	Р _{кл.ГБ}	11 барів
3	Температура робочої рідини	t _м	не більше +70 °С	
4	Робоча рідина	-	масло VG32	

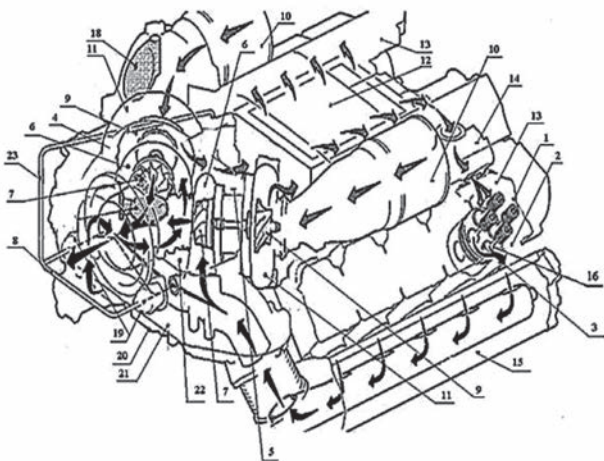


Рис. 2. Схема системи наддуву двигуна

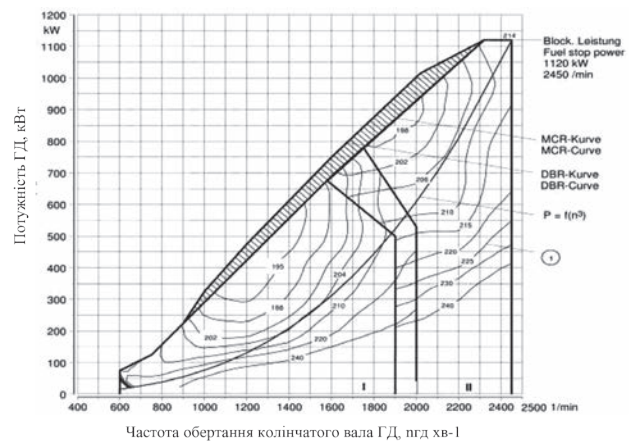


Рис. 3. Універсальна характеристика дизеля «MTU» 10V2000 M93

За умови візуального контролю технічного стану ПК із ЧЗГ відповідно до контрольного перебіку обслуговуючому персоналу необхідно проводити такий технічний огляд:

Щодня:

- зробити зовнішній огляд амортизаторів ГД та їх кріплень;
- оглянути проміжні вали й перебіркові ущільнення;
- переконатися в легкості обертання валопроводів (повернути їх на 3–4 обороти вручну за торсіонний вал);
- контролювати рівень трансмісійного й гідравлічного мастила (не менше ніж третина обсягу маслобака);
- оглянути ГД на наявність ушкоджень;
- перевірити систему катодного захисту;
- очистити від морського обростання штоки гідравлічних циліндрів, вихідні вали й компоненти;
- перевірити стан пофарбованих поверхонь виробів і деталей системи гідравліки;
- виконати цикл роботи систем гідравліки приводів Арнесона до обмежувальних значень.

Щотижня або після перших 200 годин роботи:

- виконати всі зазначені заходи відповідно до щоденного огляду;
- зробити заміну трансмісійної мастила (за результатами аналізу);
- переконатися в правильному налаштуванні запобіжних клапанів насосів гідравліки;
- перевірити стан гідравлічних шлангів, розташованих за транцем у районі гідроциліндрів нахилу й повороту гребних валів приводу;
- перевірити затягування гайки гребного гвинта;
- перевірити ручний та аварійний режим керування приводом.

Через перші 500 годин роботи (не перевищуючи період 12 місяців):

- виконати всі зазначені заходи відповідно до щотижневого огляду;
- зробити заміну фільтра в системі гідравліки рульового керування та системі гідравліки балансування;
- перевірити кріпильні деталі транця судна в гніздах гідроциліндрів нахилу й повороту.

Під час докування судна або через 2 000 годин роботи:

- виконати всі зазначені заходи відповідно до щотижневого огляду;
- оглянути стан трубопроводів, ушкоджені труби замінити;

– зробити огляд системи гідравліки за умови поворотів і змін нахилу гребних валів, усунути виявлені несправності й дефекти.

У разі незадовільної роботи окремих агрегатів і вузлів відповідно до інструкцій з експлуатації їх необхідно замінити на нові.

Недоліки візуального контролю:

- не дає достатньої інформації про стан елементів приводу Арнесона в процесі експлуатації;
- розбирання справних приводів із супутнім процесом ремонту з постановкою судна на кільблоки;
- збільшення матеріальних витрат судновласника.

Параметричний контроль.

Під час роботи ПК із ЧЗГ необхідно періодично контролювати такі параметри, що виносяться на пульт оператора в ходовій рубці (див. таблицю 3).

Таблиця 3

Параметри на пульті оператора в ходовій рубці

№	Параметр	Позначення параметра	Одиниця виміру
1	Частота обертання колінчатого вала ГД	$n_{гд}$	хв. ⁻¹
2	Тиск мастила в ГД	P_m	бар
3	Температура мастила на виході з ГД	t_m	°С
4	Температура мастила в реверс-редукторі	t_m	°С
5	Температура охолоджувальної рідини на виході з ГД	$t_{ож}$	°С
6	Кути встановлення гребних валів приводів Арнесона	α	град
7	Індикатори АПС		-

Перелік контрольованих параметрів, виведених у ходовій рубці, недостатній для об'єктивної оцінки стану ПК із ЧЗГ на різних експлуатаційних режимах. Оскільки перебування екіпажа в машинному відділенні під час руху судна не передбачається, то він не має постійної можливості контролювати параметри ГД.

Оцінка технічного стану й пошук несправностей ПК із ЧЗГ виконується порівнянням поточних значень робочих параметрів в експлуатації з установленими нормами допустимих або базових (еталонних) значень, отриманими під час ходових випробувань або першого виходу (у разі повного завантаження).

Для порівняння значень контрольованих параметрів необхідно, щоб вони відповідали тому самому режиму роботи судна.

Недоліки параметричного контролю:
 – недостатньо контрольованих параметрів у ходовій рубці;
 – можливо застосовувати не для всіх вузлів і деталей;
 – відсутність нормуючих показників технічного стану сучасних ПК із ЧЗГ.

III. Методика дослідження теплотехнічних параметрів пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами

На рис. 4 і в таблиці 4 наведені контрольовані в процесі проведення експериментальних досліджень теплотехнічні параметри ПК із ЧЗГ:

- потужність ГД ($N_{гд}$);
- частота обертання ГД ($n_{гд}$);

- частота обертання гребного вала ($n_{гв}$);
- тиск наддуву (p_n);
- тиск мастила в системах ГД і реверса-редуктора (p_m);
- температура ВГ, перед і за ТК ($t_{ог}$);
- температура повітря на виході з ресивера (t_p);
- частота обертання ТК ($n_{тк}$);
- кут нахилу гребних валів приводу Арнесона (α).

На рис. 4 позначено: 1 – головний двигун; 2 – реверс-редуктор; 3 – торсіонний вал; 4 – опорно-упорний підшипник; 5 – привід Арнесона; 6 – гребний гвинт; А1-А5 – циліндри ГД (ЛБ); В1-В5 – циліндри ГД (ПБ).

Контроль теплотехнічного стану повинен виконуватися на вільній воді за хвилювання моря не

Таблиця 4

Параметри пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами

№ з/п	Вимірювана величина	Позначення	Одиниця вим.	Найменування приладів	Ціна ділення
1	Частота обертання колінчатого вала ГД	$n_{гд}$	хв ⁻¹		50
2	Частота обертання гребного вала приводу Арнесона	$n_{гв}$	хв ⁻¹	Штатні індукційні перетворювачі	50
3	Навантаження ГД	$N_{гд}$	%		25
4	Частота обертання ТК	$n_{тк}$	хв ⁻¹		500
5	Тиск наддува	p_n	бар	Індуктивні датчики тиску	0,25
6	Диск замазочного мастила	P_m	бар		0,25
7	Тиск ОР	$P_{ок}$	бар		0,5
8	Температура ВГ до ТК	$t_{ог}$	°С	Термопара	10
9	Температура надувального повітря	$t_г$	°С		10
10	Температура надувального повітря на виході з ресивера	t_p	°С		5
11	Температура мастила на виході	t_m	°С		5
12	Температура ОР на виході з ГД	$t_{ок}$	°С	Термометр	5
13	Температура мастила в реверсі-редукторі	t_m	°С	Термометр	5
14	Кути установки гребних валів приводів Арнесона	α	град	Індуктивні перетворювачі	Вертикал. - 1° Горизонт. - 1°

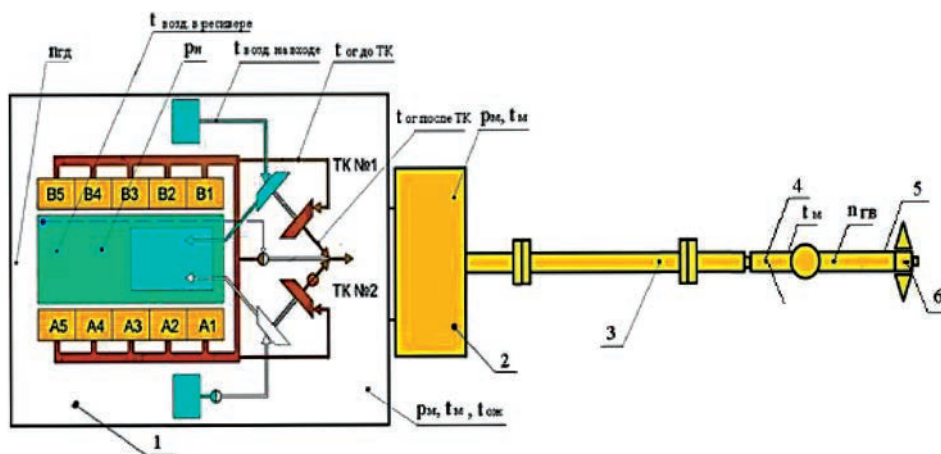


Рис. 4. Схеми теплотехнічних і вібраційних вимірів параметрів пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами

більш 1 бала й прямолінійного руху судна. Режим роботи ГД сталий. ГД і привід Арнесона повинні бути прогріті до робочої температури. Методика контролю передбачає реєстрацію навантаження ГД, положення гребних валів у поперечній та у вертикальній площинах за зміни частоти обертання колінчатого вала ГД у діапазоні 600–2 450 хв⁻¹ через кожні 100 хв⁻¹. Режим роботи ПК швидкісного судна із ЧЗГ під час проведення випробувань наведені в таблиці 5.

Таким чином, гребні вали приводів Арнесона повинні знаходитися в положенні «нейтральне» на режимах роботи до $n_{гд} \leq 2\ 100$ хв⁻¹ (водотонажний режим). При $n_{гд} \geq 2\ 100$ хв⁻¹ (глісуючий режим) приводи повинні бути встановлені в положення, за якого гребні гвинти заглиблені на 0,4–0,6 D.

Необхідно виконати не менш 3-х вимірів у кожній точці з перервою не менше ніж 20 хв.

Перед проведенням випробувань ПК із ЧЗГ після пуску ГД повинна виконуватися візуальна перевірка загального стану ПК із ЧЗГ:

- на наявність сторонніх шумів і вібрації;
- кольору ВГ;
- максимального значення індикатора розрядження паливного фільтра грубого очищення та положення сигнального кільця індикації розрядження повітряного фільтра;
- управління приводами Арнесона;
- тиску мастила в системі гідравліки приводами Арнесона.

Усі прилади, які використовувалися в процесі проведення випробувань, були перевірені. Результати вимірів теплотехнічних параметрів фіксувалися за допомогою реєструючої апаратури.

IV. Методика контролю вібраційних параметрів пропульсивного комплексу із частково зануреними гвинтами

В основу розробленої методики контролю за вібраційними параметрами були покладені вимоги керівних документів і стандартів.

Усі застосовувані засоби вимірів повинні пройти випробування відповідно до ДСТУ 8.001-80 [8] або метрологічну атестацію відповідно до ДСТУ 8.326-89 [9], бути схвалені Регістром, допущені до застосування та не повинні мати минулих термінів періодичної перевірки, проведеної відповідно до ДСТУ 8.513-84 [10].

Для сполучних ліній між віброперетворювачами (акселерометрами) і підсилювачами заряду повинні використовуватися малозшумні коаксіальні кабелі. Довжина кабелю під час виміру рівнів вібрації з мінімальною амплітудою 19,5 дБ не повинна перевищувати 5 м. Для забезпечення

Таблиця 5

Режими роботи пропульсивного комплексу швидкісного судна із частково зануреними гвинтами під час проведення випробувань

№ з/п	Частота обертання ведучого вала ГД	Режим руху	
		Водотонажний	Глісуючий
1	600 хв ⁻¹	X	
2	800 хв ⁻¹	X	
3	1 000 хв ⁻¹	X	
4	1 200 хв ⁻¹	X	
5	1 500 хв ⁻¹	X	
6	1 700 хв ⁻¹	X	
7	1 800 хв ⁻¹	X	
8	1 900–2 000 хв ⁻¹	Не рекомендований до тривалої експлуатації (підключення ТК № 2)	
9	2 100 хв ⁻¹	X	X
10	2 200 хв ⁻¹		X
11	2 300 хв ⁻¹		X
12	2 400 хв ⁻¹		X

лінійної частотної характеристики у всьому діапазоні частот вимірів і виключення влучення в цей діапазон резонансної частоти датчика виміри проводяться за допомогою малогабаритних датчиків швидкості й прискорення масою менше ніж 60 г. Резонансна частота встановленого датчика повинна знаходитися поза діапазоном аналізу.

Для кріплення віброперетворювача (акселерометра) рекомендується використовувати:

- стандартну шпильку, встановлювану в спеціальний різьбовий отвір, який нарізається в точці виміру;
- спеціальну металеву бонку, що приварюється за допомогою ручного електродугового зварювання або приклеюється клеєм у місці установки акселерометрів.
- кріплення датчика на штатному магніті, що входить у комплект акселерометра, за послідовних вимірів.

Контроль вібраційного стану повинен вироблятися на вільній воді в разі хвилювання моря не більш 1 бала й прямолінійного руху судна. Режим роботи ГД сталий. ГД і привід Арнесона повинні бути прогріті до робочої температури. Необхідно виконати не менше 3-х вимірів у кожній точці з перервою не менше ніж 20 хв.

Проведення вібраційного контролю ґрунтується на основі аналізу конструктивних

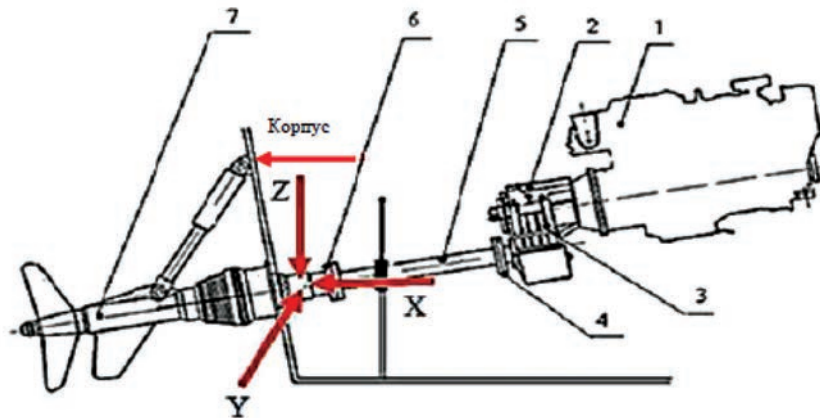


Рис. 5. Напрями й точки вимірів вібрації на транці судна й на корпусі опорного підшипника приводу Арнесона
 напрями: X – осьовий, Y – поперечний, Z – вертикальний;
 1 – головний двигун; 2 – реверс-редуктор; 3 – еластична муфта;
 4 – вихідний фланець реверс-редуктора; 5 – торсіонний вал;
 6 – вихідний фланець гребного вала; 7 – привід Арнесона

особливостей ПК із ЧЗГ. За результатами проведення вимірів складається протокол. Методика дозволяє:

- визначити необхідні вібраційні параметри й провести аналіз ТС його елементів;
- проводити докладний аналіз технічного стану його елементів у відповідних смугах на характерних частотах та у вузькосмугових спектрах;
- регламентувати терміни й порядок проведення вібраційних вимірів приводу Арнесона (не рідше одного разу за 200 годин роботи).

Висновки.

1. Розроблено комплекс методик оцінювання технічного стану ПК із ЧЗГ, що дозволяють провести відповідну оцінку.
2. Вимір значень параметрів вібрації з метою оцінки технічного стану елементів ПК швидкісних суден із ЧЗГ можуть складати частину приймально-здавальних випробувань за введення судна в експлуатацію та повинні проводитися під час експлуатації.
3. Виконано аналіз конструктивних особливос-

тей та експлуатаційних режимів роботи сучасних суден із ЧЗГ.

Особливістю судна й ПК є:

- робота на 2-х режимах руху (водотоннажний і глісеруючий);
- реєстровий наддув високооборотних ГД;
- наявність приводів Арнесона й ЧЗГ;
- в управлінні рухом судном відсутній автоматичний зв'язок між зміною режимів роботи ГД, судна й положення гребних гвинтів.

4. Аналіз відмов і несправностей ПК із ЧЗГ показав, що аварія ГД (2%), муфт (6%), ушкодження лопатей гребних гвинтів (10%), поява тріщин на транці судна (4%), систем гідравліки (56%) є результатом роботи ГД на підвищених навантаженнях і наслідком впливу вібрації елементів ПК із ЧЗГ.

5. Експериментальні дослідження показали, що сполучення особливостей (режими руху судна, роботи ГД і ТК, приводів Арнесона, неправильне управління) призводять до граничних значень тепло-технічних параметрів ($N_{гд} = 100\%$, $t_{ог} = 700^{\circ}\text{C}$) і високим рівням вібрації ($\delta_{скз}$ до 14 мм / с).

Список літератури:

1. Правила классификации и постройки морских судов. Том 2. *Морской регистр Судоходства* от 30 сентября 2014 г. Санкт-Петербург, 2015. 870 с.
2. Приложение к руководству по техническому наблюдению за судами в эксплуатации. *Морской регистр Судоходства*. Санкт-Петербург, 2016. 309 с.
3. Визуально-измерительный контроль. Лаборатория неразрушающего контроля. *Промстрой-контроль* : веб-сайт. URL: <http://pskontrol.ru/index.php/laboratoriya-nerazrushayushchegocontrolya/metodykontrolya> (дата звернення: 03.09.2021).
4. Параметрический контроль. *Библиотека словарей «Словарник»: экономический словарь, словарь туриста, толковый словарь обществоведческих терминов*. URL: <http://www.slovarnik.ru/html/economica/k/kontrol5-parametri4eskiy.html> (дата звернення: 03.09.2021).

5. РД М015590/02R 06-01. Руководство по эксплуатации. Дизельный двигатель 8V2000M92, 8V2000M93, 10V2000M92, 10V2000M93 / MTU. *Value Service Technical Documentation. Friedrichshafen GmbH*. 2006. 146 с.
6. РД 360084.001. Энергетическая установка, техническое описание и инструкция по эксплуатации. Часть 1. Главные двигатели и дизель–генераторы 12150. ФГУП ЦМКБ «Алмаз». Санкт-Петербург, 2007. С. 3.
7. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов. Том 3. Часть V. *Техническое наблюдение за постройкой судов*. Санкт-Петербург, 2013. С. 278–283
8. ГОСТ 8.001–1980. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений. Москва : Издательство стандартов, 1990. 34 с.
9. ГОСТ 8.326–89. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическая аттестация средств измерений. Москва : Издательство стандартов. 1985. 6 с.
10. ГОСТ 8.513–1984. Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Организация и порядок проведения. Москва : Издательство стандартов, 1985. 11 с.
11. Svan 912 AE, Svantek Ltd. Инструкция по эксплуатации. Рекомендуемая комплектация. Польша. URL: http://granate.ru/svan_912ae.html (дата звернения: 03.09.2021).
12. Тимошенко В.Ф. Программа дизайна яхт, катеров и судов, для расчетов статики и гидродинамики судов “FREE! ship Plus”. URL: <https://soft.softodrom.ru/Автор/13308/> (дата звернения: 03.09.2021).

Himpel R.M., Tkachenko V.V., Ryashchenko O.I., Trishin V.V. TECHNIQUES FOR CONTROL OF PARAMETERS OF TURBOED ENGINES OF SPEED VEHICLES WITH PARTIALLY SUBMERSIBLE SCREWS

During the operation of high-speed vessels with high-speed turbocharged engines, failures and malfunctions occur due to the design features of the propulsion system, as well as erroneous actions of the crew. In addition, currently there are no stable methods for diagnosing and monitoring the parameters of this type of engine, which have their own characteristics. Intuitive control of these engines by the crew leads to increased loads on the main engines, high levels of vibration, rapid failure of complex power equipment. The resulting failures lead to a decrease in maritime safety, ship downtime, as well as significant costs for repairs. Therefore, it is important to develop methods for monitoring the parameters of turbocharged engines of high-speed vessels with partially immersed propellers. At present, there are virtually no scientifically sound technical solutions and organizational and methodological measures aimed at improving the efficiency of operation of propulsion systems of high-speed vessels with (partially submerged propellers) in different modes of operation. A number of scientists have been involved in the development and implementation of effective methods and means of assessing the actual condition of ship's technical equipment, improving their technical operation and making significant contributions. developed and implemented effective methods and tools for assessing the actual condition of ship's technical means; considered tasks related to the design and coordination of thermal characteristics of turbochargers and engine. The article develops a set of methods for assessing the technical condition of the propulsive complex with partially immersed screws, which allows for appropriate assessment. The analysis of design features and operational modes of operation of modern vessels with partially immersed propellers is performed. Analysis of failures and malfunctions of the propulsive complex with partially immersed propellers showed that the accident of the main engine (2%), couplings (6%), damage to the propeller blades (10%), cracks in the transom of the vessel (4%), hydraulic systems 56%) is the result of the operation of the main engine at high loads and a consequence of the vibration of the elements of the propulsive complex with partially immersed propellers. Experimental studies have shown that the combination of features (modes of movement of the vessel, the operation of the main engine and turbocharger, Arneson drives, improper control) lead to limit values of thermal parameters ($N_{egd} = 100\%$, $t_{og} = 700^{\circ}\text{C}$) and high levels of vibration (g_{skz} up to 14 mm / with).

Key words: high-speed vessel propulsion complex, malfunctions, ship power plant, turbocharged engine.