



Ship Shaft Lines Faults Analysis

Sevdalin VALCHEV

Technical University – Varna, Bulgaria,
Phone: +359 52 383 571 ; e-mail: sevdalin.valchev@tu-varna.bg

Abstract

An analysis of the faults of the shaft lines of ships repaired in ship repair yards over the last 5 years is done. The aim is to discover typical malfunctions occurring in the shaft lines of diesel propulsion systems with low and medium-speed diesel engines. An analysis of the causes of the malfunctions is carried out and a methodology for controlling the technical condition, timely detection and elimination of the faults is developed.

Keywords: diagnostics, ship shaft line, malfunctions

Анализ на неизправностите на корабни валопроводи

Севдалин ВЪЛЧЕВ

1. Въведение

Повредите в корабните валови линии не са чести, но са потенциално много опасни, поради загубата на движение и маневреност на кораба.

В много случаи аварията на корабните валопроводи се дължат на некачествена центровка, която може да е следствие на аварийно състояние или недопустимо износване на антифрикционния слой на опорни лагери. Нерядко грешки, породени от некомпетентност на обслужващия персонал по време на експлоатацията могат да доведат до тежки аварийни състояния, застрашаващи здравето и живота на екипажа.

Направен е анализ на неизправностите на валовите линии на кораби, ремонтирани през последните пет години в български кораборемонтни заводи.

2. Цели

- Разкриване на характерни неизправности, развиващи се във валолиниите на уредби с ниско и среднооборотни двигатели;
- Анализ на причините за възникналите неизправности;
- Изграждане на методика за контрол на техническото състояние, навременно разкриване и отстраняване на възникналите повреди.

3. Повреди и откази на кораби с бавнооборотни дизелови двигатели

За изследваните кораби с нискооборотни двигатели, постъпвали за ремонт в български кораборемонтни предприятия, са регистрирани следните основни дефекти на валопроводите им:

- завличане (разрушаване) на лагерната композиция на лагера на междинния вал;
- деформация (огъване) на междинния вал;
- силно износване на опорния лагер на междинния вал;
- липса на натоварване на опорния лагер на междинния вал.

При всички изследвани кораби (фиг. 1) износването на дейдвудните лагери е в допустимите граници, в съответствие с периода на експлоатация и не са предприемани ремонтни операции.

Няма съществени дефекти по дейдвудните уплътнения, които, резонно, се подменят (всички кораби са с дейдвудни уплътнения „закрит тип“ – с маслено мазане).



Фиг. 1. Кораби с нискооборотни двигатели, включени в изследването: Wealth Reefer, Elbtank Germany, Peace, Tanais Express, Cape Blanc

Анализът на причините за възникналите повреди е извършен в следната последователност:

- измерване на реакциите на лагерите преди ремонта на валопровода по метода „крик тест“;
- дефектация и обмерване на лагерите и валове;
- анализ на причините за възникналите повреди;
- пресмятане на напрегнатото и деформирано състояние на валопровода и определяне на смествания на опорите, при необходимост;
- експериментално проверка-измерване на реакциите на лагерите след ремонта на кораба.

3.1 Завличане (разрушаване) на лагерната композиция на лагера на междинния вал.

Един от често срещаните дефекти на валовите линии на кораби с БОД е разрушаването на лагерната композиция на опорния лагер на междинния вал (фиг. 2).

При два от разгледаните кораби е констатирана тази повреда: м/к Wealth Reefer и м/к Tanais Express.



Фиг. 2. Завличане на лагерната композиция на м/к Wealth Reefer

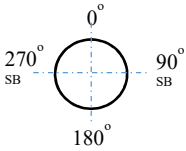
Последиците са разрушаване на лагерите, нараняване на лагерните шийки на междинния вал, водещи до необходимост от презаливане на лагерните черупки и разстъргване на лагерните шийки.

3.2. Деформация (огъване) на междинния вал

По време на измерване на натоварването на опорния лагер на междинния вал на м/к Elbtank Germany се установява:

- промяна на реакцията на лагера при завъртане на валовата линия през 90° и превишаване с 35% разчетното натоварване (табл. 1);
- носовият дейдвуден лагер е разтоварен;
- съществена разлика в натоварванията на лагерите на главния двигател спрямо изискванията на завода-производител.

Таблица 1. Промяна на натоварването на лагера на междинния вал, при последователно превъртане на вала през 90°.

	0 deg	90 deg	180 deg	270 deg
Натоварване на опорния лагер на междинния вал	46785 N	39409 N	41454 N	41649 N

Вероятната причина за различните измерени стойности на реакцията на лагера на междинния вал е радиално биене на междинния вал с 0.15 mm.

3.3. Ненатоварен опорен лагер на междинния вал

Този тип неизправност е установена на м/к Pease при постъпването му за доков ремонт. След дефектцията на опорния лагер на междинния вал се установява работа на горната черупка на лагера, т.е. лагерът е работил с отрицателна реакция (фиг. 3).



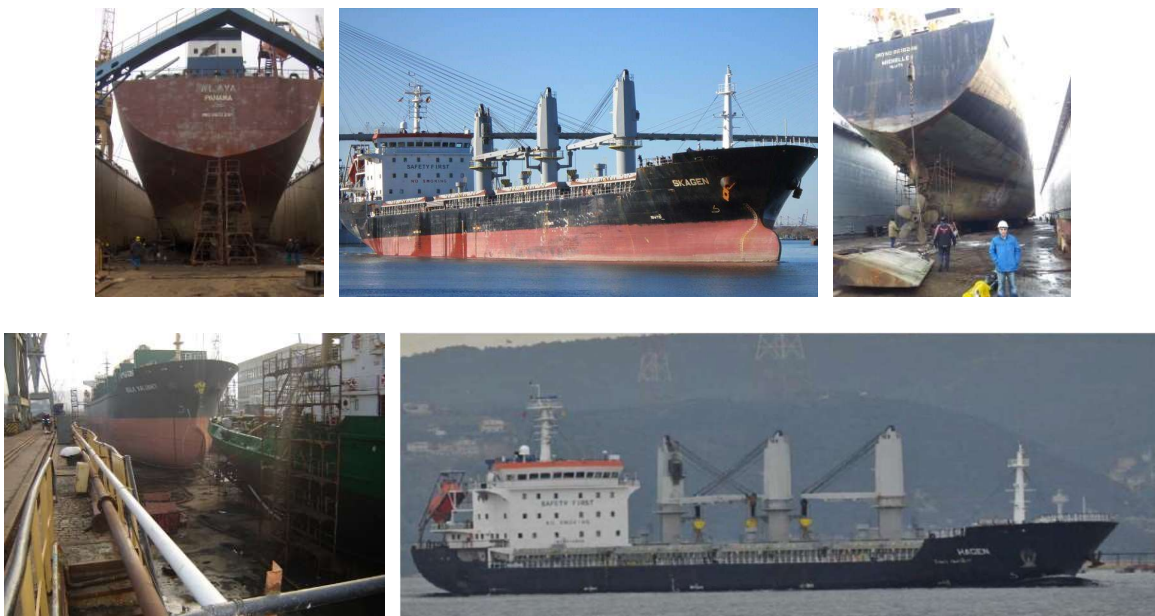
Фиг. 3. Разрушена лагерна композиция на опорния лагер на междинния вал на м/к Rease

Причината за аварията е неправилната центровка на валопровода, изразяваща се в ненатоварен опорен лагер на междинния вал, довела до работа на лагера с горна черупка, следствието от което е разпределяне на натоварването върху съседните лагери (с колко процента се увеличава) и разрушаване на нанатоварения лагер поради невъзможност за формиране на маслен клин.

4. Повреди и откази на кораби със среднооборотни дизелови двигатели

При изследваните кораби със СОД, постъпвали за доков ремонт в български кораборемонтни предприятия са регистрирани следните дефекти на валопроводите:

- недопустимо износване на дейдвудните втулки и повреди по бронзовите облицовки на гребните валове;
- дефекти по конусните съединения и скъсани присъединителни болтове;
- неправилна центровка между пропульсивен редуктор и дейдвудни лагери



Фиг. 4. Кораби със среднооборотни двигатели, включени в изследването: Alaya, Hagen, Skagen, Saint Fanouris, Michelle 1

Валопроводите на изследваните кораби (фиг. 4) със среднооборотен дизелов главен двигател се състоят от колян вал, редуктор и валова линия, в състава на която са гребен вал и къс монтажен вал.

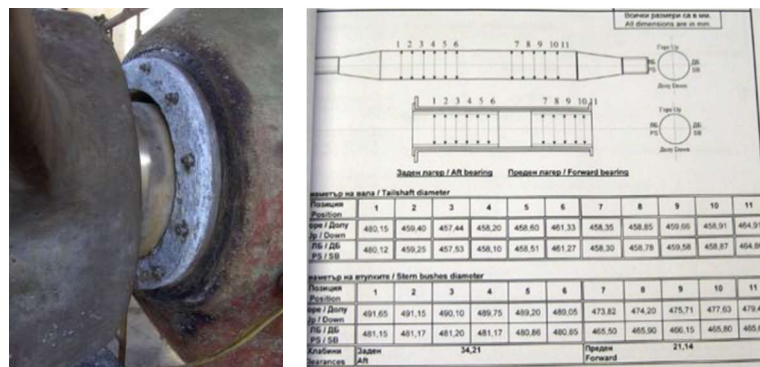
Гребният вал е с бронзова облицовка, лагериуван на два дейдвудни лагера в дейдвудно устройство - открит тип (с водно мазане).

Анализът на причините за възникналите повреди е извършен в следната последователност:

- дефектация на дейдвудните лагери и гребните валове;
- анализ на причините за възникналите повреди, в някои случаи - тежки аварийни състояния;
- пресмятане на напрегнатото и деформирано състояние на валопровода – определяне на центровката;
- експериментално проверка-измерване на реакциите на лагерите след ремонта на кораба.

4.1. Дефекти на дейдвудните лагери и гребните валове

При повечето от изследваните кораби със среднооборотен двигател и валови линии с водно мазане се констатира значително износване на дейдвудните втулки на лагерите, свързано с голямо пропадане на гребния вал, деформации от несъосие в носовото дейдвудно уплътнение, водещи до износване и пропуски на морска вода в машинно отделение (фиг. 5, 6, 7).



Фиг. 5. Пропадане на гребния вал на м/к Alaya и резултати от дефектацията на дейдвудни лагери и гребен вал, м/к Alaya



Фиг. 6. Пропадане гребен вал, м/к Saint Fanouris



Фиг. 7. Дефектирал дейвуден лагер, м/к Saint Fanouris

Друга неизправност, констатирана при два от корабите (м/к Alaya и м/к Saint Fanouris) (фиг. 8, 9) е откриването на пукнатини в коничната част на гребните валове. Попадането на вода под повърхността на главината на гребния винт или облицовките може да доведе до корозионна повреда на вала.

В експлоатацията на валопроводите често се наблюдава развитие на повреди от умора в зоните на сглобката главина на винта-гребен вал и в крайните сечения на бронзовите облицовки. Причината за това е понижаването на якостта на умора в следствие на развитието на фретинг процеси [1].



Фиг. 8. Пукнатини по конусната повърхност на гребния вал, м/к Alaya



Фиг. 9. Дефектирал гребен вал – канали по бронзовата облицовка и пукнатини в шпонъчния канал, м/к Saint Fanouris

4.2. Неправилна центровка пропульсивен редуктор – дейдвудни лагери

При три от изследваните кораби са установени отклонения в центровката между пропульсивния редуктор и дейдвудните лагери.

Констатираните повреди са следните:

- повреда в пропульсивния редуктор (изронване на зъби на зъбните колела);
- износване на присъединителните фланци и скъсване на болтовете.

Описаните неизправности при два от изследваните кораби са довели до загуба на ход на кораба, определени като тежко аварийно състояние.

На фиг. 10 е показано дефектирали фланци и болтове на м/к Hagen по време на преход. Аварията се характеризира със скъсани присъединителни болтове между междинен вал и редуктор.



Фиг. 10. Дефектирали присъединителни фланци и болтове, м/к Hagen

М/к Michelle 1 постъпва за аварийен ремонт на буксир в кораборемонтен завод. Основната повреда в пропульсивната уредба е авария в главната предавка - изронени зъби на зъбните колела на редуктора (фиг. 11, 12).



Фиг. 11. Открити дефекти - пукнатини по зъбното колело на пропульсивния редуктор, м/к Michelle 1



Фиг. 12. Открити дефекти – изронени зъби на пиньона на пропульсивния редуктор и износени отвори на фланеца, м/к Michelle 1

След демонтажа и дефектацията са установени изронени зъби на редукторната предавка и износване на отворите и болтовете на присъединителните фланци на изходящия вал на редуктора и междинния вал. При огледа на дейдвудните лагери се установи, че носовия дейдвуден лагер е работил с горната си повърхнина. След извършените обследвания и пресмятане на напрегнатото състояние по резултати от измерената центровка се установява грешка в центровката и монтажа, като по този начин валовата линия е работила със силни напрежения, ненатоварен дейдвуден лагер, претоварени лагери на редуктора, претоварен еластичен съединител между редуктор и главен двигател.

5. Изводи

5.1. Изследването на повредите на корабни валови линии на уредби с НОД показва:

При изследваните кораби с нискооборотни дизелови двигатели, постъпили в КРЗ за ремонт на валопровод, се констатира обща техническа неизправност свързана със състоянието на опорните лагери, конкретно на лагерите на междинните валове. Проблеми с дейдвудни лагери или лагери на главен двигател не са констатирани.

Причината за дефектирането на опорните лагери в повечето случаи е натоварване различаващо се от разчетното. Това би могло да се дължи на неправилен първоначален монтаж на елементи на валопровода или поради износване на лагерите, водещо до промяна в напрегнатото и деформирано състояние на валопровода.

Отчетени са и разрушавания на опорни лагери на междинните валове дължащи се на промяна в условията на експлоатация на лагерите – проблеми в подаването на смазочно масло: температура, налягане, дебит.

5.2. Изследването на повредите на корабни валови линии на уредби с СОД показва:

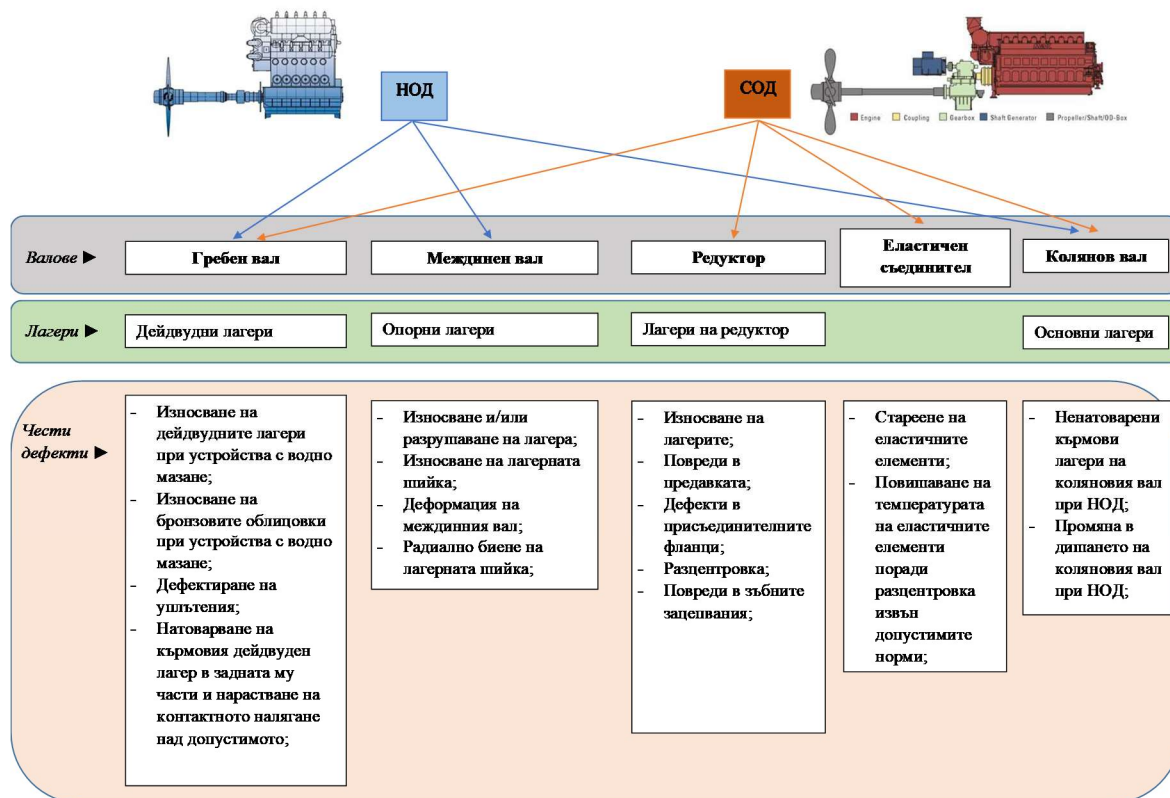
Разгледаните кораби със среднооборотни дизелови двигатели постъпват за ремонт, със следните два основни проблема:

- силно износване на дейдвудните лагери;
- разцентровка между пропульсивния редуктор и валопровода.

Констатирано е, че износването на дейдвудните лагери и последващото им разрушаване е в следствие на ниско качество на материалите на бронзовите облицовки. Принос има и електрохимичната корозия. В резултат се увеличава грапавостта на шийката и силно се износва полиамидния лагер. В следствие на това (освен пропуските на вода) се получава разцентровка, водеща до силни натоварвания на съединенията на валовете и лагерите на пропульсивния редуктор.

Другата констатирана честа неизправност е неправилна центровка на валопровод и редуктор, водеща и до аварийни ситуации – скъсване на присъединителни болтове и загуба на ход. Причината за тази разцентровка най-вероятно е неправилен монтаж на валовата линия [2].

На фиг. 13 е представена блок-схема на често развиващите се дефекти при корабните валопроводи в зависимост от конструкцията и елементите в състава им.



Фиг. 13. Блок-схема на развиващите се дефекти при корабните валопроводи

В резултат на направения анализ на развиващите се дефекти в корабните валопроводи, са дадени **препоръки** за операциите, които трябва да се изпълнят по време на експлоатацията на корабните валопроводи или по време на докуването им с цел изключване на развитието на дефекти и тежки аварийни ситуации.

По време на експлоатацията на кораба:

- следене дишането на коляновия вал на главния двигател;
- следене температура, налягане, дебит на масло в опорните лагери на междинните валове;
- следене параметрите на захранващата вода при дейдвудни устройства „открит“ тип.

При постъпване на кораба в кораборемонтен завод:

- проверка работата на токоснемащото устройство, за да се намали електрохимичната корозия.
- проверка на натоварването на лагерите на корабния валопровод за отклонения от разчетните.

Литература

[1] Heck J. B., E. Baker. Marine Propeller Shaft Casualties. Transactions of the SNAME, Vol. 71, 1963, pp. 327-346.
 [2] Dymarski Cz., M. Narewski. Analysis of ship shaft line coupling bolts failure. Journal of Polish CIMAC, Vol. 4, No. 2, 2009, 8 p.