# ПРОВЕРКА ЦЕНТРОВКАТА НА КОРАБЕН ВАЛОПРОВОД ПО МЕТОДА „JACK UP”

**Ас. д-р инж. К. Г. Люцканов, гл. ас. д-р инж. Х. В. Христов, ас.инж. Д. Д. Христов**

ВВМУ „Н. Й. Вапцаров – Варна, ул. „Васил Друмев” №73

email: gkl60@abv.bg, h.hristov@nvna.eu, d.hristov@nvna.eu

**Abstract:** The purpose of this development is to apply the JACK UP method to test the alignment of a ship’s line

**Key words:** “Jack up” test, shaft alignment, SAG, GAP

**Резюме:** Целта на настоящата разработка е да се приложи метода на „JACK UP” - тест за проверка центровката на корабен валопровод

**Ключови думи:** Корабен валопровод, центровка, “Jack up” тест, изместване, пречупване

## 1. Въведение

Корабните валопроводи представляват трансмисията предаваща мощността от двигателя към движителя. Те заемат особено място в съвкупността от монтажни работи, изпълнявани на кораба при неговото построяване и ремонт.

Сложността на монтажа на корабните валопроводи е свързана с тяхната обща дължина и това, че корпуса на кораба, в който са монтирани, представлява нестационарна еластична основа с непрекъснато променяща се деформация.

Надеждността на корабния валопровод се определя от смесеното влияние на конструктивни, технологични и експлоатационни фактори, като пренебрегването на един от тях може да има решаващо значение. От качеството на центровката зависи надеждната работа на системата „гребен винт – енергетична установка”, а така също и на кораба като цяло. В тази връзка, качеството на центровката на валопровода има изключително важно значение.

Предназначението на центровката е да се убедим, че лагерите на корабния валопровод (дейдвудни лагери, лагери на междинния вал, основни лагери) са правилно натоварени (нито претоварени, нито недостатъчно натоварени).

Целта на насточщата разработка е да се провери центровката на корабен валопровод по метода на „Jack up”.

## 2. Изложение

Корабните валопроводи свързват главния механизъм с гребния винт. Те са предназначени за предаване на въртящият момент на главния механизъм на гребния винт и за приемане и предаване на осовата сила от винта чрез упорния лагер на корпуса на кораба [1].

Корабните валопроводи се характеризират с геометрични характеристики и се състоят от различни конструктивни елементи.

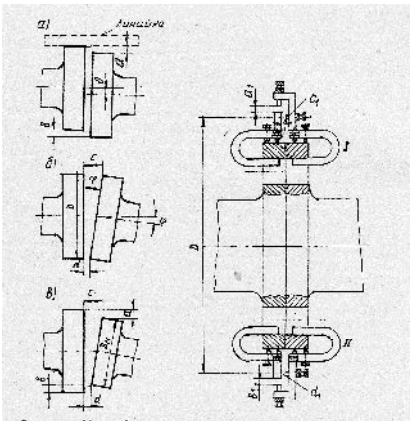
Като геометрични характеристики могат да се посочат: дължина, диаметър на отделните валове, броя на валолиниите и др. Към конструктивните елементи спадат: броя, типа и разположението на лагерите, наличието на вградени механизми и др. елементи.

Валопроводите на едновинтовите кораби се разполагат в диаметралната повърхнина, а на многовинтовите – при четен брой по

бордовете, при нечетен брой – в диаметралната равнина и по бордовете [1, 2, 8].

Положението на оста на валопровода в корпуса на кораба се определя относно корпусните бази по полуширочина от диаметралната повърхнина и по височина относно основната линия.

Центроването на валопроводите се извършва по 2 метода: по стойността на изместването и пречупването на осите на съседните валове и по действителното натоварване на лагерите.

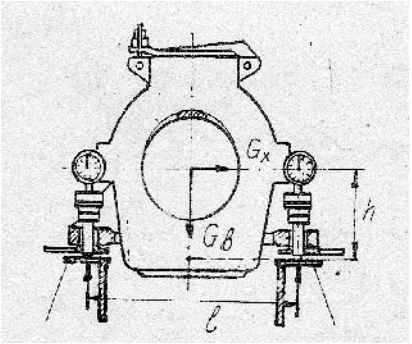


Фиг. 1. Измерване на изместването и пречупването

Центроването по величината на изместването и пречупването (фиг.1) не е най-точния метод. Въпреки това той все още с прилага в кораборемонтната дейност. Целта на метода е междинните валове да се поставят така, че да няма изместване и пречупване на осите им. Постигането на идеална стойност е практически невъзможно и затова валовете се центроват до определени допуски [3, 4].

В практиката най-често при измерване на изместване и пречупване се използват 2 двойки стрелки, поставени на фланците на валовете. Целесъобразно е измерените хлабини да се изписват в таблична форма. При измерването валовете се завъртат съвместно през 90 градуса така, че да не се разместват стрелките.

Допустимите норми на изместване и пречупване при центроване на валопровод се дават от класификационната организация.




Фиг. 2. Центроване по действително натоварване на лагерите

Центроването на валопровода по натоварването на лагерите (фиг.2) се извършва в следната последователност: Междинните валове предварително се поставят на лагерите и се центроват с точност до 0,3 mm/m на изместване и пречупване; поставят се капаците на лагерите и се затягат, като между тях и вала се поставя подложка с дебелина 2 пъти по-голяма от маслената хлабина; фланците се съединяват с щатните болтове включително с фланците на гребния вал и вала на двигателя [3, 4, 7].

На всеки междинен лагер диагонално се поставят два динамометъра (ляв – десен борд) в отворите за фундаментните болтове. В другите два отвора се поставят крик-болтове (фиг 2).

Динамоментрите са предварително тарирани и при тях освобождаването на крик-болтовете те отчитат натоварването на лагера

При несъосност на крайните валове на валопровода се появяват допълнителни натоварвания в техните опори.

Тъй като в тях не могат да се поставят динамометри, тези допълнителни натоварвания се определят чрез изчисляване.

Към съвременните методи за центроване на корабните валопроводи трябва да се причисли лазарно-оптичната система. Тази система обединява лазерна и микропроцесорна техниха, гарантираща висока точност и бързина на измерването. Тя включва в себе си система от датчици лазер (детектор), призма за определяне на изместването и пречупването, търсач на инфрачервените лъчи и изчислително устройство. Изчислителното

устройство дава възможност за графично изобразяване, вход и изход на данни в диалогов режим

По резултатите от измерването се изчислява необходимата дебелина на подложките, които трябва да се поставят под лапите на лагерите.

Съществуват различни методи за проверка на центровката, като всеки притежава своите предимства и недостатъци:

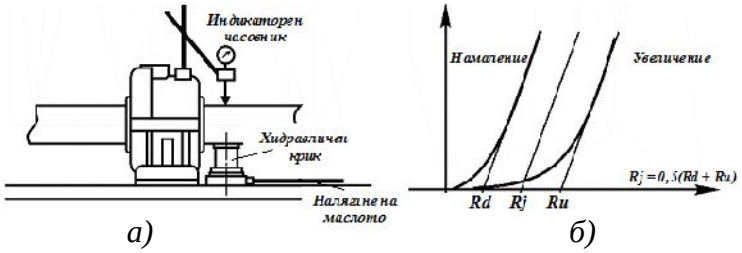
*1. Измерване от базовата линия посредством оптични измервателни прибори*. При този метод за проверка е необходимо да се построи спомагателна линия наречена „базова линия на изместването" при непосредствено измерване от валолинията. Тази линия може да се получи чрез опъване на струна, чието отклонение от праволинейност може да бъде предварително изчислено, или чрез лазерен лъч. На практика съществуват трудности относно разполагането на тази линия. Често пъти е невъзможно да се получи непосредствен, пряк достъп по дължината на цялата валолиния.

За точното построяване на оста на вала на необходимото разстояние при проверка на центровката на валопровода се използват оптични прибори. Най широко приложение са получили визирните тръби на стандартните прибори – нивелири и теодолити.

*2. Определяне на огъващите напрежения посредством динамометри*. Използването на динамометри дава възможността да се проверят огъващите напрежения по цялата свободна част на валопровода, но тъй като са нужни определен брой точки на измерване този метод изисква време. От друга страна динамометричния метод може да бъде използван когато двигателя е в действие и по този начин да се добие представа за центровката при загрята уредба.

Динамометрите са предназначени за измерване на натоварването на междинните лагери при центровка на валопровода и регулиране на положението им според величината на натоварване.

*3. Определяне на натоварването на лагерите посредством хидравличен крик*. Този метод е много по опростен и опита показва, че той е надежден и достатъчно точен. Посредством хидравличен крик поставен под вала, колкото се може по-близо до лагера, валът се повдига, разтоварвайки лагера, чието натоварване ще се проверява. Поставя се индикаторен часовник точно над крика посредством връзка с лагера (фиг.3 *а*).




*а)* *б)*

Фиг. 3. Определяне натоварването на лагерите посредством хидравличен крик

***Измерване на реакциите в лагерите***

Определянето на реакциите в лагерите може да се извърши чрез измерване на силите приложени в близост до лагера. Това се извършва по следния ред:

1. Хидравличния крик се поставя под вала максимално близо до лагера, като след това се поставя индикаторен часовник над вала твърдо закрепен към лагера (Фиг.3 *а*).

2. Силата породена от повишеното налягане на маслото повдига вала, като стойността *(e)* се отчита на прибора. Съответни измервания се извършват и при по ниски стойности на налягането. Силата *(F)* се определя

от налягането на маслото и от площта на буталото на крика. Стойностите на *(F)* и *(e)* се начертават в диаграма.

3. Поради относително високите нива на вътрешно триене съществуват разлики между съответните стойности на увеличаващите и намаляващите натоварвания т.е. получават се две криви *(Rd)* и *(Ru)*, чиято средна стойност е *(Rj)* (Фиг.3 *б*).

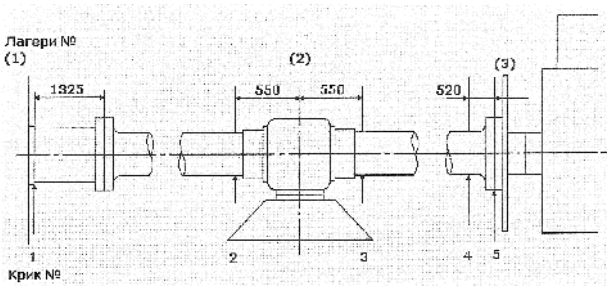
Когато се проверява натоварването на лагерите трябва да се вземе под внимание замерите да бъдат стабилни тъй като това е индикация, че вала е допрян до горката черупка на лагера.

*Фактор на корекция на крика*

Когато крикът е поставен извън лагера, криковата сила *R* не е идентична с реакцията в средата на лагера. Поради това е необходимо отчитане и на фактора на корекция *(C)* (Фиг.4).

$$C = \frac{R_1}{R_K} \qquad (1)$$

където: $R_1$ – реакция в лагера; $R_K$ – реакция в крика



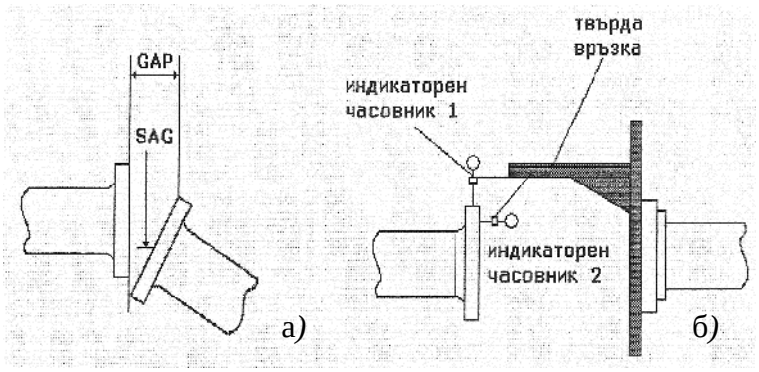

| Лагер № | 1 | 2 | | 3 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Крик № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *C* | 0,989 | 1,012 | 0,932 | 1,708 | 1,380 |

Фиг. 4. Фактори на корекция на крика

Реакциите в лагерите се определят чрез повдигане на вала близо до лагерите, отдаващи по този начин реакцията *(Rj)* на крика.

***Процедура за центроване***

Процедурата за центроване на корабен валопровод е базирана на изчислените – изместване и пречупване на фланците на валовете. Определянето на изместване (SAG) и пречупване (GAP) са показани на фиг.5 *а*.




Фиг. 5. Измерване на изместване и пречупване

*Измерване на изместването (SAG) и пречупването (GAP)*

Изместването и пречупването могат да се измерят едновременно посредством два индикаторни часовника, както е показано на фиг. 5*б*. Гредата, към която са свързани индикаторните часовници, трябва да е с такъв размер, че връзката между гредата и маховика да е твърда. Маховикът се завърта до извършване на пълен оборот като индикаторните часовници отчитат на всяка четвърт от оборота – (0º, 90º, 180°, 270º), започвайки от горно положение.

*Таблица 1. Показания на часовниците*

| Показания на индикаторен часовник №1 | Показания на индикаторен часовник №2 |
|---|---|
| $t_1$ – показание горе | $t_2$ – показание горе |
| $s_1$ – показание десен борд | $s_2$ – показание десен борд |
| $b_1$ – показание долу | $b_2$ – показание долу |
| $p_l$ – показание ляв борд | $p_2$ – показание ляв борд |

Измерване на изместването (SAG) – индикаторен часовник №1 Изместването (SAG) във вертикална равнина се определя като:

$$(SAG) = 0{,}5.(t1 - b1) \quad \textbf{(2)}$$

Изместването (SAG) в хоризонтална равнина е нула ако:

$$s1 = p1 \quad \textbf{(3)}$$

Измерване на пречупването (GAP) – индикаторен часовник №2. Пречупването (GAP) във вертикална равнина се определя като:

$$(GAP) = b2 - t2 \quad \textbf{(4)}$$

Пречупването (GAP) в хоризонтална равнина е нула ако:

$$s2 = p2 \quad \textbf{(5)}$$

Формулите за GAP и SAG се приемат при положение, че стрелката на индикаторния часовник се движи в посока увеличение. В обратния случай формулите трябва да бъдат умножени с минус.

За уредби с един гребен вал поддържан от два дейдвудни лагера и един междинен вал поддържан от един междинен лагер е валидна следната процедура:

*Стандартна процедура*

Преди центровката всички заваръчни работи трябва да са завършени, двигателя трябва да е поставен върху фундаментната рама и корпуса трябва да е на вода с гребен винт почти наполовина потопен. Трябва да бъде проверено дали гребния вал лежи правилно в носовия дейдвуден лагер. Ако не гребния вал трябва да се натовари надолу за да легне в подходяща позиция. Междинния вал трябва да бъде поставен на две временни подпори като предварително се изчислява надлъжното позициониране. Височината

на подпорите се изменя докато стойностите на изместването и пречупването между фланците на междинния и гребния вал станат в съответните допуски. При това условие двата вала могат да бъдат свързани заедно. Главния двигател се центрова докато стойността на изместването (SAG) между упорния фланец и носовия фланец на междинния вал стане в допуска. Ако е възможно главния двигател се настройва докато се получат успоредни фланца (GAP=0).

След центровката на главния двигател коляновия и междинния вал се свързват. Регулира се лагера на междинния вал с хлабина 0,05 mm в носа и в кърмата. Сега лагера трябва да се повдигне до крайното му положение след което се премахва носовата временна подпора. Центровката в последствие се проверява при топла и при студена КЕУ.

## 3. Изводи и предложения

1. Предложена е методика за използване на технологията на BERG за центровка на корабни валопроводи;

2. Определени са необходимите технически данни за обектите на центровка които задължително трябва да бъдат въведени в програмния продукт;

3. Резултатите от извършената експериментална проверка на натоварването на лагерите показва, че предлаганата методика осигурява конкретни данни за допустимото им натоварване.

## Използвана литература

1. Лубенко В.Х., Ю.А. Вясавой, „Монтаж судовых валопроводов”, „Судостроение”, Санк Петербург, 2007 г.

2. Гармашев Д.Л., „Монтаж судового механического оборудование”, „Судостроение”, Ленинград, 1968 г.

3. Габърски Ф.И., П.И. Минков, „Организация и технология на кораборемонта”, ВИ, София, 1995 г.

4. Соловьов С. „Специальная технология судового машиностроения”, „Судостроение”, Ленинград, 1978 г.

5. Соловьов С., Сисюкин М. „Производство судовых валов и дейдвудных устройств”, Николаев, 1972 г.

6. Методика за проверка центровката на корабни валопроводи на BERG.

7. Манов, М., Люцканов, К. Приспособление за експериментално изследване на абразивното износване на тънки твърди покрития, получени чрез газопламъчно напластяване. // Морски научен форум, 2016, № 1, с. 66-68, ISSN 1310-9278.

8. Манов, М., Скулев, Х. Методи за повърхностно уякчаване на титан и титанови сплави. // Машиностроителна техника и технологии, 2010, № 1, с. 26-31, ISSN 1312-0859.