

## ПОКАЗАТЕЛИ ЗА МАСА НА КОРАБНИЯ ВАЛОПРОВОД ЗА МАШИННО ОТДЕЛЕНИЕ С БАВНООБОРОТЕН ГЛАВЕН ДВИГАТЕЛ

Владимир Йорданов

**Abstract:** The mass of shaftline, exerts significant influence on major technical and economic indicators of the ship's energetic plant and the ship itself. The initial stage design of engine room is connected with selection of different shaftline equipment. The weight and position of the shaftline equipment, directly influences the total mass and the center of engine room mass. In this regard, approximating dependencies for determination of the mass indexes of the shaftline equipment are developed in the report..

**Key words:** shaftline equipment, engine room, approximating dependencies, , mass indexes.

### 1. Въведение

Като съставна част от корабния пропульсивен комплекс, корабният валопровод с неговите елементи съставлява една значителна част от неговата маса и оказва голямо влияние върху технико-икономическите показатели кораба и неговата енергетична уредба. Определянето на масата и центъра на масата на оборудването на машинното отделение на кораба съставлява важен етап от началното проектиране на кораба. Съгласно корабостроителния класификатор 03-011-058 масата и центъра на масата на корабния валопровод се определят в конструктивна група 425 на раздел 4 – “Механизми и системи за КЕУ”. За разлика от общия център на маса на останалото оборудване в МО (особено на това, разположено на платформите на МО и в машинната шахта), общият център на маса на корабния валопровод е по-ниско разположен, което е по-благоприятно за центъра на маса на кораба като цяло и допринася за неговата по-голяма устойчивост.

Целта на настоящата работа е да се определят показателите за маса на елементи от корабния валопровод за МО с бавнооборотен главен двигател, т.е. с пряко предаване на въртящия момент, като в състава на пропульсивната уредба няма редуктор, а също така няма и валогенератор.

На етапа на началното проектиране на пропульсивния (двигателно-движителния) комплекс и съответно на корабния валопровод, при различни варианти на мощност-обороти на главния двигател, които осигуряват една и съща скорост на кораба се получават различни диаметри на валопровода.

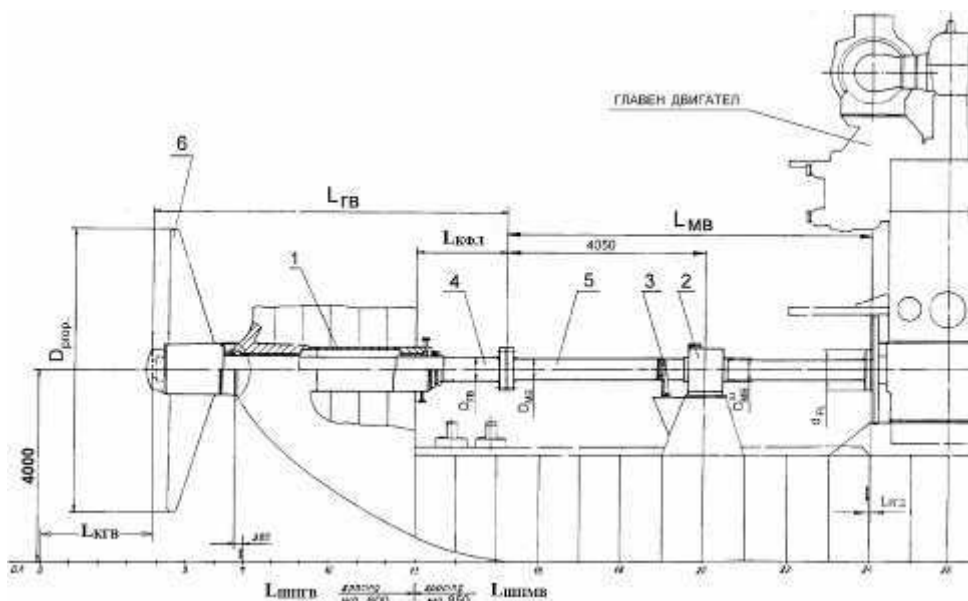
Това съответно води до промяна на показателите за маса на корабния валопровод, и позволява да се даде технико-икономическа оценка на различните варианти на комплектация на корабния валопровод. Освен това масата на оборудването непосредствено влияе на неговата цена.

### 2. Основни елементи на корабен валопровод за МО с бавнооборотен главен двигател и определяне масата на валовете

На фиг.1 е показана схема на общото разположение на корабен валопровод на 43000 tdw кораб за насипни товари със следните елементи:

1. Дейдвудно устройство
2. Опорен лагер
3. Контактно-четково устройство
4. Междинен вал
5. Гребен вал
6. Гребен винт.

Дейдвудното устройство осигурява мазането на гребния вал с масло и отвеждането на отделената топлина. Освен това обезпечава херметизация на корпуса и предотвратява изтичането на маслото зад борд и към корпуса на кораба. В състава на дейдвудното устройство влизат дейдвудната тръба, кърмови и носови дейдвудни лагери и системата за мазане. Херметизацията на корабния валопровод се извършва посредством монтираните кърмово уплътнение и носово уплътнение, възпрепятстващи проникването на задбордна вода в корабния корпус и изтичането на маслото зад борд. Опорният лагер 2 и контактното-четковото устройство 3 (за неутрализиране на възникващите токове) са монтирани на общ фундамент.



Фиг.1 Схема на общо разположение на корабен валопровод на 43000 tdw кораб

Определянето на масите на валовите се извършва както следва:

$$M_{МВ} = V_{МВ} \cdot \rho \quad (1)$$

$$M_{ГВ} = V_{ГВ} \cdot \rho \quad (2)$$

, където

$V_{МВ}$  – обем на междинния вал;

$V_{ГВ}$  – обем на гребния вал;

$\rho$  – плътност на материала на вала.

Обемът на валовите се определя въз основа на техния диаметър –  $D_{МВ}$  и  $D_{ГВ}$  (определян съгласно правилата на БКР [1] във функция от мощността и оборотите на ГД), диаметрите на фланците –  $d_{FL}$  (определян по фланеца на главния двигател) и дължината на съответните валове (определени по формули (3) и (4)).

$$L_{МВ} = (N_{ГД} - N_{К}) \cdot L_{ШПМВ} + L_{РГД} - L_{КФЛ} \quad (3)$$

$$L_{ГВ} = N_{К} \cdot L_{ШПГВ} - L_{КГВ} + L_{КФЛ} \quad (4)$$

Където:

$N_{ГД}$  – номер на шпацията на главния двигател (съгласно фиг.1  $N_{ГД} = 24$ )

$L_{ШПМВ}$  – дължина на шпацията на корпуса на кораба под междинния вал

$N_{К}$  – номер на шпацията на кърмовата преграда (съгласно фиг.1  $N_{К} = 13$ )

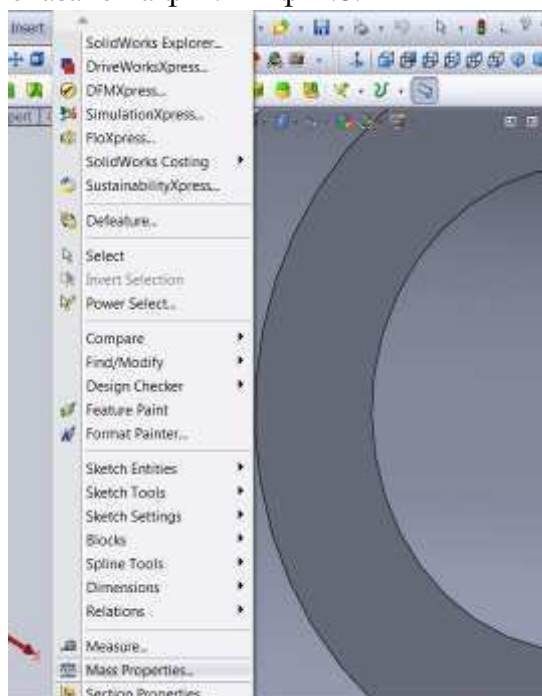
$L_{РГД}$  – разстояние между фланеца на ГД и ребро с номер  $N_{ГД}$

$L_{КФЛ}$  – разстояние между фланеца на междинния вал и ребро с номер  $N_{К}$

$L_{ШПГВ}$  – дължина на шпацията на корпуса на кораба под гребния вал

$L_{КГВ}$  – разстояние между ребро с номер 0 и края на гребния вал.

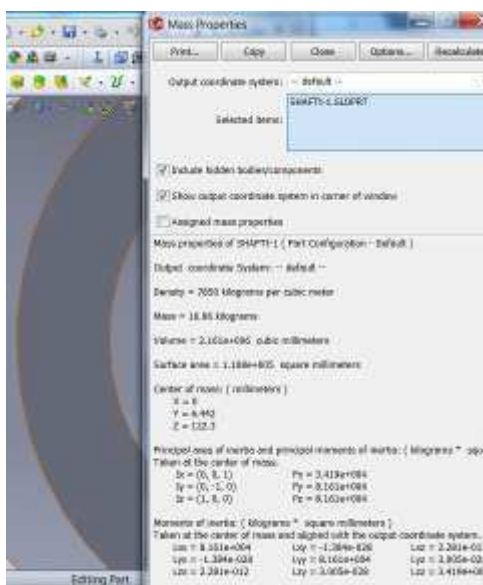
Определянето на обемите и масите на междинния вал и на гребния вал е възможно освен по горепосочените формули, а също така при моделирането им в средата на SolidWorks и получаване на информация за масовите характеристики на детайла. Това се извършва чрез менюто Tools → Mass Properties [2] показано на фиг.2 и фиг.3.



Фиг.2 Използване на SolidWorks за определяне масата на детайлите- Tools → Mass Properties

3. Зависимости за определяне на показателите за маса на опорни лагери

За определяне на показателите за маса на опорни лагери използваме данните за съответните лагери и чрез средствата на EXCEL и MATHCAD разработваме съответните апроксимиращи зависимости. За тази цел прилагаме полиномиална апроксимация по метода на най-малките квадрати [3]. Полиномите имат предимство да се пресмятат непосредствено по правилото на Хорнер и освен това винаги може да се прекара единствен полином от степен  $\leq n$  през всички  $n+1$  зададени точки с различни абсциси.

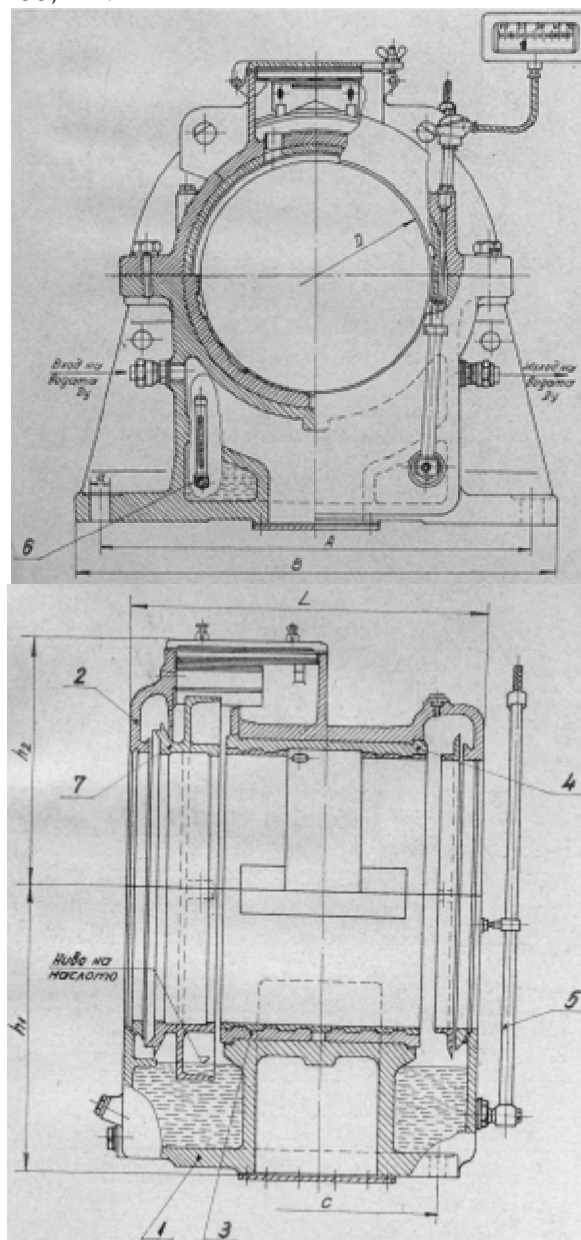


Фиг.3 Използване на SolidWorks за определяне масата на детайлите – Mass Properties

D, mm	L, mm	B, mm	M, kg
180	310	430	92
210	365	520	130
240	390	340	156
270	445	620	220
300	455	680	303
360	545	800	440
420	620	910	655
480	720	1020	921
540	740	1160	992
600	890	1280	1177

Табл.1. Масогабаритни характеристики на опорни лагери по ОН77-036-207

За определяне показателите за маса  $M$  на опорните лагери по ОН77-036-207 се използват данните от табл.1 и апроксимиращ полином (5) от 3-та степен в зависимост от диаметъра на шийката на вала. В графичен вид апроксимиращата зависимост (5) между масата  $M$  и диаметъра  $D$  е представена на фиг.5, а средно-квадратичното отклонение е  $S=33,414$ .

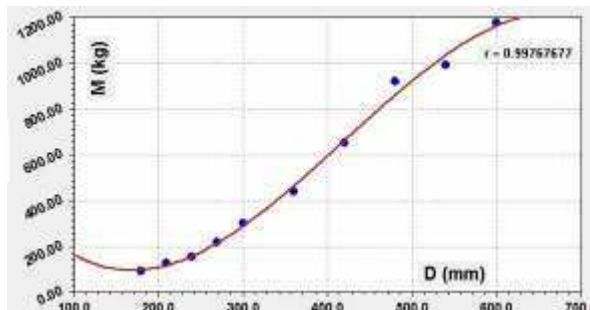


Фиг.4. Общ вид на опорни лагери по ОН77-036-207

$$M = -1.79693692978 \cdot 10^{-5} \cdot D^3 + 2.25477385033 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 - 6.056821023 \cdot D + 563.352287533 \quad (5)$$

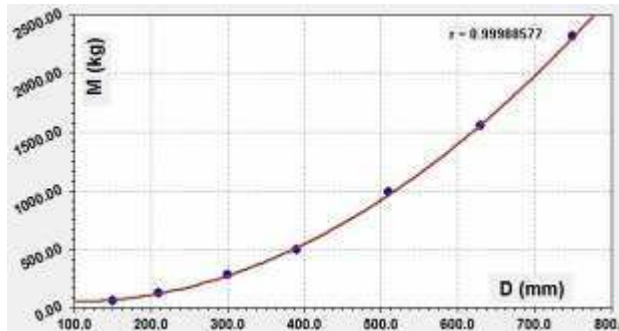
Масогабаритните характеристики на друг вид опорни лагери на Join Crane Marine – JCM и общият им вид са представени и показани на фиг.7.

За определяне показателите за маса M на опорните лагери JCM се използват данните от фиг.7 и апроксимиращ полином (6) от 3-та степен в зависимост от диаметъра на шийката на вала.



Фиг. 5. Зависимост между масата (M, kg) и диаметъра на шийката на вала (D,mm) на опорни лагери по ОН77-036-207

В графичен вид апроксимиращата зависимост (6) между масата M и диаметъра D за на опорните лагери JCM е представена на фиг.6, а средно-квадратичното отклонение е S=18,0212.

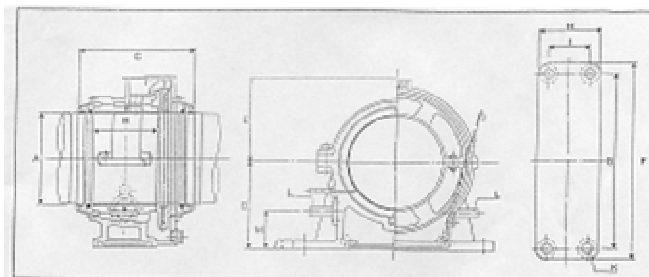


Фиг. 6. Зависимост между масата (M, kg) и диаметъра на шийката на вала (D,mm) на опорни лагери по JCM

$$M = -1,38213003958 \cdot 10^{-7} \cdot D^3 + 5,38580579759 \cdot 10^{-3} \cdot D^2 - 1,0002326582 \cdot D + 95,7107020382 \quad (6)$$

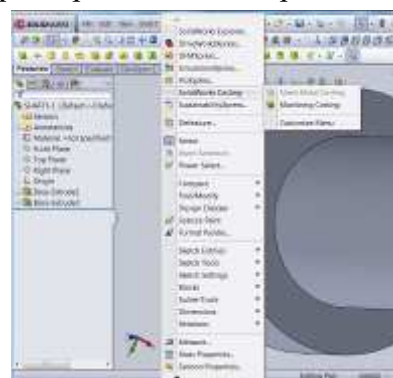
4. Изводи и заключение

Разработените в доклада зависимости позволяват да се определят показателите за маса на корабния валопровод. Това спомага определянето на масата и центъра на масата на кораба на етапа на началното проектиране. Съща така е възможно да се даде технико-икономическа оценка за различните варианти на комплектация на валопровода на кораба при различни варианти на параметрите мощност-обороти на главния двигател, които осигуряват една и съща скорост на кораба. За оценяване стойността на някои елементи на валопровода е възможно използването на SolidWorks Costing съгласно фиг.8.



Rolling size	RU1	180	188	210	240	270	300	330	360	390	420	470	510	550	590	630	670	710	750	800
Max. shaft dia	A	180	188	210	240	270	300	330	360	390	420	470	510	550	590	630	670	710	750	800
Roll. ring length	B	130	140	170	190	210	230	250	270	290	310	340	370	400	430	460	490	520	550	600
Total length	C	204	205	254	266	320	333	378	391	436	449	503	516	561	574	619	632	677	690	744
Height	D	148	150	188	198	238	249	289	300	340	351	400	411	450	461	500	511	550	561	600
	E	178	180	218	228	268	279	319	330	370	381	430	441	480	491	530	541	580	591	630
Ball width	F	48	48	54	54	60	60	66	66	72	72	78	78	84	84	90	90	96	96	102
	G	390	410	430	500	530	550	620	640	660	730	760	830	850	870	940	960	1030	1050	1120
Ball length	H	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	I	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
Ball height	J	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Rolling ring	K	150	154	164	174	184	194	204	214	224	234	244	254	264	274	284	294	304	314	324
Pipe dia.	L	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Pipe height	M	74	84	104	110	135	140	160	165	185	190	210	215	235	240	260	265	285	290	310
Mass	N	35	35	45	55	75	85	110	120	145	155	185	195	225	235	265	275	305	315	345

Фиг.7. Общ вид и масогабаритни характеристики на опорни лагери JCM



Фиг.8. Оценяване стойността на детайли чрез SolidWorks Costing

Литература:

- [1] Правила за класификация и строеж на морски кораби. . Български корабен регистър, Варна, 1991.
- [2] SolidWoks – Базово моделиране и чертежи . (О.Каравасилев, М.Кожухаров и др.). София, ТехноЛогика ЕАД, 2012.
- [3] Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. Москва, Высшая школа, 1988.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска” №1  
 Технически университет - Варна  
 ас., д-р инж. Владимир Йорданов,  
 e-mail: vyordanov@tu-varna.bg