

# technológia

## 21 HAJÓCSAVAROK TERVEZÉSE

Az új fejlesztésű tervező szoftver áthidalja az elmélet és gyakorlat közti szakadékot.

## 25 A CSAPÁGY ÉLETTARTAMÁNAK MEGÉRTÉSE

A kenés és a szennyeződés a csapágy élettartamát befolyásoló két legfontosabb tényező.



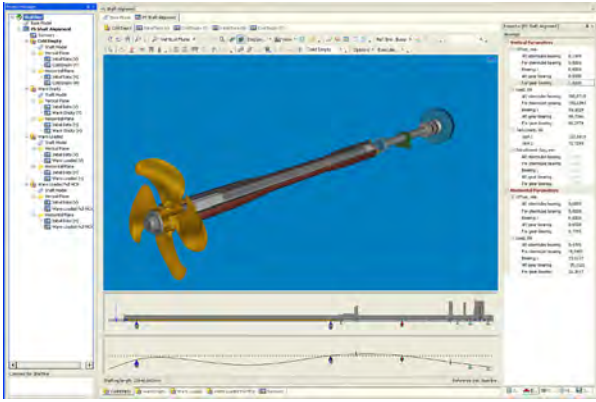
## Egységesített hajócsavar-tengely

# TERVEZŐ SZOFTVER

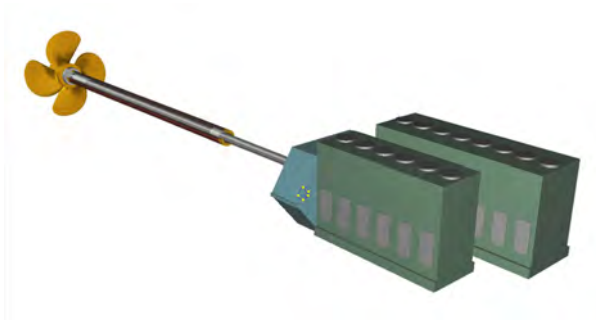
A ShaftDesigner egy új számítógépes tervező szoftver (Computer Aided Engineering – CAE), amely a hajócsavar tengelyek tervezéséhez, szereléséhez, karbantartásához és javításához nyújt segítséget. Az új szoftver jelentőségét az adja, hogy hidat képez a tengelybeállítás és szerelés elmélete és a gyakorlata között. Ezért rendkívül hasznos eszköz, amely segíti a mérnököket az optimálisan működő tengelyek tervezésében.

**A szoftvert úgy** fejlesztették ki, hogy a hajócsavar tengely teljes élettartama alatt használható legyen. Pontosan megjeleníti a hajtáslánc minden elemét, így a felhasználó az egyes fázisokban ki tudja használni a különféle alkalmazási modulok előnyeit.

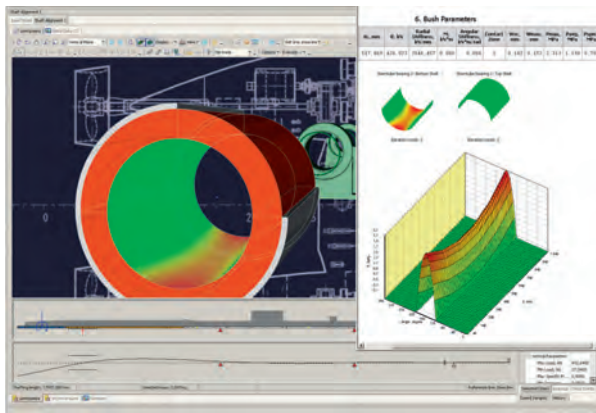
A Hollandiában lévő Machine Support által kifejlesztett eszköz segítségével a tengely és az állíthatóság tervezése pontosabbá, a beállítás pedig könnyebben elvégezhetővé válik. A szoftver szem előtt tartja a minősítő társaságokkal és a hajócsavar-elemek vezető első beépítéses gyártóival folytatott



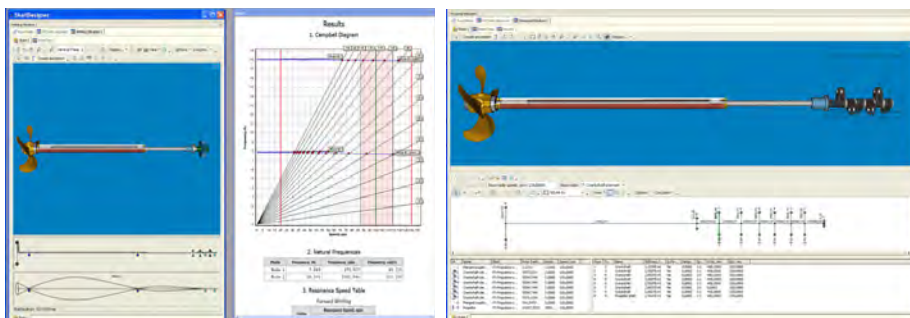
1.ábra  
Tengelybeállítási ablak



2.ábra  
Kétmotoros szerelési modell



3.ábra  
Érintkezőnyomás a csapághüvelyben



4.ábra: Örvénylő rezgés

5.ábra: Automatikusan kreált torziós rezgés számítási modell

szoros együttműködés során tapasztalt piaci igényeket.

A megoldás első alkalommal kínál a tervezők számára olyan egyedi és rugalmas modellt, amely a tengellyel kapcsolatos mindenfajta számítást lehetővé teszi. Emellett a felhasználó elemezni tudja a különböző üzemi körülményeket, az üres és terhelt állapotot, a hideg és meleg motort, valamint a különböző állapotokat az egyedülálló tengelytől, egészen a teljesen összeszerelt hajtásláncokig. Kiküszöböli azokat a korábbi problémákat, amikor a felhasználóknak a számtalan különböző számításhoz és üzemi körülményhez tartozó modellt és fájlt kellett kezelniük. Együttal áthidalja a szoftver lehetőségei, valamint a hajtómű technológiákról és technikáról jelenleg meglévő ismeretek közötti szakadékot.

A felhasználói felület komoly szellemi ráfordítással készült, és könnyen kezelhető 3D-s modellezési tulajdonságokkal rendelkezik, ami lehetővé teszi a hajtómechanizmus valós, 3D-s megjelenítését a három fő modellezési technikára alapozva (1. ábra).

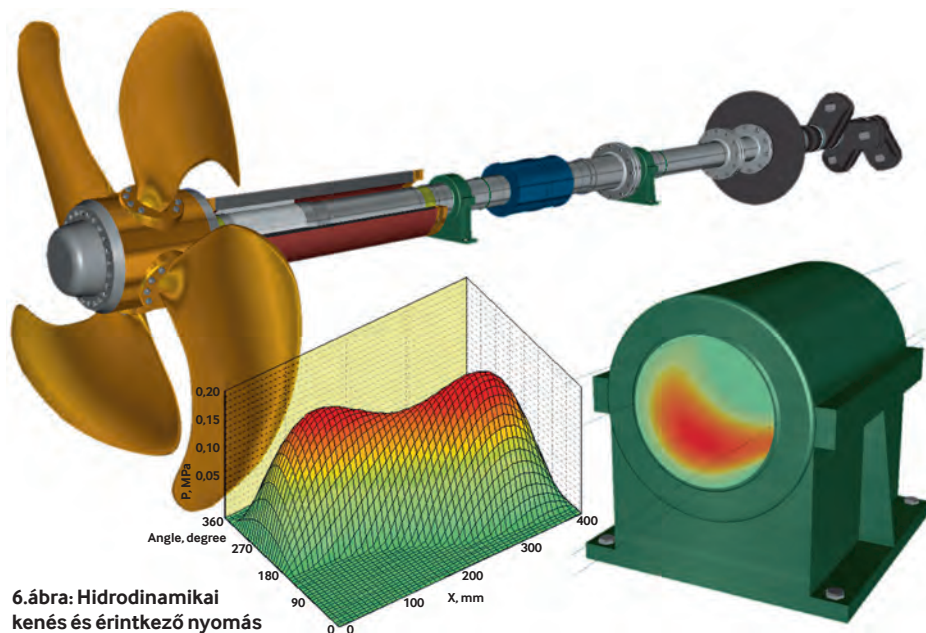
### SZÁMÍTÁSI ALAPMODELL

A szoftver több projekt, tengely és üzemi állapot 3D-s modellezésére képes CAE rendszer, amely lehetővé teszi a hajtócsavar hajtáslánc számítások elvégzését. A szoftver a tengelybeállítás, az örvény keltette rezgés, a radiális irányú rezgés, az axiális és torziós rezgés kiszámításához egy alapmodellt használ.

Mivel több tengelyt modellezni képes rendszerről van szó, a szoftver segítségével bármilyen tervezési feladat elvégezhető az egyedi tengelytervezéstől a komplett, több-tengelyes, motorral és egyéb alkatrészekkel ellátott hajtócsavar hajtómű egység tervezésig. Ezen túlmenően minden alkalmazás több üzemi állapotot tartalmazhat (2. ábra).

A ShaftDesigner egyik fő előnye, hogy minden számítás egy alapmodellből indul ki. Az egyszer már létrehozott modellben végrehajtott változások automatikusan beépülnek az összes alkalmazásba. Mivel a szoftver 3D-s grafikai környezetben működik, a vál-





6.ábra: Hidrodinamikai kenés és érintkező nyomás

toztatások vizuálisan ellenőrizhetők, ami csökkenti az emberi hiba esélyeit (6.ábra).

### HÁROM MODELLEZÉSI TECHNIKA

A szoftver három modellezési megközelítést tartalmaz, nevezetesen:

- szabad ,fogd és vidd' (,drag and drop') modellezés a tárgy pozíciójának utólagos korrekciójával
- ,fogd és vidd' (,drag and drop') modellezés egy korábban létrehozott tárgyhöz való illesztéssel
- csoportos pozicionálás egy meghatározott kiindulóponttól való távolság megadásával.

Minden modellezési hiba könnyedén korigálható a ,mégsem/újra' (,undo/redo') funkcióval, ill. az ,előzmények ablakkal' (,history window').

### TENGELYBEÁLLÍTÁSI SZÁMÍTÁSOK

A tengelybeállítási számítások célja, hogy meghatározzák a tengelyt támasztó csapágyak helyét a beállítás során, vagy optimalizálják a tengelyen lévő csapágyak terhelését. Ez biztosítja a hajócsavar biztonságos működését az adott üzemi körülmények között.

A csapágy helyét a tengelyen a csapágypersely középpontjának függőleges és vízszintes irányú eltolása, valamint a referenciavonal és a csapágypersely tengelye által bezárt szög határozza meg. A szoftver működés közben automatikusan kiszámítja a tengelyvonal eltérését (3.ábra).

A szoftver az alapmodellből automatikusan megalkotja az adott alkalmazás modelljét. Az alapmodellben bekövetkező bármiféle változás azonnali hatással van a tengelyvonal eltérésre. A ShaftDesigner által támogatott tengelybeállítási technikák a közvetlen számítás, az eltolás vizsgálat, a geometriai beállítás, a láncgörbe beállítás és a nyúlásmérő bélyeges állítás. A szoftver fordított irányú tervezési képességének köszönhetően a beállítás kiszámítható a mért hajlító terhelés, csapágyfeszültség, támasztó erő, lehajlás és hézag, valamint a tengely deformáció alapján.

A modell tovább is fejleszthető speciális igények kielégítésére. A felhasználó további elemeket, így pl. koncentrált erőket, ideiglenes alátámasztásokat és emelőket is hozzáadhat, amelyekkel a modellezhetők a gyakorlati beállítások. A további alátámasztások és erők elhelyezése azonnal automatikusan elindítja a tengely deformáció újraszámítását.

### REZGÉSSZÁMÍTÁSOK

Az alapmodellekhez öt alkalmazási modul használható, amelyek a különböző rezgéstípusokat fedik le, pl. az örvénylés okozta, a hajlító, axiális, torziós és kapcsolt rezgéseket.

Az örvénylés okozta rezgés számításának fő eredménye az előre- és hátramenetben várható kritikus fordulatszámokról készült lista (4.ábra). Az elsőfokú gerjesztés a szinkron örvénylésnek felel meg. Az eredmények rezonancia táblázatban összegződnek, grafikai pedig egy Campbell diagramban ábrázolhatók.

A hajlításra vonatkozóan a rezgés modul kiszámítja a szabad lengés jellemzőket, így a sajátfrekvenciákat és a hozzájuk tartozó tengely középvonal alakot, valamint a rezonancia sebességet. Az eredményeket a modul Campbell diagramban és rezonancia táblázatban összesíti.

Az axiális rezgés modul a szabad lengés és a gerjesztett rezgés számítási lehetőségeit is tartalmazza. Gerjesztett rezgés számítások esetén többféle lehetőség van a gerjesztési és csillapítási paraméterek beállítására. Az eredmények rezonancia táblázatban, valamint olyan grafikonban jelennek meg, amely a különböző fordulatszámoknál mutatja a rezgéseket.

A torziós rezgések számításaihoz a szoftver a grafikai szerkesztővel készített tömegrugalmassági modellt használja, és tartalmazza mind a szabad, mind a gerjesztett rezgéseket (5.ábra). A szoftver az eredményeket a különböző fordulatszámokhoz tartozó rezgéseket ábrázoló görbén és egy rezonancia táblázatban összegzi. A torziós rezgés esetében azonban eredményesebb, ha nem az alapmodellre támaszkodunk, hanem az értékeket kézzel visszük be a modellbe, hiszen a torziós rezgésekhez speciális adatokra van szükség. A kapcsolt rezgés alkalmazás a dízel motorhoz közvetlenül kapcsolt berendezések axiális-torziós rezgés paramétereit számítja ki. Mindezek a számításokat egyetlen alkalmazásba integrálták.

Az eredmények részletes, az igényekhez igazodó XML dokumentumban összegződnek, így könnyen átalakíthatók más



## MACHINE SUPPORT

**Az Machine Support** cég szerelőanyagok, valamint szolgáltatások szállítója a gépek beállításához és szereléséhez. Az SKF által 2000-ben megvásárolt vállalat több mint huszonöt éves tapasztalattal rendelkezik gépek szereléséhez és beállításához kínált komplett megoldások terén. Jelenleg a Machine Support ötvenfős szakembergárdája a hajóipar területén a hajótulajdonosoknak, üzemeltetőknek, hajóépítőknek, hajójavító szervezeteknek és az első beépítési gyártóknak kínálja szakértelmét szerte a világon (8. ábra).

[www.shaftdesigner.com](http://www.shaftdesigner.com)  
[www.machinesupport.com](http://www.machinesupport.com)

**8. ábra: A Machine Support helyben is végez megmunkálást**

formátumra. A Machine Support világszerte több mint 120 projektben használta eddig a szoftvert. Reményeik szerint a jövőbeni fejlesztések további szoftver változatokat eredményeznek, beleértve a 3D projektek és modellek importálási lehetőségét más 3D CAD programokból.

### ÉLETTARTAMRA SZÓLÓ ALKALMAZÁS

Ahogy már jeleztük, a ShaftDesigner hasznos eszköz a hajó egész élettartama során – legyen szó akár a tervezési szakasról, az építésről, a karbantartásról vagy a javításról. A tervezési szakaszban – műszaki szempontból – a ShaftDesigner olyan tervezési eszköz, amellyel meghatározhatóak a szükséges eltolások, optimalizálható a hajtáslánc elemeinek pozíciója a felhasználó által meghatározott kritériumok alapján. E korai szakaszban használt funkció jó terhelés eloszlást eredményez a csapágyakon, ezáltal biztonságos tengelyműködést biztosít, és segít elkerülni a későbbi időigényes és költséges tengely (újra)beállítás problémákat. Ezzel egyidejűleg, és ugyanígy a különböző rezgés szoftver modulok lehetővé teszik a potenciális káros rezgések kiszámítását egy adott hajtásláncra, így fel lehet tárni a különböző elrendezések következményeit.

Az építés során, és ha a tervezési szakaszból nem áll rendelkezésre modell, a hajó-



**7. ábra: Nyúlásmérő ráhelyezése a tengelyre**

építők jelentős előnyökre tehetnek szert, ha a hajtásláncot még a tengelybeállítás előtt modellezzik. A pontos mérési adatok könnyen bevihetők a ShaftDesigner szoftverbe, a modell pedig automatikusan frissül minden egyes új adat bevitellekor. A program biztosítja a különböző tengelybeállítási

technikákhoz szükséges adatokat, beleértve a támaszerős, a lézeres és a nyúlásmérő bélyeges technikákat, amelyek a tengelybeállítás különböző fázisaiban használhatók (7. ábra).

Végül pedig, a karbantartás és javítás szempontjából a tengelybeállítás és a tengely lehetséges rezgéseinek előzetes kiszámításával már korai szakaszban feltárhatók azok a problémák, amelyek befolyásolhatják a hajtáslánc elemeinek állapotát. Így például felismerhetők a csapágy nagyobb terhelésű pontjai, melyek kopása így ellenőrizhető, ezáltal pedig elkerülhető a hajó költséges leállása egy esetleges meghibásodás esetén. A ShaftDesigner segítségével nagyon könnyen vizsgálható és értékelhető a tengely beállítása bármilyen külső hatást követően. ■

*Geoffrey de Vlaam, SKF Machine Support BV, Hollandia*

## ÖSSZEFOGLALÁS

**A hollandiai Machine Support** által kifejlesztett szoftver célja a hajócsavarok bonyolult tervezésének, beépítésének és javításának megkönnyítése. A ShaftDesigner képes pontosan megjeleníteni a hajtáslánc valamennyi

elemét, lehetőséget adva a hajócsavar tengelyének élettartam növelésére. A szoftvert úgy alakították ki, hogy az pontosabbá, és könnyebben végrehajthatóvá tegye a tengely gépészeti kialakítását és tervezését.