

# technika

## 21 **LODNÍ PROFILOVÉ HŘÍDELE**

Nový inovativní software spojuje teorii a praxi v navrhování hřídelů.

## 25 **POCHOPENÍ TRVANLIVOSTI LOŽISKA**

Mazání a znečištění představují dva nejdůležitější faktory, které ovlivňují trvanlivost ložiska.

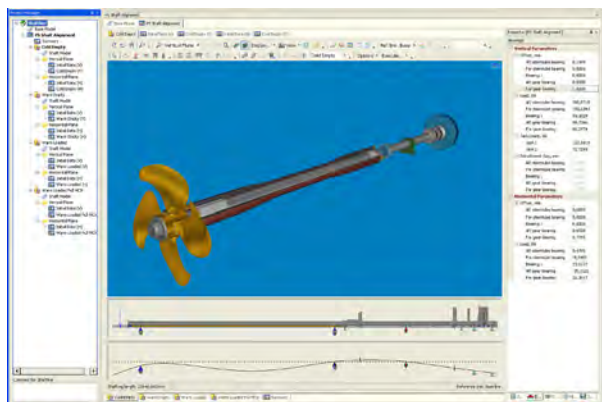


## **SJEDNOCUJÍCÍ SOFTWARE** pro konstrukční návrhy lodních hnacích hřídelů

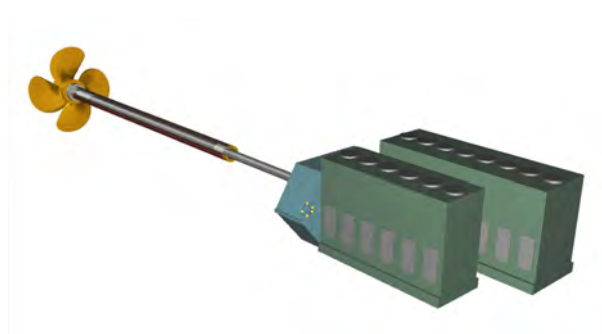
ShaftDesigner je nový software určený k projektování pomocí počítače (Computer Aided Engineering – CAE), který podporuje konstrukci, instalaci, údržbu a opravy lodních hnacích hřídelů. Význam nového software spočívá v propojení teorie s praxí v oblasti ustavování a montáže hřídelů.

**Software byl vyvinut** pro použití ve všech etapách životního cyklu lodního hnacího hřídele. Dokáže přesně zobrazit všechny díly hnacího systému v každé fázi konstrukčního návrhu a uživatelé mohou využívat přednosti nejrůznějších funkcí jednotlivých aplikačních modulů.

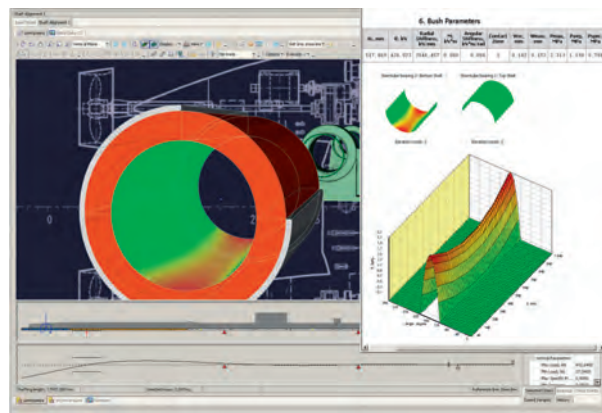
Při vývoji softwaru, který nabízí nizozemská společnost Machine Support, byl kladen důraz na usnadnění konstrukce a přesnost ustavování hřídelů. Vývoj softwaru vycházel z potřeb trhu a z toho důvodu také vznikl v úzké spolupráci s klasifikačními



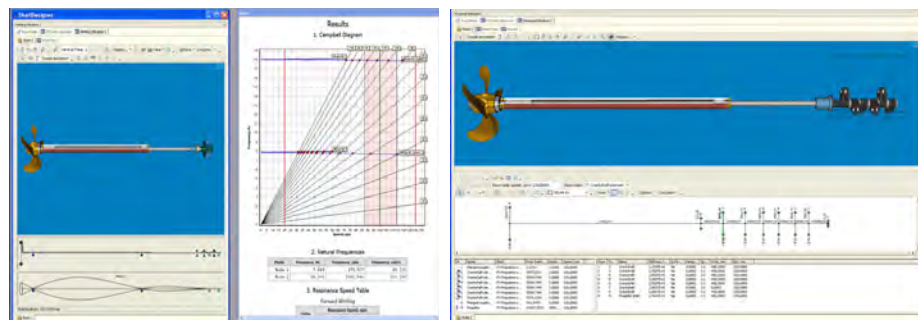
Obr. 1: Okno aplikace nastavování hřídele



Obr. 2: Model pohonu se dvěma motory



Obr. 3: Dotykové napětí v ložiskovém pouzdru



Obr. 4: Vířivé vibrace

Obr. 5: Automaticky vytvořený model torzních vibrací

společností a předními výrobci originálních dílů (OEM) hnacích systémů.

Poprvé mají konstruktéři přístup k jedinému flexibilnímu modelu, na němž lze provádět veškeré výpočty související s hřídelem. Navíc umožňuje uživatelům analyzovat různé provozní podmínky, od plavby se zatížením nákladem, pro chod se studeným i teplým motorem a dále pro různé stavy od jednoduché nepřípojené hřídele po celý sestavený hnací systém. Uživatelé už tedy nemusejí jako dříve používat rozdílné datové modely a soubory pro různé typy výpočtů a pravděpodobné provozní podmínky. Software rovněž odstraňuje rozdíly mezi schopnostmi programu a současným chápáním technického a technologického řešení hnacích systémů.

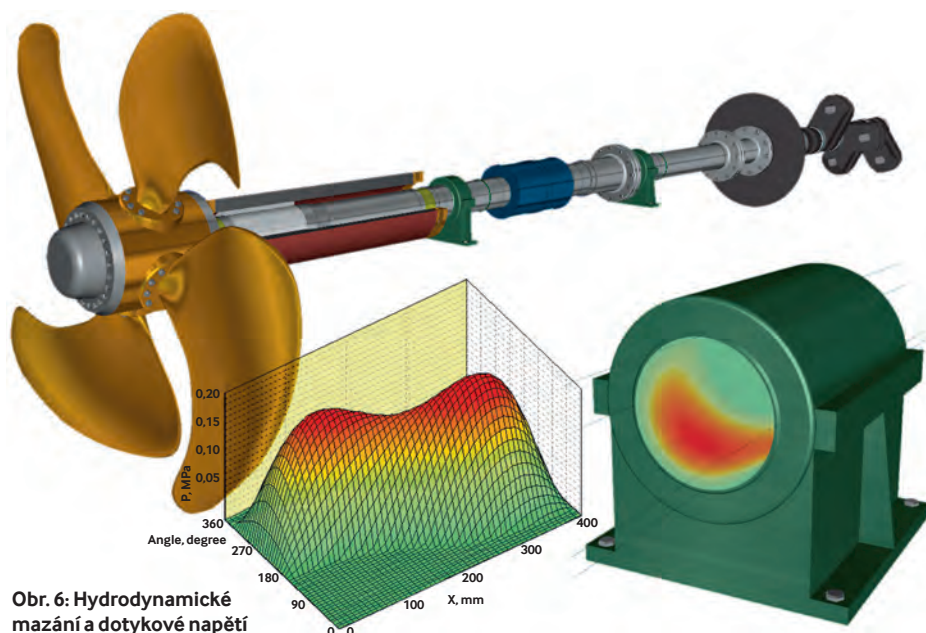
Vývojáři věnovali velkou péči návrhu uživatelského rozhraní, které ve spojení s 3D modelovacími funkcemi umožňuje vytvořit realistický 3D obraz hnacího systému pomocí tří hlavních způsobů modelování (obr. 1).

#### ZÁKLADNÍ MODEL PRO VŠECHNY VÝPOČTY

Software je označován za multiprojektovní, multihřídelový a multistavový 3D CAE systém pro výpočet lodních hnacích systémů. Využívá základní model pro výpočet ustavování hřídele, vířivé vibrace, ohybové (příčné) vibrace, axiální vibrace a torzní vibrace.

Software, vhodný pro výpočet nejrůznějších systémů s hřídeli, lze využít pro návrh libovolné konstrukce od hřídelového převodu s jedním hřídelem po celý hnací systém s několika hřídelovými převody, motory a dalšími díly. Navíc je možné pro každou aplikaci volit velký počet různých stavů hnacího systému (obr.2).

K přednostem software ShaftDesigner patří provádění veškerých výpočtů z jednoho základního modelu. Jakmile je vytvo-



Obr. 6: Hydrodynamické mazání a dotykové napětí

řen, veškeré změny jsou automaticky provedeny v celé aplikaci. Vzhledem k tomu, že software pracuje ve 3D grafickém prostředí, změny lze kontrolovat vizuálně a tím snížit pravděpodobnost vzniku chyby zásahem člověka (obr.6).

### TŘI ZPŮSOBY MODELOVÁNÍ

Software nabízí tři způsoby modelování. Jde o:

- volné modelování „drag and drop“ s následnou korekcí polohy objektů
- modelování „drag and drop“ s využitím funkce Snapping k přichycení prvků na již vytvořené objekty
- přemístění skupiny z přiřazené původní polohy.

Veškeré chyby při modelování lze snadno odstranit funkcí „Undo/Redo“ nebo „History window“.

### VÝPOČTY USTAVOVÁNÍ HŘÍDELE

Cílem výpočtů ustavování hřídele je stanovit polohu ložisek hřídelového převodu při ustavení nebo optimalizovat zatížení ložisek hřídelových převodů tak, aby byl zajištěn bezpečný provoz hnacího systému lodi za

všech definovaných provozních podmínek.

Poloha osy ložiska hřídelového převodu je definována posunutím středu ložiskového pouzdra ve svislé a vodorovné rovině a dále úhly mezi základní vztaznou přímkou a osou ložiskového pouzdra. Průhyby hřídelového převodu jsou vypočítány automaticky softwarem (obr.3).

Aplikační model je samočinně vytvořen ze základního modelu. Veškeré změny základního modelu se okamžitě promítnou do průhybů hřídelového převodu. Shaft-Designer podporuje různé způsoby ustavování hřídelů, jako např. přímý výpočet, zjištění přesazení, geometrické ustavování, řetězovkové ustavování a ustavování pomocí tenzometrů. Funkce reverzního inženýrství, jimiž je software vybaven, umožňují vypočítat ustavování na základě změřených ohybových zatížení, napětí v ložisku, zatížení zvedáku, prověšení a spáry, a i průhybů hřídele.

Aplikační model lze dále vyvíjet s ohledem na požadavky specifické aplikace. Uživatel může připojit další objekty, jako např. koncentrované síly, dočasné podpěry a zvedáky, aby si mohl ověřit teoretické ustavování hřídelů v praxi. Jakmile jsou umístěny

přídavné podpěry a síly, automaticky se provede přečítání průhybů hřídelového převodu.

### VÝPOČTY VIBRACÍ

Spolu se základními modely lze využívat pět aplikačních modulů, které pokrývají různé typy vibrací, tzn. vířivé, ohybové, axiální, torzní a spřažené vibrace.

Hlavním účelem výpočtu vířivých vibrací je zjistit kritické otáčky při dopředném a zpětném víření (obr.4). Buzení prvního řádu odpovídá synchronnímu víření. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce rezonancí a graficky ve formě Campbellova diagramu.

Pro ohyb vypočítá aplikace vibrace charakteristiku vlastních vibrací, jako např., vlastní frekvence, tvary modů vibrací, jakož i rezonanční otáčky. Výsledky jsou podány ve formě Campbellova diagramu a tabulky rezonancí.

Modul pro výpočet axiálních vibrací obsahuje funkce pro výpočet vlastních i vynucených vibrací. Nabízí mnoho volitelných možností pro nastavení parametrů buzení a tlumení ve výpočtech vynucených vibrací. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce rezonancí a v podobě grafu, který ukazuje vibrace při různých rychlostech otáčení.

Výpočty torzních vibrací jsou prováděny na hmotovém modelu pružného hřídele vytvořeném grafickým editorem a rovněž zahrnují vlastní i vynucené vibrace (obr.5). Výsledky jsou zobrazeny ve formě grafu, který ukazuje vibrace při různých rychlostech otáčení, a v tabulce rezonancí. V případě torzních vibrací je však efektivnější zadávat hodnoty ručně a nespolehat na základní model, protože torzní vibrace vyžadují specifické údaje. Aplikace pro výpočet spřažených vibrací stanoví parametry axiálních-torzních vibrací v případě přímo připojených dieslových motorů. Všechny tyto výpočty jsou součástí jediného řešení.

Výsledky jsou zobrazeny v podrobné





## MACHINE SUPPORT

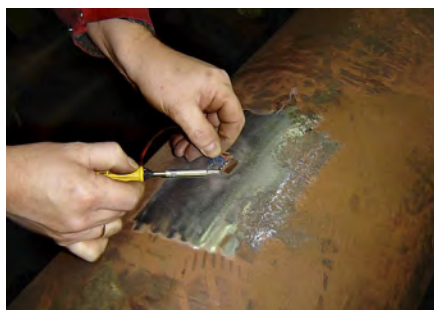
**Společnost Machine Support** je dodavatelem ložisek montážních dílů pro ustavování a montáž strojů a také zajišťuje jejich ustavení a instalaci. Tato společnost, kterou SKF převzala v roce 2000, má více než dvacetileté zkušenosti s poskytováním komplexních řešení pro montáž a ustavování strojních zařízení. V současné době má Machine Support 50 zaměstnanců, kteří nabízejí své odborné znalosti majitelům, provozovatelům a stavitelům lodí, dále opravárenským dokům a dodavatelům základních zařízení (OEM) na celém světě (obr.8). [www.shaftdesigner.com](http://www.shaftdesigner.com)  
[www.machinesupport.com](http://www.machinesupport.com)

**Obr. 8: Machine Support poskytuje své služby rovněž v doku.**

zprávě ve formátu dokumentu XML, která může být upravena a rovněž jednoduše exportována do jiných formátů. Společnost Machine Support použila tento software ve více než 120 projektech na celém světě. Předpokládá se, že v budoucnu budou vývojové práce zaměřeny na další aktualizace softwaru včetně možnosti importovat 3D projekty a modely z 3D CAD programů třetích stran.

### APLIKACE V PRŮBĚHU ŽIVOTNÍHO CYKLU

Jak již bylo uvedeno, ShaftDesigner je aplikace, již lze využít ve všech etapách životnosti celého plavidla – ať už se jedná o návrh konstrukce, stavbu zařízení, údržbu nebo opravy. V průběhu konstrukční fáze – tzn. z konstrukčního hlediska – ShaftDesigner je ideální nástroj pro zjištění posunů při optimalizaci polohy dílů hnacích systémů na základě akceptačních kritérií stanovených uživatelem. Tato funkce používaná v počátečních fázích zaručuje dobré rozložení zatížení v ložisku, a tedy bezpečný chod hřídelového převodu a později pomáhá odstranit časově náročné a nákladné ustavení resp. opětovné ustavování. Různé softwarové moduly pro výpočet vibrací umožňují rovněž stanovit potenciálně škodlivé vibrace pro specifické konstrukce pohonů plavi-



**Obr. 7: Umístění tenzometru na hřídel**

dla, a tedy jsou vhodné pro posouzení různých uspořádání a jejich důsledků.

Přestože není v průběhu stavby lodí k dispozici model vytvořený při návrhu konstrukce, stavitelé lodí mohou využít velké přednosti modelování hnacího systému dříve, než začnou se skutečným ustavováním hřídelů. Přesná měření lze jednoduše zadat

do software ShaftDesigner, který automaticky aktualizuje model při vložení každé nové hodnoty. Program poskytne potřebné údaje pro různé postupy ustavování hřídelů včetně zatížení zvedáku, ustavování pomocí laseru a pomocí tenzometrů, které je možné využít v různých fázích ustavování hřídelového převodu (obr.7).

A nakonec v případě údržby a oprav lze výpočtem ustavování a možných vibrací hřídele již předem zjistit problémy, které by mohly ovlivnit stav dílů hřídelového převodu. Např. je možné najít body s vysokým napětím v ložisku a provést kontrolu opotřebení, a tak předejít nákladným odstávkám lodí v případě závady. ShaftDesigner umožňuje také snadno posoudit a vyhodnotit ustavování hřídelů v případě nehody. ■

*Geoffrey de Vlaam, Machine Support BV, Nizozemí*

## SHRNUTÍ

**Účelem nového** software nizozemské společnosti Machine Support je zjednodušit konstrukční návrh lodních hnacích hřídelů, jejich montáž a opravu. ShaftDesigner dokáže přesně znázornit všechny díly hnacího systému

a umožňuje dosáhnout delší životnosti hnacích hřídelů. Při vývoji byl kladen důraz na snadnější vytvoření konstrukčního návrhu hřídelů a jejich přesnější ustavování.