

ТЕХНОЛОГИЯ

21 ВАЛЫ В ПОРЯДКЕ

Новое перспективное программное обеспечение связывает теорию с практикой в подходе к проектированию валов.

25 ВНИКАЯ В ЖИЗНЬ ПОДШИПНИКА

Смазка и загрязнение – вот два наиболее важных фактора, влияющих на долговечность подшипника.



Измерение нагрузки на домкраты позволяет на практике проверить теоретические расчёты центровки.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРОГРАММНОЕ обеспечение для гребных валов морских судов

ShaftDesigner – это перспективный программный пакет класса систем автоматизированного конструирования (CAE, Computer Aided Engineering), сопровождающий процессы проектирования, монтажа, техобслуживания и ремонта гребных валов для морских судов. Ценность нового ПО в том, что оно сближает теорию и практику в сфере центровки и монтажа валов.

Программное обеспечение (ПО), предлагаемое отделением Machine Support в Нидерландах, предназначено для упрощения и повышения точности расчётов валов и их центровки.

Впервые проектировщики получили единую и гибкую модель расчётов для валов, которая позволяет анализировать различные режимы работы – с одним балластом и при полной загрузке, с остывшим и с прогретым двигателем, равно как и различное оборудование – от одиночного, не связанного ни с чем вала, до полностью укомплектованной двигательной установ-

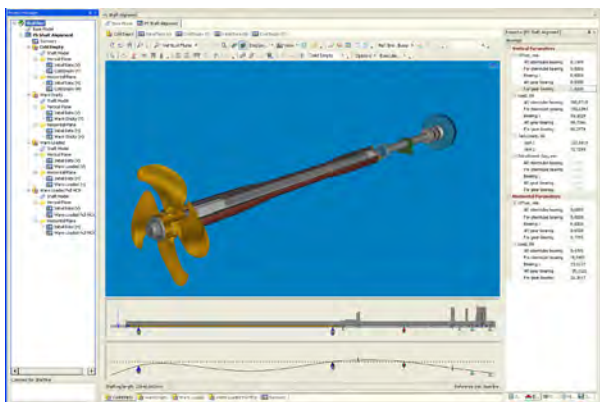


Рис. 1. Окно программы расчёта центровки вала.

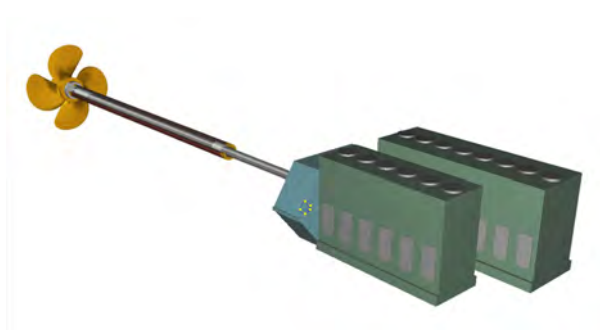


Рис. 2. Модель установки с двумя двигателями.

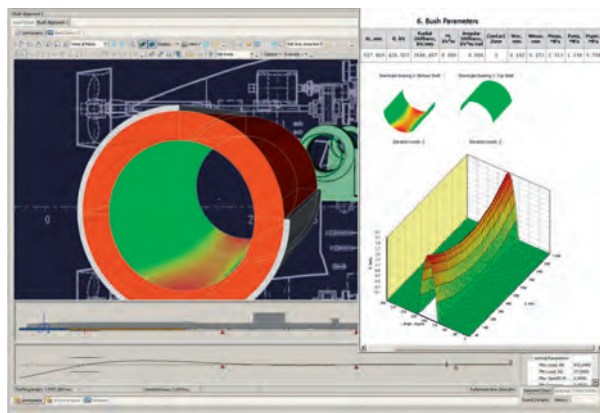


Рис. 3. Контактное давление во втулке подшипника.

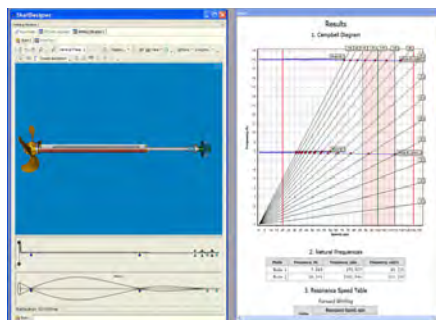


Рис. 4. Вихревые вибрации.

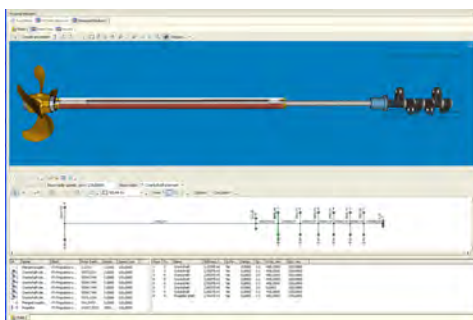


Рис. 5. Автоматически создаваемая модель расчёта крутильных вибраций.

ки. Это исключает ситуации, когда пользователям приходилось работать с множеством различных данных и файлов для выполнения различных типов расчётов и для учёта разных условий работы оборудования.

Значительное внимание было уделено пользовательскому интерфейсу и возможностям в области 3D-моделирования для создания максимально реалистичных 3D-представлений двигательной установки с использованием трёх основных методов моделирования (рис. 1).

БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ВСЕХ РАСЧЁТОВ

ПО можно описать как мультипроектную, многовальную, со многими состояниями 3D САПР систему для выполнения расчётов судовых двигательных установок. Базовая модель в системе используется для расчёта центровки вала, вихревых вибраций, изгибных (поперечных) колебаний, осевых (продольных) и крутильных вибраций.

ПО может применяться от проектирования отдельных валопроводов до целых двигательных установок, включающих в себя многопроводные линии валов, двигатели и прочие составные части. К тому же каждый расчёт может быть выполнен для различных состояний двигательной установки (рис. 2).

Все расчёты в ShaftDesigner выполняются на основе единой базовой модели. Любые вносимые изменения сразу же автоматически отражаются и доступны во всех модулях. Так как ПО использует трехмерную графическую среду, то изменения можно контролировать визуально, что снижает вероятность ошибок из-за человеческого фактора (рис. 6).

ТРИ МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ

В ПО реализованы три подхода к моделированию:

- моделирование с использованием технологии «drag and drop» без какой-либо привязки, но с последующей коррекцией положения объектов;
- моделирование с использованием технологии «drag and drop» и с привязкой к заранее выбранным координатам;

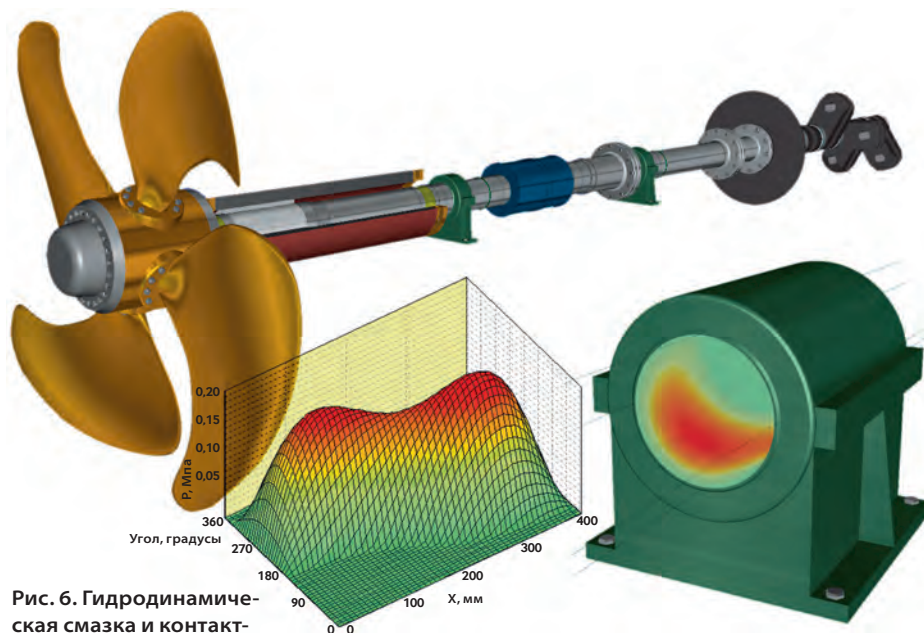


Рис. 6. Гидродинамическая смазка и контактное давление.

● размещение группы на расстоянии от заданного начала координат.

Любую ошибку моделирования легко можно исправить при помощи функции «вернуть/повторить» (undo/redo) или при помощи окна «История» (history window).

РАСЧЁТЫ ЦЕНТРОВКИ ВАЛА

Эти расчёты выполняются для определения местоположения подшипников валопровода во время центровки или для оптимизации нагрузки валопроводов на подшипники. Так обеспечивается безопасная работа двигательной установки судна при любых заданных условиях эксплуатации.

Положение оси подшипника валопровода определяется вертикальным и горизонтальным смещениями центра втулки подшипника и углами между базовой опорной линией и осью втулки подшипника. Отклонения валопровода рассчитываются программой автоматически (рис. 3).

Реальная модель в программе строится автоматически из базовой модели. Любые изменения, вносимые в базовую модель, немедленно обновляют параметры отклонения валопровода. ShaftDesigner поддерживает следующие методы центровки валов: непосредственное вычисле-

ние, исследование смещений, геометрическая центровка, центровка по провисанию и центровка по деформациям. Благодаря реализованным в программе возможностям обратного проектирования (reverse-engineering), можно рассчитать центровку на основе измеренных значений изгибающей нагрузки, напряжения смятия, нагрузки на домкраты, зазоров/прогибов и отклонений вала.

В модели могут быть учтены специфические требования, определяемые условиями применения. Пользователь может добавлять дополнительные объекты, такие как локальные силы, временные опоры и домкраты для того, чтобы на практике проверить найденную расчётным путём центровку. Добавление дополнительных опор и сил немедленно запускает процесс пересчёта отклонений валопровода.

РАСЧЁТЫ ВИБРАЦИЙ

Для применения к базовым моделям различных типов вибрации (колебаний) предусмотрены пять модулей, описывающих вихревые (при вращении), изгибные (поперечные), осевые (продольные), крутильные (при кручении) и связанные колебания и вибрации.

Главным результатом расчёта вихревых вибраций является список критических скоростей прямого и обратного вращения (рис. 4). Возмущения первого порядка соответствуют синхронному вращению. Результаты выдаются в виде резонансной таблицы (resonance table) и графически в виде диаграммы Кэмпбела (Campbell diagram).

Для анализа изгибов вибрационный модуль рассчитывает собственные частоты, формы колебаний, а также резонансные скорости. Результаты выдаются в виде диаграммы Кэмпбела и резонансной таблицы.

Модуль расчёта осевых вибраций способен рассчитывать как собственные, так и вынужденные колебания. Предусмотрена возможность задать различные параметры возмущения и затухания для расчёта вынужденных колебаний. Результаты выдаются в виде резонансной таблицы и графика зависимости вибрации от частоты вращения.

Расчёт крутильных вибраций выполняется на упругодинамической модели, создаваемой в графическом редакторе, а также касается собственных и вынужденных вибраций (рис. 5). Результаты выдаются в виде графика зависимости вибрации от числа оборотов и резонансной таблицы. Впрочем, в данном случае эффективнее ввести значения вручную, а не полагаться на базовую модель, так как для расчёта крутильных вибраций требуются специальные данные. Модуль расчёта связанных вибраций рассчитывает параметры крутильно-осевых колебаний для установок с дизельными двигателями, сидящими на одном валу. Все эти расчёты позволяет выполнить одно единственное интегрированное решение.

Результаты представляются как подробные, настраиваемые отчёты в виде XML-документов, поэтому их легко можно экспортировать в различные форматы. Подразделение Machine Support уже использовало это ПО в более чем 120 проектах по всему миру. В будущих версиях ПО появится возможность импортировать 3D-проекты и модели, созданные 3D САПР-инструментами сторонних производителей.



MACHINE SUPPORT

Отделение Machine Support предоставляет уплотнительные и монтажные технологии, а также услуги в области выверки и монтажа оборудования. Компания была приобретена SKF в 2000 г. В настоящее время персонал Machine Support (50 человек) предлагает свой опыт в сфере морского флота судовладельцам, операторам судов, судостроителям, судоремонтным мастерским и производителям оборудования по всему миру (рис. 8).

www.shaftdesigner.com
www.machinesupport.com

Рис. 8. Отделение Machine Support также предлагает услуги по обслуживанию оборудования на месте его установки.

ПО ДЛЯ ВСЕГО СРОКА СЛУЖБЫ ShaftDesigner является программным пакетом для всего срока службы судна – будь это проектирование, строительство или техобслуживание и ремонт. На этапе проектирования ShaftDesigner помогает в изучении смещений и подбора мест расположения компонентов двигательной установки на основе задаваемых пользователем критериев приёма. Эти возможности, задействованные на ранней стадии, обеспечивают равномерное распределение нагрузки на подшипники и, таким образом, безопасную работу валопроводов, что поможет впоследствии избежать проблем, связанных с продолжительными и дорогостоящими центровками (или повторными центровками). Программные модули расчёта вибраций также позволяют оценить потенциально опасные вибрации для конкретного расположения двигательной установки и исследовать возможные последствия.

Если на этапе строительства в распоряжении судостроителей не окажется модели, созданной на этапе проектирования, то они всё равно смогут извлечь пользу, если построят модель двигательной установки до начала фактических работ по центровке валов. В ShaftDesigner легко можно ввести точные фактические измерения, причём всякий раз при вводе данных модель бу-



Рис. 7. Установка датчика деформации на вал.

дет автоматически обновляться. Программа формирует необходимые данные для различных методов центровки, таких как центровка с использованием специальных опор, лазерная центровка и центровка по деформациям (с помощью тензодатчиков, измерителей деформации), которые могут

применяться на разных стадиях монтажа валопровода (рис. 7).

И, наконец, говоря о техобслуживании и ремонтах, следует подчеркнуть, что, проводя расчёты центровки и возможных вибраций вала, уже на ранней стадии можно выявить проблемы, которые будут влиять на состояние компонентов валопровода. Например, можно выявить и проверить степень износа подшипника в его точках концентрации напряжений и предотвратить дорогостоящие простои судна в случае поломки. Используя ShaftDesigner, очень легко оценить и дать заключение по центровке вала после поломок. ■

Авторы: Джеффри де Влаам, SKF, отделение Machine Support BV, Нидерланды

РЕЗЮМЕ

Упростить проектирование гребных валов для морских судов, их монтаж и ремонт – в этом цель нового программного обеспечения, разработанного в отделе Machine Support в Нидерландах.

ShaftDesigner, рассчитанный на весь жизненный цикл гребного вала, может моделировать все компоненты двигательной установки.