

ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ КОРПУСА СУДНА И ГРЕБНЫХ ВИНТОВ В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ CAESES

Н.Е. Климцев (Екатеринбург)

В современном мире процессы проектирования осложнены сжатыми сроками и высокими требованиями к характеристикам новых изделий, что подталкивает к появлению передовых и инновационных решений, которые позволят в разы увеличить скорость разработки и повысить их качество.

Более 20 лет назад в Берлинском техническом университете была начата разработка специализированного программного обеспечения для судостроителей (рис. 1), в результате чего позже была учреждена компания «Friendship Systems». В настоящее время данное программное обеспечение применяется и в прочих высокотехнологических отраслях – турбомашиностроительной, аэрокосмической и других.

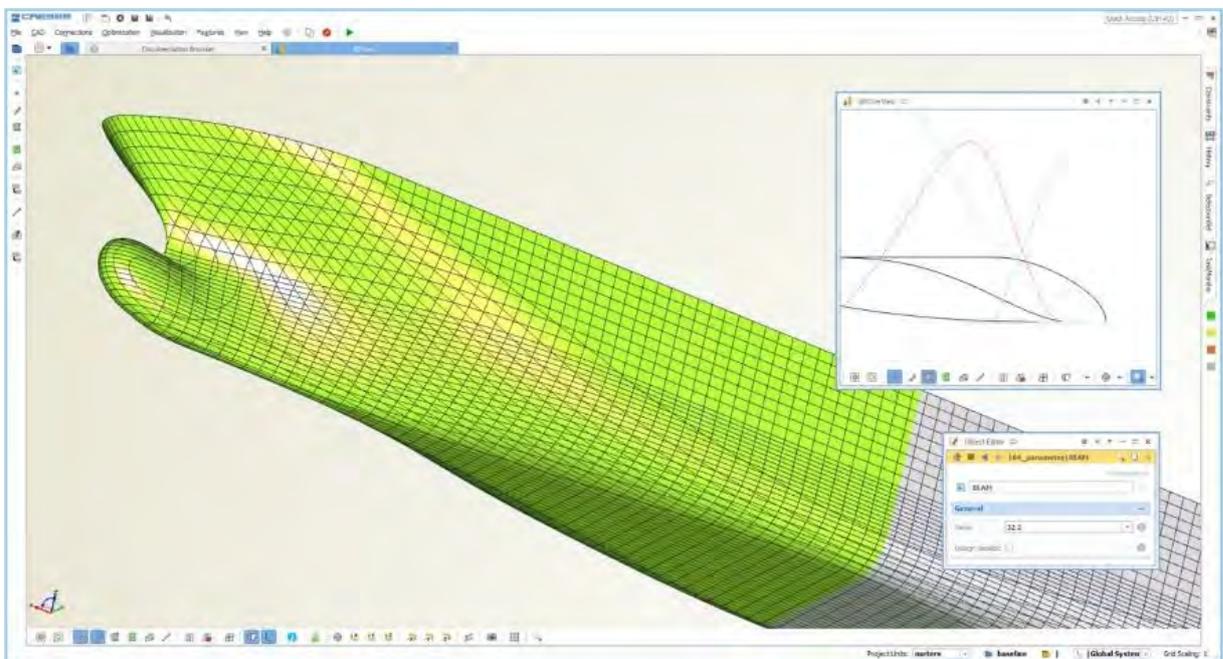


Рисунок 1 – Обводы корпуса судна

CAESES – это специализированная для нужд численного моделирования система автоматизированного проектирования, позволяющая создать параметризованную геометрическую модель корпуса судна или гребного винта и организовать на её основе оптимизационный цикл с подключением различных систем инженерного анализа. Геометрическое ядро CAESES обеспечивает высокую степень безотказности при построении модели и позволяет контролировать её гладкость и непрерывность. Помимо встроенных средств построения модели в программном обеспечении (ПО) CAESES реализована возможность импортирования внешних геометрических моделей в любом нейтральном формате (STEP, IGES и др.) или в проприетарном формате подавляющего большинства CAD-систем, в том числе специализированных для судостроительной отрасли – Cadmatic, Foran, Aveva Marine и других.

По сравнению традиционными CAD-системами ПО CAESES при проведении численного моделирования и параметрических исследований обеспечивает следующие преимущества:

- устойчивое перестроение геометрии при изменении параметров;
- описание геометрических моделей судов и гребных винтов свободно деформируемыми поверхностями сложной формы с минимальным количеством параметров;
- возможность автоматической проверки ограничений, специфичных для проектирования судов;
- автоматическое обеспечение требований численной модели к степени детализации и непрерывности геометрии;
- возможность построения обводов корпуса судна с заданной топологией поперечного сечения и гладкими функциями распределения его параметров в продольном направлении (рис. 1);
- инструменты свободного деформирования геометрических моделей, импортированных из внешних источников в виде NURBS-поверхностей или в фасетированном представлении (рис. 2).

Следует заметить, что встроенные инструменты построения гребных винтов обеспечивают возможность профилирования любых современных конструкций (рис. 3).

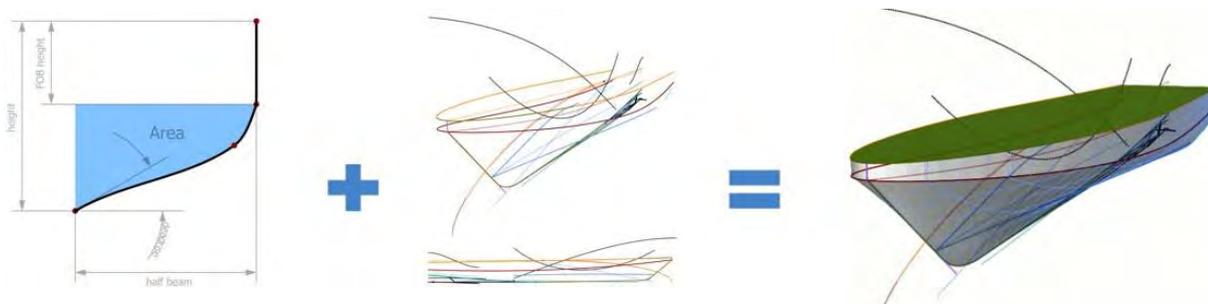


Рисунок 2 – Построение обводов судна

При этом устойчивость геометрического ядра минимизирует риски разрушения геометрии при изменении параметров, что, в свою очередь, повышает эффективность оптимизационного процесса за счёт сокращения количества нерасчётных точек.

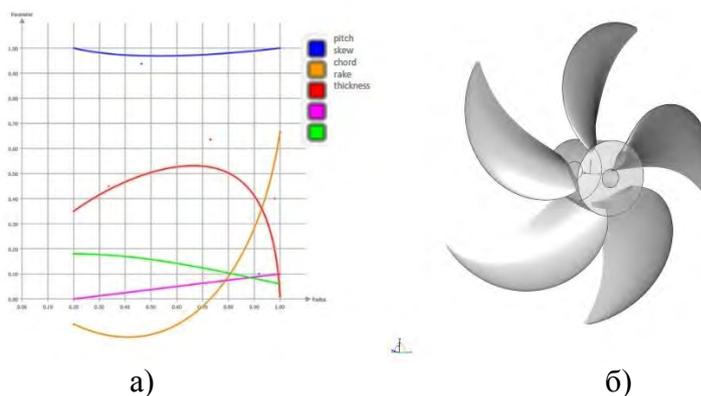


Рисунок 3 – Профилирование гребного винта

а) функция радиального распределения; б) поверхность лопастей пропеллера

В дополнение к возможностям геометрического моделирования ПО CAESES является платформой для создания расчетных цепочек, обеспечивающих интеграцию различных программных продуктов (как коммерческих, так и собственной разработки) для проведения различных видов параметрических исследований, включая оптимизацию (рис. 4).

Например, при наличии внешних программных модулей для расчётов гидродинамических и прочностных характеристик ПО CAESES позволяет решать задачи гидродинамической оптимизации гребных винтов с учётом прочностных ограничений.



Рисунок 4 – Возможности программного обеспечения CAESES

Одним из примеров применения ПО CAESES является оптимизация обводов сухогруза Diamond Ultramax 2. В качестве ПО для расчёта гидродинамики в данной задаче применялся продукт с открытым исходным кодом OpenFoam. Оптимизация производилось в два этапа:

- 1) за счет стандартных методов оптимизации и изменения исходной геометрии было достигнуто снижение энергопотребления на 5%;
- 2) за счет ассиметричной формы кормы, каплеобразного утолщения на руле направления и снижения вихревых потоков энергопотребление было дополнительно снижено на 8%.

Внесенные в обводы корпуса изменения позволили экономить до 14,6 т топлива в сутки при крейсерской скорости 12 узлов (рис. 5, 6), что было подтверждено инженерами Морского регистра DNV GL.

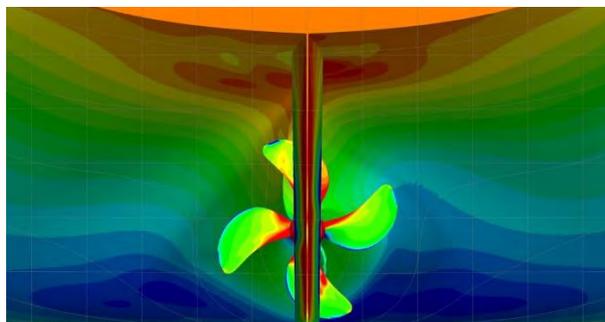


Рисунок 5 – Ассиметричная корма для большей эффективности

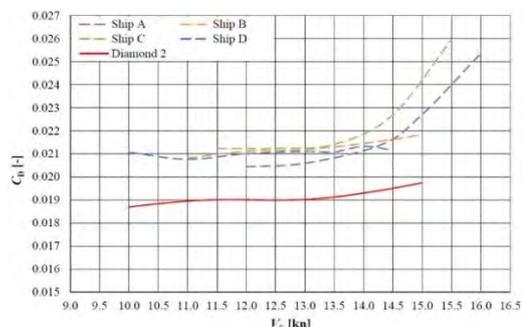


Рисунок 6 – Сравнение устойчивости с 4 похожими веслами

Ещё одним ярким примером применения ПО CAESES была оптимизация гребного радиального винта в винторулевой колонке VOITH (рис. 7, 8), служащей для

