

## ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СУДОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSA/META

Д.Л. Зайцев, А.П. Комаров (Екатеринбург)

Метод конечных элементов получил широкое распространение при выполнении прочностных расчетов во всех отраслях машиностроения и, в частности, в судостроении. Одним из наиболее важных шагов при конечно-элементном моделировании является определение граничных условий. Точность и корректность приложенных нагрузок и ограничений напрямую влияет на достоверность полученного результата, поэтому закономерным является желание проектировщика свести к минимуму все допущения и погрешности при определении граничных условий.

Как правило, решение задач общей прочности происходит следующим образом:

- корпус рассматривается как эквивалентный брус, характеристики поперечного сечения которого совпадают с характеристиками поперечного сечения судна;
- нагрузки вычисляются согласно Правилам классификации и постройки морских судов [1];
- рассматриваются только наибольшие номинальные напряжения.

Программное обеспечение ANSA от разработчика BETA CAE предлагает удобные в применении инструменты для конечно-элементного моделирования в области судостроения, в том числе – для вычисления и приложения граничных условий на корпус проектируемого судна. Определение нагрузок производится методом статической постановки судна на волну, что не противоречит Правилам классификации и постройки морских судов [1]. Однако проведение вычислений на основе глобальной конечно-элементной модели дает следующие преимущества:

- повышенная точность определяемых нагрузок за счет учета массово-инерционных характеристик судна;
- определение не только номинальных напряжений, но и НДС элементов корпуса с учетом концентраций напряжения;
- уравнивание силы тяжести и выталкивающей силы позволяет не применять закреплений при конечно-элементном анализе, поскольку применение закреплений приводит к искажению картины НДС;
- результаты конечно-элементного расчета можно использовать в качестве граничных условий для применения метода подмодели. Деформации корпуса судна могут оказать значительное влияние на результаты решения задач местной прочности [2].

Далее приведены возможности инструмента.

Создание профиля волны (рисунок 1). Пользователь выбирает такие параметры как длина, высота волны и ее положение относительно судна.

Добавление неструктурной массы (масса оборудования) в узлы конечно-элементной модели с помощью точечных масс (рисунок 2). Пользователь указывает целевое значение массы и центра масс выбранной части конструкции и выбирает элементы, в узлы которых будут назначены точечные массы.

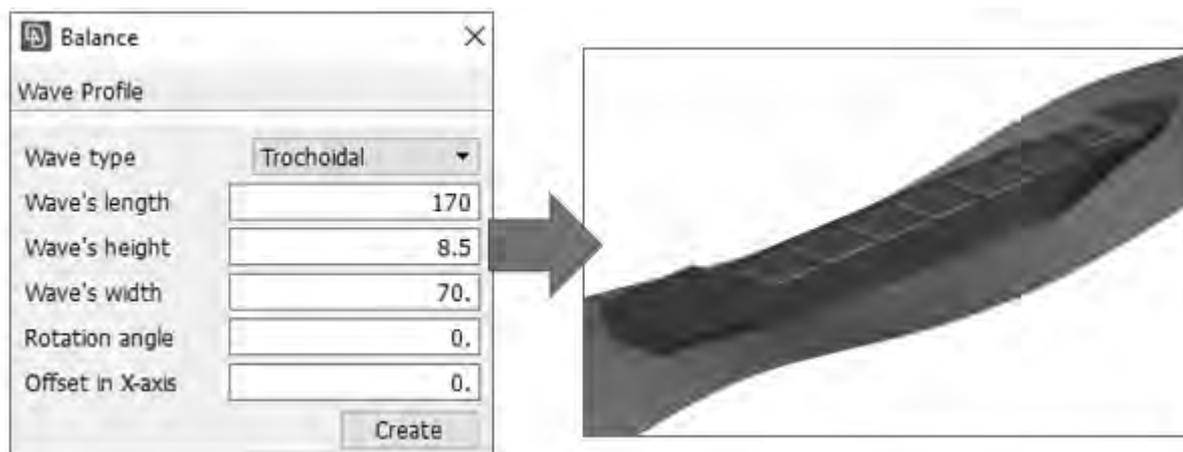


Рис. 1 – Создание профиля волны

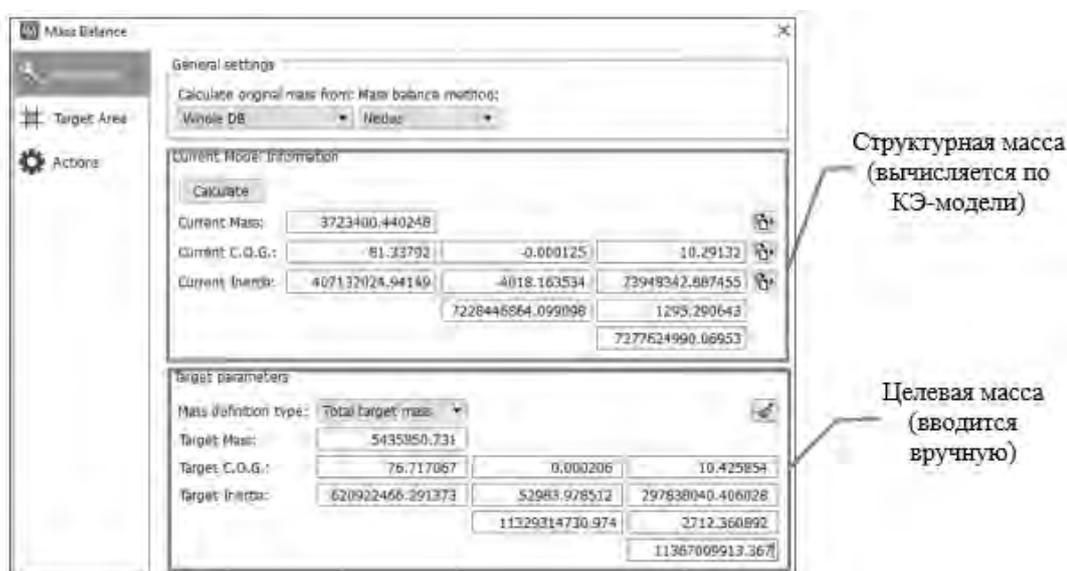


Рис. 2 – Добавление неструктурной массы

Добавление нагрузки давлением от заполнения резервуаров (рисунок 3). Пользователь выбирает резервуары, определенные из замкнутых объемов модели, и указывает плотность жидкости и уровень заполнения резервуара;

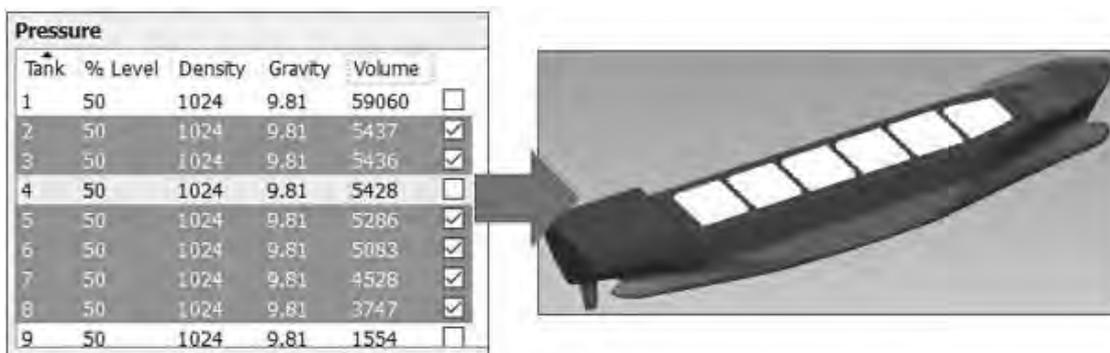


Рис. 3 – Заполнение резервуаров

Корректировка положения КЭ-модели судна относительно профиля волны с целью уравновешивания нагрузок на корпусе судна (рисунок 4). Корректировка

положения происходит итерационным методом. Критерием сходимости являются два задаваемых пользователем показателя:

- максимально допустимая разница между силой тяжести и выталкивающей силой (в процентах);
- максимально допустимое расстояние между центром тяжести судна и центром выталкивающей силы.



Рис. 4 – Корректировка положения судна

Приложение выталкивающей силы (рисунок 5). На находящиеся ниже профиля волны элементы КЭ-модели корпуса судна, прикладывается выталкивающая сила, уравновешивающая силу тяжести судна. Данный шаг происходит без участия пользователя.

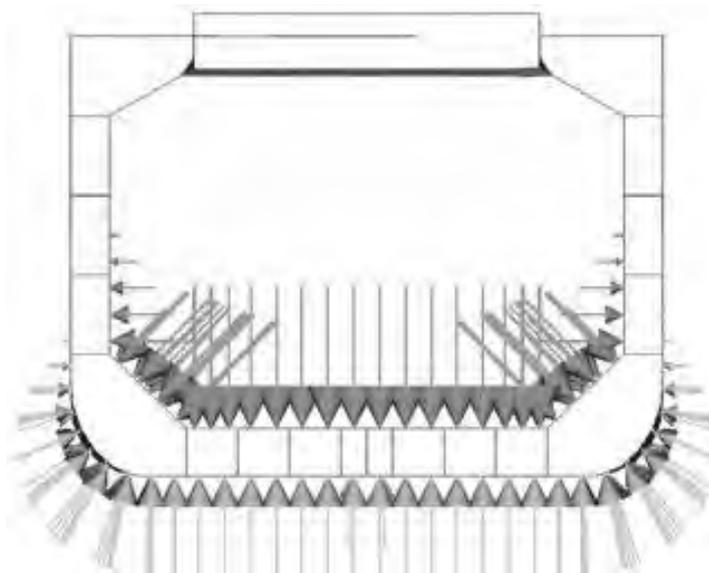


Рис. 5 – Силы в сечении

Построение эпюры изгибающих моментов и сил среза (рисунок 6). Пользователь выбирает количество точек эпюры, равномерно расположенных по длине корабля. Результаты вычислений сохраняются в виде графиков в программном обеспечении ANSA и в виде таблицы в формате Excel.

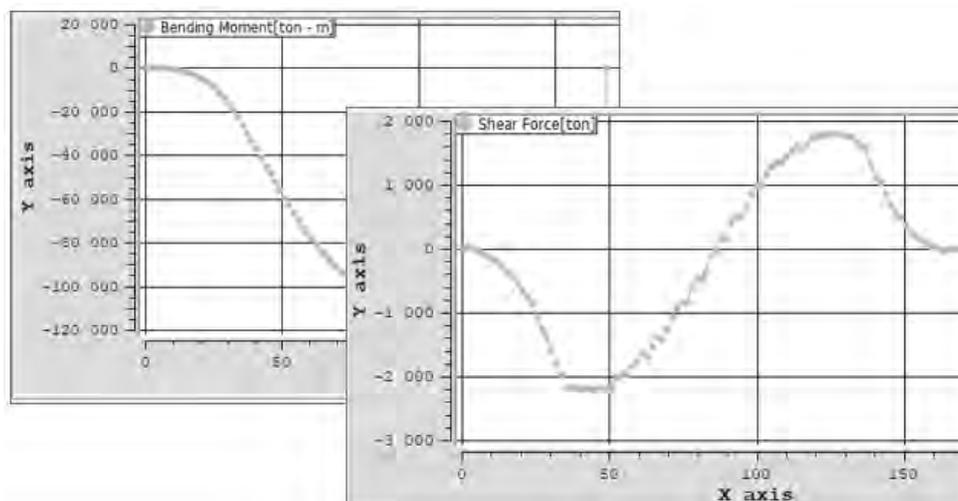


Рис. 6 – Графики в ANSA

На рисунках 7 и 8 приведено сравнение эпюр, построенных по методике Российского морского регистра судоходства [1] и эпюр, вычисленных с помощью инструментов ANSA.

Расчет производился на примере демонстрационной модели. Некоторые параметры и характеристики:

- район плавания R1;
- высота волны 3% обеспеченности – 8.5 м;
- масса судна – 5435,8 т;
- масса груза – 15112,7 т;
- длина и ширина корпуса – 170x25 м.

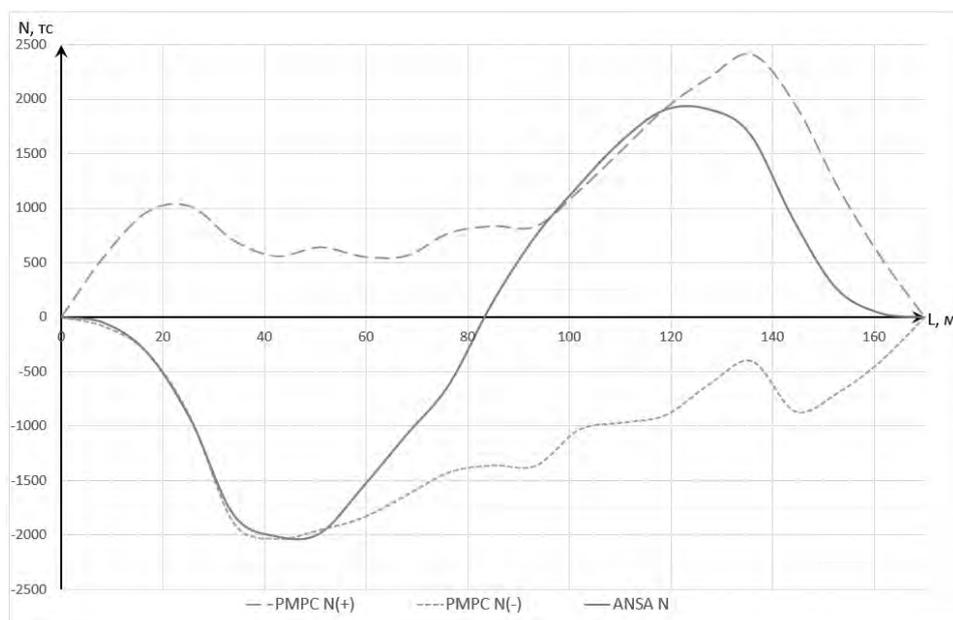


Рис. 7 – Эпюра перерезывающих сил

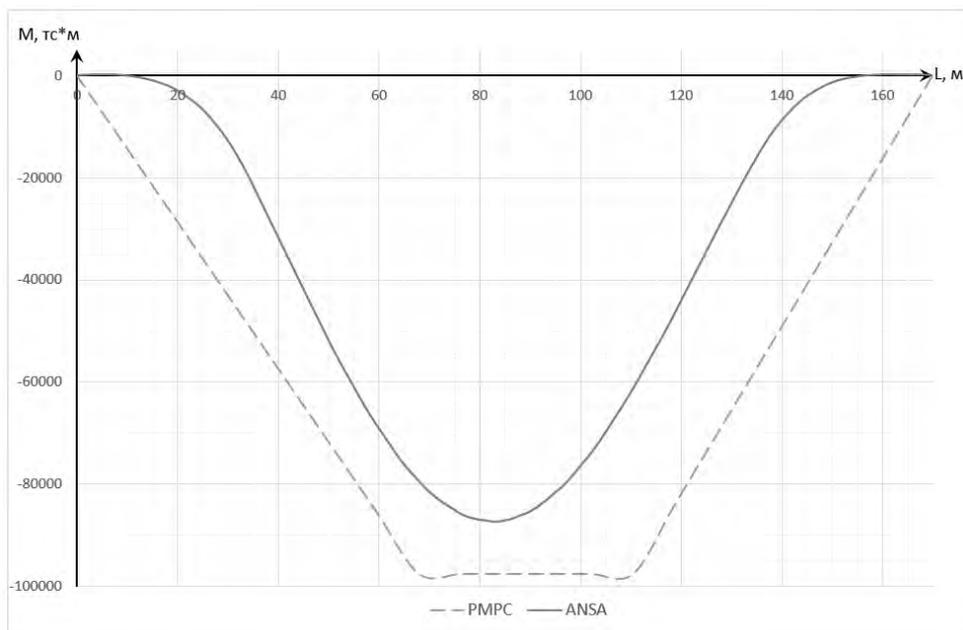


Рис. 8 – Эпюры изгибающих моментов

Результаты, полученные в ПО ANSA сопоставимы с результатами расчета по методикам Российского морского регистра судоходства [1], тем не менее отклонения по максимальным значениям достигают 25%. Можно предположить, что полученные в ANSA эпюры являются более точными за счет прямого учета формы волны, геометрии корпуса и массовых характеристик судна.

Таким образом, данный инструмент:

- упрощает и ускоряет процедуру расчета нагрузок на корпус судна;
- прикладывает все заданные и вычисленные нагрузки на КЭ-модель в автоматическом режиме;
- повышает точность производимых конечно-элементных расчетов.

### Литература

1. Правила классификации и постройки морских судов. Часть 2. Корпус. Российский морской регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2016 г.
2. 13th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, Redworth, 12-14 May 2014 г.