

Судостроение

Predictive Engineering

Подводная лодка впервые прошла сертификацию на основе результатов компьютерного анализа

Продукт

Femap

Бизнес-задачи

Помочь конструкторам уникальной частной подводной лодки спрогнозировать технические характеристики до начала строительства и ходовых испытаний изделия

Выполнить анализ устойчивости

Определить области концентрации напряжений

Ключи к успеху

Возможность импортировать CAD-файлы из различных CAD систем

Объединение различных типов конечных элементов и методик моделирования для создания расчетной модели

Быстрое получение результатов, благодаря малой размерности расчетных моделей. Время счета – от 5 до 30 минут

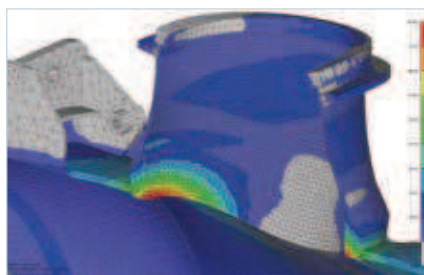
Американское бюро судоходства недавно сертифицировало подводную лодку исключительно на основе результатов конечно-элементных расчетов и испытаний с применением тензодатчиков

Частная компания требовала спроектировать уникальное судно

Как правило, конструкция подводных лодок соответствует нормативам Американского бюро судоходства (ABS), в которых заданы такие параметры, как толщина корпуса, жесткость каркаса,

конструкция иллюминаторов, люков и пр. В ходе сертификации бюро ABS оценивает соответствие конструкции нормативным требованиям и принимает решение о возможности выдачи сертификата. Но как быть, если конструкция подводной лодки настолько уникальна, что ряд требований бюро ABS просто невозможно выполнить? Именно с такой ситуацией столкнулась компания Predictive Engineering, когда ее попросили принять участие в создании глубоководной субмарины по заказу частной компании.

Заказчик предъявлял особые требования к подводному судно. Во-первых, лодка должна была погружаться на глубину до 365 м. Одно это требование делало данную лодку уникальной, выделяло ее среди всех существующих частных подводных лодок. Большинство из них представляют собой туристические суда, которые редко погружаются глубже 10 м и рассчитаны на максимальную глубину



«Решатель NX Nastran способен быстро рассчитывать модели, содержащие конечные элементы различных типов».

не более 30 м. Во-вторых, заказчику требовались огромные иллюминаторы, а также сложная видеосистема с мощным освещением для наблюдения за морской жизнью. Еще одним условием было создание комфортабельного салона на десять человек, включая экипаж. Лодка должна была иметь следующие характеристики: время нахождения в погруженном состоянии – от 8 до 10 часов, наличие аварийного запаса для поддержания жизнедеятельности 10 взрослых человек на протяжении как минимум 72 часов.

Наконец, масса субмарины не должна была превышать ограничения, накладываемые имеющимся надводным судном обеспечения (крупная яхта).

Создание конечно-элементной модели

Конструкторское бюро привлекло компанию Predictive Engineering, когда разработка конструкции была близка к завершению. В связи с наличием отступлений от нормативов ABS, компании Predictive Engineering было поручено виртуально оценить характеристики субмарины до начала изготовления и проведения ходовых испытаний. В частности, требовалось оценить общую устойчивость и определить области концентрации напряжений методом конечных элементов.

Первой и наиболее важной задачей стало создание конечно-элементной модели подводной лодки. Компания Predictive Engineering получила CAD-модели судна. Геометрия была представлена в двух форматах: Pro/Engineer

(надпалубные сооружения) и Autodesk Inventor (обшивка корпуса, люки, иллюминаторы и их кованые рамы).

Данные в формате системы Inventor представляли собой комбинацию поверхностных и твердотельных моделей. Не возникло никаких проблем при импорте геометрических данных различных CAD форматов в препроцессор Femap™ компании Siemens PLM Software. Импорт данных осуществлялся как для твердотельных объектов, так и для поверхностей.

Система Femap обеспечила полный контроль над исходной геометрией, что позволило создать расчетную модель для достижения максимальной точности расчетов.

Создание расчетной модели для оценки устойчивости корпуса и определения областей концентрации напряжений – непростая задача.

Для выполнения нескольких расчетных итераций важно сократить размерность создаваемой модели, при этом нужно учесть различие характерных размеров тонкостенных элементов конструкции (обшивка) и массивных кованых конструкций сложной формы, таких как рамы люков и иллюминаторов.

Созданная модель включала в себя 4-узловые плоские или оболочечные конечные элементы для представления обшивки и внешних колец жесткости и 8-узловые призматические элементы для представления кованых деталей.

Результаты

Прогнозирование поведения подлодки на глубинах значительно превышающих отсчетную глубину в 365 м

Высокая степень корреляции результатов конечно-элементных расчетов с экспериментальными данными, полученными с использованием тензодатчиков

Подводная лодка прошла сертификацию по результатам численного моделирования

Решение/Услуги

Femap

www.siemens.com/plm/femap

Основной вид деятельности клиента

Компания Predictive Engineering выполняет расчеты методом конечных элементов, проводит обучение, оказывает консультационные услуги

www.predictiveengineering.com

Местонахождение клиента

Сиэтл, шт. Вашингтон
США

«Возможность в системе Femap объединять различные типы конечных элементов и методики моделирования стала важнейшим фактором, позволившим достичь высокой скорости и точности проводимого анализа».

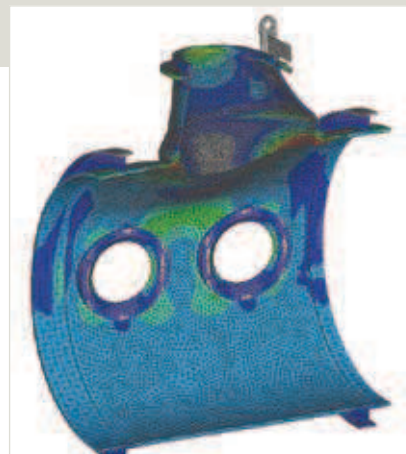
Джордж Лэйрд (George Laird), президент компании Predictive Engineering

Модель малой размерности для нескольких расчетов

Примененная методика оказалась весьма эффективной и вполне соответствовала возможностям препроцессора. «Фактически Femap справляется с этим лучше, чем любая другая представленная на рынке система», – отмечает Джордж Лэйрд (George Laird), президент компании Predictive Engineering. «Способность системы Femap объединять различные виды конечных элементов и методик расчета стала важнейшим фактором, позволившим достичь высокой скорости и точности данного анализа». Окончательная модель содержала примерно 67 тыс. узлов и 58 тыс. элементов, что в современной практике применения конечно-элементного анализа является моделью малой размерности. Время вычислительных процессов с использованием решателя NX Nastran составило 5 минут для линейных расчетов и 30 минут – при расчете геометрически нелинейной неустойчивости.

Не менее сложной задачей оказалось и задание действующего на корпус лодки давления. По мере погружения на подводную лодку действует гидростатическое давление, при этом поле сил полностью уравновешено. Если сложить все действующие на лодку силы, то сумма должна равняться нулю. Система Femap предоставила компании Predictive Engineering средства для точного приложения нагрузки, а также проверки условия равновесия.

Для решения поставленных задач было выполнено множество расчетов, в процессе которых происходило уточнение расчетной модели. Малый размер полученной модели оказался преимуществом, позволяющим быстро получать результаты. Высокая скорость счета была достигнута также благодаря



возможностям решателя NX Nastran эффективно решать задачи в смешанной постановке, при наличии нескольких типов конечных элементов в модели.

В ходе расчетов компания Predictive Engineering выполнила моделирование подводной лодки на глубинах, значительно превышающих расчетное значение, соответствующее глубине погружения в 365 м. Окончательная проверка результатов численного анализа осуществлялась путем сравнения с данными, измеренными в ходе тестового погружения субмарины (деформации измерялись при помощи системы на основе волоконной брэгговской решетки). Почти во всех случаях измеренные деформации совпали с результатами конечно-элементного моделирования.

Расчетная модель, результаты расчетов и экспериментальные данные (показания тензодатчиков) были отправлены в бюро ABS для получения сертификата. Бюро согласилось рассмотреть представленные документы и на их основе сертифицировало подводную лодку.

Это первый известный Лэйрду случай, когда подлодка получила сертификацию исключительно на основе применения численных методов, а не нормативов ABS.

Siemens PLM Software в России:

г. Москва +7 (495) 223-36-46
г. Санкт-Петербург +7 (812) 336-70-15
г. Екатеринбург +7 (343) 356-55-27

www.siemens.ru/plm

© 2013 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved. Siemens и логотип Siemens являются зарегистрированными товарными знаками Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix и Velocity Series являются товарными знаками и обозначениями, используемыми в качестве товарного знака компании Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. или ее филиалов в США и других странах. Все прочие упомянутые логотипы, товарные знаки, обозначения, используемые в качестве товарных знаков являются собственностью их владельцев
Z4 8502 9/13 В