

РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СПОНСОНА ЛЕВОГО БОРТА ПРИ ДЕЙСТВИИ ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ

Спонсон – участок верхней палубы, выступающий наружу за линию борта, с присоединенными конструкциями.

При решении задачи, о которой пойдет речь, использовался Cosmos/M – один из лучших программных комплексов для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций методом конечных элементов. Cosmos/M представляет собой многоцелевой конечно-элементный пакет для широкого анализа НДС элементов конструкций.

Проверка прочности конструкций спонсона под действием гидродинамической нагрузки осуществлялась с использованием твердотельной модели участка спонсона в натуральную величину, выполненной в программе SolidWorks.

Расчет прочности производился в среде программного комплекса Cosmos/M.

По размерам трехмерной твердотельной модели, предварительно переведенной в формат *.IGS, была создана расчетная конечно-элементная модель спонсона, составленная из оболочечных элементов SHELL4 и балочных элементов BEAM3D. Оба типа использованных конечных элементов представлены в стандартной библиотеке элементов программы Cosmos/M. SHELL4 – оболочечный элемент, обладающий как изгибной, так и мембранной жесткостью. Это четырехузловой плоский элемент с шестью степенями свободы в каждом узле (три перемещения и три вра-

щения), применяющийся для моделирования плоских пространственных конструкций. Элемент характеризуется толщиной и физическими свойствами материала. BEAM3D – балочный одноосный элемент. Имеет два узла, в каждом из которых определено по шесть степеней свободы. Применяется для моделирования стержневых систем, работающих на растяжение-сжатие и/или изгиб, характеризуется геометрическими параметрами поперечного сечения и физическими свойствами материала.

Обшивка всех перекрытий спонсона моделировалась элементами типа SHELL4, а набор – элементами типа BEAM3D. Результат построения конечно-элементной модели представлен на рис. 1.

Спонсон изготовлен из стали с модулем упругости (модуль Юнга) $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$.

В качестве граничных условий принята жесткая заделка опорных контуров палубных перекрытий, подшивки спонсона, а также свободных кромок поперечных переборок (рис. 1).

В качестве нагрузки в задаче принято внешнее давление (равномерно распределенная нагрузка) величиной $1 \cdot 10^5$ Па (1 кгс/см²). Направление давления и поверхности, на которое оно приложено, показаны на рис. 2.

Следует отметить, что в задаче выявлена цель проверки прочности конструкции при действии гидродинамических сил, тогда как в действительности приложено статическое давление. Cosmos/M позволяет решать действительно динамические задачи. Для этого необходимо знать закон изменения нагрузки во времени в виде временной функции амплитуды нагрузки или в виде спектральной функции амплитудно-частотной характеристики нагружения.

Для построенной модели программный комплекс Cosmos/M рассчитал НДС оцениваемой конструкции. Чтобы определить напряженно-деформированное состояние построенной модели, состоящей из 18 145 конечных элементов, 18 257 узлов (70 164 уравнения), потребовалось 18 секунд машинного времени на ПК Pentium-IV-1500, DIMM 512 Мб.

Основные результаты расчетов представлены на рис. 3-5.

Напряжения Мизеса отвечают четвертой теории прочности (Хуберта-Мизеса). При этом предельным состоянием конструкции считается начало развития пластических деформаций. На рис. 6 изображены области развития пластических деформаций, для которых рассчитанные действующие напряжения превосходят предел текучести $\sigma_T = 200$ МПа, характерный для обычной судостроительной стали.

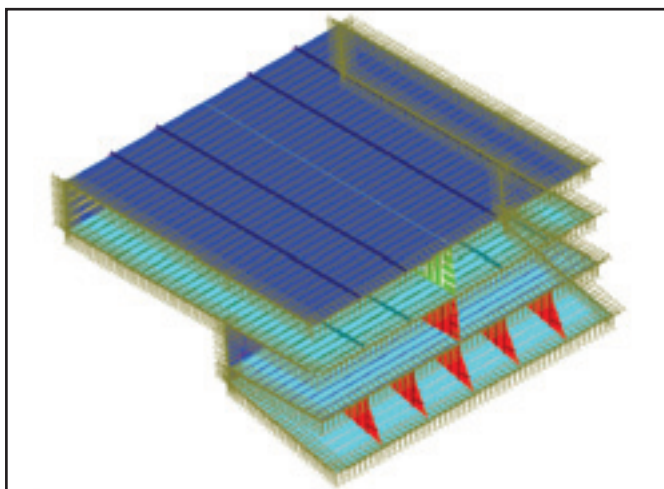


Рис. 1. Общий вид модели спонсона

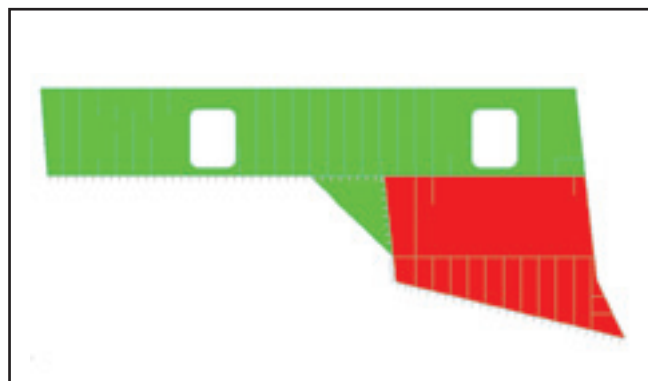


Рис. 2. Нагружение модели спонсона внешним давлением

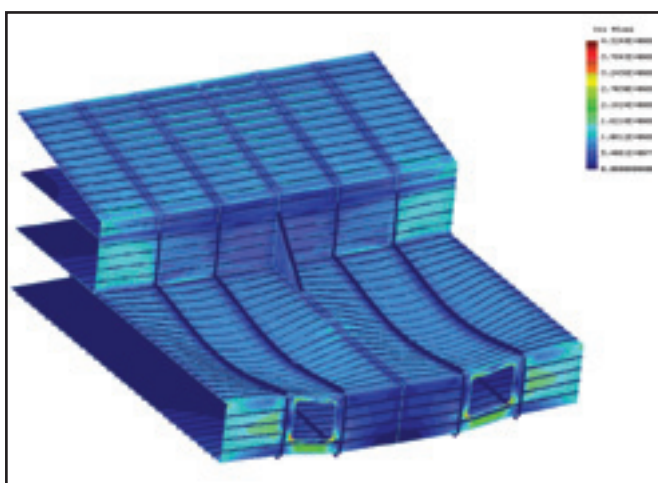


Рис. 3. Напряжения Мизеса в модели спонсона, Па

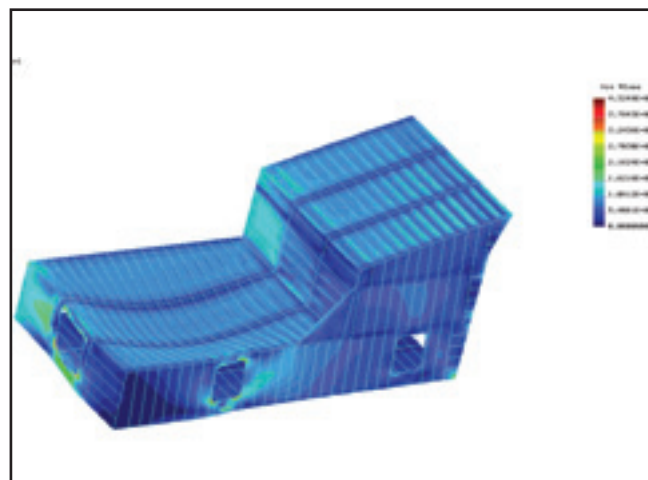


Рис. 4. Напряжения Мизеса в модели спонсона, Па. Вид на переборку

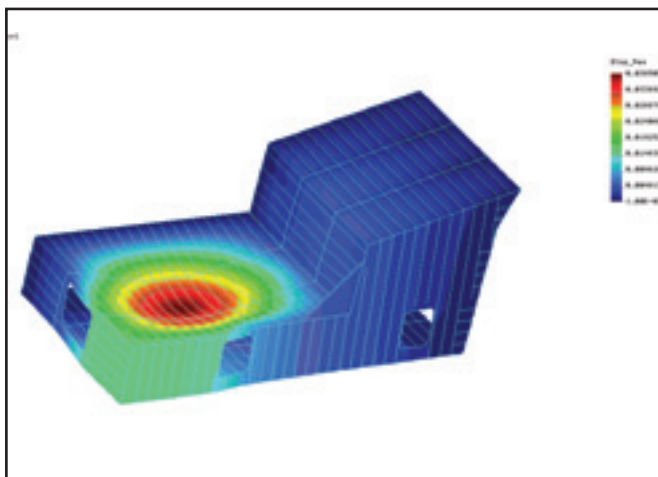


Рис. 5. Перемещения в модели спонсона

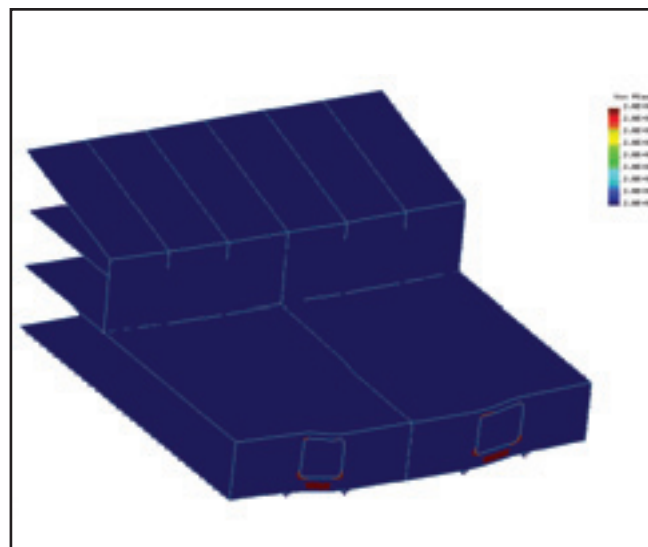


Рис. 6. Область развития пластических деформаций

На примере этого расчета хорошо виден эффект концентрации напряжений у вырезов в сплошной конструкции бортового перекрытия, проиллюстрированный на рис. 6.

Результаты расчета близки к результатам, полученным традицион-

ными методами строительной механики (отличие составляет 1-3%).

Программное обеспечение для расчетов – Cosmos/M – было предоставлено компанией Consistent Software SPb.

*Константин Рудой
начальник сектора,
Невское проектно-
конструкторское бюро
Тел.: (812) 352-0987*