

0.1. Гоголадзе Д.З. Численное моделирование разрушения ледяной пластины на изгиб

Численное моделирование взаимодействия движущихся полей льда и гидротехнических сооружений является современным способом определения ледовых нагрузок. Данная область актуальна в связи с вектором развития арктического региона, где основным силовым фактором, воздействующим на морские сооружения и суда, является ледовая нагрузка.

Прочность льда на изгиб имеет важное значение среди параметров, влияющих на величину ледовой нагрузки. Однако, в настоящее время не существует оптимальной модели материала, достоверно описывающей физико-механические параметры льда, от которых на прямую зависит его прочность. Для верификации моделей материала, используемых при моделировании, необходимо повторить реальный эксперимент по разрушению ледового образца в численной постановке и сравнить характеры его разрушения.

Данная задача выполнялась методом конечных элементов с возможностью их удаления (Element Erosion Technique) в программном комплексе ANSYS в явной динамической постановке.

Были приняты следующие модели материала, характеризующие поведение льда при деформации: модель пластичности Джонсона — Кука [1], описывающая закон достижения предела текучести, и модель разрушения при растяжении (Tensile Pressure Failure model) [2], являющаяся критерием разрушения материала. Моделировался метод определения прочности льда на изгиб при разрушении круглой, свободно лежащей на кольцевой опоре ледяной плиты, нагруженной по центру (испытание на центральный изгиб) [3]:

$$\sigma_f = -\frac{3P}{2\pi mh^2} \left[m + (m + 1) \ln \frac{r}{r_0} - (m - 1) \frac{r_0^2}{4r^2} \right], \quad (1)$$

где P — пиковая сила в момент разрушения образца льда, 0.205 кН; m — величина, обратная коэффициенту Пуассона и равная 3; h — толщина плиты, 16 мм; r — рабочий радиус плиты (внутренний радиус кольцевых опор), равный 6.2 см; r_0 — радиус распределения нагрузки («пятна» нагрузки), равный 0.5 см.

На основе полученного по формуле (1) значения прочности были подобраны параметры модели.

Картина разрушения показала разделение образца на три части, что свидетельствует об успешном завершении эксперимента и наблюдается в натуральных испытаниях. Пиковая величина нагрузки при моделировании составляет $P = 0.27$ кН. Таким образом можно сказать об успешной верификации применяемых моделей материала.

Научный руководитель — д.т.н. Беккер А. Т.

Список литературы

- [1] МАКАРОВ О. А., БЕККЕР А. Т., ГОГОЛАДЗЕ Д. З. Анализ конститутивных моделей пластичности применительно к численному моделированию ледовых воздействий // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2020. № 2 (43). С. 141–154.
- [2] ANSYS Documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://ansyshelp.ansys.com/> (дата обращения 22.11.2020).
- [3] СТЕПАНЮК И. А. Технологии испытаний и моделирования морского льда / Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2001. 77 с.