

0.1. Макаров О.А. Моделирование лабораторных испытаний льда на одноосное сжатие

В данной работе выполнено численное моделирование лабораторных испытаний ледяных образцов на одноосное сжатие. Целью работы является верификация принятой методики моделирования ледяных массивов на предмет соответствия характера деформирования льда в модели и в натуре. Необходимость данного исследования связана с потребностью в точной оценке ледовых воздействий при проектировании и строительстве шельфовых сооружений в Арктической зоне Российской Федерации. Некоторые исследователи предпринимали попытки моделирования лабораторных испытаний различными численными методами и получили неоднозначные результаты [1, 2]

В текущем исследовании моделирование выполнено с использованием метода конечных элементов в программном комплексе SIMULIA Abaqus. Для корректного учета нелинейных свойств льда в процессе деформирования использовалась явная схема интегрирования уравнений движения с малыми шагами по времени. Для моделирования разрушения образцов в процессе нагружения использовался метод связующих элементов (cohesive element method), который является одним из способов моделирования разрушения сплошных сред.

Образцы льда для лабораторных испытаний были подготовлены путем отбора ледяных кернов в бухте Новик, расположенной недалеко от Дальневосточного Федерального Университета, с помощью керноотборника с последующей обработкой до нужной формы и размеров образцов.

Для рассмотрения нелинейных пластических свойств льда с изменяющимся пределом текучести в зависимости от температуры, скорости деформации и давления принята модель пластичности Друкера — Прагера. Критерий текучести этой модели можно записать следующим образом:

$$F = t - p \tan \phi - c = 0,$$

где F — функция поверхности текучести; t — параметр материала, управляющий зависимостью поверхности текучести от величины промежуточного главного напряжения, Па; p — давление, Па; ϕ — угол трения материала, определяемый с помощью подхода, описанного в [3], град; c — сцепление материала, равное прочности льда на сдвиг, Па.

В результате моделирования получены следующие неоднозначные результаты:

1. С одной стороны, общий характер увеличения нагрузки при моделировании хорошо коррелирует с лабораторным экспериментом. Кроме того, максимальная сила не сильно отличается от полученной в эксперименте.

2. С другой стороны, при моделировании есть множественные колебания силы, хотя частота данных соответствует частоте регистрации силы прессы. Это может быть связано с особенностями контактного взаимодействия образца и плит.

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

Список литературы

- [1] Миряха В. А., Санников А. В., Бирюков В. А., Петров И. Б. Моделирование экспериментов по исследованию прочностных характеристик льда разрывным методом Галёркина // Математическое моделирование. 2018. Т. 30. № 2. С. 110–118.
- [2] Кюка S., TAKEUCHI T., KANE S. Experimental and Numerical Study on the Impact Fracture Characteristics of a Sea Ice Floe against a Pile Structure // Journal of Japan Society of Civil Engineers Ser A2 (Applied Mechanics (AM)). 2013. Vol. 69. N. 2. P. 333–340.
- [3] 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.