

**Численное моделирование разрушения льда при взаимодействии с преградой
на основе метода дискретных элементов**

Научный руководитель – Вершинин Анатолий Викторович

Цыбаков Михаил Николаевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра вычислительной механики, Москва,
Россия

E-mail: mihailtsybakov@yandex.ru

Обеспечение безопасности арктического судоходства и эксплуатации шельфа требует точного прогнозирования ледовых нагрузок. Морской лед оказывает колоссальное воздействие на инженерные сооружения, вызывая деформации и разрушения. Традиционные сеточные методы (МКЭ) ограничены при моделировании фрагментации льда, поэтому в работе был применен бессеточный лагранжевый подход на основе Метода Дискретных Элементов (МДЭ), эффективно описывающий хрупкое разрушение.

Математическая модель базируется на уравнениях динамики сплошной среды с использованием модели хрупкого разрушения. Рассматриваются алгоритмы дискретизации геометрии: быстрая вокселизация методом лучей и равномерная нерегулярная дискретизация («синий шум»), минимизирующая погрешности на криволинейных поверхностях. Для стабильности вычислений внедрена матрица коррекции градиента и универсальный алгоритм penalty-контакта на основе теории Герца, учитывающий трение и взаимодействие частиц разных размеров.

Программный комплекс, реализованный на языке Python, прошел верификацию на классических задачах изгиба и термоупругости, показав высокую сходимость с решениями промышленного пакета прочностного анализа Fidesys. Финальные численные эксперименты по моделированию наезда ледяного массива на цилиндрическую опору подтвердили способность метода адекватно воспроизводить динамику и характерные особенности разрушения ледовых пластов.