

0.1. Сибирякова Т.А., Найденова К.Е. Движение внешней нагрузки по ледовому покрову в замкнутом водоёме

Поведение бесконечного ледового покрова при движении по нему внешней нагрузки изучено достаточно полно [1] – [2]. Решение нестационарной трехмерной гидроупругой задачи в линейной постановке является достаточно сложным и требует больших вычислительных затрат [3]. Наиболее изученным является случай, когда ледовый покров моделируется тонкой упругой пластиной. Задачи с условиями закрепления ледовой пластины на стенках канала изучены менее подробно, чем задачи с бесконечным ледовым покровом. Ограниченность ледовых пластин и конечная ширина канала приводят к появлению новых граничных условий, а также меняются характеристики гравитационных волн, иначе распределяются прогибы и напряжения в плавающей пластине [4].

В данной работе рассматривается нестационарная задача о колебаниях ледовой пластины в замкнутом водоёме, вызванных движением внешней нагрузки. Задача решается в двумерной постановке в рамках линейной теории гидроупругости. Для этой теории постановка задачи имеет классический вид: есть упругая часть задачи, описывающая поведение льда, и есть гидродинамическая часть задачи, описывающая динамику идеальной несжимаемой жидкости. Обе части задачи связаны друг с другом. Задача дополняется краевым условием на поток жидкости в силу ограниченности водоёма, это условие переписывается в виде интегрального условия для прогибов льда на границе лёд/жидкость. Задача решается введением нормальных мод колебаний упругой балки. Исследуется случай льда, примороженного к стенкам водоёма, что моделируется условиями жёсткого защемления. В итоге решение для потенциала скорости течения жидкости выражается через решение для прогибов льда. Рассмотрен случай циклического движения внешней нагрузки от левого края к правому и обратно. Задача сводится к системе ОДУ второго порядка и решается численно методом Рунге — Кутты.

Получено, что на начальном этапе движения, когда нагрузка начинает двигаться от левого края в сторону правого, наблюдается смещение максимальной амплитуды прогибов вслед за движением нагрузки. Перед нагрузкой возникают колебания льда с наибольшим возвышением перед/над нагрузкой в зависимости от времени. Колебания перед нагрузкой имеют волновую форму. Форма прогибов для начального движения очень хорошо согласуется с формой прогибов при начальном движении нагрузки по неограниченному ледовому покрову. Дальнейшее распределение прогибов и удлинений сильно зависит от времени и положения нагрузки относительно границ водоёма.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта "Современные модели гидродинамики для задач природопользования, промышленных систем и полярной механики"(2024-26) (гос. задание FZMW-2024-0003).

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Шишмарев К. А.

Список литературы

- [1] Стурова И. В. Нестационарное поведение упругой балки, плавающей на поверхности бесконечно глубокой жидкости // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47. № 1. С. 85–94.
- [2] Qiu L., Liu H. Three-Dimensional Time-Domain Analysis of Very Large Floating Structures Subjected to Unsteady External Loading // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. 2017. Vol. 129. N. 1. P. 21–28.
- [3] Zhao C., Zhang J., Huang W. Vibration reduction of floating elastic plates in water waves // Marine Structures. 2007. Vol. 20. N. 1-2. P. 71–99.
- [4] Korobkin A., Malenica S., Khabakhpasheva T. Interaction of flexural-gravity waves in ice cover with vertical walls // Transact. of the Royal Soc. A: Math., Phys. and Eng. Sci. 2018. Vol. 376. N. 20170347.