

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, доцента Соловьева Аркадия Николаевича на диссертационную работу Маленко Жанны Владимировны на тему «Изгибно-гравитационные волны от движущихся по ледяному покрову возмущений», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела

Актуальность исследования

В последние десятилетия идет активное освоение районов крайнего Севера. Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 утверждена Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года.

Ледяной покров рек, озер и морских акваторий северных регионов страны часто используется в зимнее время для обустройства автомобильных дорог и ледовых переправ для доставки по ним различных грузов. При движении транспортного средства по ледяному покрову образуются изгибно-гравитационные волны, которые в некоторых случаях приводят к разрушению ледяного покрова. Поэтому важно знать динамические характеристики транспортного средства, при которых может произойти разрушение ледяного покрова, чтобы избежать его ухода под лед.

Для продления навигации на речных и морских акваториях возникает необходимость разрушения ледяного покрова. Для этих целей, кроме обычных ледокольных средств, используются суда на воздушной подушке, которые, двигаясь с определенной скоростью, создают волны максимальной амплитуды, что приводит к разрушению ледяного покрова. Поэтому важно знать критическую скорость движения судна, при которой процесс ломки льда наиболее эффективен.

Таким образом, исследование поведения ледяного покрова на движущиеся нагрузки важно, как для обеспечения безопасности движения транспорта, так и для возможного его разрушения.

В диссертационной работе Маленко Жанны Владимировны исследуются колебания плавающего ледяного покрова, вызванные движущимися источниками давлений. Исследуются критические скорости и частота колебаний движущегося источника возмущений, влияющих на характер колебаний. Изучено влияние толщины ледяного покрова, сил сжатия и растяжения на значения критических скоростей.

Структура и содержание работы

Объем диссертации – 128 страниц, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы, состоящего из 210 источников.

Во введении обосновывается выбор темы и ее актуальность, формулируются цель и задачи диссертационного исследования, показана научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, раскрыты методологическая база, методы и приемы исследования, изложены основные научные положения, выносимые на защиту

В первой главе приведено описание современного состояния исследований по теме диссертационного исследования. Выполнен обзор литературы, посвященной теоретическим и экспериментальным исследованиям колебаний ледяного покрова от движущихся источников возмущений. Анализируются различные модели ледяного покрова. Приводятся основные физико-механические характеристики для морского и пресноводного льда, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и плотность. Исследуется зависимость фазовых и групповых скоростей волн от волнового числа для различных сил сжатия и растяжения. Показана зависимость критических скоростей от сил сжатия и растяжения для различных значений толщины ледяного покрова.

Вторая глава посвящена исследованию волновых процессов, происходящих в плавающем ледяном покрове при движении по нему нагрузки. Ледяной покров моделируется тонкой упругой изотропной пластинкой, плавающей на поверхности идеальной несжимаемой жидкости конечной глубины. Уравнение колебаний пластинки принимается в качестве граничного условия на поверхности жидкости. Задача сводится к решению уравнения Лапласа с граничными условиями. На основе аналитических выражений, полученных в результате применения интегрального преобразования Фурье, методом стационарной фазы проведено исследование структуры возникающего волнового движения. Показано, что существует три критических скорости, при которых меняется структура волнового возмущения. Показано, что в зависимости от скорости движения источника, генерируется от одной до трех систем волн. Исследуется влияние скорости движения источника, сил сжатия и растяжения в ледяном покрове и толщины пластины на амплитуды изгибно-гравитационных волн.

В третьей главе анализируется влияние равномерного сжатия и растяжения на неустановившиеся колебания плавающей на поверхности однородной жидкости упругой пластинки. Колебания вызваны нагрузкой, которая движется прямолинейно с постоянной скоростью по поверхности пластинки. Пластина и жидкость в горизонтальных направлениях не ограничены. Интегральное представление для возвышения поверхности пластина-жидкость получено с помощью преобразований Фурье по горизонтальным координатам и Лапласа по времени. Методом стационарной фазы получено асимптотическое выражение для колебаний ледяного покрова. Показано, что в зависимости от скорости движения нагрузки, генерируется от одной до трех систем волн. Приведены рисунки фазовых портретов и передних фронтов волн. Показано, что скорость распространения упругих волн больше скорости распространения гравитационных волн, которые образуются в волновом следе за источником возмущений. Показано, что наибольшее влияние силы сжатия и растяжения

оказывают на скорость распространения упругих волн. Их скорость увеличивается при сжатии и уменьшается при увеличении сил растяжения. Определены угловые зоны распространения волн и исследована их зависимость от скорости движения источника для различных значений сил сжатия.

В четвертой главе исследуется влияние частоты колебаний движущегося источника возмущений на характер колебаний ледяного покрова, который моделируется тонкой упругой пластиной. В линейном приближении методом интегрального преобразования Фурье получено решение в виде тройного интеграла, исследование которого проводится методом стационарной фазы для многомерных интегралов. Исследуется влияние скорости движения и частоты колебаний источника на количество образующихся волн. Показано, что образуется от одной до семи систем изгибно-гравитационных волн. Определены критические скорости движения источника, при которых меняется характер колебаний плавающей упругой пластины. Исследуется влияние частоты колебаний на критические скорости для различных значений толщины ледяного покрова и сил сжатия и растяжения в пластине. Определены угловые зоны распространения волн. Для различных значений сил сжатия и растяжения исследуется влияние скорости движения источника на значения угловых зон.

В заключении приведены основные результаты работы.

Достоверность результатов обеспечивается корректностью использования моделей теории упругости и гидродинамики при постановке задач, строгостью использования математического аппарата, соответствием полученных результатов физическому смыслу, непротиворечивостью известным из литературы результатам других авторов.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций не вызывает сомнений. В диссертационной работе обосновывается выбор математической модели ледяного покрова. При математической постановке задач автор опирается на физические законы, принятые в теории упругости и

гидродинамике, приемлемые упрощающие предположения и строгость применения аналитических методов исследования. Результаты и положения, выносимые на защиту, являются научно обоснованными.

Научные результаты. В работе проведен расчет амплитуд изгибно-гравитационных волн. Показано, что максимальное значение амплитуды будет при движении с критическими скоростями v_0 и v_1 . Исследовано влияние толщины ледяного покрова, сил сжатия и растяжения на амплитуды образующихся волн и значения критических скоростей движения источника.

Исследовано влияние сил сжатия и растяжения на скорость распространения волн. Показано, что силы сжатия и растяжения наибольшее влияние оказывают на скорость распространения упругих волн. При увеличении сил сжатия скорость распространения упругих волн увеличивается и уменьшается при увеличении сил растяжения.

Для движущегося источника, совершающего периодические колебания, определены критическая частота и скорость движения источника, при которых наиболее эффективно произойдет разрушение ледяного покрова. Исследовано влияние сил сжатия и растяжения на значения критических скоростей источника возмущений в зависимости от частоты его колебаний.

Практическая значимость результатов работы.

Проведенные исследования позволяют решать ряд важных прикладных задач: разрушение ледяного покрова с целью продления навигации на замерзающих водных путях; безопасное передвижение по ледовым дорогам и переправам.

Полученные результаты могут быть использованы для расчета критических скоростей перемещения транспорта по ледовым трассам, создаваемым на реках, озерах и морях, а также позволят разработать рекомендации для повышения эффективности резонансного метода разрушения ледяного покрова, реализуемого судами на воздушной подушке.

Апробация и публикации.

Результаты диссертационной работы получили широкую апробацию на международных и российских конференциях. По теме диссертации представлены 30 публикаций, из них 8 статей опубликованы в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела, 4 статьи индексируемы в наукометрических базах Scopus и Web of Science.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание диссертационной работы, отвечает всем предъявляемым требованиям.

По диссертационной работе Маленко Жанны Владимировны имеются следующие **замечания и рекомендации**:

1. В диссертационной работе рассматривается упругая модель ледяного покрова, но не рассматриваются вязкоупругие модели ледяного покрова, приведенные в первой главе.

2. В работе не приведены исследования влияния толщины водного слоя на значения критических скоростей.

3. В главе 1 (п. 1.3) описываются свойства льда, но нет сведений о его прочности, которые определяют кинематические и силовые характеристики движущегося источника при которых происходит разрушение.

4. При решении поставленных задач нужно было подробнее расписать применение интегральных преобразований Фурье и Лапласа и переход к полярным координатам.

Сделанные замечания не умаляют ценности диссертации и не влияют на положительную оценку представленных в работе исследований и могут расцениваться, как пожелания к дальнейшим исследованиям.

Заключение

Диссертационная работа Маленко Жанны Владимировны на тему «Изгибно-гравитационные волны от движущихся по ледяному покрову возмущений» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение ряда задач, имеющих важное теоретическое и практическое значение. По своей актуальности, новизне, научно-

практической значимости диссертация Маленко Ж.В. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор Маленко Жанна Владимировна достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного Совета и их дальнейшую обработку.

« 26 » мая 2025 г.

Официальный оппонент



Соловьев Аркадий Николаевич

доктор физико-математических наук, доцент,
профессор кафедры «Математика и физика» Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова
Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Республики Крым «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова».

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.02.04. Механика деформируемого твёрдого тела

Контактные данные:

тел.: +7 (904) 504-16-38,

e-mail: solovievarc@gmail.com

Адрес места работы:

295015, Республика Крым, г. Симферополь, пер. Учебный, 8, Россия
Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова,
кафедра «Математика и физика»

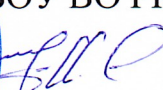
<http://kipu-rc.ru>

телефон: +7 (3652) 24-94-95

e-mail: km@kipu-rc.ru

Подпись доктор физико-математических наук, доцента, профессора кафедры «Математики и физики» Соловьева Аркадия Николаевича удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета ГБОУ ВО РК КИПУ
имени Февзи Якубова,
кандидат технических наук, доцент



Сададин Асанович Феватов

