

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ХАБАРОВСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, тел./факс: (4212) 32-79-27, e-mail: adm@khfrc.ru

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Хабаровского Федерального
исследовательского центра
Дальневосточного отделения Российской
академии наук, чл.-корр. РАН

И.Ю. Рассказов

2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Маленко Жанны Владимировны

«Изгибно-гравитационные волны от движущихся по ледяному покрову
возмущений»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела

На отзыв представлены: текст диссертационной работы на 128 страницах,
включая 54 рисунка, 4 таблицы и список литературы из 210 источников;
автореферат диссертации на 24 страницах, включая список из 30 публикаций по
теме диссертации.

Актуальность темы диссертационной работы

В обширных районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока
основным способом транспортировки является доставка грузов речными судами.
Одной из основных проблем, связанных с транспортировкой грузов по
судоходным рекам, всегда была зимняя навигация. Для продления навигации
возникает необходимость разрушения ледяного покрова. Для разрушения
ледяного покрова большие перспективы открываются в связи с использованием
резонансного метода разрушения ледяного покрова, реализуемого при помощи
судов на воздушной подушке (СВП).

Расчет критических скоростей движения кораблей на воздушной подушке при выполнении работ по разрушению ледяного покрова волновым способом, т. е. путем возбуждения во льду резонансных изгибных волн, позволяет на практике повысить эффективность разрушения льда. В то же время, когда ледяной покров используется в качестве ледовых переправ, знание значений критических скоростей позволяет избежать опасных режимов движения транспортных средств.

Диссертационная работа Маленко Ж.В. посвящена исследованию колебаний плавающего ледяного покрова, подверженного воздействию движущейся нагрузки. В работе исследуются критические скорости, при которых меняется характер волнового возмущения и наиболее вероятно разрушение ледяного покрова.

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

Характеристика диссертационной работы по главам

Во введении диссертационной работы отмечается актуальность темы исследования, определяются цель и задачи проводимого исследования, отмечена научная новизна, практическая значимость результатов работы, их достоверность, личный вклад автора, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе дается обзор литературы по теоретическим и экспериментальным исследованиям изгибно-гравитационных волн, возбуждаемых в плавающем на поверхности жидкости ледяном покрове источниками, которые движутся как по поверхности льда, так и в водном слое.

Ледяной покров, плавающий на поверхности жидкости, в зависимости от температуры и характера нагрузки моделируется упругой или вязкоупругой пластиной. В главе приведены основные линейные математические модели ледяного покрова. Анализируется выбор той или иной модели.

Рассматриваются основные упругие характеристики морского и пресноводного льда, такие как модуль Юнга, коэффициент Пуассона и плотность. Приведены диапазоны изменения этих параметров.

Представлены дисперсионные зависимости фазовых и групповых скоростей упругих, гравитационных и изгибно-гравитационных волн. Исследуется влияние сил сжатия и растяжения на фазовую и групповую скорость изгибно-гравитационных волн.

Для различных значений толщины ледяного покрова исследуется влияние сил сжатия и растяжения на значения критических скоростей движения источника возмущений.

Вторая глава посвящена исследованию влияния скорости перемещения источника возмущений, движущегося с постоянной скоростью, сил сжатия и растяжения, а также толщины ледяного покрова на амплитуды трехмерных изгибно-гравитационных волн. Ледяной покров моделируется в линейном

приближении тонкой упругой изотропной пластинкой, плавающей на поверхности идеальной несжимаемой жидкости конечной глубины, уравнение колебаний которой принимается в качестве граничного условия на поверхности жидкости. Анализ решения, полученного с применением интегрального преобразования Фурье, выполнен методом стационарной фазы. На основании анализа стационарных точек фазовых функций получено, что существует три критических скорости, при которых меняется характер колебаний пластины.

Показано, что при движении источника с критической скоростью, равной минимальному значению фазовой скорости изгибно-гравитационной волны, амплитуда колебаний пластины максимальна по трассе движения источника. При движении с критической скоростью, которая совпадает с фазовыми скоростями упругой, гравитационной и изгибно-гравитационной волн, максимум амплитуды за источником смещается от трассы движения источника. Критическая скорость, равная максимальному значению фазовой скорости гравитационной волны, на амплитуды волн существенного влияния не оказывает.

В третьей главе исследуются неустановившиеся трехмерные колебания плавающего ледяного покрова, вызванные движущимся равномерно и прямолинейно источником возмущений. Показано, что скорость волн, распространяющихся впереди источника, гораздо выше скорости волн, распространяющихся за источником. Силы сжатия и растяжения наибольшее влияние оказывают на скорость распространения упругих волн. Силы сжатия увеличивают, а силы растяжения уменьшают область, покрытую волнами. Исследовано влияние скорости перемещения источника на значения угловых зон, в которых образуются волны. Показано, что при больших значениях сжимающих усилий происходит наложение волн в волновом следе за источником. Угловая зона, в которой происходит наложение волн, уменьшается при увеличении скорости движения источника.

В четвертой главе исследуются трехмерные колебания плавающего ледяного покрова, вызванные движущимся источником возмущений, который совершает периодические колебания. Ледяной покров моделируется тонкой упругой изотропной пластиной в условиях сжатия и растяжения. Исследуется влияние скорости перемещения источника и частоты колебаний на характер волн, образующихся как впереди источника, так и за ним. Определено шесть значений критических скоростей. Исследуется влияние толщины ледяного покрова, сил сжатия и растяжения в пластине на критические скорости в зависимости от частоты колебаний источника возмущений. Показано, что в зависимости от частоты колебаний и скорости движения нагрузки, образуется от одной до семи систем волн. Для различных значений скорости движения источника и частоты его колебаний приведены фазовые портреты этих волн. Определены угловые зоны, в которых образуются волны. Исследовано влияние сил сжатия и растяжения на угловые зоны.

В Заключение сформулированы основные результаты проведенных исследований.

Научная новизна исследования и полученных результатов

Показано, что для жидкости конечной глубины, кроме известных резонансных скоростей v_0 и $(gH)^{1/2}$, существует резонансная скорость v_1 , значение которой совпадает со значением, при котором совпадают фазовые скорости упругой, гравитационной и изгибно-гравитационной волн. Исследовано влияние резонансных скоростей на пространственное распределение амплитуд изгибно-гравитационных волн. Изучено влияние сил сжатия и растяжения и толщины ледяного покрова на значения критических скоростей v_0 и v_1 .

Определена резонансная частота движущегося источника возмущений и скорость его движения, при которых наиболее эффективно разрушение ледяного покрова. Исследовано влияние сил сжатия и растяжения и толщины ледяного покрова на значение резонансной частоты, критических скоростей и границ распространения волн.

Научная ценность работы состоит в том, что знание критических скоростей движения судов на воздушной подушке при выполнении работ по разрушению ледяного покрова волновым способом, т.е. путем возбуждения во льду резонансных изгибных волн, даст возможность на практике повысить эффективность разрушения льда. В то же время, когда ледяной покров используется в качестве ледовых дорог и переправ, знание критических скоростей позволит избежать опасных режимов движения транспортных средств.

Практическая значимость результатов работы

Полученные результаты носят теоретический и прикладной характер и представляют интерес для специалистов в области гидроупругости и ледотехники. Работа вносит вклад в изучение взаимодействия плавающего ледяного покрова с движущимися транспортными средствами. Результаты работы могут быть использованы для расчета волновых полей, возбуждаемых в ледяном покрове, для определения критических скоростей перемещения нагрузки по ледовым дорогами переправам, при исследовании способности амфибийных судов на воздушной подушке разрушать ледяной покров при их движении по ледяному покрову со скоростью наступления изгибно-гравитационного резонанса.

Достоверность полученных результатов.

Достоверность результатов диссертационной работы обеспечивается корректностью постановок задач при построении математических моделей, обоснованностью принятых допущений, строгостью применения математического аппарата, соответствием физическому смыслу, согласованностью результатов

теоретических исследований с результатами экспериментальных и теоретических работ, известных из научной литературы.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела», пунктам 1,3,8 направлений исследования: 1. Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых; 3. Задачи теории упругости, теории пластичности, теории вязкоупругости; 8. Динамика деформируемого твёрдого тела. Теория волновых процессов в средах различной структуры.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Проведенные в диссертации исследования позволят разработать режимы безопасного движения транспортных средств по ледовым дорогам и переправам, а также разработать практические рекомендации при выполнении ледокольных работ резонансным методом, реализуемом с помощью судов на воздушной подушке.

Полнота опубликованных научных результатов и апробация

Основные результаты выполненного диссертационного исследования достаточно полно отражены в 30 научных работах, из которых 8 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных изданий ВАК по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 4 в журналах, входящих в международную систему цитирования Web of Science или Scopus. Материалы работы были представлены на 17 конференциях: 3-х международных; 2-х с международным участием; 12-и Всероссийских.

Автореферат отражает основные положения, сформулированные в диссертации.

Личный вклад. Соискателем, под руководством научного руководителя, определены цель, задачи и выбор математических методов диссертационного исследования. Автором самостоятельно проведены теоретические исследования и численные расчеты, проанализированы, обобщены и интерпретированы результаты исследований. Обсуждение отдельных этапов исследования осуществлялись совместно с научным руководителем и соавторами научных публикаций.

Содержание автореферата диссертационной работы в полной мере отражает её суть. Оформление диссертации осуществлено в соответствии с действующими стандартами, она написана грамотным техническим языком.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе проводится исследование амплитуд изгибно-гравитационных волн. Для экспериментальных исследований больший интерес представляет расчет напряженно-деформируемого состояния ледяного покрова при воздействии на него движущихся нагрузок.

2. Соискатель в работе приводит расчеты для дальнего поля, хотя лед в первую очередь разрушается под нагрузкой. Необходимо провести расчет напряжений в области под нагрузкой.

3. В работе не учитываются вязкие свойства ледяной пластины, хотя учет вязкости является одним из способов избежать неограниченного роста амплитуды волны для резонансных скоростей движения нагрузки.

4. В главе 2 не исследуется влияние больших значений сжимающих усилий ($Q > Q_0$) на амплитуды образующихся волн.

5. В главе 4 не исследовано влияние больших значений сжимающих усилий ($Q > Q_0$) на значения критических скоростей и угловые зоны распространения волн.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку работы. Работа выполнена на высоком уровне, свидетельствующем о квалификации автора.

Общее заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Маленко Ж.В. на тему «Изгибно-гравитационные волны от движущихся по ледяному покрову возмущений» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором теоретических исследований изложены новые научно-обоснованные решения, которые позволят более эффективно решать ряд ледотехнических задач.

Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Маленко Жанна Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Отзыв обсужден и утвержден на семинаре научных работников Лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий 31 марта 2025г., протокол № 2.

Отзыв составлен главным научным сотрудником Лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий обособленного подразделения Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра

Дальневосточного отделения Российской академии наук (ХФИЦ ДВО РАН),
доктором технических наук, профессором Козиным Виктором Михайловичем.

Главный научный сотрудник Лаборатории проблем создания и обработки
материалов и изделий обособленного подразделения Институт машиноведения и
металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского
Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения
Российской академии наук,
доктор технических наук, профессор



В.М. Козин

681005, Россия, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре,
ул. Metallургов, дом 1,
e-mail: kozinvictor@rambler.ru

Подпись Козина В.М. заверяю

Заместитель начальника по кадровым вопросам
кадрово-правового отдела ХФИЦ ДВО РАН



Н.В. Волокжанина