

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. *Цуприка Владимира Григорьевича*

на диссертацию *Рогожниковой Елены Григорьевны*

«Использование интерференции возбуждаемых в ледяном покрове изгибно-гравитационных волн для повышения эффективности его разрушения резонансным методом»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» в диссертационном совете Д212.092.07 при ФГБОУ ВО Комсомольском-на-Амуре государственном университете

Актуальность темы. Рассматриваемая в диссертации проблема сформулирована достаточно полно и ее решение направлено на повышение сроков навигации на замерзающих реках и водоемах, которых в нашей стране подавляющее число; на борьбу с заторами, которые приводят к неконтролируемым разливам и наводнениям в период ледостава и ледохода; на обеспечение бесперебойной работы гидроэлектростанций, шлюзов и других гидротехнических сооружений на реках, а также портовых, судоремонтных и судостроительных сооружений в морских акваториях. Поэтому решение всех задач, связанных с продлением сроков навигации для увеличения объемов грузоперевозок по водным путям, а также со снижением затрат на эксплуатацию мощного ледокольного флота и на ликвидацию последствий разливов рек, **является актуальной задачей**, решение которой направлено на экономию как бюджетов федерального, региональных и местных бюджетов, так и государственных и коммерческих предприятий.

Анализ результатов теоретических исследований, распространяющихся в ледяном покрове изгибно-гравитационных волн, экспериментальных исследований по возбуждению таких волн движущимися нагрузками, а также опыта использования судов на воздушной подушке (СВП) с целью разрушения ледяного покрова, *выполненный соискателем в первой главе*, позволил диссертанту сформулировать **цель исследований**, *не дублирующую цели предшествующих исследователей, а именно: исследования возможностей*

повышения эффективности резонансного метода разрушения ледяного покрова, реализуемого на примере двух СВП, в зависимости от ледовых условий и их взаимного расположения при движении судов фронтом и кильватерным строем.

Для достижения поставленной цели *во второй и третьей главах работы* соискателем были **решены следующие задачи:** выбрана реологическая модель деформирования ледяного покрова для условий движущейся с резонансной скоростью нагрузкой; экспериментально изучена зависимость ледоразрушающей способности ИГВ при движении по нему двух и более СВП с учетом их скорости, взаимного расположения в различных ЛУ и физико-механических свойств льда; по результатам сравнения теоретических и экспериментальных исследований разработана методика расчета НДС ледяного покрова; по разработанной методике получены теоретические зависимости, позволяющие рассчитать максимальную толщину ледяного покрова, разрушаемого несколькими СВП с заданными параметрами и различными ЛУ; получены частные теоретические решения расчета НДС ледяного покрова, использование которых также позволяют определить нагрузки, гарантирующие полное разрушение ледяного покрова в условиях ИГР.

Степень обоснованности научных положений, сформулированных в диссертации основаны на:

– результатах глубокого и полного анализа мирового опыта использования СВП в качестве ледоразрушающего средства при решении ряда ледотехнических задач в определенных ледовых условиях, выполненного соискателем в первой главе;

– использовании общепризнанных гипотез в области теории упругости, пластичности, гидромеханики; теории изгибно–гравитационных волн; теории функции комплексного переменного;

– результатах сопоставления данных теоретических исследований с экспериментальными, полученными в опытовом гидравлическом и в ледовом бассейнах, как на моделированном льду естественного намерзания, так и с использованием модели льда в виде полимерной упругой пленки.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается:

- выполнением теоретических исследований с применением традиционно используемых математических преобразований;
- использованием аппаратов дифференциального исчисления и интегральных преобразований и пр.
- использованием основополагающих соотношений теории моделирования при проведении экспериментальных исследований;
- использованием высокоточного современного быстродействующего измерительно-вычислительного комплекса оборудования, позволяющего в непрерывном режиме производить измерения исследуемых параметров, их обработку и визуализацию результатов;
- хорошей сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных соискателем;
- сходимостью результатов лабораторных экспериментов соискателя с результатами испытаний крупномасштабных моделей и натуральных СВП в полевых условиях, полученных другими авторами.

Разработанные автором в четвертой главе *Рекомендации по использованию интерференции ИГВ, возбуждаемых парными нагрузками для повышения эффективности разрушения ледяного покрова СВП резонансным методом*, основаны на фундаментальных законах сохранения, а также использовании известных формул, положений и эмпирических зависимостей.

Научную новизну исследования Рогожниковой Е.Г. составляют большая часть результатов решенных задач, перечисленных выше, наиболее значимые из них это:

- математическая модель интерференции ИГВ в плавающей пластине от двух источников в условии изгибно-гравитационного резонанса (ИГР), полученная с использованием вязко-упругой реологической модели Кельвина-Фойгта для льда при расчете изгиба ледовой плиты;
- полученная экспериментально зависимость ледоразрушающей способности ИГВ, возбуждаемых одновременно двумя СВП, от их взаимного расположения при движении фронтом и кильватерным строем;

– результаты выполненных исследований влияния различных ледовых условий на параметры ИГВ от движения двух нагрузок.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в доказанной теоретически возможности существенного повышения эффективности РМРЛ, реализуемого двумя или большим количеством СВП.

В результате исследований соискателем разработаны рекомендации по использованию интерференции ИГВ, возбуждаемых парными нагрузками для повышения эффективности разрушения ледяного покрова СВП резонансным методом.

В предложенной соискателем редакции «Рекомендаций...» приводится конкретный сценарий практического определения предельно максимальных расстояний между СВП, гарантирующих необходимую ледоразрушающую способность как при движении судов фронтом, так и кильватерным строем исходя из заданных параметров СВП и ледовой обстановки.

Это позволяет производить разработку проектов проводки судов, как на внутренних водных путях, так и в морских замерзающих акваториях, поддерживать приемлемые навигационные условия работы портов, судоподъемных и судопропускных сооружений.

Кроме того, использование рекомендуемого в диссертации метода позволяет обосновать основные параметры конструкции СВП для эксплуатации его в конкретном регионе, дает возможность разработки и внедрения в практику проектирования и серийного строительства современных типов СВП, обладающих высокими эксплуатационными качествами в том числе и как инструментов разрушения ледяного покрова.

Результаты выполненных автором работ весьма полезны как для использования в деятельности проектных и эксплуатационных организаций, так и для научных проработок в настоящий период и в будущем.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (151 наименование) и приложений. Общий объем работы 131 страница, в том числе 65 рисунков и 3 таблицы.

Диссертационная работа написана доступным и понятным языком. Содержит таблицы, рисунки и схемы, которые достаточно полно отражают приведенный в рецензируемой работе теоретический и экспериментальный материал, а также полностью соответствуют, полученным автором результатам.

Автореферат дает достаточное представление о структуре диссертационной работы и соответствует ее содержанию.

Рецензируемая диссертация и автореферат по структуре и оформлению соответствуют требованиям ГОСТ 3 7.0.11-2011. 10. В текстах диссертации и автореферата не отмечается значительных ошибок, опечаток и пр.

К достоинствам работы следует отнести глубокий и полный анализ мирового опыта использования СВП в качестве ледоразрушающего средства при решении ряда ледотехнических задач в определенных ледовых условиях, выполненный соискателем в первой главе, что свидетельствует не только о достаточно широкой осведомленности автора в этих вопросах, но и убедительно обосновывает реально большие возможности резонансного метода разрушения ледового покрова (РМРЛП) и его преимущества по сравнению с традиционными технологиями.

Также к достоинствам работы следует отнести дублирование эксперимента на разных моделях натурального ледяного покрова: на полимерной упругой пленке и на тонком льду естественного намерзания. Это, несомненно, повышает степень достоверности результатов работы.

Основные замечания

Замечания методологического свойства.

1. Автором, на наш взгляд, не корректно сформулирована цель работы. С точки зрения системного подхода *цель – планируемый результат*. Как следует из анализа работы, целью данного исследования является не «исследование возможностей повышения эффективности...» как процесс, а результат такого исследования – *методика* или *рекомендации* – как повысить эффективность использования СВП для разрушения ледового покрова водоемов. Здесь цель сформулирована автором как процесс решения задачи, который, возможно, приведет к результату, но не как планируемый результат этого процесса.

2. Первое замечание не является существенным, но это нужно учесть автору в будущем. Вполне возможно что это обстоятельство повлияло на то, что ни в автореферате, ни в тексте диссертации соискателем отдельно не выделены задачи или подзадачи, которые, тем не менее, ею в работе решены, о чем написано в начале данного отзыва. Их решения, выстроенные соискателем в логической последовательности, собственно и составили достигнутую им реальную цель исследования – *«Рекомендации по использованию интерференции ИГВ, возбуждаемых парными нагрузками для повышения эффективности разрушения ледяного покрова СВП резонансным методом»*

Замечания по изложению работы. Большая часть замечаний относятся к моделированию процесса воздействия СВП на ледяной покров.

3. При моделировании натурального льда модельным, получаемым путем естественного намораживания, соискатель не приводит в диссертации важных параметров его строения и физико-механических свойств: не указано никаких данных по модулю упругости модельного льда, получаемого автором в результате проведенных испытаний ледяных консолей; нет характеристики строения льда (размеры и ориентация кристаллов). Это делает невозможным оценку соответствия модельного льда натурному с учетом установленного масштаба моделирования $\lambda_l=1:50$;

4. В тексте диссертации не освещается вопрос выбора схемы нагружения моделей ледяного покрова моделями судов на воздушной подушке (СВП), учитывая, что формируемая судном нагрузка равномерно распределена по площади «пятна посадки» судна, в то время как колесные модели СВП «Зубр», используемые соискателем в экспериментах передают нагрузку на лед дискретно в виде 4-х сосредоточенных сил. Нет схемы приведения распределенной нагрузки к сосредоточенным с учетом схемы их расположения по нагружаемой площади. Нет также и оценки возникающих погрешностей из-за несоответствия указанных схем нагрузок от реального и от модельного судов. Это, безусловно, вносит не оцененные погрешности в получаемые результаты и снижает степень их достоверности.

Такие же вопросы имеют место быть и по схеме распределения нагрузки от модели СВП «Мурена» на модель ледяного покрова из натурального замороженного тонкого льда в ледовом бассейне. Судя по фотографиям, схема загрузки льда моделью используемого типа не вполне соответствует схеме работы реального судна. Учитывая эти замечания, результаты экспериментов, безусловно, можно оценивать как отражающие качественную картину реального процесса разрушения льда, но для оперирования количественными данными экспериментов следует делать оценку их погрешности.

5. На стр. 52 автор пишет об изменении параметров волн на мелкой воде: « ... Уменьшение напряжений во льду на мелководье, несмотря на увеличение прогибов льда, объясняется увеличением длины ИГВ». Данное заключение противоречит закону сохранения энергии – при увеличении высоты волны на мелководье ее длина, если нет притока дополнительной энергии в возмущенный слой жидкости, должна уменьшаться.

6. Также на стр. 52 указывается, что с целью исследования влияния глубины акватории на интенсивность ИГВ, возбуждаемых при движении СВП, в чаше бассейна было установлено «непроницаемое» подвесное дно. Здесь не указан материал и жесткость такого дна, что кардинально важно. В случае, если нижняя часть бассейна отделялась от верхней пленкой или полотнищем – «непроницаемость» такого «дна» не реальна, поскольку изменение давления внутри водного объема, на который оказывает воздействие поверхностная волна от СВП, будет «мягко» передаваться и нижним слоям воды в бассейне. Это не соответствует условиям теоретического решения задачи.

7. На стр. 45 в описании модели льда использованы словосочетания, искажающие реальную ситуацию, а именно: «Для моделирования ледяного покрова использовалась модель неразрушаемого льда, изготовленная из полимерного материала». Очевидно, что речь идет о неразрушаемой гибкой пленке, выполняющей роль модели льда.

8. Соискатель на стр.46 указывает, что для предотвращения затекания воды на верхнюю поверхность упругой пленки, используемой в качестве модели ледяного покрова, на поверхность воды предварительно укладывалась

тонкая пленка полиэтилена низкого давления толщиной 15 мкм. На самом деле это действие – внесение изменений в конструкцию модели льда в виде гибкой пленки, которая становится двуслойной. Таким образом, в расчеты необходимо внести не только ее суммарную толщину, но и принять во внимание увеличение жесткости модели, причем с учетом эффектов проскальзывания между слоями и т.д. Во всяком случае, на это необходимо было обратить внимание и сделать оценку внесения возможных искажений в расчеты.

9. В работе не показано, при какой толщине снежного покрова его можно не учитывать в расчете ИГВ.

Общая оценка работы

1. Тема рецензируемой диссертационной работы актуальна. Результаты исследований представляют научный и практический интерес.

2. В работе реализованы идеи, основанные на анализе теории и практики специфических вопросов разработки способов использования интерференции ИГВ, возбуждаемых судами на воздушной подушке в целях разрушения ледового покрова водоемов резонансным методом.

3. Результаты исследований были доложены на 12 международных и всероссийских научно-технических тематических конференциях, в том числе по полярной механике; по исследованиям океанотехники и морской инфраструктуры; по математическому моделированию физических и информационных процессов; по фундаментальной механике и др.

4. Полученные автором рецензируемой работы результаты и основное содержание диссертации опубликовано в 37 печатных работах, 5 из которых опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ еще 4 в изданиях, входящих в международную систему цитируемости Scopus. Можно сделать вывод, что в этих работах в достаточной мере раскрывается содержание диссертационной работы Е.Г. Рогожниковой. В ходе выполнения работы над диссертацией получено Свидетельство о государственной регистрации разработанной при участии автора программы для расчета на ЭВМ прогибов и угла наклона плавающей вязко-упругой пластины при стационарном движении по ней нагрузки и 14 патентов также с участием автора как на новые

способы, так и на устройство для разрушения ледяного покрова ИГВ при движении СВП с резонансной скоростью.

5. Общая оценка диссертации – положительная. Можно сделать однозначный вывод, что выполненные исследования актуальны, содержат все необходимые элементы научной новизны, не только интересны, но и полезны с практической точки зрения, нацелены на решение важной народно-хозяйственной задачи.

6. Данная диссертация охватывает основные вопросы заявленной темы исследования и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую критериям п. 9 Положения о присуждении научных степеней (утв. Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842), в которой содержится решение сложной научно-технической задачи использования интерференции возбуждаемых в ледяном покрове изгибно-гравитационных волн для повышения эффективности его разрушения резонансным методом, имеющей существенное значение для ряда отраслей отечественного судоходства, судостроения и судоремонта, а также обеспечения безопасности в периоды ледоходов и ледоставов на замерзающих водоемах.

Всё это, учитывая постановку цели в рассматриваемой работе, не ставит работу Е.Г. Рогожниковой в особый ряд исследований данной проблемы, но продлевает его, приближая окончательное и эффективное её разрешение.

Заключение о соответствии диссертации критериям установленным Положениям ВАК РФ.

Диссертация Е.Г. Рогожниковой «Использование интерференции возбуждаемых в ледяном покрове изгибно-гравитационных волн для повышения эффективности его разрушения резонансным методом» представляемая на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует специальности 01.02.04 – Механика твердого деформируемого твердого тела, а по своей актуальности, новизне полученных результатов и выводов, степени их обоснованности и значимости для теории и практики соответствует критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации

от 24 сентября 2013г. №842), а ее автор Рогожникова Елена Григорьевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика твердого деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Строительных конструкций и материалов, Инженерная школа,
Дальневосточный федеральный университет

24.01.2018

В.Г. Цуприк

Сведения об официальном оппоненте

Цуприк Владимир Григорьевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Кандидатская диссертация: защищена по специальности 05.22.18 - Морские и речные порты, на тему «Динамическое воздействие льда на цилиндрические опоры морских гидротехнических сооружений континентального шельфа», диплом ТН №037760.

Полное название организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»,

Структурное подразделение – Инженерная школа,

Должность: заведующий кафедрой Строительных конструкций и материалов
Инженерная школа, Дальневосточный федеральный университет

Адрес организации: 690950 г. Владивосток ул. Суханова, д. 8

Мобильный тел.: 8 924 1212 374; 8 924 3385 515

E-mail: tsuprik.vg@dvfu.ru

