

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук Стуровой Изольды Викторовны на диссертацию Матюшиной Анны Александровны «Колебания плавающей упругой пластины при нестационарном воздействии на неё нагрузки», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» в диссертационный совет Д 212.092.07 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (ФГБОУ ВО «КнАГУ»)

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Матюшиной А.А. посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию поведения плавающего на поверхности жидкости ледяного покрова при нестационарном движении внешней нагрузки. Основное внимание в этой задаче уделено возможности использования ледяного покрова в качестве аэродрома, что является актуальным для ряда северных стран, в том числе и для России.

Обоснованность и достоверность полученных результатов

При формулировании математических постановок задач автор опирается на физические законы, общепринятые в гидродинамике и теории упругости, приемлемые упрощающие предположения и аппарат математического анализа. При выполнении экспериментальных исследований использованы известные методы, апробированное оборудование и современные регистрирующие средства.

Научная новизна полученных результатов

На основе решения линейной трехмерной нестационарной задачи гидроупругости получены теоретические результаты о деформации ледяного покрова при воздействии нестационарной нагрузки, имитирующей действие шасси самолета при его взлете или посадке. Изучено влияние нестационарной нагрузки при её прямолинейном движении, а также ударной нагрузки, возникающей при посадке самолета в момент касания шасси поверхности ледяного покрова. Подробно исследовано влияние различных параметров (толщины ледяного покрова, глубины жидкости, режима нестационарного движения) на деформации ледяного покрова для самолетов двух типов: Ил-76ТД и Ан-74. Изучено влияние на поведение ледяного покрова плавно меняющейся глубины жидкости в направлении движения нагрузки.

Экспериментальные исследования закономерностей деформирования ледяного покрова при нестационарном движении внешней нагрузки выполнены в лабораторных условиях в бассейне с искусственным льдом (упругой полимерной пленкой). Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов показало их удовлетворительное согласование.

Анализ содержания диссертации

Работа объемом 141 страницу включает список использованных сокращений и обозначений, введение, четыре главы основного текста, заключение, список литературы из 207 наименований и приложение.

Во *введении* обосновывается актуальность темы исследования, формулируется цель и основные задачи, их научная новизна, практическая значимость и достоверность полученных результатов.

В *первой главе* приводится обширный обзор литературы по экспериментальным и теоретическим методам исследования изгибно-гравитационных волн (ИГВ), возбуждаемых в ледяном покрове движущимися нагрузками. Список используемой литературы отражает знакомство соискателя с наиболее важными публикациями, представленными как в российских, так и в зарубежных изданиях. Однако в списке литературы отсутствуют работы:

Nugroho W.S., Wang K., Hosking R.J., Milinazzo F. Time-dependent response of a floating flexible plate to an impulsively started steadily moving load// J. Fluid Mech. 1999. V. 381. P. 337-355;

Wang K., Hosking R.J., Milinazzo F. Time-dependent response of a floating viscoelastic plate to an impulsively started moving load// J. Fluid Mech. 2004. V. 521. P. 295-317;

в которых дано теоретическое решение задачи о влиянии нестационарной нагрузки на ледяной покров. Следует также указать недавно вышедшую монографию

Букатов А.Е. Волны в море с плавающим ледяным покровом. Севастополь: ФГБУН МГИ, 2017, 360 с.

На основе информационно-патентного поиска выполнен обзор и анализ известных способов повышения несущей способности ледяного покрова. Большой интерес представляет обобщение отечественного и зарубежного опыта использования ледяного покрова в качестве аэродрома.

Вторая глава является центральной в данной диссертации и посвящена теоретическому исследованию напряженно-деформируемого состояния плавающего ледяного покрова при нестационарном воздействии на него внешней нагрузки. В математической формулировке задачи жидкость

рассматривается идеальной однородной и несжимаемой, а ее движение – потенциальным. Ледяной покров моделируется бесконечно протяженной изначально ненапряженной однородной изотропной упругой тонкой пластиной. Задача решается в линейной постановке, т. е. колебания жидкости и ледяного покрова предполагаются малыми. Использовано решение, которое было получено ранее Погореловой А.В. [111] для жидкости постоянной глубины и одиночной нагрузки. Моделирование давления, создаваемого нагрузкой на режимах взлета и посадки, заимствовано из работы Kashiwagi M. [180]. Решение для одиночной нагрузки, равномерно распределенной по прямоугольной области, использовано для расчета прогибов и нормальных напряжений ледяного покрова при взлете и посадке самолетов Ил-76ТД и Ан-74. Учитывалась суммарная нагрузка, создаваемая тремя шасси (двумя задними и одним передним).

Для более точного учета воздействия ударного импульса, возникающего при посадке самолета в момент касания шасси поверхности ледяного покрова, исследован частный случай рассмотренной ранее задачи, когда внешняя нагрузка не обладает поступательной скоростью. В итоге при моделировании посадки самолета учитывалось суммарное решение от ударной нагрузки в начальный момент времени и последующее равнозамедленное движение самолета с возрастающей нагрузкой. Представлены трехмерные картины деформации ледяного покрова в зависимости от времени.

Влияние переменной глубины водоема на колебания ледяного покрова при нестационарном движении нагрузки исследовано в приближении плавного монотонного изменения глубины аналогично работе Погореловой А.В. и Козина В.М. [115]. Используется разложение по малому параметру, соответствующему углу наклона донной поверхности. Выполнены расчеты прогибов ледяного покрова при взлете и посадке самолета Ил-76ТД для различных уклонов дна. Показано, что влияние неровности дна мало при малых уклонах.

В *третьей* главе представлены экспериментальные исследования колебаний плавающей упругой пластины при движении нагрузки, выполненные в ледовом бассейне лаборатории ледотехники ФГБОУ ВО «Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема» (г. Биробиджан). Моделирование ледяного покрова осуществлялось с применением полимерного материала, представляющим собой листовую резину. Обсуждается методика моделирования ИГВ в лабораторных условиях. В п. 3.3 представлено сравнение теоретических и экспериментальных профилей ИГВ при равномерном, равноускоренном и равнозамедленном движении нагрузки. Однако для рис. 3.9 и 3.11,

соответствующих нестационарному движению нагрузки, не ясно на каком расстоянии от начала движения были выполнены измерения.

В *четвертой* главе даны рекомендации по практическому использованию полученных результатов. В п. 4.2 детализируется значение критической скорости движения нагрузки, хотя этот термин довольно часто использовался и ранее в тексте диссертации. К сожалению, не указан физический смысл этого термина, обозначающего минимальную фазовую скорость ИГВ. Формулы (4.4) и (4.3) даны для предельных случаев жидкости малой и бесконечной глубины соответственно. Однако не составляет большого труда определить значение критической скорости для жидкости произвольной конечной глубины. Утверждение автора на стр. 102, что «критическая скорость зависит от характеристик льда только в случае глубокой воды» является неточным для жидкости не малой, но конечной глубины. В п. 4.4 предложено семь способов для повышения несущей способности ледяного покрова, однако ни для одного из них не представлена экспериментальная проверка эффективности.

В *заключении* сформулированы основные результаты работы.

В *приложении* представлена блок-схема алгоритма вычисления напряженно-деформируемого состояния ледяного покрова при нестационарном воздействии на него нагрузки.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем

- Реализован алгоритм вычисления напряженно-деформированного состояния бесконечно протяженного однородного ледяного покрова при нестационарном воздействии на него нагрузки в виде самолета, совершающего взлет или посадку.
- Исследовано влияние нестационарного изменения давления, оказываемого самолетом; его ударного воздействия при посадке в момент касания шасси поверхности льда; изменения глубины акватории и физико-механических параметров ледяного покрова.
- В лабораторных условиях проведены экспериментальные исследования колебаний упругой пленки, лежащей на поверхности жидкости, при движении по ней нагрузки с различными скоростями. Выполненное сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований показало их удовлетворительное согласование.
- Разработаны рекомендации по использованию ледяного покрова в качестве взлетно-посадочной полосы с учетом ледовой обстановки.

Замечания к диссертации

- 1) На рис. 1.1 не указаны значения по вертикальной координате.
- 2) На рис. 1.2, 1.3-1.7 следовало указать значения прогибов в сантиметрах (w , см).
- 3) На рис. 1.4, 1.7, 1.8 не дано определение величины, отложенной по горизонтальной координате.
- 4) На рис. 1.8 значения по вертикальной координате не согласуются с подписью к этому рисунку.
- 5) В формулах используются различные обозначения для производной по времени (ср., например, (2.3) и (2.15)).
- 6) На стр. 50 и 55 используются выражения «Значения функции $\Phi(x, y, z, t)$... в точке $z=0$ », но условие $z=0$ для трехмерной задачи означает не точку, а плоскость.
- 7) На рис. 2.3 указан неверный масштаб по вертикальной координате.
- 8) На рис. 2.6-2.9, 2.13 масштабы по вертикальной координате не согласуются.
- 9) В формулах из работ других авторов следует давать полную расшифровку всех используемых обозначений с указанием их размерностей (см. (2.32) и (4.1)).
- 10) В (3.1) не определена величина σ .
- 11) Рис. 3.6 является схемой режимов движения и поэтому указание размерностей величин u и t не имеет смысла.
- 12) В списке литературы работы [55] и [114] совпадают, а работа [198] является переводом на английский язык работы [116] (аналогично в автореферате публикации автора [1] и [3]).
- 13) Имеются опечатки, как в тексте, так и в формулах на стр. 21, 35, 46, 52, 54, 68, 69, 71, 73, 82, 92, 101, 102, 138, 139.
- 14) В тексте автореферата целесообразно было указать соответствие тематики, цели и задач диссертации конкретным пунктам паспорта специальности.

Сделанные замечания не отражаются, однако, на общем положительном заключении по диссертации.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат отражает основные положения, сформулированные в диссертации.

Подтверждение публикации основных результатов диссертации в научной печати

Результаты, представленные в диссертации, отражены в одной монографии и двух журнальных статьях из списка ВАК, а также докладывались на многочисленных всероссийских и международных конференциях. Программа расчета на ЭВМ прогибов ледяного покрова при взлете и посадке самолета ИЛ-76ТД имеет государственную регистрацию. Получено 7 патентов на способ увеличения несущей способности ледяного покрова.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

Считаю, что диссертация Матюшиной А.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в рамках которой изучено нестационарное воздействие внешней нагрузки на ледяной покров, плавающий на поверхности жидкости, и даны практические рекомендации по использованию ледяного покрова на водоемах в качестве взлетно-посадочной полосы для самолетов.

Работа выполнена на хорошем научном уровне, содержит необходимый объем теоретических и экспериментальных материалов, подтверждающих достоверность основных результатов, положений и выводов. Тематика и содержание работы соответствует специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно пп. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор Матюшина А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Я, Стурова Изольда Викторовна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Матюшиной Анны Александровны, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, <http://hydro.nsc.ru/>

Доктор физико-математических наук Стурова И.В.

Адрес: 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 15

Тел. 8 (383) 3331612

E-mail: sturova@hydro.nsc.ru

07.05.2018

Подпись д.ф.-м.н. Стуровой И.В. заверяю

Ученый секретарь ФГБУН Института гидродинамики СО РАН

к.ф.-м.н.



Любашевская И.В.

