

Отзыв

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 тела.

Диссертационная работа Матюшиной Анны Александровны посвящена теоретическому исследованию трёхмерной нестационарной задачи о перемещении по поверхности упругой пластины, плавающей на поверхности тяжёлой жидкости конечной глубины, компактной нагрузки, постановке и проведению модельного эксперимента с анализом результатов и апробацией, полученной автором математической модели, разработке рекомендаций по практическому использованию полученных результатов, разработке новых способов упрочнения плавающей пластины в виде ледового покрова морской поверхности.

Практическое значение исследований по теме определяется обширными приложениями в проблемах создания взлётно-посадочных полос (ВПП) для арктической авиации. С этой точки зрения тема диссертационной работы безусловно актуальна.

Работа состоит из введения, четырёх глав и заключения, содержит 141 стр. машинописного текста, в том числе список литературы на 24 стр., содержащий 207 наименований. Во введении сформулированы цели работы, обоснована актуальность, отмечены научная новизна и практическая значимость работы, а также проведен обзор публикаций по рассматриваемой проблеме с соответствующим анализом

В главе 1 выполнен анализ теоретических исследований колебаний пластин на упругом основании, экспериментальных исследований деформирования и разрушения ледяного покрова от действия движущихся нагрузок, обзор способов упрочнения ледяного покрова и опыт использования ледяных ВПП, постановка задачи исследований.

В главе 2 диссертационной работы проведено теоретическое исследование напряжённо-деформированного состояния плавающей ледяной пластины при нестационарном воздействии на неё нагрузки. Здесь решены три основные задачи диссертационной работы.

После выбора основных физико-механических констант сплошной среды в **п.2.1**, ставится и решается задача о нестационарном движении по плавающей упругой пластине нагрузки с изменяющейся интенсивностью (**п.2.2**). Предполагается, что пластина плавает на свободной поверхности тяжелой, невязкой, несжимаемой жидкости конечной глубины. Решается начально-краевая задача для уравнения Лапласа для функции потенциала скоростей с граничными условиями на поверхности и дне водоёма и начальными условиями возникновения нагрузки. Рассматриваются линеаризованные кинематическое и динамическое условия на поверхности жидкости. После введения безразмерных переменных, формируется

объединённое условие теории волн малой амплитуды. Для конкретизации переменной нагрузки используется эмпирическое представление подъёмной силы в зависимости от скорости перемещения и времени. Решение ищется в виде распределения по поверхности жидкости двойного слоя, представленное интегралом Фурье. Представление нагрузки также интегралом Фурье позволяет по объединённому граничному условию получить линейное ОДУ 2-го порядка для нахождения функции плотности двойного слоя. Решение уравнения выполнено с использованием операционного исчисления. Далее по динамическому граничному условию на поверхности жидкости получено линейное ОДУ 2-го порядка для функции, определяющей форму поверхности жидкости – упругой пластины, решение которого ведётся также с использованием операционного исчисления.

По разработанному алгоритму выполнены расчёты для случаев взлёта и посадки различных самолётов в различных условиях и проведено сопоставление с экспериментальными данными и другими теоретическими моделями.

В п.2.3 решается задача об ударном варианте приложения нагрузки. Начальная нагрузка определяется эмпирической формулой вертикальной скорости при посадке самолёта. Рассматривается два варианта приложения нагрузки: импульс, растянутый по времени на малую, но конечную величину и импульс в форме δ -функции. Решение методом Фурье выполнено по схеме предыдущего пункта. Для первого варианта приложения нагрузки получены расчётные формулы и выполнены расчёты для конкретных самолётов в конкретных условиях.

В п.2.4 исследуется влияние переменной глубины водоёма на колебания плавающей упругой пластины под действием переменной нагрузки. Выбрана формула, описывающая наклонное дно и введена деформация продольной и вертикальной координаты, приводящая к геометрии с постоянной глубиной в этой системе. Далее, предполагая малость тангенса угла наклона дна по направлению продольной оси, строится асимптотическое разложение по этому малому параметру. Решение по отработанной ранее схеме выполнено до членов первого порядка. Как и ранее параграф завершается расчётами конкретных ситуаций для случаев взлёта и посадки в направлениях к и от берега.

В главе 3 приведена постановка эксперимента в опытовом бассейне по изучению колебаний плавающей пластины при движении нагрузки. В п.3.1 приведено описание опытового бассейна, в п.3.2 рассмотрена, выбрана и обоснована методика моделирования. В п.3.3 приведены описание и результаты эксперимента. Рассмотрены два режима движения нагрузки: ускорение и постоянная скорость; постоянная скорость и равномерное замедление. Выполнены испытания для различных скоростей движения модели нагрузки. Проведено сопоставление эксперимента и расчёта по разработанным алгоритмам, показавшее хорошее их соответствие.

В главе 4 разработаны рекомендации по использованию ледяного покрова в качестве ВВП с учётом ледовой обстановки. Рассмотрены варианты определения минимальной толщины ледяного покрова (п.4.1), влияние на минимальную толщину ледяного покрова режимов движения нагрузки (п.4.2), влияние на минимальную толщину глубины водоёма (п.4.3). В п.4.4 в результате информационно-патентного поиска собран обширный материал по вопросам упрочнения льда, на основании которого предложены новые способы повышения несущей способности ледяного покрова переправ, зимников и ледовых ВВП.

Замечания по содержанию и тесту диссертационной работы Матюшиной Анны Александровны.

1. На стр.48 при обезразмеривании уравнений в качестве характерной длины выбрана глубина водоёма H . При этом вариант $H \rightarrow \infty$ в задаче является некорректным пределом и с ростом H решение становится ошибочным, в то время как ВПП в полярных областях актуальны. При неопределённой форме геометрии возмущения берут характерный линейный размер, используемый при моделировании по Эйлеру $L = \sqrt[3]{P/\gamma}$ где P – весовое водоизмещение (вес), γ – объёмный вес воды.
2. Судя по условиям (2.6), (2.7) рассматривается безударный вариант посадки без объявления этого факта. Аналогичное замечание можно сделать к уравнениям (2.18) стр.53, (2.24) стр.57. Методами операционного исчисления решаются задачи Коши, поэтому такие тонкости обычно обговариваются.
3. На стр.47 нет пояснений к оператору ∇^4 , хотя для ∇^2 есть.
4. Стр. 49: формула (2.11) спорна (противоречит физике явления). Коэффициент подъёмной силы на взлёте и посадке почти постоянен и обычно имеет максимальную величину при включённой механизации крыла. Влияние не стационарности (апериодическое движение) сводится к появлению присоединённой инерции и рассмотрение движения в квазистационарной постановке считается оправданным. Подъёмная сила растёт пропорционально квадрату скорости. Формула же (2.11) даёт показательный закон роста подъёмной силы. По факту она растёт по параболе, т.е. всюду до взлёта подъёмная сила выше, чем по формуле (2.11).
5. На стр.56 по непонятной причине правая часть уравнения (2.24) названа подинтегральной функцией.
6. На стр.57 отмечается: «функцию прогиба ледяной пластины $w(x, y, t)$ будем искать в виде $w = w_1 + w_2$ » и далее идут выражения для этих величин без объяснения как они получены. Что это: результат применения операционного исчисления к уравнению (2.24)? Судя по этим выражениям опять взяты однородные условия?
7. На стр.68 после формулы (2.31) по непонятной причине индекс «у» (переменная в плоскости пластины) у скорости «и» определён как

вертикальная составляющая скорости (возможно, обычная путаница вертикальных осей в авиации (ось y) и кораблестроении (ось z)?).

8. На стр.71 для уравнения (2.40) опять не определены начальные условия ($w_1(0) = ?$, $w_1'(0) = ?$). Судя по формуле (2.43) они опять взяты однородными. Но в этой задаче (ударная постановка) $w_1'(0) \neq 0$!
9. В задаче (2.40) берётся правая часть 2-х видов (2.41) и (2.42). Далее расчёт выполнен для нагрузки (2.41). Не ясно, какой результат получен для нагрузки вида (2.42)?
10. Не удалось найти описание и пояснения к приложению 1 «Алгоритм вычисления напряжённо-деформированного состояния ледяного покрова при нестационарном воздействии на него нагрузки».

Подводя итог анализа диссертационной работы А.А. Матюшиной, можно отметить:

Научная новизна диссертационной работы на наш взгляд состоит в следующем:

- решена трёхмерная задача о деформировании плавающей упругой пластины под действием переменной нагрузки при ударном и безударном её приложении для случаев конечной постоянной и переменной глубины;

- разработаны алгоритмы расчёта напряжённо-деформированного состояния упругой пластины от воздействия на неё нагрузки переменной интенсивности;

- поставлен и проведён модельный эксперимент в опытовом бассейне по изучению изгибно-гравитационных волн в плавающей пластине, моделирующей ледовый покров водоёма от воздействия на него нагрузки с переменной скоростью.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит

в создании программного комплекса для оценки напряжённо-деформированного состояния ледяного покрова ВПП при нестационарном воздействии на него нагрузки, выдаче на основании проведённых расчётов рекомендаций по определению минимальной толщины ледяного покрова и влияния на него режимов движения и глубины водоёма.

Диссертация представляет собой законченное научное исследование, в котором актуальность, новизна и полнота постановки задач сочетаются с современным уровнем теоретических и экспериментальных исследований.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях и форумах. Результаты исследований опубликованы в 32 работах, в том числе в 2 статьях в журналах, входящих в список рекомендованных журналов ВАК.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Диссертация и автореферат хорошо оформлены и отвечают предъявляемым требованиям.

Диссертация по содержанию и оформлению удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (в ред. Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842) и паспорту научной специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела по физико-математическим наукам.

Автор диссертации Матюшина Анна Александровна заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела.

Главный научный сотрудник, заведующий кафедрой Прикладная математика
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им.
Р.Е. Алексеева»,
доктор физико-математических наук. профессор

Куркин Андрей Александрович

Профессор кафедры Прикладная математика ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
доктор физико-математических наук. профессор

Орлов Юрий Федорович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е. Алексеева»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24
8(831)4366393, e-mail: aakurkin@gmail.com

