

## ОТЗЫВ

официального оппонента Ивановой Юлии Евгеньевны на диссертационную работу Матюшиной Анны Александровны «Колебания плавающей упругой пластины при нестационарном воздействии на нее нагрузки», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

**Актуальность темы диссертации.** Ввиду активного освоения арктического шельфа с целью добычи полезных ископаемых, задача обеспечения постоянной аэронавигации в полярные районы является одной из важнейших. Обустройство взлетно-посадочных полос на льду способствует снижению затрат на строительство аэродромов. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов и математических моделей, позволяющих корректно определить условия, характеризующие возможность использования ледяного покрова с заданными параметрами в качестве взлетно-посадочных полос. Поэтому проведенное в диссертационной работе исследование воздействия самолета на плавающий ледяной покров, используемый в качестве взлетно-посадочной полосы, является актуальным.

**Оценка новизны.** Основные новые научные результаты работы:

1. Разработана трехмерная математическая модель деформирования ледяного покрова при взлете и посадке на него самолета, учитывающая изменения его скорости движения и давления на лед.
2. Решена новая трехмерная задача деформирования плавающего бесконечного ледяного покрова под нагрузкой от самолета при его взлете и посадке.
3. Разработан новый алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния ледяного покрова от воздействия на него нагрузки переменной интенсивности.

4. Проведены эксперименты по распространению изгибно-гравитационных волн в плавающем модельном льду при движении по нему нагрузки с переменной скоростью.

5. Даны рекомендации по толщине льда, используемого в качестве аэродрома.

6. Предложено несколько новых способов повышения несущей способности ледяного покрова.

Новые результаты получены одновременно в трех областях исследований, сформулированных в паспорте специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела»:

1) в области «Законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых»;

2) в области «Постановка и решение краевых задач для тел различной конфигурации и структуры при механических, электромагнитных, радиационных, тепловых и прочих воздействиях, в том числе применительно к объектам новой техники»;

3) в области «Экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях».

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность.**

Автором приведен достаточно широкий обзор публикаций в области исследования поведения ледяного покрова под действием динамических нагрузок. Изучены теоретические и экспериментальные данные отечественных и зарубежных ученых по вопросам деформирования ледяного массива. Автор достаточно корректно использует известный способ моделирования ледяного покрова бесконечной упругой пластиной, плавающей на слое идеальной жидкости конечной глубины. В работе диссертант грамотно использует известные модели механики деформируемого твердого тела, элементы

математического анализа. Обоснованность результатов теоретических расчетов, полученных автором, основывается на их согласованности с экспериментальными исследованиями. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований.

Основные результаты диссертации опубликованы в 32 работах, в том числе 2 в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, 6 статей проиндексированы в базах Scopus и Web of Science, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 монография, 7 патентов на изобретения РФ.

Апробация выносимых на защиту положений проведена на конференциях различного уровня.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость результатов исследования состоит в получении новых данных о колебаниях ледяного покрова при движении по нему нестационарной нагрузки, а также экспериментальной верификации результатов теоретических расчетов.

Практическая значимость связана с возможностью применения полученных результатов для оценки несущей способности ледяного покрова при обустройстве на нем взлетно-посадочных полос.

#### **Структура работы и основные научные результаты.**

Представленная диссертация изложена на 141 странице. По своей структуре диссертация состоит из списка использованных сокращений и обозначений, введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 207 наименований; содержит 64 рисунка, 4 таблицы и 1 приложение.

**Во введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, новизна работы, теоретическая и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приведен обзор исследований отечественных и зарубежных ученых по теме диссертации, рассмотрен практический опыт использования льда в качестве взлетно-посадочных полос, обобщены и

проанализированы известные способы повышения несущей способности ледяного покрова, сформулированы задачи исследования.

**Во второй главе** проведен выбор основных физико-механических характеристик льда; решена задача о нестационарном движении по плавающей упругой пластине нагрузки с изменяющейся интенсивностью, решена задача о деформировании ледяного покрова при движении по нему нагрузки с переменными скоростью и силой давления при воздействии ударной нагрузки, имитирующей посадочный удар и последующее равнозамедленное движение; исследовано влияние переменной глубины водоема на колебания упругой пластины при нестационарном движении по ней нагрузки. Проведены сравнения результатов расчетов с результатами, полученными другими авторами.

**Третья глава** посвящена экспериментальным исследованиям деформирования модельного льда, с целью верификации предложенной модели. Автор подробно описывает методику моделирования. Результаты сравнения экспериментальных и теоретических исследований позволили сделать вывод о достоверности построенной математической модели.

**В четвертой главе** приводятся рекомендации по определению минимальной толщины ледяного покрова при его использовании в качестве взлетно-посадочной полосы. Также предложены новые способы и устройства повышения несущей способности льда.

**Заключение** содержит основные результаты диссертационной работы.

**В приложении** представлен алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния ледяного покрова при нестационарном воздействии на него нагрузки.

Все главы диссертации взаимосвязаны, материал изложен логично, сделанные выводы обоснованы. Иллюстративный материал способствует пониманию и обоснованию основных положений диссертации.

**Список вопросов и замечаний по диссертации и автореферату.**

1. Научная новизна в диссертации представлена в виде списка полученных результатов без анализа именно "новизны" этих результатов.

2. Имеются неточности в оформлении: опечатки как в тексте, так и в формулах (стр. 46, 49, 54, 75, 101), пунктуационные и орфографические ошибки; на стр. 23 рис. 1.1 отсутствует шкала по оси ординат; на стр. 26 рис. 1.4, 1.5, стр. 29 рис. 1.7, 1.8 не подписана ось абсцисс; на стр. 60 рис. 2.2 неверно подписана ось абсцисс; на стр. 86 рис. 2.17, 2.18 по оси ординат прогибы измеряются не в метрах, а в миллиметрах, по оси абсцисс отложена неизвестная величина  $\xi'$ .

3. Уточните, пожалуйста, "соленость" – это физико-механическая или химическая характеристика.

4. Определите, пожалуйста, смысл используемых терминов: "ось нагрузки", "скорость движения силы". Такая терминология не типична для механики деформируемого твердого тела и требует дополнительных пояснений.

5. Список использованных сокращений и обозначений вынесен в начало диссертации и не дублируется в самой работе по мере появления величин в тексте, что затрудняет ее чтение. В диссертации есть величины, которые в ней не определены (например:  $S_1$  на стр. 68,  $\bar{n}$  на стр. 78, *idem* на стр. 91, стр. 93;  $F_g$  и  $C_h$  на стр. 92).

6. Из схемы задачи на стр. 47 рис. 2.1 и далее следует, что система координат совмещена не с самолетом в текущий момент времени, как пишет автор, а с самолетом в начальный момент времени.

7. Неясно, как получена формула для  $\left. \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right|_{z=0}$  на стр. 50, а именно появление функции  $\tanh(k)$ .

8. На стр. 53, стр. 71 автор пишет о дифференциальных уравнениях с постоянными коэффициентами, но входящие в уравнения коэффициенты зависят от переменной  $k$ . Правые части этих уравнений не являются

функциями только времени, как пишет автор, а зависят от всех переменных:  $x_1, y_1, t, k, \theta$ .

9. Требуется пояснений ситуация, когда одна и та же функция зависит от различного числа переменных. Так, на стр.56 давление, создаваемое нагрузкой представлено, как  $q(t)$  и  $q(x_1, y_1, t)$ .

10. На стр. 58 автор пишет о разложении косинуса суммы и синуса суммы, а затем интегрировании полученного выражения. Но ниже приводится только разложение, интегрирование проводится позже, после определения области интегрирования.

11. Неясно, учитывается ли касание переднего шасси самолета в задаче о совместном влиянии ударного импульса и последующего нестационарного движения нагрузки.

12. На стр. 80 при переходе к новым переменным неверно определена

частная производная по времени  $\xi = x - s = x - u(t)t, \eta = y, \zeta = \frac{z}{1 - \tanh(k)}$ , что

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial \xi}{\partial t} \frac{\partial}{\partial \xi} = \frac{\partial}{\partial t} + (-u - \dot{u}t) \frac{\partial}{\partial \xi}$$

влечет за собой ошибку в вычислении старших производных.

13. В тексте диссертации не приводятся значения критических скоростей, поэтому нет возможности оценить, приближаются ли скорости в экспериментах и в расчетах к этим значениям.

14. В тексте диссертации и автореферата автор не приводит описание численных расчетов, не указывает программное обеспечение, на котором проводились численные расчеты.

15. В списке литературы в диссертации и автореферате присутствует повторяющаяся публикация (116) и ее перевод на английский язык (198).

**Заключение.** Указанные недостатки не снижают достоинств рассматриваемой работы. Рецензируемая диссертация Матюшиной Анны Александровны «Колебания плавающей упругой пластины при нестационарном воздействии на нее нагрузки» выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеющую

важное научное и практическое значение. Автореферат на 24 стр. правильно и полно отражает содержание диссертации. Диссертация соответствует паспорту специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Колебания плавающей упругой пластины при нестационарном воздействии на нее нагрузки» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Матюшина Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Официальный оппонент

научный сотрудник лаборатории нелинейной динамики деформирования  
ФГБУН Института автоматизации и процессов управления Дальневосточного  
отделения Российской академии наук,  
кандидат физико-математических наук

Ю.Е. Иванова

16.05.2018

Адрес: 690041, г. Владивосток, улица Радио, д. 5.

Тел.: 8(423)2310214

E-mail: ivanova@iacp.dvo.ru

Подпись к.ф.-м.н. Ивановой Ю.Е. заверяю

Ученый секретарь ФГБУН Института

автоматики и процессов управления ДВО РАН

к.т.н.

С.Б. Змеу

