

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

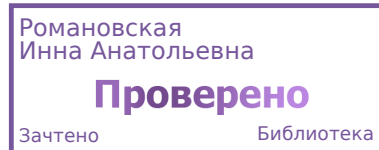
Овчинникова Полина Сергеевна

**Проектирование экспериментальной установки и исследование
идеи предельного перехода для оценки демпфирующих
характеристик судовых конструкций**

Направление подготовки

26.04.02 «Кораблестроение и океанотехника,
системотехника морской инфраструктуры»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**



2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Кораблестроение»
Журбина Ирина Николаевна

Рецензент

кандидат технических наук, доцент
Журбин Олег Владимирович, начальник
отделения диагностики искусственных
сооружений Дальневосточного филиала
ФАУ «РОСДОРНИИ»

Защита состоится 27 июня 2018 г. в 9 часов 00 мин. на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций по направлению 26.04.02 «Кораблестроение и океанотехника, системотехника морской инфраструктуры» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 222/3.

Автореферат разослан 20 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Е. И. Селиванов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Данная тема магистерской диссертации актуальна в связи с необходимостью повышения точности оценки влияния, демпфирующих характеристик судовых конструкций. Учет и оценка демпфирования имеют большое значение для судовых конструкций, так как внутреннее трение материала может послужить причиной возникновения очень опасных колебаний, которые в свою очередь могут угрожать прочности судовой конструкции.

Цель магистерской диссертации. Исследование идеи предельного перехода для определения коэффициентов, характеризующих демпфирующие свойства внутренней среды (материала) колеблющейся системы. Идея предельного перехода позволяет нам определить коэффициент внутреннего сопротивления стали. А также данная идея дает нам возможность перейти в предельное состояние колеблющейся конструкции, когда она не имеет размеров (т.е. площадь парусности конструкции равна нулю) и когда нет влияния сопротивления неупругой внешней среды (жидкости). Для колеблющейся конструкции затухание колебаний обуславливается только лишь наличием внутреннего сопротивления материала, а не ее особенностями.

Основные задачи магистерской диссертации. К основным задачам магистерской диссертации относятся:

- участие в проектировании экспериментальной установки для определения демпфирующих характеристик;
- выполнение теоретических и численных расчетов для определения демпфирующих характеристик;
- выполнение систематизации и анализа полученных результатов.

Объектом исследования является консольная балка. Левый торец балки жёстко закреплён, правый – свободен и имеет сосредоточенную массу в виде груза. Балка совершает колебательные движения. Для проведения экспериментов используются грузы с одинаковой массой, но с разными

площадями парусности. В общую площадь парусности входит также и площадь парусности самой балки без учёта перекрываемой части грузом. Между грузами жестко заземлен флажок.

Характеристика объекта и предмета исследования. Объектом исследования является тонкостенная конструкция балочного типа, колеблющаяся в различных средах. В рамках диссертационной работы будем рассматривать две внешние среды – воздух и воду.

Характеристика методологического аппарата. Теоретические и компьютерные методы при проектировании экспериментальной установки. Теоретические и численные методы при выполнении исследований демпфирующих характеристик.

Научная новизна магистерской диссертации. Научная новизна данной работы заключается в построении математической и численной модели на основе новой идеи предельного перехода.

Практическая ценность магистерской диссертации. Практическая ценность заключается в получении более точных демпфирующих характеристик материалов и конструкций, которые повысят точность расчетов прочности и надежности конструкций, взаимодействующих с внешней средой.

Апробация результатов

Участие в конференциях:

1. Овчинникова П. С., Журбина И. Н. Теоретические исследования колебаний балок с учетом демпфирующих характеристик конструкции // материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов / г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017.

2. Овчинникова П. С., Журбина И. Н. Особенности обработки результатов исследования колебаний балок с учетом демпфирующих характеристик конструкции // материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов / г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018.

На защиту выносятся:

- оценка влияния демпфирующих характеристик судовых конструкций;
- рассмотрение экспериментальной установки и исследуемых конструкций для определения демпфирующих характеристик;
- теоретическое исследование идеи предельного перехода;
- анализ полученных результатов в ходе экспериментов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи, определяются предмет, объект исследования, научная новизна и практическая ценность.

В первой главе приведен обзор и анализ литературных источников по теме исследования. А также здесь сформулирована проблема и поставлена задача исследования.

В расчётах тонкостенных конструкций все большее внимание уделяется пластическим и демпфирующим свойствам. Более подробное рассмотрение данных свойств полностью отражает реальные условия работы конструкции, а также механические свойства материала. Демпфирующие свойства материала заключаются в способности его рассеивать энергию при циклическом деформировании, и объясняется в механике неидеальной упругостью материала. Оценка и учет демпфирования имеют очень большое значение при определении амплитуд вынужденных колебаний в резонансной зоне. Для судовых конструкций этот вопрос является особо актуальным.

Описана идея предельного перехода, которая заключается в переходе колеблющейся конструкции в свое предельное состояние, когда у конструкции нет размеров (т.е. площадь парусности конструкции равна нулю) и нет влияния сопротивления неупругой внешней среды (например, окружающей жидкости). Эта идея позволяет сделать вывод, что для такой колеблющейся системы сопротивление (затухание колебаний)

обуславливается только наличием внутреннего сопротивления материала колеблющейся системы, а не особенностями конструкции.

Написаны основные задачи магистерской диссертации, а именно проектирование экспериментальной установки для определения демпфирующих характеристик, выполнение теоретических и численных расчетов для определения демпфирующих характеристик и выполнение систематизации и анализа полученных результатов.

Во второй главе изучена вибрация судовых конструкций в процессе эксплуатации корабля.

Рассмотрены задачи гидроупругости судовых конструкций, так как проблемы гидроупругости имеют большое значение при изучении местной и общей вибрации судна, динамического деформирования судовых конструкций при ударе о воду, тонких обшивок в потоке жидкости и т.п.

Выявлено, что главная роль при создании силового воздействия жидкости на упругую конструкцию принадлежит силам инерции, проявление этих сил обнаруживается в виде кажущегося возрастания инерции упругого тела. Появление звуковых и поверхностных волн, а также вязкость жидкости увеличивают демпфирование упругих колебаний.

Также в этой главе приведены основные особенности вибраций судовых пластин и рассмотрены наиболее опасные виды вибраций, таких как вибрации от валопровода и гребного винта.

Дана классификация способов снижения вибрации на судне. В эту классификацию входит соблюдение норм допуска на балансировку винтов и на расхождение их лопастей, центровка валопроводов и динамическая уравновешенность поршневых двигателей, увеличение зазора между обшивкой корпуса и кромкой винта. Также к способам снижения вибрации относится снижение действия на корпус пульсирующих давлений (например, покрытие участков днища в районе гребных винтов резиной или создание воздушной пелены между жидкой средой и обшивкой корпуса) и использование виброгасителей. Для снижения вибрации корабля уже на

стадии проектирования необходимо позаботиться о том, чтобы вибрация не превышала допустимых значений.

В третьей главе описана экспериментальная установка, а также объекты исследования. Экспериментальная установка позволяет произвести определение амплитудно-частотных характеристик, коэффициентов затухания и коэффициентов сопротивления внешнего и внутренней среды колеблющейся системы.



Рисунок 1 – Экспериментальная установка



Рисунок 2 – Чаша бассейна экспериментальной установки

В качестве объекта исследования рассматривается консольная балка. Левый торец балки жёстко закреплён, правый – свободен и имеет сосредоточенную массу в виде груза. Балка совершает колебательные движения. Для проведения экспериментов используются груза с одинаковой массой, но с разными площадями парусности. В общую площадь парусности входит также и площадь парусности самой балки без учёта перекрываемой части грузом.

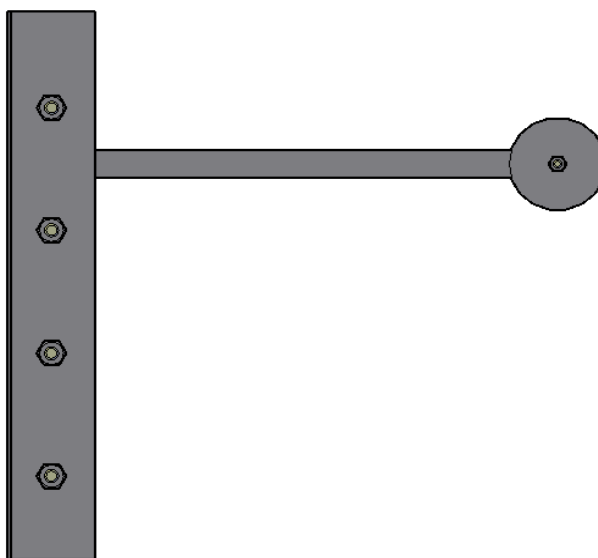


Рисунок 3 – Консольная балка

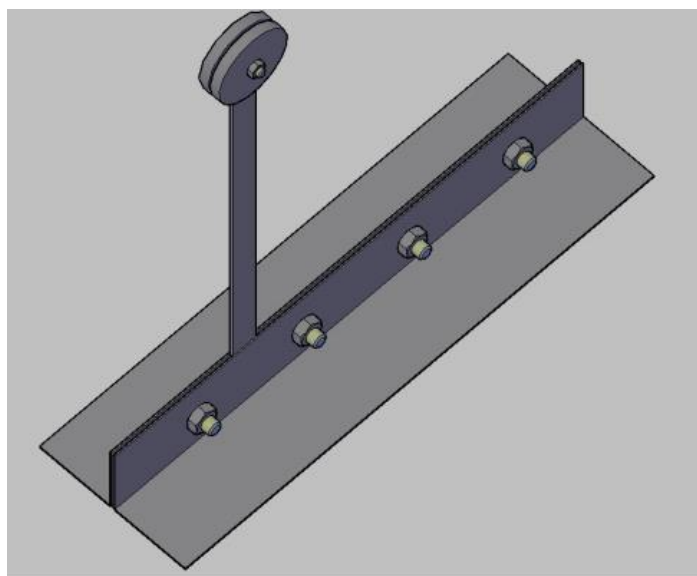


Рисунок 4 – 3D вид консольной балки

Груз на конце консольной балки имеет флажок, жестко закрепленный между моделями. В среде воздух показания экспериментов снимаются и с модели и с флажка. Это дает нам возможность найти связующий коэффициент погрешности флажка от модели. Знание погрешности, которую дает флажок, позволяет нам перейти к замерам в среде – вода. В среде – вода, с использованием коэффициента погрешности флажка от модели, мы можем ограничиться снятием показаний только с флажка.

Далее в этой главе рассмотрено неупругое сопротивление внутренней и внешней среды.

В процессе колебания на судовую конструкцию наиболее часто действует внешнее сопротивление среды, например, сопротивление забортной воды или жидких нефтепродуктов в отсеках танкеров и топливных цистернах судов других типов.

Жидкости, с которыми взаимодействуют судовые конструкции обладают внешними (по отношению к объекту) демпфирующими свойствами.

Важной задачей данной работы является получение коэффициентов сопротивления именно среды (внутренней или внешней). Коэффициент, зависящий от свойств внешней среды, может быть определен только экспериментально.

Установлено, что благодаря внутреннему трению происходит быстрое затухание свободных колебаний конструкций, резкое ограничение роста амплитуд вынужденных колебаний при резонансах, сильное снижение напряжений от импульсов и ударов в конструкциях с большим числом степеней свободы и выравнивание динамических напряжений в местах их концентрации.

Внутреннее трение является одной из важнейших динамических характеристик материала и конструкции. Чем больше внутреннее трение в конструкции, тем при прочих равных условиях она выгоднее для восприятия динамических воздействий.

Сделан вывод о том, что внутреннее трение может являться причиной опасных колебаний, угрожающих прочности конструкции.

Также в данной главе рассмотрены математические модели для учета демпфирующих характеристик колебаний конструкций.

Рассмотрено несколько подходов к изучению колебательных процессов – это экспериментальный и расчетно-экспериментальный подход изучения.

В настоящее время все большее распространение получает второй подход, при применении данного подхода возникает несколько проблем: отсутствие сведений о характеристиках внутреннего трения системы при проведении виртуального эксперимента и отсутствие количественной взаимосвязи между численным и натурным экспериментом.

Рассмотрены основные стадии расчетно-экспериментального подхода. На первом этапе проводится экспериментальное определение диссипативной характеристики системы.

На втором этапе при некоторых допустимых значениях параметров внутреннего трения системы, используемых при проведении виртуального эксперимента, находится значение диссипативной характеристики системы в процессе моделирования. Затем, решается задача о нахождении таких параметров внутреннего трения системы, при которых невязка между экспериментальными и расчетными значениями диссипативной характеристика системы была бы минимальной.

В качестве такой характеристики предлагается использовать амплитудно-частотную характеристику системы.

Для нахождения параметров внутреннего трения системы предлагается использовать такую диссипативную характеристику системы, как логарифмический декремент затухания.

В четвертой главе рассмотрена идея предельного перехода для определения демпфирующих характеристик для различных сред.

Рассмотрено несколько видов неупругого демпфирования среды – это неупругое демпфирование внутренней среды (т.е. «трение» внутри

материала) и неупругое демпфирование внешней среды (т.е. демпфирование окружающей вязкой жидкости).

Рассмотрены этапы определения демпфирующих характеристик конструкций.

Теоретически изучена идея предельного перехода. В точке предельного перехода площадь парусности конструкции равна нулю, это означает, что реальных размеров колеблющейся конструкции как бы и нет (предельное состояние по размерам конструкции), а значит, также и нет влияния масштабного фактора. Так как площадь парусности колеблющейся конструкции в точке предельного перехода равна нулю, то в этой точке как бы исчезает влияние сопротивления внешней среды (предельное состояние по влиянию внешней среды). В точке предельного перехода колеблющаяся конструкция как бы переходит в свое предельное состояние, когда у конструкции нет размеров (площадь парусности равна нулю) и нет влияния сопротивления неупругой внешней среды (например, окружающей жидкости). Для такой колеблющейся системы сопротивление (затухание колебаний) обуславливается только наличием внутреннего сопротивления материала колеблющейся системы, а не особенностями конструкции.

Использование данной идеи предельного перехода может позволить определить коэффициент внутреннего сопротивления стали как материала.

После анализа всех проведенных экспериментов построены графики и сделаны соответствующие выводы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная магистерская работа имеет следующие основные результаты:

- спроектирована экспериментальная установка и исследуемые конструкции;
- проведены экспериментальные исследования;
- рассмотрены колебания конструкции в двух различных средах (воздух и вода)
- найден коэффициент погрешности флажка от модели;
- проведен анализ амплитудно-частотных характеристик колебаний балки;
- По полученным экспериментальным данным построены графики демпфирующих характеристик от площади парусности;
- исследована идея предельного перехода.