

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Грушин Сергей Сергеевич

**Проектирование экспериментальной установки и исследование
демпфирующих свойств судовых конструкций,
колеблющихся в жидкости**

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

Доктор технических наук, профессор
Тарануха Николай Алексеевич

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. Тема актуальна в связи с необходимостью повышения точности оценки влияния жидкости на параметры колебания судовых конструкций в жидкости.

Целью данной работы является исследование демпфирующих характеристик внешней и внутренней среды для колеблющихся в жидкости конструкций с помощью теоретических и экспериментальных методов.

Основные задачи магистерской диссертации:

- 1 Участие в проектировании и изготовлении экспериментальной установки для определения демпфирующих характеристик;
- 2 Участие в разработке и отладке технологии выполнения экспериментов;
- 3 Выполнение теоретических расчетов и экспериментов для определения демпфирующих характеристик;
- 4 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 закреплён флажок.

Характеристика объекта и предмета исследования. Объектом исследования являются тонкостенные конструкции балочного типа из различных материалов (не менее двух видов), колеблющиеся в различных жидкостях (не менее двух видов).

Характеристика методологического аппарата. Теоретические и компьютерные методы при проектировании экспериментальной установки.

Теоретические и экспериментальные методы при выполнении исследований демпфирующих характеристик.

Научная новизна магистерской диссертации. Научная новизна данной работы заключается в получении новых демпфирующих характеристик материалов и конструкций на основе новой идеи предельного перехода.

Практическая ценность магистерской диссертации. Практическая ценность заключается в получении более точных демпфирующих характеристик материалов и конструкций, что важно для выполнения практических расчетов.

Предполагаемое внедрение (использование результатов магистерской диссертации). Внедрение в учебный процесс и выполнение научных грантов.

На защиту выносятся:

- предложенная методика по работе с прибором – виброметр;
- предложенная методика по работе с программой Polytec Vibrometer Software;
- чертежи установки с подробным описанием ее деталей;
- совокупность результатов научных исследований характеристик конструкции в различных средах;
- анализ полученных результатов в ходе экспериментов.

Апробация работы.

Участие в конференциях:

1. Грушин С. С., Тарануха Н. А.. Проектирование экспериментальной установки и исследование демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости // материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов / г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017.

1. Грушин С. С., Тарануха Н. А. Разработка, проектирование, изготовление и использование экспериментальной установки для

исследования демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости // материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов / г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе представлена история и методология исследования демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости.

Прежде всего, следует сказать, что расчет колебаний судовых конструкций, а также определение амплитудно-частотных характеристик связанной колебательной системы «конструкция-жидкость» с учетом вязкого демпфирования – это важные вопросы в изучении демпфирующих свойств судовых конструкций, которые требуют отдельного внимания в наши дни. Для изучения этих вопросов, а также более детального понимания физики колебаний сложных судовых конструкций необходима конструкция, которую необходимо взять как образец простой и понятной конструкции на судне – к примеру, обычная балка. Также необходима установка, где можно имитировать различные среды вязкости, в которых может находиться данная конструкция, к примеру: воздух, вода, машинное масло или дизельное топливо.

Для этой задачи необходима экспериментальная установка, с помощью которой можно проводить экспериментальные исследования гидроупругого взаимодействия жидкости и колеблющейся в ней механической конструкции с учетом сопротивления, а также определение параметров сопротивления при свободных гидроупругих колебаниях механической системы.

Во второй главе выполнено описание экспериментальной установки.

Экспериментальная установка была спроектирована, разработана и изготовлена на базе Дальневосточного опытового бассейна КнАГУ. Она предназначена: для определения параметров свободных гидроупругих колебаний механической системы с точечной массой на свободном конце; позволяет произвести определение амплитудно-частотных характеристик.

На рисунке 1.1 схематически изображена опытная экспериментальная установка. Она предназначена для определения параметров сопротивления при свободных гидроупругих колебаниях консоли, с точечной массой на свободном конце. Данная установка позволяет произвести расчет амплитудно-частотных характеристик, коэффициентов затухания и коэффициентов сопротивления внешней и внутренней среды колеблющейся системы.

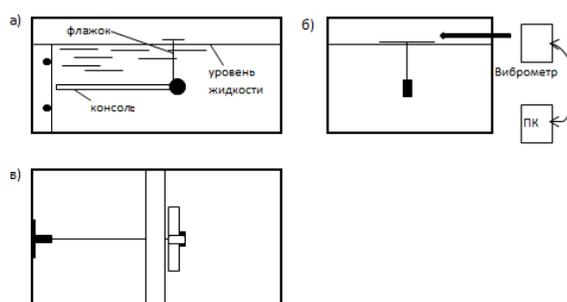


Рисунок 1.1 – Схема экспериментальной установки:

(а) – вид справа; (б) – вид спереди; (в) – вид сверху

Краткое описание установки: левый торец балки жёстко закреплён, правый – свободен и имеет сосредоточенную массу в виде груза. Балка совершает колебательные движения в направлении оси u .

На рисунке 1.2 представлен 3D вид экспериментальной установки.

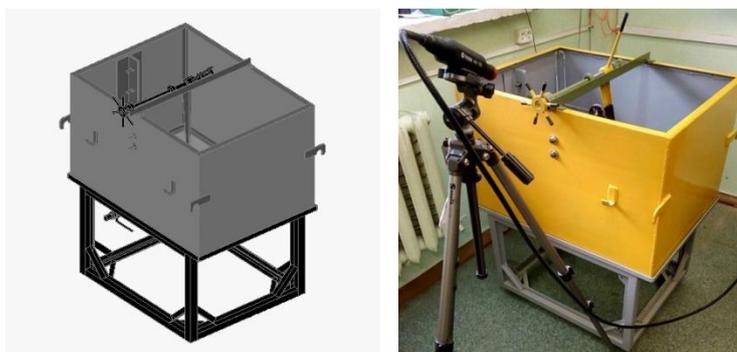


Рисунок 1.2 – Экспериментальная установка

(а) - 3D вид; (б) – фотография экспериментальной установки

Для удобства рассмотрения экспериментальная установка была условно разбита на четыре «отдельных комплекса деталей» таких как:

- чаша бассейна;
- привод взвода максимального отклонения балки;
- подставка для установки;
- консоль.

Рассмотрим каждый «комплекс» по отдельности более подробно.

1 Чаша бассейна предназначена для создания рабочей среды, в которой будут выполнены исследования.

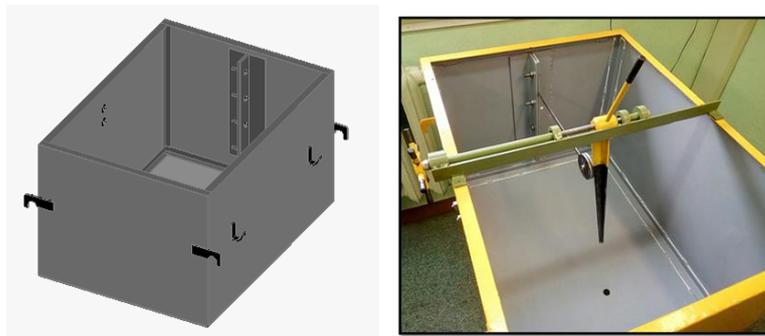


Рисунок 1.3 - Чаша бассейна

(а) - 3D вид; (б) – фотография чаши бассейна

Состоит из отдельных деталей таких как:

- сваренные листы стали, подкрепленные между собой уголками;
- устройство заземления, прикрепляющее консоль;
- упоры для возможности ручной переноски;
- сливное устройство - предназначено для удаления «отработанных сред» из экспериментальной установки.

2 Привод взвода максимального отклонения балки предназначен для отклонения системы из положения равновесия.



Рисунок 1.4 - Привод взвода максимального отклонения балки
 (а) - 3D вид; (б) – фотография привода взвода максимального отклонения балки

Состоит из отдельных деталей таких как:

- уголок опорный;
- два упорных подшипника;
- три опорных подшипника;
- регулятор отклонения балки;
- вал для регулятора отклонения балки;
- спусковой механизм.

3 Подставка под установку предназначена для удержания на месте всей экспериментальной установки.



Рисунок 1.5 - Подставка под установку
 (а) - 3D вид; (б) – фотография подставки под установку

Состоит из следующих деталей:

- профильные балки, сваренные между собой и подкрепленные уголками;
- сваренные между собой уголки для удержания чаши бассейна в неподвижном состоянии во время работы.

4 Консоль

Консоль необходима для определения параметров свободных гидроупругих колебаний механической системы с точечной массой на свободном конце.

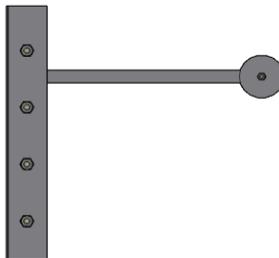


Рисунок 1.6 – 3D вид консольной балки

Состоит консоль из:

- балки, жестко закрепленной устройством защемления;
- модели, придающие консоли точечную массу.

Третья глава посвящена описанию экспериментальных исследований демпфирующих свойств судовых конструкций. Разработана методика анализа и сравнение амплитудно-частотных характеристик консоли с флажком и без флажка.

Замеры характеристик велись прибором – виброметр. Принцип работы виброметра заключается в следующем – луч прибора отражается от консоли и возвращается обратно, тем самым измеряя амплитудно-частотные характеристики, параллельно передает данные в программу Polytec Vibrometer Software, установленную на компьютере.

На рисунке 1.7 представлен пример построения графика колебаний программе Polytec Vibrometer Software

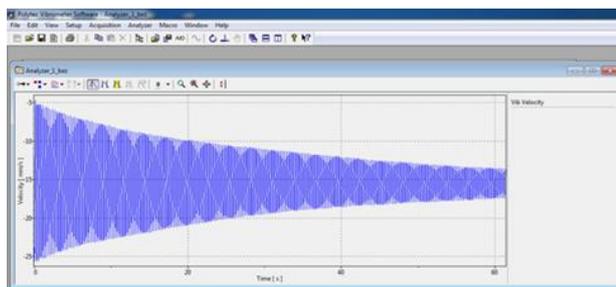


Рисунок 1.7 – График амплитудно-частотных характеристик консоли выполненный в программе Polytec Vibrometer Software

После замеров данных виброметром и получения графика в программе Polytec Vibrometer Software, необходимо выполнять точные расчеты и вычисления, однако программа Polytec Vibrometer Software не дает в полной мере выполнять эти действия. Для дальнейшего исследования необходимо перевести значения амплитудно-частотных характеристик в более технологичную платформу. Выполняем конвертирование, сортировку необходимых для изучения и преобразование результатов в программе Word Excel, а затем построение графиков амплитудно-частотных характеристик. Таким образом, мы получаем точно скопированный график с программы Polytec Vibrometer Software, только теперь с ним более привычно и удобно работать.

Далее выполняем вычисление периодов колебаний балки на каждой секунде эксперимента (эксперимент выполняется шестьдесят секунд), и определяем, в какой промежуток времени колебания балки являются устоявшимися. В диапазоне от 18 секунды до 22 секунды, колебания начинают преобразовываться из ломанных линий (лишние шумы) в «плавные», тем самым упрощая замеры периодов и амплитуд колебания. В 90 % случаев устоявшиеся колебания появляются на 20-ой секунде эксперимента.

Таким образом, для успешного продолжения экспериментов, необходимо выполнить модернизацию самой экспериментальной установки, а именно, прикрепление флажка на консоль с точечной массой на свободном конце. Это позволит нам выполнять замеры в таких средах как вода, дизельное топливо и машинное масло, так как сама конструкция балки с массой будет погружена в жидкость. Также были выполнены правки флажка, который крепится на консоль балки. Для этого замеры в среде «воздух» были выполнены с двух точек, «на массе» и «на флажке». Расчеты показали, что коэффициент погрешности флажка, с помощью которого далее будут выполняться эксперименты, равен 2%, что допустимо в пределах измерений.

Для построения точки предельного перехода в среде «воздух», к которой мы стремимся, нам необходимо было выполнить вычисление декремента затухания балки, но так как частота измерения виброметра слишком велика, было выполнено осреднение полученных значений, для проверки и избавления от «лишних шумов». Было выполнено сравнение полученных данных с фактическими данными с одного замера, на конкретном промежутке времени – это была 20 секунда. В результате были получены погрешности, не превышающие 2 % от фактических данных.

Из проведенного анализа следует, что данные погрешности необходимо учитывать при подведении итогов исследования, построения графиков точки предельного перехода и дальнейшего исследования амплитудно-частотных характеристик конструкций.

График расчета периода колебаний балки на 20-ой секунде замера представлен на рисунке 1.8



Рисунок 1.8 - График расчета периода колебаний балки на 20-ой секунде замера

Для построения приблизительной точки предельного перехода в среде «воздух», нам необходимо было выполнить вычисление декремента затухания балки, но так как частота измерения виброметра слишком велика, было выполнено осреднение полученных значений и сравнение их с фактическими данными с одного замера на конкретном промежутке времени.

Сравнение декремента осредненных значений на 20 секунде (Фактические и осредненные данные) представлены на рисунке 1.9

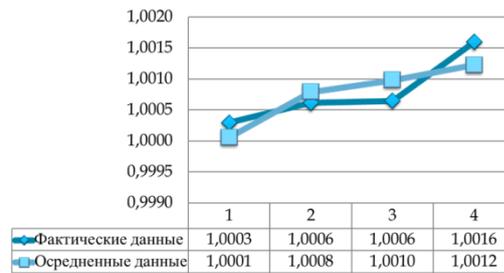


Рисунок 1.9 - Сравнение декремента осредненных значений на 20 секунде

После выполнения данных расчетов можем переходить к выполнению замеров в следующей среде исследования, а именно – «вода».

В данной среде, было выявлено возникновение нового явления – биение. Для проведения следующих замеров на консоли в других средах экспериментальную установку необходимо улучшить. Для этого было предложено обклеить стенки конструкции резиновым покрытием.

Заключение

В данной работе выполнено проектирование, изготовление и описание экспериментальной установки. Изучение и практическое применение программы Polytec Vibrometer Software и прибора – виброметра, для исследования демпфирующих свойств жидкости.

По полученным экспериментальным данным были построены графики амплитудно-частотных характеристик в среде «воздух и вода».

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Грушин С.С., Тарануха Н. А. Проектирование экспериментальной установки и исследование демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости// Материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. - г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017.

2 Грушин С. С., Тарануха Н. А. Разработка, проектирование, изготовление и использование экспериментальной установки для исследования демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости // материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / г. Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018.