

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **2 840 935** (13) С1(51) МПК
[G01M 10/00 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.06.2025)

Пошлина: учтена за 5 год с 31.05.2028 по 30.05.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 31.05.2028 по 30.05.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 31.05.2029 по 30.11.2029 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

[G01M 10/00 \(2025.01\)](#); [G01H 13/00 \(2025.01\)](#)(21)(22) Заявка: [2024114912](#), 30.05.2024(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.05.2024Дата регистрации:
30.05.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **30.05.2024**(45) Опубликовано: [30.05.2025](#) Бюл. № **16**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Макаров К.Н., Юрченко Е.Е., Бирюкбаев Э.К., Юрченко В.Е.**
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ И ЗДАНИЙ НА МАЛОРАЗМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ; Вестник МГСУ, 2021, т. 16. 11, с. 1452-1461, фиг. 2. Makarov K. et al., 3-D simulation of an artificial island at the mouth of the Sochi river // AIP Conference Proceedings. - AIP Publishing, 2022. - v. 2559. - 1 (pp. 2-3, fig. 1). RU 83480 U1, 10.06.2009. SU 363885 A1, 25.12.1972. SU 1482999 A1, 30.05.1989. SU 1430778 A1, 15.10.1988. SU 296974 A1, 02.03.1971. SU 918921 A1, 07.04.1982. EP 4400824 A1, 17.07.2024.

Publishing, 2022. - v. 2559. - 1 (pp. 2-3, fig. 1). RU 83480 U1, 10.06.2009. SU 363885 A1, 25.12.1972. SU 1482999 A1, 30.05.1989. SU 1430778 A1, 15.10.1988. SU 296974 A1, 02.03.1971. SU 918921 A1, 07.04.1982. EP 4400824 A1, 17.07.2024.

Адрес для переписки:

354000, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Пластунская, 94, ФГБОУ ВО "Сочинский государственный университет", отдел сопровождения научно-исследовательской деятельности

(72) Автор(ы):

**Макаров Константин Николаевич (RU),
Юрченко Елена Евгеньевна (RU),
Юрченко Евгений Анатольевич (RU),
Дмитриев Юрий Анатольевич (RU),
Юрченко Василиса Евгеньевна (RU),
Бирюкбаев Эрик Кайратович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сочинский государственный университет" (RU)

(54) **Лабораторный стенд для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений**

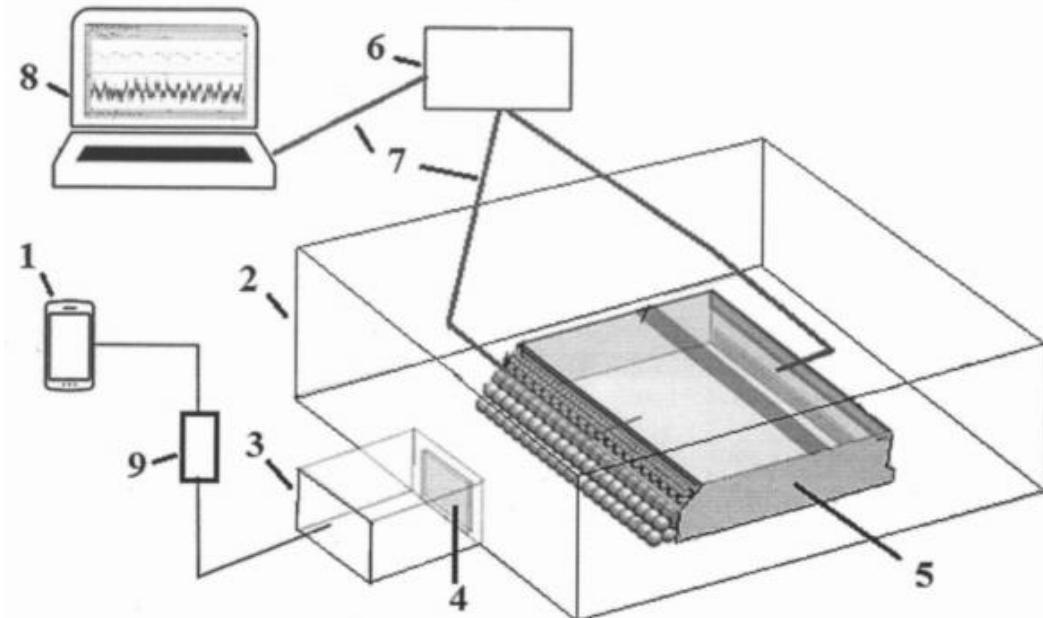
(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике. Лабораторный стенд для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений содержит модель гидротехнического сооружения, помещенную в емкость

с дистиллированной водой и соединенную через приемное устройство с входом двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока, программируемый генератор колебаний звуковой частоты, передающий сформированный электрический сигнал на источник механических колебаний – электроакустический преобразователь, приемное устройство, двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока, компьютер, работающий в режиме осциллографа, регистрирующий амплитудно-частотные характеристики колебаний, по которым определяются резонансные частоты малоразмерной модели гидротехнического сооружения, соединительные провода. Генератор колебаний звуковой частоты выполнен с возможностью формирования колебаний звуковой частоты в диапазоне частот 0-400 Герц, двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока размещен в замкнутом металлическом корпусе и выполнен с чувствительностью по напряжению на входе не менее 200-300 микровольт. Технический результат – создание лабораторного стенда для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений.

3 ил.,

1 табл.



Фиг. 1

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области физического моделирования реакций гидротехнических сооружений на колебания, вызванные волнами на воде. В процессе испытаний на лабораторном стенде измеряются амплитуды и частоты колебаний малоразмерной модели сооружения, возникающих под действием волн. По максимальным значениям амплитуд на осциллограмме в спектре генерируемых частот выявляются резонансные частоты колебаний, которые должны быть исключены в процессе эксплуатации гидротехнического сооружения.

Применение разработанного лабораторного стенда позволяет еще до начала строительства гидротехнических сооружений экспериментально определять их оптимальные параметры (размеры, массу, форму), при которых не возникают резонансные явления, с использованием исключительно малоразмерных моделей, что упрощает процесс проектирования гидротехнических сооружений и повышает его эффективность.

Предлагаемый метод определения резонансных частот колебаний малоразмерных моделей гидротехнических сооружений на лабораторном стенде может найти широкое применение в гидротехнической отрасли.

Уровень техники

Физическое моделирование процессов взаимодействия гидротехнических сооружений с волнами хорошо известно [1, 2], в том числе известно стендовое определение устойчивости или перемещений моделей таких сооружений при динамическом воздействии гидродомкратами:

Известна установка для испытания устойчивости морских гидротехнических сооружений, содержащая грунтовый лоток, заполненный водой, буксировочную тележку с приводом перемещения вдоль лотка, а также динамометрическую и

регистрирующую аппаратуру, при помощи которой измеряется силовая нагрузка на испытуемую модель сооружения, оказываемая через гидродомкраты [3]. Недостатком установки является отсутствие возможности определения частот колебаний испытуемой модели, возникающих при механическом воздействии.

Известен стенд для испытания моделей гидротехнических сооружений на сейсмическое воздействие, содержащий опорную пластину для жесткого крепления модели сооружения, а также гидроцилиндры и гидродомкраты для оказания силового воздействия на модель [4]. Данный стенд имеет аналогичный недостаток - отсутствие возможности определения частот колебаний испытуемой модели, возникающих при механическом воздействии.

Известны стенды, позволяющие определять частотные характеристики общестроительных конструкций при механическом воздействии, но не позволяющие моделировать реальные условия эксплуатации гидротехнических сооружений (в том числе волновое воздействие в водной среде, которое вызывает механические колебания таких сооружений).

Например, известно устройство для неразрушающего контроля качества готового железобетонного изделия [5], включающее исследуемое железобетонное изделие, закрепленное на опорах; излучатель механических колебаний; приемник, преобразующий механические колебания изделия в электрический сигнал; цифровой вольтметр и электронный осциллограф для регистрации амплитудно-частотной характеристики колебаний и определения резонансной частоты изделия. Также известно устройство для неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций блочного типа [6], принцип работы которого аналогичен принципу работы устройства [5]. Также известно устройство для неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций балочного типа [7], включающее исследуемое железобетонное изделие, закрепленное на опорах; излучатели продольных и поперечных механических колебаний; приемники, преобразующие механические колебания изделия в электрический сигнал; цифровой вольтамперметр и электронный осциллограф для регистрации амплитудно-частотной характеристики колебаний и определения резонансной частоты изделия.

Помимо невозможности моделирования волнового воздействия в водной среде, недостатком вышеуказанных устройств является то обстоятельство, что они предназначены для испытаний полномасштабных конструкций, а не их малоразмерных моделей, что не позволяет использовать предложенный подход для испытаний гидротехнических сооружений, каждое из которых, как правило, представляет собой не отдельный конструктивный элемент, а совокупность большого количества соединенных друг с другом элементов, и вследствие этого имеет значительные размеры и массу.

Наиболее близким к заявляемому лабораторному стенду является устройство [8 - 10], позволяющее определять резонансные частоты малоразмерных моделей гидротехнических сооружений и включающее испытуемую модель, емкость с дистиллированной водой, источник механических колебаний, состоящий из генератора синусоидальных волн и электроакустического преобразователя, приемное устройство, преобразующее механические колебания модели в электрический сигнал и представляющее собой либо два электрода (для испытаний моделей, изготовленных из электроупругих материалов), либо электромагнитный датчик (для испытания моделей, изготовленных из ферромагнитных материалов или содержащих отдельные элементы, изготовленные из таких материалов), микрофонный усилитель низких частот (двукаскадный микрофонный усилитель переменного тока), компьютер, работающий в режиме осциллографа.

Принцип действия устройства заключается в воздействии волн, возникающих в водной среде из-за механических колебаний звуковой частоты, на малоразмерную модель гидротехнического сооружения, которая в данных условиях выполняет функцию механического резонатора, колеблющегося на собственных вынужденных частотах, с последующим преобразованием колебаний модели в переменный электрический ток, усилением тока и анализом амплитудно-частотных характеристик колебаний модели с целью выявления максимальных амплитуд колебаний и соответствующих им значений резонансных частот спектра колебаний.

К недостаткам указанного устройства относятся:

- возможность изучения влияния на модель волн только одной формы - синусоидальной, в то время как в реальных условиях на гидротехнические сооружения могут воздействовать волны самых разных форм - синусоидальной, прямоугольной, треугольной и т.д.,

- незащищенность от влияния индустриальных электрических помех, неизбежных при проведении испытаний в городской среде и в ряде случаев вызывающих

значительные погрешности при регистрации амплитудно-частотных характеристик колебаний малоразмерной модели,

- низкая интенсивность волнового воздействия на модель, обусловленная малой мощностью генератора колебаний, не позволяющая в ряде случаев получить достоверные регистрационные записи спектра колебаний.

Раскрытие сущности изобретения

Задачей изобретения является конструирование такого лабораторного стенда для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений при волновом воздействии в водной среде, который позволяет изучать поведение моделей при воздействии волн разных форм, надежно защищен от влияния индустриальных электрических помех и обеспечивает интенсивность волнового воздействия, достаточную для получения достоверных записей спектра колебаний модели.

Технический результат достигается тем, что перечисленные выше компоненты устройства [8-10] изменяются следующим образом:

генератор волн, входящий в состав источника механических колебаний, выполняется в виде программируемого генератора колебаний звуковой частоты, позволяющего формировать колебания звуковой частоты различных форм - синусоидальной, треугольной и прямоугольной, в диапазоне частот 0-400 Герц,

микрофонный усилитель низких частот (двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока) размещается в замкнутом металлическом корпусе и выполняется с чувствительностью на входе не менее 200-300 микровольт, что позволяет уменьшить влияние индустриальных электрических помех и одновременно увеличить чувствительность измерений,

электроды, соединяющие двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока с малоразмерной моделью гидротехнического сооружения, а также провода, соединяющие двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока с электромагнитным датчиком и компьютером, выполняются из экранированного коаксиального кабеля, что позволяет уменьшить влияние индустриальных электрических помех.

Кроме того, к устройству добавляется новый компонент - усилитель мощности колебаний звуковой частоты, который подключается между программируемым генератором колебаний звуковой частоты и электроакустическим преобразователем. К выходу программируемого генератора усилитель подключается проводами, выполненными из экранированного коаксиального кабеля. К входу электроакустического преобразователя усилитель подключается неэкранированными проводами. Усилитель мощности колебаний звуковой частоты позволяет усиливать генерируемые колебания до уровня значений напряжения 6 Вольт, что обеспечивает достаточную для получения достоверных результатов интенсивность волнового воздействия на модель.

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения поясняется графическими материалами, на которых представлены варианты компоновки лабораторного стенда в зависимости от природы материалов, из которых изготовлены малоразмерные модели. Данные варианты отличаются друг от друга приемным устройством, преобразующим механические колебания модели в электрический сигнал.

В том случае, если модель изготовлена из материалов, обладающих электроупругими свойствами (например, из пластика «ABS» или полиметилметакрилата - органического стекла), в качестве приемного устройства используются два электрода, расположенные на ее поверхности и подключенные к входу двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока. Преобразование механических колебаний такой модели в электрический сигнал осуществляется путем улавливания электродами, контакты которых находятся в непосредственной близости от поверхности модели, но не касаются ее, колебаний электрического поля, возникающих на поверхности модели и в пространстве в непосредственной близости от этой поверхности [8, 11]. Во избежание короткого замыкания электродов между собой в качестве передаточной среды для распространения волн в лабораторном стенде используется дистиллированная вода.

Компоновка лабораторного стенда для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений, которые выполнены из материалов, обладающих электроупругими свойствами, представлена на фиг. 1 и фиг. 3.

В том случае, если модель изготовлена из материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, или содержит дополнительные элементы, изготовленные из таких материалов, в качестве приемного устройства используется

электромагнитный датчик, располагаемый возле поверхности модели и соединенный с входом двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока.

Дополнительные элементы, изготовленные из ферромагнитных материалов, присоединяются к тем моделям, которые не могут самостоятельно генерировать колебания электрического или магнитного полей при механическом воздействии (например, к моделям, изготовленным из бетона, песка и т.д.). В качестве таких дополнительных элементов могут использоваться тонкие стальные пластины, которые практически всегда имеют остаточную намагниченность, обусловленную влиянием магнитного поля Земли (и в некоторых случаях - особенностями процессов их изготовления [12]), или постоянные магниты пластинчатой формы. Преобразование механических колебаний такой модели в электрический сигнал осуществляется путем улавливания электромагнитным датчиком колебаний магнитного поля, возникающих в ее объеме.

Компоновка лабораторного стенда для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений, которые выполнены из материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, или содержит дополнительные элементы, изготовленные из таких материалов, представлена на фиг. 2.

На фиг. 1 и фиг. 2 цифрами обозначены:

1 - Программируемый генератор колебаний звуковой частоты различных форм в диапазоне частот 0-400 Герц (на базе микрокомпьютера с операционной системой «Android»).

2 - Открытая емкость объемом 80 литров с круглым отверстием в торцевой стенке, предназначенном для обеспечения контакта с электроакустическим преобразователем, частично заполненная дистиллированной водой.

3 - Электроакустический преобразователь, установленный на торцевой стенке емкости напротив отверстия.

4 - Водонепроницаемая мембрана из полимерного материала (полипропилена).

5 - Малоразмерная модель гидротехнического сооружения, установленная на слой морского песка и погруженная в дистиллированную воду.

6 - Двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока в замкнутом металлическом корпусе (коэффициент усиления единичного каскада: до 100000 раз; чувствительность на входе: не менее 200-300 микровольт). Усилитель имеет два идентичных канала усиления; на выходе каждого канала имеется регулятор амплитуды сигнала; питание усилителя - автономное батарейное (12 Вольт). Каскады усилителя связаны через электролитические конденсаторы емкостью по 47 микрофарад каждый.

7 - Соединительные провода, выполненные из экранированного коаксиального кабеля, соединяющие двухкаскадный микрофонный усилитель с компьютером, а также:

- с поверхностью малоразмерной модели гидротехнического сооружения (в компоновке, представленной на фиг. 1 эти провода выполняют функцию электродов и закрепляются на поверхности модели).

- с электромагнитным датчиком, расположенным на поверхности модели (в компоновке, представленной на фиг. 2).

8 - Компьютер (с частотной характеристикой звуковой карты 20-20000 Герц), работающий в режиме осциллографа, регистрирующий амплитудно-частотные характеристики потенциалов, возникающих:

- на электродах (одновременно с двух пар электродов по двум каналам, в компоновке, представленной на фиг. 1),

- в электромагнитном датчике (по одному каналу, в компоновке, представленной на фиг. 2).

9 - Усилитель мощности колебаний звуковой частоты, выполненный на микросхеме TDA 2003 (K174УН14) с автономным питанием 12 Вольт (микросхема может отдавать в нагрузку мощность до 10 Ватт при сопротивлении нагрузки 2 Ом и напряжении питания до 18 Вольт). Усилитель имеет регулировку амплитуды входного сигнала; мощность усилителя достаточна для обеспечения работы электроакустического преобразователя мощностью до 10 Ватт.

10 - Электромагнитный датчик (в компоновке, представленной на фиг. 2). Датчик представляет собой ферромагнитный сердечник, изготовленный из магнитодиэлектрика - ферритовых пластин, соединенных между собой. На сердечник намотан медный одножильный провод в эмалевой изоляции (сопротивление провода - 52 Ом); сердечник помещен в водонепроницаемый корпус.

На фиг. 3 представлена фотография компоновки лабораторного стенда, используемой для определения резонансных частот малоразмерных моделей

гидротехнических сооружений, которые выполнены из материалов, обладающих электроупругими свойствами (соответствует компоновке, представленной на фиг. 1).

Осуществление изобретения

Лабораторный стенд работает следующим образом:

Исходный сигнал звуковой частоты поступает с выхода программируемого генератора колебаний звуковой частоты (1) на вход усилителя мощности колебаний звуковой частоты (9), где усиливается до уровня значения напряжения 6 Вольт и далее поступает на вход электроакустического преобразователя (3). Динамическая головка электроакустического преобразователя прикреплена к торцевой стенке емкости (2); диаметр отверстия в торцевой стенке емкости равен диаметру диффузора электроакустического преобразователя; отверстие закрыто водонепроницаемой мембраной (4); места соединений загерметизированы. Механические колебания диффузора динамической головки передаются в воду через воздушную прослойку, заключенную между диффузором головки и водонепроницаемой мембраной. Назначением воздушной прослойки является исключение непосредственного контакта динамической головки с водной средой. Механические колебания воды вызывают появление волн на ее поверхности, которые воздействуют на расположенную в емкости малоразмерную модель гидротехнического сооружения (5). Под действием волн в модели возникают переменные механические деформации - растяжение, сжатие, изгиб, кручение, то есть колебания различных форм, которые после преобразования приемным устройством - электродами (7) или электромагнитным датчиком (10), в виде переменного электрического тока передаются на вход двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока (6). Далее усиленный сигнал поступает с выхода усилителя на линейный двухканальный вход звуковой карты компьютера, работающего в режиме осциллографа (8), где оцифровывается и обрабатывается прикладной программой анализа электрических колебаний звуковой частоты в среде операционной системы Windows или операционной системы Linux (в операционной системе Linux в качестве такой прикладной программы используется программа «Oscilloscope»). Результаты обработки представляются в форме амплитудно-частотной характеристики колебаний модели.

В таблице 1 представлены резонансные частоты некоторых выполненных в масштабе малоразмерных моделей гидротехнических сооружений, определенные при помощи разработанного лабораторного стендса, в сопоставлении с резонансными частотами этих же моделей и их полномасштабных прототипов, которые рассчитаны методом имитационного математического моделирования собственных частот колебаний. Видно, что результаты физического (на стенде) моделирования достаточно близки к результатам математического моделирования (в том числе к частотным характеристикам полномасштабных прототипов моделей) и отчасти совпадают с ними, что свидетельствует о их достоверности.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработанный лабораторный стенд позволяет проводить испытания малоразмерных моделей гидротехнических сооружений, изготовленных из материалов, обладающих электроупругими свойствами, а также материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, или содержащих дополнительные элементы, изготовленные из таких материалов, с получением амплитудно-частотных характеристик их реакций на внешнее механическое воздействие.

2. Результаты испытаний моделей гидротехнических сооружений на лабораторном стенде позволяют выявлять те вынужденные частоты или диапазоны частот колебаний, которые при волновом воздействии оказываются резонансными, что дает возможность путем изменения массы или формы сооружений выводить их за пределы резонансного диапазона в безопасный диапазон частот. Для выявления в спектрах колебаний безопасных (не резонансных) диапазонов частот возможно проведение повторных испытаний на малоразмерных моделях с измененной массой или формой.

3. Математическое моделирование собственных частот колебаний моделей гидротехнических сооружений подтверждает достоверность результатов, получаемых методом физического моделирования на разработанном лабораторном стенде, а также возможность экстраполяции таких результатов на уровень полномасштабных сооружений.

Таблица 1. Резонансные частоты малоразмерных моделей гидротехнических сооружений [8, 11]

Наименование малоразмерной модели	Материалы, из которых изготовлена модель	Компоновка лабораторного стендса	Масштаб модели	Резонансные частоты модели (лабораторный стенд), Гц	Резонансные частоты модели и ее полномасштабного прототипа (математическое моделирование), Гц
Модель буны	Органическое стекло	Для испытания моделей, выполненных из материалов, обладающих электроупругими свойствами (фиг. 1, 3)	M 1:150	80-110	98-373 (2-4 формы колебаний)
Модель буны	Пластик «ABS»		M 1:150	70-110	88-339 (2-4 формы колебаний)
Модель острова с ограждающими сооружениями	Органическое стекло; пластик «ABS»; сталь	Для испытания моделей, выполненных из материалов, обладающих электроупругими свойствами (фиг. 1, 3) и для испытания моделей, выполненных из материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, или содержащих дополнительные элементы, изготовленные из таких материалов (фиг. 2)	M 1:1000	30, 50, 100, 200	27 (15 форма колебаний)

Перечень использованных источников информации

1. Кантаржи И.Г., Акулинин А.Н. Физическое моделирование воздействия волн цунами на береговые сооружения // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. - 2017. - Т. 10. - №3. С. 78-92. - DOI: 10.7868/S2073667317030078. - URL: http://hydrophysics.info/wp-content/uploads/2017/09/Кантаржи_a_весь.pdf (дата обращения: 13.05.2024).
2. Бошенятов Б.В., Жильцов К.Н. Исследование взаимодействия волн цунами с подводными преградами конечной толщины в гидродинамическом лотке // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. - 2018. - №51. - С.86-103. - URL: http://journals.tsu.ru/uploads/import/1676/files/51_086.pdf (дата обращения: 13.05.2024).
3. Полезная модель RU 83480 U1. Установка для испытания устойчивости морских гидротехнических сооружений.
4. Изобретение SU 1838771 A3. Стенд для испытания моделей гидротехнических сооружений на сейсмическое воздействие.
5. Изобретение RU 2097727 C1. Способ неразрушающего контроля качества готового железобетонного изделия.
6. Изобретение RU 2354949 C2. Способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций блочного типа.
7. Изобретение RU 2259546 C1. Способ неразрушающего контроля качества железобетонных конструкций балочного типа.
8. Макаров К.Н., Юрченко Е.Е., Бирюкбаев Э.К., Юрченко В.Е. Исследование резонансных характеристик гидротехнических сооружений и зданий на малоразмерных моделях // Вестник МГСУ. Научно-технический журнал по строительству и архитектуре. - 2021. - Т. 16. - Выпуск 11. - с. 1452-1461. - DOI: 10.22227/1997-0935.2021.11.1452-1461. - URL: <http://nsu-journal-03.mgsu.ru/ru/component/sjarchive/issue/article.display/2021/11/1452-1461> (дата обращения: 15.05.2024).
9. Makarov K., Yurchenko E., Yurchenko E., Biryukbaev E., Yurchenko V. 3-D Simulation of an Artificial Island at the Mouth of the Sochi River // AIP Conference Proceedings 2559, 030001 (2022). - DOI: 10.1063/5.0099023. - URL: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2559/1/030001/2829734/3-D-simulation-of-an-artificial-island-at-the?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 15.05.2024).

10. Yurchenko E.E., Yurchenko E.A., Kakosyan A.A. [et al.]. Response of structure models to sinusoidal dynamic action // E3S Web of Conferences, Moscow, 25-27 ноября 2020 года. - Moscow, 2020. - Р. 01005. - DOI 10.1051/e3sconf/202022401005. - EDN GFRBKB (дата обращения: 19.01.2025).
11. Макаров К.Н., Юрченко Е.Е., Дмитриев Ю.А., Юрченко В.Е. Пьезоэффект в листовом и печатном ABS-пластике - материале моделей зданий при динамических воздействиях // Вестник евразийской науки. - 2023. - Т. 15. - №5. - URL: <https://esj.today/PDF/30SAVN523.pdf> (дата обращения: 15.05.2024).
12. Шелихов Г.С, Артемьев Б.В. Эффект намагничивания возникающий при размагничивании изделий // Контроль, диагностика. - 2016. - №11. - С. 61-64. - DOI: 10.14489/td.2016.11.pp.61-64. - URL: https://www.researchgate.net/publication/7311752023_THE_EFFECT_OF_MAGNETIZATION_OCCURRING_WHEN_DEMAGNETIZATION_PRODUCTS (дата обращения: 15.05.2024).

Формула изобретения

Лабораторный стенд для определения резонансных частот малоразмерных моделей гидротехнических сооружений, включающий:

испытуемую малоразмерную модель гидротехнического сооружения, помещенную в емкость с дистиллированной водой и соединенную через приемное устройство с входом двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока,

программируемый генератор колебаний звуковой частоты, передающий сформированный электрический сигнал на источник механических колебаний - электроакустический преобразователь,

электроакустический преобразователь, преобразующий электрические колебания звуковой частоты в механические колебания дистиллированной воды в емкости, которые, в свою очередь, вызывают появление волн на поверхности воды,

приемное устройство, преобразующее собственные механические колебания малоразмерной модели гидротехнического сооружения, возникающие в результате воздействия волн, в электрический сигнал, который передается на вход двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока, приемное устройство выполняется по одному из двух вариантов в зависимости от материала, из которого изготовлена малоразмерная модель гидротехнического сооружения, в том случае, если модель изготовлена из материалов, обладающих электроупругими свойствами, в качестве приемного устройства используются два электрода, расположенные на ее поверхности и подключенные к входу двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока, преобразование механических колебаний такой модели в электрический сигнал осуществляется путем улавливания электродами колебаний электрического поля, возникающих на ее поверхности, в том случае, если модель изготовлена из материалов, обладающих ферромагнитными свойствами, или содержит дополнительные элементы, изготовленные из таких материалов, в качестве приемного устройства используется электромагнитный датчик, расположенный на поверхности модели и соединенный с входом двухкаскадного микрофонного усилителя переменного тока; преобразование механических колебаний такой модели в электрический сигнал осуществляется путем улавливания электромагнитным датчиком колебаний магнитного поля, возникающих в ее объеме,

двукаскадный микрофонный усилитель переменного тока, с выхода которого усиленный сигнал передается на вход осциллографа,

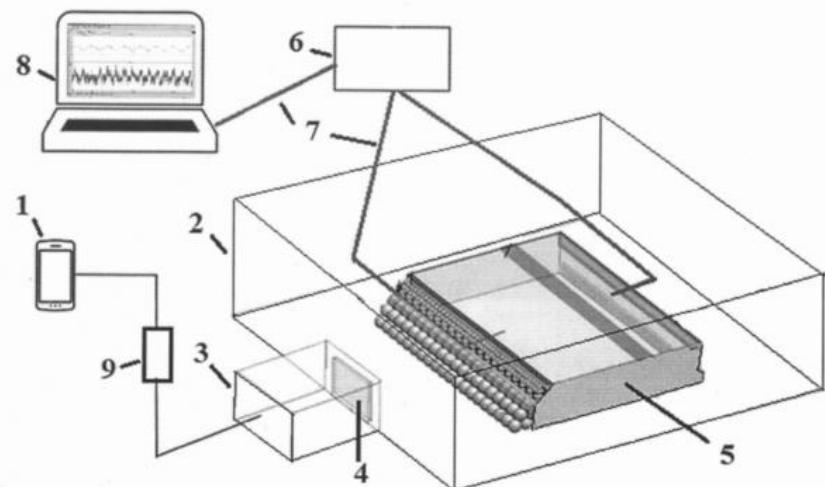
компьютер, работающий в режиме осциллографа, регистрирующий амплитудно-частотные характеристики колебаний, по которым определяются резонансные частоты малоразмерной модели гидротехнического сооружения, соединительные провода, отличающийся тем, что:

программируемый генератор колебаний звуковой частоты выполнен с возможностью формирования колебаний звуковой частоты в диапазоне частот 0-400 Герц,

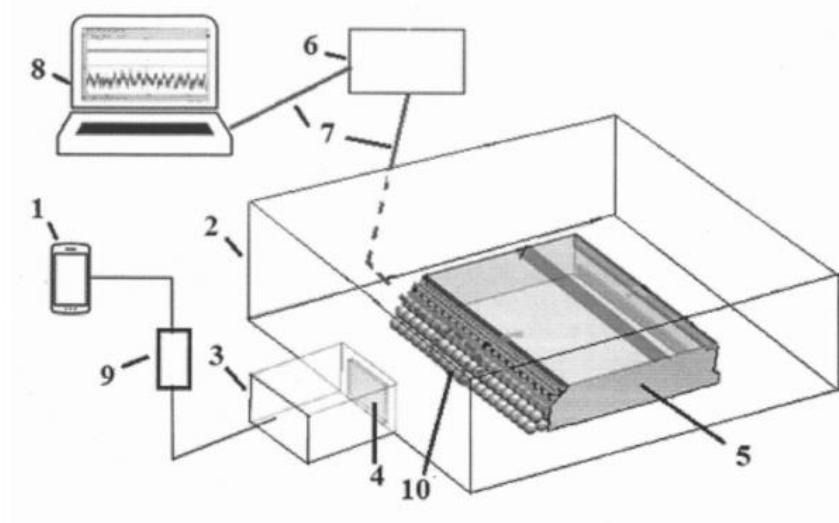
двукаскадный микрофонный усилитель переменного тока размещен в замкнутом металлическом корпусе и выполнен с чувствительностью по напряжению на входе не менее 200-300 микровольт,

электроды, соединяющие двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока с малоразмерной моделью гидротехнического сооружения, а также провода, соединяющие двухкаскадный микрофонный усилитель переменного тока с электромагнитным датчиком и компьютером, выполнены из экранированного коаксиального кабеля,

дополнительно включает усилитель мощности колебаний звуковой частоты, подключенный проводами, выполненными из экранированного коаксиального кабеля, к выходу программируемого генератора колебаний звуковой частоты и проводами - к входу электроакустического преобразователя и выполненный с возможностью усиления создаваемых колебаний до уровня значений напряжения 6 Вольт.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3