ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70023— 2022

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2022

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН «НИЦ «Морские берега» — обособленным подразделением АО «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства» (АО ЦНИИТС) при участии «23 ГМПИ — Филиала АО «31 ГПИСС»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 февраля 2022 г. № 90-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2022

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Общие указания 3
4.1 Основные положения 3
4.2 Критерии подобия и масштабы 4
5 Экспериментальные установки и построение модели 4
6 Методы измерений и обработка результатов 6
6.1 Измерительное обеспечение 6
6.2 Обработка результатов 7

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов

Physical modeling of wave impacts on port hydraulic structures.
Requirements for building a model, conducting experiments and processing results

Дата введения — 2022—09—01

1 Область применения

Требования настоящего стандарта распространяются на физическое (лабораторное) моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения, проводимое для строительства, реконструкции и капитального ремонта портовых гидротехнических сооружений.

Настоящий стандарт устанавливает требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов при проведении физического моделирования волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения.

Требования настоящего стандарта не распространяются на физическое моделирование волн цунами, переноса наносов (в том числе заносимости портовых акваторий), а также местных размывов у опор и оснований гидротехнических сооружений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 7.32 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

ГОСТ 19179 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 19185 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 24026 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения

ГОСТ Р 8.563 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 8.736 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения

ГОСТ Р 53340 Приборы геодезические. Общие технические условия

ГОСТ Р 58939 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ Р 58941 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения

СП 38.13330 «СНиП 2.06.04-82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указа-

Издание официальное

телю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 19179, ГОСТ 19185, ГОСТ 24026, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **геометрическое подобие:** Подобие, при котором обеспечивается форма и одинаковые пропорции линейных размеров между объектом и моделью.

3.2 **гидравлическое моделирование:** Физическое моделирование гидравлических явлений с целью лабораторных исследований.

3.3 **гидроволновой бассейн:** Экспериментальная установка, позволяющая изучать пространственные задачи гидротехники.

3.4 **гидроволновой лоток:** Экспериментальная установка, позволяющая изучать плоские задачи гидротехники.

3.5 **динамическое подобие:** Подобие, при котором обеспечивается равное направление и соотношение сил, действующих на объект, в натуре и на модели.

3.6 **кинематическое подобие:** Подобие, при котором при выполнении геометрического подобия обеспечивается одинаковое направление скоростей течения, а величины скоростей во всех сходных точках объекта и модели различаются в одинаковое число раз.

3.7 **механическое подобие:** Совокупность геометрического, кинематического и динамического подобий.

3.8 **моделирование:** Воспроизведение в каком-либо (например, математическом, физическом) упрощенном виде явлений, процессов, объектов, используемое в качестве их заместителя с целью изучения их свойств.

3.9

нерегулярные волны: Волны, элементы которых изменяются случайным образом.
[СП 38.13330.2018, пункт 3.20]

3.10 **подобие:** Взаимно однозначное соответствие между двумя объектами или объектом и моделью, при котором функции перехода от параметров, характеризующих один объект, к параметрам, характеризующим другой, известны.

3.11 **расчетная высота волн:** Высота волн заданной обеспеченности в системе расчетного шторма.

3.12

расчетный шторм: Шторм повторяемостью один раз за заданный период времени (например, 25, 50 или 100 лет) и характеризующийся максимальными за этот период элементами волн; разным направлениям волн могут соответствовать различные расчетные штормы.
[СП 38.13330.2018, пункт 3.30]

3.13 **регулярные волны:** Волны с постоянными во времени параметрами (высотой и периодом).

3.14 **физическая модель:** Изделие, являющееся пространственным воспроизведением объекта, сооружения или его элемента в установленном масштабе.

3.15 **физическое моделирование:** Воспроизведение на экспериментальной установке определенных на основании теории подобия параметров физических процессов и сооружений (или их элементов) в выбранном масштабе.

3.16 **элементы волны (основные):** Высота, длина и период волны.

4 Общие указания

4.1 Основные положения

4.1.1 Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения проводится в гидроволновых бассейнах (пространственная задача) и (или) в гидроволновых лотках (плоская задача).

4.1.2 Гидроволновой бассейн предназначен для изучения волнового воздействия на пространственные модели сооружений. Основные задачи, решаемые при проведении экспериментальных исследований в гидроволновом бассейне:

- оценка защищенности портовых акваторий от волнения;
- обоснование плановых и компоновочных решений причальных и оградительных сооружений;
- оценка устойчивости элементов сооружений;
- оценка заплесков (переливов) на сооружения и (или) территорию;
- иные задачи (при необходимости).

4.1.3 Гидроволновой лоток предназначен для изучения волнового воздействия на плоские модели и отдельные элементы сооружений. Основные задачи, решаемые при проведении экспериментальных исследований в гидроволновом лотке:

- оценка устойчивости элементов сооружений;
- оценка волноотражающей и волногасящей способности элементов конструкций;
- определение волновых нагрузок на элементы конструкций;
- оценка заплесков (переливов) на сооружения и (или) территорию;
- иные задачи (при необходимости).

4.1.4 Задачи исследований, а также экспериментальные установки, обосновываются в программе работ.

4.1.5 В качестве модельной жидкости используется вода. Использование видов (типов) материалов для строительства моделей портовых гидротехнических сооружений и их элементов не регламентируется при условии соблюдения требований 4.2.2 и 4.2.3.

4.1.6 Исследования для решения задач 4.1.2 и 4.1.3 проводят при воздействии регулярных волн. Допускается проведение дополнительных исследований при воздействии нерегулярного волнения при соответствующем обосновании в программе работ.

4.1.7 Исследования проводят при воздействии расчетных волн при расчетных уровнях воды (моря). Обеспеченность и повторяемость элементов волн, а также обеспеченность уровней воды (моря) принимают согласно СП 38.13330 в соответствии с классом гидротехнических сооружений. Допускается дополнительно проводить исследования при других элементах волн и уровнях воды (моря), отличных от расчетных, при соответствующем обосновании в программе работ.

4.1.8 В случае расположения исследуемого сооружения (элемента) на глубине, меньшей глубины первого обрушения расчетных волн, исследования устойчивости сооружений и их элементов, а также исследование волновых нагрузок дополнительно к 4.1.6 и 4.1.7 следует проводить при воздействии обрушающихся волн.

4.1.9 Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения проводят силами специализированных организаций на основании технического задания в соответствии с предварительно разработанной программой.

4.1.10 Программа работ по физическому моделированию волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения составляется на первом, подготовительном, этапе работ и должна содержать следующие сведения:

- наименование и тип гидротехнического сооружения, его характеристики, класс;
- цели и задачи исследований, измеряемые параметры;
- расчетные параметры волн и уровни воды (моря);
- описание экспериментальных установок и требования к волногасителям;
- описание измерительной системы и точности измерений;
- принятые критерии подобия и масштабы модели;
- точность воспроизведения рельефа дна, точность изготовления модели ГТС и их элементов;
- состав и последовательность экспериментов;
- обоснование необходимости проведения дополнительных инженерных изысканий и (или) научно-исследовательских работ;
- требования к составу, содержанию и оформлению результатов работ.

4.1.11 Программа работ разрабатывается исполнителем и согласовывается заказчиком.

4.1.12 По результатам физического моделирования волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения оформляется отчет о научно-исследовательской работе в соответствии с ГОСТ 7.32.

4.2 Критерии подобия и масштабы

4.2.1 При выполнении физического моделирования волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения должно быть обеспечено механическое подобие объекта и модели.

4.2.2 В качестве основного критерия подобия следует использовать число Фруда F_r, то есть необходимо обеспечить равенство чисел Фруда объекта и модели

$$Fr = \frac{V^2}{gL} = \text{idem}, \quad (1)$$

где V — характерная скорость (например, скорость распространения волны), м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с^2;

L — характерный линейный размер (например, длина волны), м.

4.2.3 При исследовании волнового воздействия на откосы набросных сооружений (из камня или фасонных массивов) следует также обеспечить на модели выполнение условия

$$Re \geq 1000, \quad (2)$$

где Re — число Рейнольдса, вычисляемое по формуле

$$Re = \frac{VL}{\nu}, \quad (3)$$

где V — характерная скорость (например, скорость распространения волны), м/с;

L — характерный линейный размер (например, диаметр элементов наброски), м;

ν — кинематическая вязкость жидкости, м^2/с.

4.2.4 Линейные размеры (геометрические размеры сооружений и их элементов, глубины, высоты и длины волн и т. п.) на модели принимаются в линейных масштабах — вертикальном m_h и горизонтальном m_l. Указанные масштабы могут не совпадать. В этом случае моделирование ведется с искажением масштабов. Вертикальный масштаб модели m_h является основным для определения других масштабов модели.

4.2.5 Для исключения влияния поверхностного натяжения масштаб моделирования должен быть таким, чтобы высота волн на модели была не менее 2,0 см, а длина не менее 20,0 см.

4.2.6 Масштаб времени и периода волн m_t вычисляют по формуле

$$m_t = \sqrt{m_h}, \quad (4)$$

где m_h — линейный масштаб.

4.2.7 Масштаб массы элементов (плит, камня или фасонных массивов) m_G при исследовании их устойчивости вычисляют по формуле

$$m_G = m_h^3, \quad (5)$$

где m_h — линейный масштаб.

4.2.8 Масштабы подбираются с учетом параметров экспериментальных установок, размеров акватории и элементов волн.

4.2.9 Искажение горизонтальных масштабов (искажение продольного масштаба относительно поперечного) не допускается. Искажение вертикального масштаба относительно горизонтального допускается при соблюдении требований 4.2.2 и 4.2.3.

5 Экспериментальные установки и построение модели

5.1 Гидроволновой бассейн оснащается передвижными (для изменения направления генерируемого волнения) или стационарными волнопродукторами. Исследования могут проводиться при воздействии волн любых волноопасных направлений (в зависимости от ориентации модели и установки волнопродуктора).

5.2 Гидроволновой лоток представляет собой канал прямоугольного сечения, верхняя часть которого, как правило, открыта. В зоне изучения волнового воздействия на модель стенки лотка изготавливаются из прозрачного материала (например, из оргстекла). Вблизи одной из торцевых стенок устанавливается волнопродуктор, а вблизи другой — исследуемая модель. Исследования проводятся только при фронтальном подходе волн. При этом модель должна занимать всю ширину лотка. Исследования в гидроволновом лотке при косом подходе волн или расположении модели не на всю ширину лотка не допускаются.

5.3 Для гашения волн, распространяющихся в тыловую часть бассейна или лотка, а также для исключения отражения волн от границ модели следует устанавливать волногасители.

5.4 При строительстве модели следует предусматривать мероприятия, исключающие повышение уровня воды у ее границ, обусловленное граничными створами модели, искажающее параметры исследуемых процессов.

5.5 Модель сооружается в масштабе, выбор которого определяется согласно 4.2, по предварительно разработанному проекту.

5.6 Расположение модели сооружений в экспериментальной установке выполняется в соответствии с требованиями таблицы 1.

Таблица 1 — Расположение модели в экспериментальной установке

Экспериментальная установка	Расстояние от волнопродуктора	Площадь воспроизведения подводного рельефа
Гидроволновой бассейн	Не менее пяти длин волн*	На всю ширину исследуемого сооружения, по длине не менее трех длин волн*
Гидроволновой лоток	Не менее пяти длин волн*	На всю ширину лотка, по длине не менее двух длин волн*
* Расчетная длина волн, определяемая для глубины в месте расположения сооружения.		

5.7 Рельеф дна на модели воспроизводится с учетом принятого масштаба с точностью ±3 мм по высоте и ±5 мм в плане. При этом в гидроволновом бассейне необходимо воспроизводить рельеф дна на модели как внутри портовой акватории, так и на подходах к порту на площади, не менее указанной в таблице 1.

5.8 Дно модели необходимо изготовлять жестким (например, из цементной стяжки). Исследование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения на моделях с размываемым дном (например, песчаным) не допускается.

5.9 Для воспроизведения подводного рельефа используется батиметрический план акватории в масштабе не менее 1:500.

5.10 Для строительства модели гидротехнических сооружений и их элементов, а также для изготовления отдельных частей используются чертежи и схемы, с указанием необходимых размеров, содержащие плановые (компоновочные) и конструктивные решения исследуемых гидротехнических сооружений.

5.11 Точность изготовления модели гидротехнических сооружений и их элементов, взаимодействующих с волнением, должна быть не менее указанной в таблице 2.

Таблица 2 — Точность изготовления модели сооружений и их элементов

Параметры модели сооружений и их элементов	Отклонения значений от указанных в проекте модели	Методы контроля
Плановое положение сооружений (для исследования в гидроволновом бассейне)	±5 мм	Триангуляция (микротриангуляция), трилатерация, полигонометрия или их комбинации с использованием оборудования по ГОСТ Р 53340
Высотное положение	±1 мм	Геометрическое, тригонометрическое или гидростатическое нивелирование
Масса элементов при исследовании их устойчивости (плит, камня или фасонных массивов)	±5 %	Измерение массы

Окончание таблицы 2

Параметры модели сооружений и их элементов	Отклонения значений от указанных в проекте модели	Методы контроля
Линейные размеры сооружений и их элементов (высота, длина, ширина)	±1 мм	Прямое измерение по ГОСТ Р 58939 и (или) измерение дальномерами
Уклоны (вертикальность), прямолинейность	±1 %	Механические способы с применением креномеров, прямых и обратных отвесов или методы проецирования, координирования и измерения углов или направлений с использованием оборудования по ГОСТ Р 53340
Фактическая площадь сечения (для исследования в гидроволновом лотке)	±5 %	Прямое измерение по ГОСТ Р 58939
Примечание — Допускается комбинация приведенных методов и (или) применение иных, соответствующих ГОСТ Р 58939, ГОСТ Р 58941 и ГОСТ Р 8.563.		

6 Методы измерений и обработка результатов

6.1 Измерительное обеспечение

6.1.1 При проведении физического моделирования волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения основными измеряемыми величинами являются:

- уровень воды в лотке или бассейне (в спокойном состоянии);
- параметры волн (высота, длина, период);
- отметки свободной поверхности при волнении;
- плановые и вертикальные деформации сооружений;
- нагрузки (давление) на сооружения и их элементы;
- иные при необходимости.

6.1.2 Средства измерений и контроля линейных размеров и массы, а также геодезические приборы и оборудование должны быть своевременно поверены в установленном порядке и соответствовать нормативным документам и технической документации по метрологическому обеспечению в соответствии с ГОСТ Р 58941 и ГОСТ Р 8.563.

6.1.3 Нестандартное оборудование (испытательные установки, приборы, аппаратура и т. п.), технические требования к которому в национальных стандартах не установлены, допускается применять для измерений параметров волн, нагрузок на сооружения и их элементы и др. При этом в программе работ следует указать основные технические характеристики этого оборудования с указанием диапазона измерений, нормы погрешности и других характеристик, необходимых для обеспечения контроля с требуемой точностью. Качество и достоверность результатов измерений таким оборудованием должны быть обеспечены его периодической калибровкой (не реже одного раза в 6 мес).

6.1.4 Для одновременного получения значений различных характеристик могут использоваться измерительные системы, состав которых определяется целями и задачами работ. При этом оборудование и средства измерений, входящие в состав измерительной системы, должны соответствовать требованиям 6.1.2 и 6.1.3.

6.1.5 Точность измерений величин на модели при проведении физического моделирования должна быть не менее указанной в таблице 3.

Таблица 3 — Точность измерений при проведении физического моделирования

Измеряемая величина	Точность измерений
Уровень воды	±1 мм
Уровень свободной поверхности, высота волн	±1 мм
Период волн	±0,05 с

Окончание таблицы 3

Измеряемая величина	Точность измерений
Нагрузки (давление)	±5 %
Измерение горизонтальных (сдвигов) и вертикальных (осадки, подъемы) перемещений	±5 мм
Примечание — Точность измерений величин, не указанных в таблице, устанавливается в программе работ.	

6.2 Обработка результатов

6.2.1 При выполнении исследований для обеспечения достоверности каждый опыт следует повторять не менее трех раз с последующей статистической обработкой результатов.

6.2.2 Методы обработки результатов измерений и вычисления погрешностей должны соответствовать ГОСТ Р 8.736.

УДК 69.057.5:006.354 ОКС 91.220

Ключевые слова: волновое воздействие, портовые гидротехнические сооружения, физическое моделирование

Редактор *Н.В. Таланова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 24.02.2022. Подписано в печать 01.03.2022. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,26.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

ОКС 91.220

Изменение № 1 ГОСТ Р 70023—2022 Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения. Требования к построению модели, проведению экспериментов и обработке результатов

Утверждено и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26.12.2024 № 2023-ст

Дата введения — 2025—03—01

Предисловие. Пункт 1 изложить в новой редакции:

«1 РАЗРАБОТАН «Научно-исследовательским центром «Морские берега» — обособленным подразделением АО «Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства» (АО ЦНИИТС) при участии «23 ГМПИ — филиала АО «31 ГПИСС» и АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»».

Раздел 1. Первый абзац изложить в новой редакции:

«Требования настоящего стандарта распространяются на физическое (лабораторное) моделирование волновых воздействий на проектируемые, строящиеся, эксплуатируемые, реконструируемые и подлежащие капитальному ремонту портовые гидротехнические сооружения, проводимое для строительства, реконструкции и капитального ремонта портовых гидротехнических сооружений»;

третий абзац. Заменить слова: «у опор и оснований» на «у незащищенных опор и оснований».

Раздел 2. Заменить ссылку: «ГОСТ 19185» на «ГОСТ Р 70214».

Раздел 3. Заменить ссылку: «ГОСТ 19185» на «ГОСТ Р 70214»;

дополнить пунктом 3.17:

«3.17 **специализированная организация:** Организация, одним из основных направлений деятельности которой является выполнение физического моделирования волновых воздействий на гидротехнические сооружения, располагающая квалифицированным и опытным персоналом, в т.ч. с обязательным привлечением научных кадров и соответствующим оборудованием».

Подраздел 4.1 изложить в новой редакции:

«4.1 Основные положения

4.1.1 Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения проводится в гидроволновых бассейнах (пространственная задача) и (или) в гидроволновых лотках (плоская задача).

4.1.2 Гидроволновой бассейн предназначен для изучения волнового воздействия на пространственные модели сооружений. Основные задачи, решаемые при проведении экспериментальных исследований в гидроволновом бассейне:

- оценка защищенности портовых акваторий от волнения;
- обоснование плановых и компоновочных решений причальных и оградительных сооружений;
- оценка устойчивости элементов сооружений;
- определение суммарных волновых нагрузок (сил и моментов сил) на сооружения и их элементы;
- оценка заплесков (переливов) на сооружения и (или) территорию;
- иные задачи (при необходимости).

4.1.3 Гидроволновой лоток предназначен для изучения волнового воздействия на плоские модели и отдельные элементы сооружений. Основные задачи, решаемые при проведении экспериментальных исследований в гидроволновом лотке:

- оценка устойчивости элементов сооружений;
- оценка волноотражающей и волногасящей способности элементов конструкций;
- определение волновых нагрузок на элементы конструкций;
- оценка заплесков (переливов) на сооружения и (или) территорию;
- иные задачи (при необходимости).

4.1.4 В качестве модельной жидкости используется вода. Использование видов (типов) материалов для строительства моделей портовых гидротехнических сооружений и их элементов не регламентируется при условии соблюдения требований 4.2.2 и 4.2.3.

4.1.5 Выбор подхода для исследования волновых воздействий с помощью регулярного или нерегулярного волнения, а также учет влияния течений при моделировании определяются задачами исследований и обосновываются в программе работ.

4.1.6 Исследования проводят при воздействии расчетных волн и при расчетных уровнях воды (моря). Обеспеченность и повторяемость элементов волн, а также обеспеченность уровней воды (моря) принимают согласно СП 38.13330 в соответствии с классом ответственности гидротехнических со-

оружений. Допускается дополнительно проводить исследования при других элементах волн и уровнях воды (моря), отличных от расчетных, при соответствующем обосновании в программе работ.

4.1.7 В случае расположения исследуемого сооружения (элемента) на глубине, меньшей глубины первого обрушения расчетных волн, исследования устойчивости сооружений и их элементов, а также исследование волновых нагрузок дополнительно к 4.1.5 и 4.1.6 следует проводить при воздействии обрушающихся волн.

4.1.8 Физическое моделирование волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения проводят силами специализированных организаций на основании технического задания.

4.1.9 На основании технического задания исполнителем разрабатывается программа работ, которая согласовывается с заказчиком.

4.1.10 Программа работ по физическому моделированию волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения должна содержать следующие сведения:

- наименование и тип гидротехнического сооружения, его характеристики, класс ответственности;
- расчетные параметры волн и уровни воды (моря);
- цели и задачи исследований, измеряемые параметры;
- обоснование принятых критериев подобия и масштабов модели;
- требования к составу, содержанию и оформлению результатов работ;
- состав и последовательность экспериментов;
- описание экспериментальных установок;
- описание измерительной системы и точности измерений;
- требования к волногасителям;
- требования к методике калибровки характеристик волн;
- требования к элементам крепления дна и откосов;
- точность воспроизведения рельефа дна, точность изготовления модели ГТС и их элементов;
- требования к гранулометрическому составу каменных набросок и слоев обратного фильтра (при исследовании их устойчивости);
- обоснование необходимости проведения дополнительных инженерных изысканий и (или) научно-исследовательских работ.

4.1.11 По результатам физического моделирования волновых воздействий на портовые гидротехнические сооружения оформляется отчет о научно-исследовательской работе в соответствии с ГОСТ 7.32».

Пункт 4.2.2. Поясняющие данные к формуле (1). Символ «*V*». Заменить слова: «скорость распространения волны» на «орбитальная скорость»;

символ «*L*». Заменить слова: «длина волны» на «глубина».

Пункт 4.2.3. Поясняющие данные к формуле (3). Символ «*V*». Заменить слова: «скорость распространения волны» на «орбитальная скорость».

Пункт 4.2.7 изложить в новой редакции:

«4.2.7 Масштаб массы элементов (плит, камня или фасонных массивов) m_g при исследовании их устойчивости вычисляют по формуле

$$m_g = k_s m_h^3, \tag{5}$$

где m_h — линейный масштаб;

k_s — коэффициент, учитывающий различия плотности соленой морской воды в натуре и плотности жидкости, используемой на модели».

Пункт 4.2.9 дополнить словами: «и требует специального обоснования в программе работ».

Пункты 5.2, 5.7, 5.8, 5.11 изложить в новой редакции:

«5.2 Гидроволновой лоток представляет собой канал прямоугольного сечения, верхняя часть которого, как правило, открыта. В зоне изучения волнового воздействия на модель стенки лотка изготавливаются из прозрачного материала (например, из оргстекла). Вблизи одной из торцевых стенок устанавливается волнопродуктор, а вблизи другой — исследуемая модель»;

«5.7 Точность воспроизведения дна на модели устанавливается в программе работ. При этом в гидроволновом бассейне необходимо воспроизводить рельеф дна на модели как внутри портовой акватории, так и на подходах к порту на площади, не менее указанной в таблице 1.

5.8 Выбор неразмываемого или размываемого дна на модели следует обосновывать в программе работ. При этом необходимо обеспечивать заданные характеристики волнения в течение всего процесса проведения экспериментов»;

«5.11 Точность изготовления модели гидротехнических сооружений и их элементов, взаимодействующих с волнением, устанавливается в программе работ в зависимости от исследуемых задач».

Раздел 5 дополнить пунктами 5.12 и 5.13:

«5.12 Контролируемые параметры при изготовлении модели гидротехнических сооружений и их элементов, взаимодействующих с волнением, представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Контролируемые параметры при изготовлении модели гидротехнических сооружений и их элементов

Параметры модели сооружений и их элементов	Методы контроля
Плановое положение сооружений (для исследования в гидроволновом бассейне)	Триангуляция (микротриангуляция), трилатерация, полигонометрия или их комбинации с использованием оборудования по ГОСТ Р 53340
Высотное положение	Геометрическое, тригонометрическое или гидростатическое нивелирование
Масса элементов при исследовании их устойчивости (плит, камня или фасонных массивов)	Измерение массы. Определение гранулометрического состава для каменной наброски и слоев обратного фильтра
Линейные размеры сооружений и их элементов (высота, длина, ширина)	Прямое измерение по ГОСТ Р 58939 и (или) измерение дальномерами
Уклоны (вертикальность), прямолинейность	Механические способы с применением креномеров, прямых и обратных отвесов или методы проецирования, координирования и измерения углов или направлений с использованием оборудования по ГОСТ Р 53340
Фактическая площадь сечения (для исследования в гидроволновом лотке)	Прямое измерение по ГОСТ Р 58939
Примечание — Допускается комбинация приведенных методов и (или) применение иных, соответствующих ГОСТ Р 58939, ГОСТ Р 58941 и ГОСТ Р 8.563.	

5.13 При определении волновых воздействий на элемент пространственной конструкции необходимо обосновывать выбор размеров воспроизводимого модельного участка гидротехнического сооружения, в котором находится элемент конструкции. Выбор размеров модельного участка следует принимать на основе сопоставления характеристик воздействия на элемент конструкции при изменении размеров воспроизводимого модельного участка гидротехнического сооружения».

Пункт 6.1.5 изложить в новой редакции:

«6.1.5 При проведении физического моделирования точность измерений величин, указанных в таблице 3, следует применять в программе работ в зависимости от исследуемых задач.

Таблица 3 — Точность измерений величин при проведении физического моделирования

Измеряемая величина	Точность измерений
Уровень воды (глубина)	± 1 мм
Уровень свободной поверхности, высота волн	± 1 мм
Период волн	± 0,02 с
Нагрузки (силы и моменты сил)	± 0,025 %
Давление жидкости	± 0,25 % от диапазона измерений
Скорость течений и орбитальные скорости жидкости	± 5 % от измеряемой величины
Измерение горизонтальных (сдвигов) и вертикальных (осадки, подъемы) перемещений	± 5 мм

».

Подраздел 6.1 дополнить пунктом 6.1.6:

«6.1.6 Частота опроса датчиков измерительной системы должна быть не менее 30/Т Гц (Т — модельный период волн, с)».

(ИУС № 4 2025 г.)

ИЗМ70023-2022