ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 20283-3— 2017

Вибрация

ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ НА СУДАХ

Часть 3

Измерения вибрации судового оборудования перед его установкой

(ISO 20283-3:2006, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 183 «Вибрация, удар и контроль технического состояния»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 октября 2017 г. № 1444-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 20283-3:2006 «Вибрация. Измерения вибрации на судах. Часть 3. Измерения вибрации судового оборудования перед его установкой» (ISO 20283-3:2006 «Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 3: Pre-installation vibration measurement of shipboard equipment», IDT).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2017

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 ... 1
4 Требования и методы измерений ... 3
5 Оценка вибрации ... 8
6 Протокол испытаний ... 8
Приложение А (справочное) Типичные компоновки электроагрегатов ... 9
Приложение В (справочное) Типичные конфигурации испытательных установок ... 11
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам ... 18
Библиография ... 19

Введение

Работающее судовое оборудование может создавать вибрацию, распространяющуюся по конструкции судна и производящую акустический шум. Это может привести к превышению установленных предельных значений по шуму для мест обитания пассажиров и экипажа. Если опасность такого превышения существует, то рекомендуется воспользоваться настоящим стандартом для выбора оборудования с низким уровнем вибрации.

Сопоставление результатов измерений вибрации отдельных единиц оборудования, проведенных в соответствии с настоящим стандартом, с установленными предельными значениями позволит заинтересованным сторонам осуществить правильный выбор оборудования перед его установкой на судне.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Вибрация

ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ НА СУДАХ

Часть 3

Измерения вибрации судового оборудования перед его установкой

Mechanical vibration. Measurement of vibration on ships. Part 3. Pre-installation vibration measurement of shipboard equipment

Дата введения — 2018—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает руководство по проведению измерений вибрации, создаваемой различными видами судового оборудования и способной распространяться по конструкции судна, в ходе приемо-сдаточных испытаний этого оборудования. Измерения проводят в строго определенных режимах работы оборудования и условиях его установки, например, на испытательном стенде поставщика.

Методы измерений, установленные настоящим стандартом, обеспечивают репрезентативность результатов испытаний и распространяются на оборудование, поставляемое для установки на пассажирских и торговых судах, яхтах и высокоскоростных судах.

В настоящем стандарте рассматриваются измерения только поступательной вибрации, поскольку угловая вибрация, как правило, не создает проблем, связанных с ее распространением по конструкции судна. Настоящий стандарт не устанавливает критерии оценки вибрации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ISO 1683, Acoustics — Preferred reference quantities for acoustic levels (Акустика. Рекомендуемые опорные значения при определении уровней шума)

ISO 2041, Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary (Вибрация, удар и контроль состояния. Словарь)

ISO 5348, Mechanical vibration and shock — Mechanical mounting of accelerometers (Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров)

ISO 80000-8, Quantities and units — Part 8: Acoustics (Величины и единицы. Часть 8. Акустика)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 2041 и ИСО 80000-8, а также следующие термины с соответствующими определениями.

3.1 **оборудование** (equipment): Любые машины, системы, подсистемы и их элементы, устанавливаемые на борту судна и способные создавать вибрацию.

Пример 1 — Главная энергетическая установка: дизельный двигатель, газовая турбина, главный редуктор, гребной электродвигатель.

Пример 2 — Система отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: приточные и вытяжные вентиляторы, кондиционеры воздуха, водоохладительные агрегаты, насосы пресной воды и пр.

Пример 3 — Вспомогательное оборудование: генераторы с приводом от дизельного двигателя или газовой турбины, насосные установки гидросистемы, электродвигатели и пр.

Издание официальное

Примечание — В качестве оборудования не рассматривают насосы в составе главного редуктора, дизельного двигателя и т. п., вентиляторы в составе гребного электродвигателя, генератора, электродвигателя и т. п. и любое другое вспомогательное оборудование в составе более крупного оборудования, проходящего приемосдаточные испытания.

3.2 **упругая опора** (resilient mount): Устройство, обладающее упругими свойствами и предназначенное для ослабления передаваемой на конструкцию судна вибрации.

Примечание — Обычно такое устройство представляет собой блок из резины или другого аналогичного материала, устанавливаемый в точке крепления оборудования к опорной конструкции и выполняющий как поддерживающие, так и виброизолирующие функции. Использование упругих опор создает приближенные условия практически свободного подвеса (см. 3.12) для поддерживаемого оборудования в широком диапазоне частот.

3.3 **сборная опора** (compound mount, double-resilient mount): Трехэлементная система, включающая в себя промежуточный элемент, масса которого сопоставима с массой изолируемого оборудования, и двумя упругими элементами по краям.

Примечание — Сборная опора позволяет обеспечить лучшую виброизоляцию по сравнению с упругой опорой.

3.4 **жестко устанавливаемое оборудование** (rigidly mounted equipment): Оборудование, устанавливаемое непосредственно на твердой поверхности опорной конструкции.

3.5 **опорная конструкция** (support structure): Механическая конструкция, на которую устанавливают оборудование.

3.5.1 **крепежное приспособление** (mounting fixture): Используемая в испытаниях относительно легкая опорная конструкция, предназначенная в основном для жестко устанавливаемого оборудования и расположенная поверх упругой опоры.

Пример — Рамная опора двигателя.

Примечание — Крепежное приспособление может быть использовано для упруго устанавливаемого оборудования в целях испытаний.

3.5.2 **фундамент** (foundation): Опорная конструкция, расположенная под упругими опорами.

3.5.3 **фундаментная рама** (subbase, bedplate): Опорная конструкция, используемая для обеспечения соосности устанавливаемого на судне оборудования.

3.5.4 **испытательный стенд** (testbed): Опорная конструкция обычно большой массы, изготовленная из сборного железобетона, на которую устанавливают комплекс оборудования, их опор и опорных конструкций.

3.6 **диапазон частот испытаний** (test frequency range): Диапазон частот, включающий в себя третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами от 10 Гц до 10 кГц.

Примечание — В зависимости от вида испытуемого оборудования диапазон частот испытаний может быть изменен по согласованию между заказчиком и поставщиком.

3.7 **вибрация конструкций (судна)** (structure-borne sound): Вибрация в диапазоне частот испытаний, распространяющаяся по жестким конструкциям и обусловленная действием соответствующих источников вибрации.

Примечание 1 — Источниками вибрации конструкции судна могут быть главный двигатель, движитель и вспомогательное оборудование.

Примечание 2 — В диапазоне частот свыше 16 Гц вибрация конструкций может быть воспринята на слух.

3.8 **уровень ускорения L_a** (acceleration level): Мера ускорения, дБ, определяемая по формуле

$$L_a = 10\lg\frac{a^2}{a_0^2}, \quad (1)$$

где a — среднеквадратичное значение ускорения, м/с^2;

a_0 — опорное значение ускорения, равное 10^{-6} м/с^2 согласно ИСО 1683.

Примечание — Если установление уровня ускорений является обязательным, то всегда указывают, относительно какого опорного значения он определен (в данном случае 10^{-6} м/с^2).

3.9 **уровень скорости L_v** (velocity level): Мера скорости, дБ, определяемая по формуле

$$L_v = 10\lg \frac{v^2}{v_0^2}, \quad (2)$$

где v — среднеквадратическое значение скорости, м/с;

v_0 — опорное значение скорости, равное 10^{-9} м/с согласно ИСО 1683.

Примечание — Если установление уровня скорости является обязательным, то всегда указывают, относительно какого опорного значения, дБ, он определен (в данном случае относительно 10^{-9} м/с).

3.10 **импеданс Z** (impedance): Комплексное отношение вынуждающей силы F к скорости v в той же точке механической системы при гармоническом возбуждении и отклике, определяемое по формуле

$$Z = F/v. \quad (3)$$

Примечание 1 — Импеданс измеряют в Н·с/м. (См. ИСО 2041).

Примечание 2 — В случае жестко устанавливаемого испытуемого оборудования для расчетов вибрации необходимо знать импеданс или механическую подвижность (3.11) фундамента.

3.11 **(механическая) подвижность M** (mobility): Комплексное отношение скорости v к вынуждающей силе F в той же точке механической системы при гармоническом возбуждении и отклике, определяемое по формуле

$$M = v/F. \quad (4)$$

Примечание 1 — Механическую подвижность измеряют в м/(Н·с). (См. ИСО 2041).

Примечание 2 — В случае жестко устанавливаемого испытуемого оборудования для расчетов вибрации необходимо знать механическую подвижность или импеданс (3.10) фундамента.

3.12 **практически свободный подвес** (practically free condition): Конфигурация опоры, когда испытуемое оборудование может рассматриваться как совершающее свободные колебания во всем диапазоне частот испытаний или по крайней мере в большей его части.

Примечание 1 — Условия практически свободного подвеса достигаются за счет использования очень мягких пружин (упругих опор) между точками опирания оборудования и опорной конструкцией. Первая собственная частота вертикальных колебаний оборудования после его установки на опоры может только несущественно превышать 10 Гц или должна быть значительно ниже низшей частоты возбуждения, создаваемого оборудованием. Собственная частота вертикальных колебаний в 2π раз меньше корня квадратного из отношения жесткости упругой опоры к общей массе испытуемого оборудования и той части опорной конструкции, что расположена выше упругой опоры. Для оборудования массой 100 кг и менее можно использовать более жесткие опоры при условии, что первая собственная частота вертикальных колебаний не превысит 15 Гц, а статическая жесткость в любой точке фундамента по крайней мере в десять раз выше жесткости упругих опор. Комплекс оборудования, включая испытательное оборудование, опорную конструкцию, упругие опоры и фундамент устанавливают на жестком и массивном испытательном стенде. Требования по жесткости и массе испытательного стенда в данном случае означают, что испытательная установка эффективно изолирована от возмущающей внешней вибрации в диапазоне частот свыше 7 Гц.

Примечание 2 — От поставщика и заказчика может потребоваться согласование по применению альтернативных средств и требований к испытаниям, чтобы предотвратить или учесть искажения в результатах, связанные с ограничениями на место испытаний.

3.13 **вносимые потери** (insertion loss): Потери, обусловленные находящимся на пути распространения вибрации элементом и определяемые как отношение мощности, подведенной к месту вставки элемента, к мощности, переданной после вставленного элемента.

4 Требования и методы измерений

4.1 Общие положения

Перечень оборудования, подлежащего испытаниям, должен быть согласован между поставщиком и заказчиком. Ими могут быть также согласованы предельные значения вибрации оборудования или вибрации, передаваемой оборудованием на судовую конструкцию (см. раздел 5). Перед проведением

испытаний необходимо согласовать назначение и условия испытаний (точки измерений, режимы работы испытуемого оборудования и т. п.), чтобы не допустить разночтений в истолковании их результатов. Если сторонами не принято иное решение, то величиной, измеряемой в соответствии с настоящим стандартом, будет ускорение вибрации в условиях установившегося режима работы испытуемого оборудования (см. 4.8), хотя для оборудования отдельных видов может быть принято решение проводить измерения неустановившейся вибрации в переходных режимах.

Характеристикой вибрационной активности оборудования будет вибрация, создаваемая им в точках установки оборудования в условиях практически свободного подвеса. Зная эту характеристику, а также импеданс упругих опор (если предполагается их применение) и фундамента, которые будут использованы при установке оборудования на судне, можно рассчитать вибрацию, распространяющуюся по конструкции судна от данного оборудования. Достигнуть условий практически свободного подвеса можно с помощью упругих опор в точках установки оборудования (см. примечание к 3.2), в которые встроены преобразователи. Возможны ситуации, когда упругие опоры и (или) фундаментная рама входят в комплект поставки оборудования (см. 4.2 и 4.7).

4.2 Точки измерений

Измерения проводят на лапах оборудования, предназначенных для непосредственной установки на опорную конструкцию или входящих в состав сложной опоры, или на его общем основании в точках над опорной конструкцией.

В области работы клапанов вибрацию измеряют на всех выпускных фланцах или патрубках и других элементах, имеющих механическую связь с клапанами, за исключением впускных отверстий.

Если оборудование не имеет явно выраженных точек крепления к опорной конструкции (см. 4.7.1), то выбор точек измерений должен быть согласован сторонами.

Примечание — Для более точного определения мест установки преобразователей стороны могут обратиться к ИСО 9611, который, однако, в большей степени ориентирован на измерения в лабораторных условиях и включает, в частности, измерения угловой вибрации, не рассматриваемой в настоящем стандарте.

4.3 Ориентация и крепление преобразователей

В местах, где вибрация передается от оборудования на опорную конструкцию, измерения проводят в точках, согласованных сторонами (см. 4.2), в трех ортогональных направлениях, включая вертикальное. В области клапанов измерения проводят в двух направлениях: перпендикулярном и параллельном потоку.

Примечание — Основываясь на своем опыте, поставщик может предложить сократить число измерений, например, ограничив их только измерениями вибрации в вертикальном направлении. Однако ему необходимо получить на это согласие заказчика.

Крепление преобразователей осуществляют в соответствии с ИСО 5348 или инструкцией изготовителя предпочтительно через резьбовое соединение с адаптером, который, в свою очередь, прикрепляют к испытуемому оборудованию с помощью быстро затвердевающих клеев. Поскольку способ крепления преобразователя оказывает сильное влияние на верхнюю границу диапазона частот измерений, не следует в качестве средств для связи преобразователя с оборудованием использовать магнит, воск, клеящую ленту или ручной щуп, за исключением тех случаев, когда другие способы крепления невозможны или слишком дорогостоящи.

4.4 Разрешение по частоте

4.4.1 Общие положения

Измерения в точках, определенных по 4.2, проводят в третьоктавных полосах частот в соответствии с 4.4.2. По согласованию между поставщиком и заказчиком в целях диагностирования возможно проведение измерений в узких полосах частот (см. 4.4.3).

4.4.2 Измерения в третьоктавных полосах

Значения уровней ускорения L_a или, если это согласовано сторонами, скорости L_v должны быть получены как при неработающем оборудовании (фоновая вибрация), так и в условиях, определенных в 4.8, в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами от 10 Гц до 10 кГц (или в другом диапазоне, согласованном сторонами).

4.4.3 Измерения в узких полосах

Уровни ускорения L_a могут быть измерены также в узких полосах частот постоянной или постоянной относительной ширины. Диапазон частот и полосу анализа следует выбирать в соответствии с характером вибрации, создаваемой испытуемым оборудованием (откликами на резонансах, характерными частотами и их гармониками), по согласованию между сторонами. Полоса частот постоянной ширины не должна превышать 2,5 Гц, а полоса частот относительной ширины — 1/24 октавы.

4.5 Калибровка

4.5.1 Калибровка в лаборатории

Калибровку преобразователей вибрации рекомендуется осуществлять каждые два года согласно [2] или [13]. Если иное не согласовано сторонами, то калибровку для каждого канала измерительной системы проводят как минимум на двух частотах — в нижней и верхней областях диапазона частот измерений (например, 160 Гц и 6,3 кГц соответственно). Для проверки линейности измерительной цепи выполняют калибровку ее электрической части с использованием входного сигнала, чье напряжение соответствует диапазону измерений преобразователя вибрации. Например, если в качестве преобразователя используют акселерометр, то калибровка может быть проведена для значений 90, 110, 130 и 150 дБ относительно опорного значения 10^{-6} м/с^2.

4.5.2 Проверка калибровки на месте

Калибровку измерительной цепи в целом, включая преобразователь вибрации, проверяют как минимум в одной точке частотной характеристики с применением вибрационного калибратора в начале и в конце каждой серии измерений. Погрешность определения коэффициента преобразования измерительной цепи не должна превышать 1 дБ.

4.6 Фоновая вибрация

Если поставщиком и заказчиком не согласовано иное, то уровень вибрации работающего оборудования должен превышать уровень фоновой вибрации не менее чем на 10 дБ. Могут быть предусмотрены специальные меры для уменьшения влияния фоновой вибрации на результаты измерений вибрации оборудования, однако их коррекция на фоновую вибрацию не предусмотрена.

Если устранить фоновую вибрацию невозможно (например, она создается самой испытательной установкой или когда нельзя организовать проведение измерений во внерабочее время), то для разделения фоновой вибрации и вибрации оборудования может быть использован анализ в узких полосах частот. В случае проведения такого анализа в полученный уровень вибрации оборудования в полосе может быть внесена поправка на уровень фоновой вибрации в этой полосе.

4.7 Испытательная система

4.7.1 Установка оборудования

Оборудование может быть установлено на борту судна разными способами, наиболее распространенными из которых являются:

a) жесткое крепление к фундаменту;

b) жесткое крепление к фундаментной раме, которая сама в свою очередь жестко или не жестко крепится к фундаменту;

c) установка на фундаменте на упругих опорах;

d) установка на упругих опорах на фундаментной раме, которая сама в свою очередь жестко или не жестко крепится к фундаменту.

Оборудование, поставляемое к месту испытаний, может содержать элементы крепления, которые будут использованы при установке на судно, или часть из них.

Однако чтобы характеризовать оборудование как источник распространяющейся по корпусу судна вибрации, его следует испытывать в условиях без ограничений на механическое движение или, по крайней мере, в условиях близких к таковым, что достигается установкой оборудования в ходе испытаний на упругие опоры (см. 3.12). В некоторых случаях такая установка невозможна, например, когда поставленное оборудование жестко закреплено на фундаментной раме или крепежном приспособлении по практическим соображениям. В том случае следует обратиться к рекомендациям 4.7.2.3 и 4.7.2.4.

Примечание 1 — Специального рассмотрения требуют генераторные установки с приводом от дизельного двигателя. Как показано в приложении А, существует несколько схем соединения генератора с двигателем и их установки на опорной конструкции. Если один или оба компонента установки упруго закреплены на общей раме, то возникает необходимость в их соединении посредством гибкого вала (см. рисунки А.2 и А.4). Но есть установки, где оба компонента жестко установлены на фундаменте, и в использовании гибкого вала нет необходимости (см. рисунки А.1 и А.3). В этом случае установка каждого компонента на упругие опоры приведет к несоосности их соединения, поэтому оба компонента в процессе испытаний должны быть жестко закреплены на общей опоре. Это обычно не представляет проблемы, поскольку на практике в таких случаях в комплект поставки входит фундаментная рама. В этом случае измерения проводят в точках крепления компонентов к фундаментной раме. Если приводное устройство устанавливают на упругих опорах (являющихся частью поставки), а для генератора применяют жесткое крепление к основанию (см. рисунок А.4), то измерения для приводного устройства выполняют на раме в точках ее соединения с упругими опорами, а для генератора — в точках крепления генератора.

Ориентация оборудования в ходе испытаний должна быть такой же, как и при установке на судне. Оборудование устанавливают на упругих опорах, даже если при установке на судне такое крепление не применяют. Если на судне будет использовано упругое соединение оборудования с опорной конструкцией, то упругие опоры и, где это возможно, опорная конструкция при испытаниях должны быть аналогичны тем, что применяют на судне. Однако это не распространяется на редукторы и гребные двигатели, например двухтактные дизельные двигатели, которые обычно жестко устанавливают на испытательном стенде.

Примечание 2 — В особых случаях для редукторов и гребных двигателей также желательна установка на упругих опорах.

Во время испытаний все оборудование в сборе устанавливают на испытательном стенде. На практике зачастую конфигурация установки оборудования на судне или в заводских испытаниях отличается от идеальной. Поэтому в приложении В показаны типичные конфигурации, позволяющие соблюсти требования настоящего стандарта.

Конструкция испытательной системы должна быть такой, чтобы вибрация, создаваемая опорой, не влияла на результаты измерений. Это будет в том случае, если импеданс опорной конструкции будет таким же, как у фундамента судна. Если указанного влияния избежать не удается, то проводят анализ степени этого влияния и вносят соответствующие поправки (см. 4.7.3).

Для оборудования, поставляемого с опорами, стороны могут согласовать проведение дополнительных измерений вибрации под опорами на испытательном стенде или фундаменте на достаточно жесткой части опорной конструкции как можно более близко расположенной к точкам крепления. В этом случае необходимо выполнить измерения импеданса в точках измерений вибрации.

4.7.2 Опорные конструкции

4.7.2.1 Общие положения

Опорные конструкции (см. 4.7.2.2—4.7.2.4) не должны иметь собственных частот вблизи критических частот вращения или частот действия основных сил в испытуемом оборудовании, чтобы избежать появления резонансов, увеличивающих общий уровень вибрации. Локальная статическая жесткость фундамента должна быть как минимум в 10 раз выше динамической жесткости опор.

Если условиями испытаний предусмотрена жесткая установка оборудования на фундамент или раму, то должны быть известны частотные характеристики фундамента или рамы (импеданс или механическая подвижность) в диапазоне частот до 1 кГц во всех точках крепления оборудования.

Если оборудование устанавливают на упругие опоры, то необходимость измерять импеданс или подвижность опорной конструкции есть только в том случае, если это специально оговорено условиями испытаний.

4.7.2.2 Испытательный стенд

Все оборудование в сборе, а также опорную конструкцию, упругие опоры и фундамент, устанавливают на жесткий и массивный испытательный стенд с собственной частотой свободных колебаний в вертикальном направлении менее 5 Гц.

4.7.2.3 Фундаментная рама

Упругое крепление (с собственной частотой вертикальных колебаний менее 5 Гц) рамной конструкции на фундамент необходимо только при жесткой установке испытательного стенда. Исключением является случай редукторов и главных двигателей, для которых используют жесткое крепление к фундаменту (см. 4.7.1).

В случае упругого крепления оборудования может быть использована общая рама из металлических балок под упругими опорами. Общую раму жестко закрепляют на фундаменте или испытательном

стенде. Необходимость измерять импеданс или подвижность этого фундамента есть только в том случае, если это специально оговорено условиями испытаний.

4.7.2.4 Крепежное приспособление

Оборудование с относительно легким корпусом или конструкцией (такое как контроллеры или пульты системы управления), которое должно быть жестко закреплено в условиях эксплуатации на судне, можно испытывать жестко закрепленным к крепежному приспособлению, которое, в свою очередь, установлено на упругих опорах. Упруго соединенное с фундаментом крепежное приспособление используют вместо общей рамы (см. примечание 1 к 3.12). Оборудование закрепляют на крепежном приспособлении в тех же точках, что используют для его установки на борту судна.

4.7.3 Измерения импедансов

Импеданс опорной конструкции, которая может включать в себя фундамент, раму или их совокупность, измеряют с целью определить, схожи ли характеристики опорной конструкции с опорой на судне, а также для получения информации, необходимой для сравнения с реальными условиями установки оборудования на судах. По результатам измерений импеданса могут быть внесены соответствующие поправки в результаты измерений вибрации.

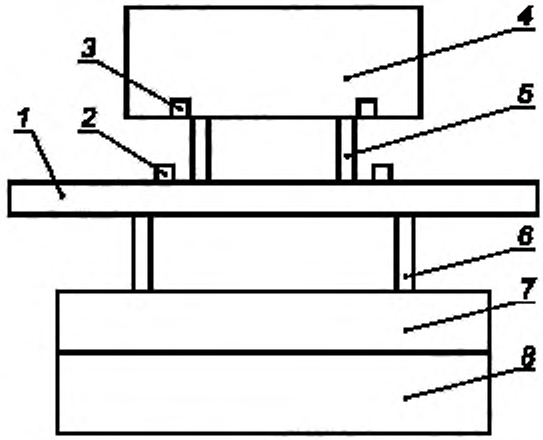
4.7.4 Поправки на импеданс опоры

Когда требования практически свободного подвеса не выполнены, стороны могут использовать один из следующих вариантов:

a) заменить опоры на позволяющие реализовать условия практически свободного подвеса;

b) оставить собственные опоры из комплекта поставки и проводить измерения в точках над этими опорами, чтобы потом внести поправку с учетом их импедансов. Потери, вносимые опорами, можно определить одним из методов, согласованных сторонами, например с помощью установки, показанной на рисунке 1. Для этого проводят измерения:

- с оборудованием, жестко закрепленным на опорной конструкции;
- с оборудованием, установленным на опорную конструкцию через собственные опоры.



1 — рама; *2* — акселерометр для измерения вносимых потерь; *3* — акселерометр на испытуемом оборудовании. *4* — испытуемое оборудование; *5* - собственные опоры (из комплекта поставки оборудования). *6* - мягкие опоры (с частотой резонанса до 5 Гц); *7* — фундамент; *8* — массивный бетонный испытательный стенд

Рисунок 1 — Конфигурация испытательной установки для измерений вносимых потерь

4.8 Условия работы оборудования

Питание оборудования во время испытаний должно обеспечить его работу в нормальном режиме, согласованном между поставщиком и заказчиком. Измерения для оборудования, способного работать в режимах с разными скоростями, должны быть проведены для каждой рабочей скорости. Если рабочая скорость

может изменяться в некотором интервале значений, то измерения проводят при работе оборудования на максимальной и минимальной скоростях, а также на одной из скоростей внутри этого интервала. Минимальная скорость не должна быть менее 5 % максимальной рабочей скорости оборудования.

Машины, составляющие часть испытуемого оборудования, такие, например, как вентиляторы и насосы, во время измерений должны функционировать. Отдельные механизмы оборудования, регулирующие расход рабочей среды, такие как дроссельные клапаны, во время измерений должны создавать максимальный и минимальный расход, а также расход посередине между этими значениями. Минимальный расход не должен быть менее 5 % максимального расхода при нормальной работе оборудования.

Для оборудования, работающего в режиме переменных скоростей или переменного расхода, должна быть проведена проверка на наличие резонансов или пиков передаваемой вибрации. Для этого проводят измерения вибрации при плавном изменении скорости или расхода от минимальных до максимальных значений. Если при этом будут выявлены пики вибрации, то измерения вибрации проводят при значениях скоростей (расходов), соответствующих этим пикам.

Стороны могут согласовать проведение измерений при других режимах работы оборудования, например пуска и останова, или при переходе от одного режима к другому.

Примечание — Оборудование для передачи электрической энергии обычно испытывают в условиях пониженной или нулевой нагрузки (см., например, [8]).

5 Оценка вибрации

Полученные в результате измерений уровни ускорения (или скорости, если это согласовано сторонами) для всех точек и направлений измерений усредняют по энергии для получения репрезентативной картины вибрации оборудования. Полученные результаты передают заказчику.

Процедура энергетического усреднения имеет вид:

$$L = 10\lg\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}10^{0,1L_i}\right), \quad (5)$$

где n — число испытанных образцов оборудования;

L_i — уровень для i-го образца.

Настоящий стандарт не устанавливает рекомендуемых предельных значений для параметров вибрации. Если есть необходимость в установленных правилах оценки вибрационной активности испытуемого оборудования, то поставщик и заказчик могут согласовать применение соответствующих стандартов или непосредственно определить предельные допустимые значения параметров вибрации.

6 Протокол испытаний

В протокол испытаний, предоставляемый в письменном или (по согласованию с заказчиком) электронном виде и содержащем ссылку на настоящий стандарт, включают как минимум следующие сведения:

- описание испытуемого оборудования, включая название изготовителя, модель и заводской номер, информацию об упругих опорах (при наличии);
- перечень режимов работы оборудования, включая приводную мощность, скорость, электрические параметры (напряжение, ток, фаза) и параметры рабочей среды (давление, температура, расход);
- конфигурацию испытательной установки (с приложением ее схемы);
- описание средств измерений с указанием точек установки и ориентации преобразователей;
- результаты калибровки;
- уровни фоновой вибрации;
- результаты измерений в форме, согласованной между заказчиком и поставщиком (усредненные спектры, огибающие спектров, уровни ускорения или скорости в третьоктавных и узких полосах частот);
- результаты измерений импедансов или механических подвижностей в точках на фундаменте испытательной установки;
- отклонения от установленных процедур и методов анализа, согласованные между заказчиком и лицом, проводящим испытания;
- организацию и персонал, проводившее испытания, место и дату испытаний.

Приложение А
(справочное)

Типичные компоновки электроагрегатов

Существует ряд компоновок электроагрегатов, включающих в себя двигатель внутреннего сгорания и генератор. Их примеры показаны на рисунках А.1—А.6.

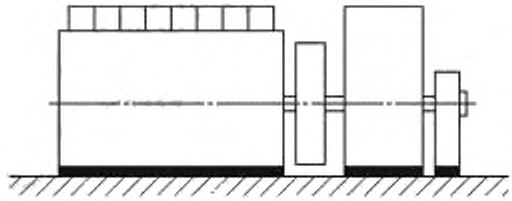


Рисунок А.1 — Двигатель и генератор на жестком основании

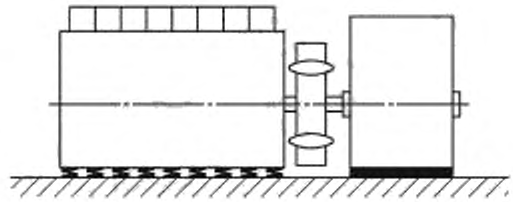


Рисунок А.2 — Упруго опертый двигатель и генератор на жестком основании, соединенные гибкой связью

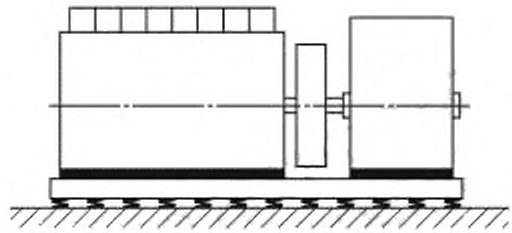


Рисунок А.3 — Двигатель и генератор, жестко установленные на общую упруго опертую раму

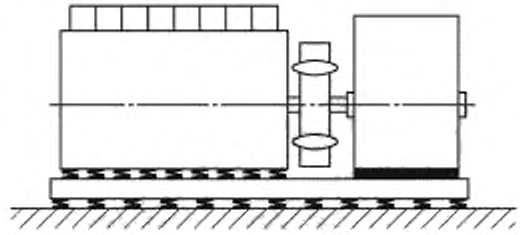


Рисунок А.4 — Упруго опертый двигатель и жестко опертый генератор, соединенные гибкой связью, на общей упруго опертой раме

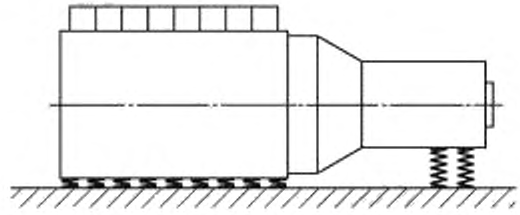


Рисунок А.5 — Упруго опертые двигатель и генератор, соединенные через фланцевый щит

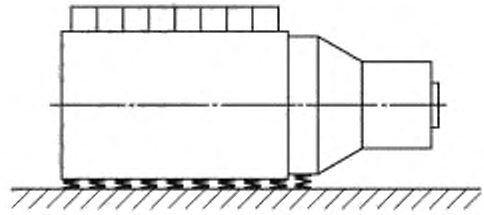
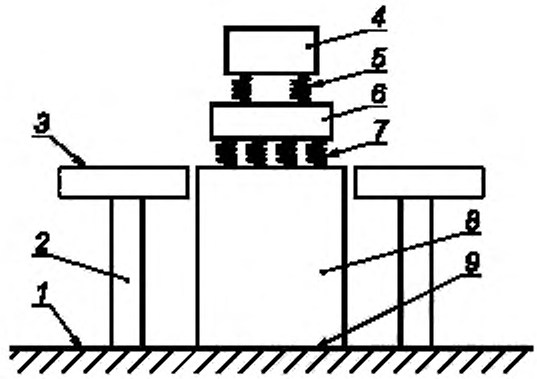


Рисунок А.6 — Упруго опертый двигатель, соединенный с безопорным генератором через фланцевый щит

Приложение В
(справочное)

Типичные конфигурации испытательных установок

В настоящем приложении рассматриваются типичные конфигурации испытательных установок, удовлетворяющих требованиям настоящего стандарта. На рисунках В.1—В.4 показаны опорные конструкции для упруго опертого оборудования, на рисунках В.5—В.8 — для оборудования с крепежными приспособлениями и на рисунках В.9—В.12 — для редукторов и главных двигателей на тяжелом топливе.



1 — грунтовое основание, *2* — стойка *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование; *5* — упругие опоры испытуемого оборудования [a]; *6* — опорная конструкция или общая рама [b], *7* — упругие опоры опорной конструкции или общей рамы [c]; *8* — жесткий и массивный испытательный стенд [d]; *9* — жесткое опирание испытательного стенда на грунтовое основание

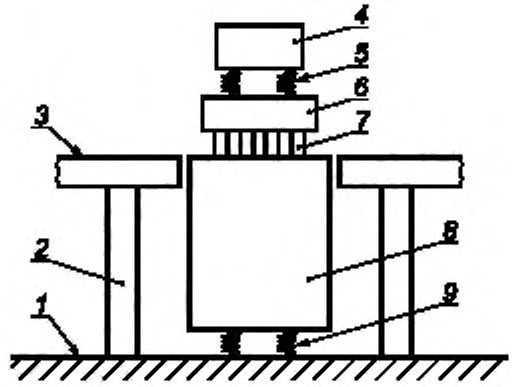
[a] Упругие опоры для испытуемого оборудования выбирают из условия создания практически свободного подвеса (см. 3.12). Если это условие нереализуемо, см. 4.7.4.

[b] Локальная статическая жесткость опорной конструкции или общей рамы должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор испытуемого оборудования и опор самой опорной конструкции или рамы (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры опорной конструкции или рамы выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.3).

[d] Локальная статическая жесткость фундамента должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор опорной конструкции (см. 4.7.2.1 и 4.7.2.3).

Рисунок В.1 — Опорная конструкция с жестко опертым испытательным стендом



1 — грунтовое основание; *2* — стойка; *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование; *5* — упругие опоры испытуемого оборудования [a]; *6* — опорная конструкция или общая рама [b]; *7* — жесткое опирание опорной конструкции или общей рамы на испытательный стенд (см 4.7.2.3); *8* — жесткий и массивный испытательный стенд [c]; *9* — упругое опирание испытательного стенда на грунтовое основание [d]

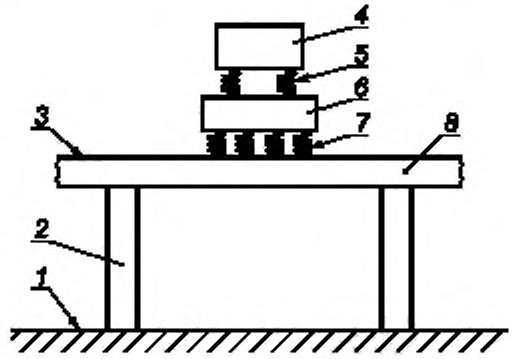
[a] Упругие опоры для испытуемого оборудования выбирают из условия создания практически свободного подвеса (см. 3.12). Если это условие нереализуемо, см. 4.7.4.

[b] Локальная статическая жесткость опорной конструкции или общей рамы должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор испытуемого оборудования (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Локальная статическая жесткость фундамента должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор фундамента (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[d] Упругие опоры испытательного стенда выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.2).

Рисунок В.2 — Опорная конструкция с упруго опертым испытательным стендом



1 — грунтовое основание; *2* — стойка; *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование; *5* — упругие опоры испытуемого оборудования [a]; *6* — опорная конструкция или общая рама [b]; *7* — упругие опоры опорной конструкции или общей рамы [c]; *8* — фундамент [d]

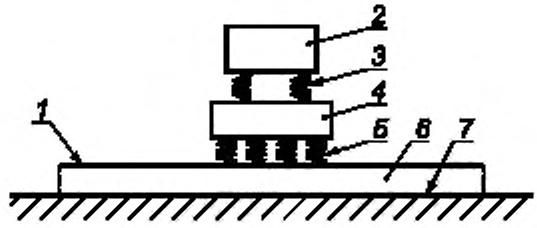
[a] Упругие опоры для испытуемого оборудования выбирают из условия создания практически свободного подвеса (см. 3.12). Если это условие нереализуемо, см. 4.7.4.

[b] Локальная статическая жесткость опорной конструкции или общей рамы должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор испытуемого оборудования (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры опорной конструкции или рамы выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.3).

[d] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории. Локальная статическая жесткость пола должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор опорной конструкции (см. 4.7.2.3). Низшая частота собственных колебаний пола должна быть известна. Резонансные явления с учетом низшей частоты вынуждающей силы от испытуемого оборудования должны быть исключены (см. 4.7.2.1).

Рисунок В.3 — Опорная конструкция из тяжелого бетонного пола на стойках



1 — пол лаборатории, *2* — испытуемое оборудование; *3* — упругие опоры испытуемого оборудования [a], *4* — опорная конструкция или общая рама [b]; *5* — упругие опоры опорной конструкции или общей рамы [c]; *6* — фундамент [d]; *7* — грунтовое основание

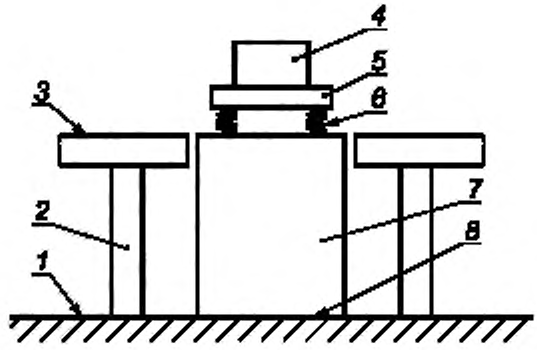
[a] Упругие опоры для испытуемого оборудования выбирают из условия создания практически свободного подвеса (см. 3.12). Если это условие нереализуемо, см. 4.7.4.

[b] Локальная статическая жесткость опорной конструкции или общей рамы должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор испытуемого оборудования (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры опорной конструкции или рамы выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.3).

[d] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории. Локальная статическая жесткость пола должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор опорной конструкции (см. 4.7.2.1 и 4.7.2.3).

Рисунок В.4 — Опорная конструкция из тяжелого бетонного пола на грунтовом основании



1 — грунтовое основание; *2* — стойка; *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование [a]; *5* — крепежное приспособление [b]; *6* — упругие опоры крепежного приспособления [c]; *7* — жесткий и массивный испытательный стенд [d]; *8* — жесткое опирание испытательного стенда на грунтовое основание

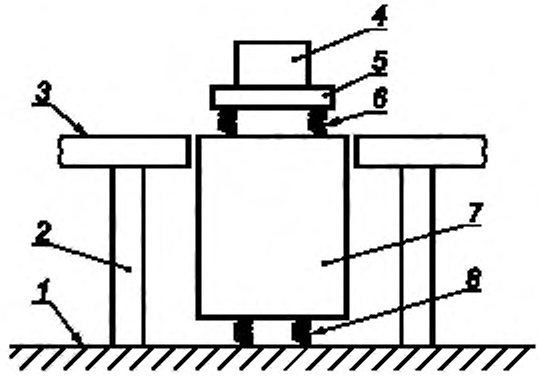
[a] См. 4.7.2.4.

[b] Локальная статическая жесткость крепежного приспособления должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры крепежного приспособления выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 10 Гц (практически свободный подвес — см. 3.12).

[d] Локальная статическая жесткость фундамента должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1).

Рисунок В.5 — Крепежное приспособление на жестко опертом испытательном стенде



1 — грунтовое основание, *2* — стойка; *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование (см. 4.7.2.4), *5* — крепежное приспособление [a]; *6* — упругие опоры крепежного приспособления (практически свободный подвес) [b]. *7* — жесткий и массивный испытательный стенд [c]; *8* — упругое опирание испытательного стенда на грунтовое основание [d]

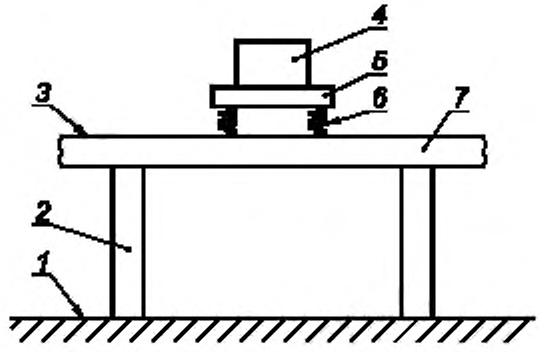
[a] Локальная статическая жесткость крепежного приспособления должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор испытуемого объекта (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[b] Упругие опоры крепежного приспособления выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 10 Гц (практически свободный подвес — см. 3.12).

[c] Локальная статическая жесткость фундамента должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор крепежного приспособления и упругих опор фундамента (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[d] Упругие опоры испытательного стенда выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.2).

Рисунок В.6 — Крепежное приспособление на упруго опертом испытательном стенде



1 — грунтовое основание; *2* — стойка, *3* — пол лаборатории: *4* — испытуемое оборудование [a], *5* — крепежное приспособление [b]; *6* — упругие опоры крепежного приспособления (практически свободный подвес) [c]; *7* — фундамент [d]

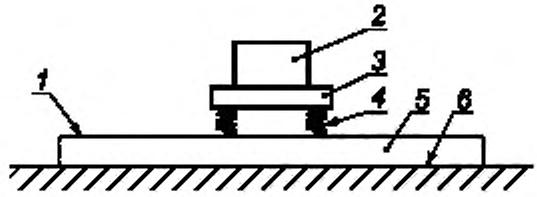
[a] См. 4.7.2.4.

[b] Локальная статическая жесткость крепежного приспособления должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры крепежного приспособления выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 10 Гц (практически свободный подвес — см. 3.12).

[d] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории. Локальная статическая жесткость пола должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1). Низшая частота собственных колебаний пола должна быть известна. Резонансные явления с учетом частоты свободных колебаний установленной на полу системы должны быть исключены.

Рисунок В.7 — Монтажное приспособление на тяжелом бетонном полу на стойках



1 — пол лаборатории; *2* — испытуемое оборудование [a]; *3* — крепежное приспособление [b]; *4* — упругие опоры крепежного приспособления (практически свободный подвес) [c]; *5* — фундамент [d]; *6* — грунтовое основание

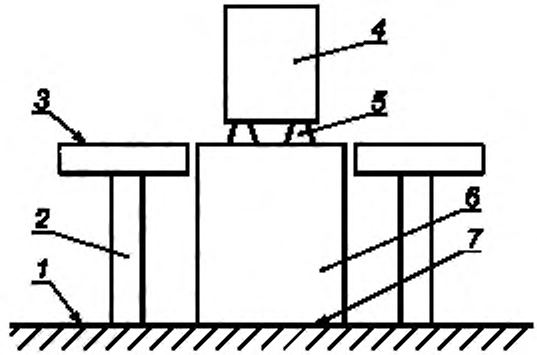
[a] См. 4.7.2.4.

[b] Локальная статическая жесткость крепежного приспособления должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[c] Упругие опоры крепежного приспособления выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 10 Гц (практически свободный подвес — см. 3.12).

[d] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории. Локальная статическая жесткость пола должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор крепежного приспособления (см. 3.12 и 4.7.2.1).

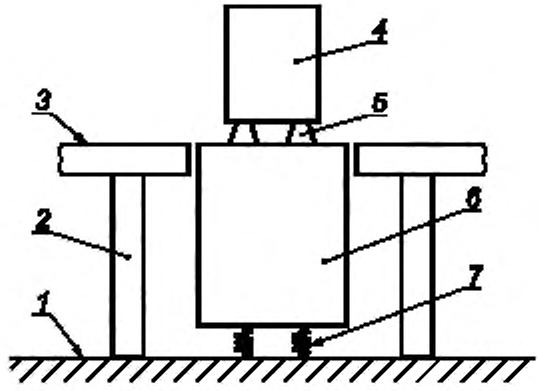
Рисунок В.8 — Монтажное приспособление на тяжелом бетонном полу на грунтовом основании



1 — грунтовое основание; *2* — стойка, *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование [a]; *5* — жесткие опоры для установки испытуемого оборудования на фундамент (см. 4.7.2.3); *6* — жесткий и массивный испытательный стенд (см. 4.7.2.1). *7* — жесткое опирание испытательного стенда на грунтовое основание

[a] См. 4.7.1 и 4.7.2.3.

Рисунок В.9 — Редуктор и главный двигатель на жестко опертом испытательном стенде



1 — грунтовое основание; *2* — стойка, *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование [a]; *5* — жесткие опоры для установки испытуемого оборудования на фундамент [b]; *6* — жесткий и массивный испытательный стенд [c]; *7* — упругое опирание испытательного стенда на грунтовое основание [d]

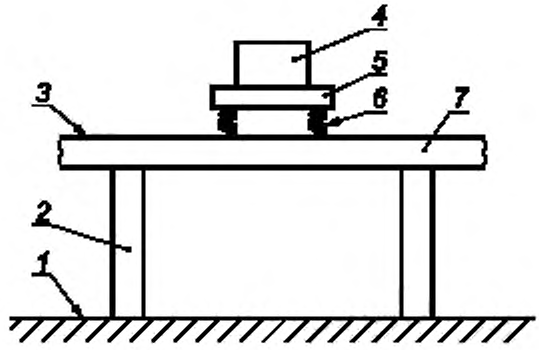
[a] См. 4.7.1 и 4.7.2.3.

[b] См. 4.7.2.3.

[c] Локальная статическая жесткость фундамента должна быть по крайней мере в десять раз больше динамической жесткости упругих опор фундамента (см. 3.12 и 4.7.2.1).

[d] Упругие опоры испытательного стенда выбирают так, чтобы собственная частота вертикальных колебаний установленной на них системы не превышала 5 Гц (см. 4.7.2.2).

Рисунок В.10 — Редуктор и главный двигатель на упруго опертом испытательном стенде



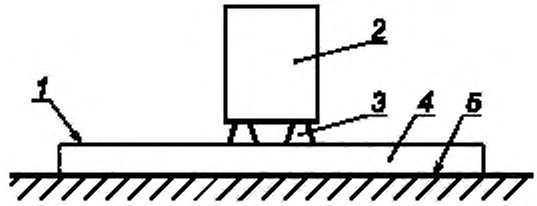
1 — грунтовое основание; *2* — стойка; *3* — пол лаборатории; *4* — испытуемое оборудование [a]; *5* — крепежное приспособление; *6* — упругие опоры для установки испытуемого оборудования на фундамент [b]; *7* — фундамент [c]

[a] См. 4.7.1 и 4.7.2.3.

[b] См. 4.7.2.3.

[c] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории. Низшая частота собственных колебаний пола должна быть известна. Резонансные явления с учетом низшей частоты вынуждающей силы от испытуемого оборудования должны быть исключены (см. 4.7.2.1).

Рисунок В.11 — Редуктор и главный двигатель на тяжелом бетонном полу на стойках



1 — пол лаборатории; 2 — испытуемое оборудование [a]; 3 — жесткие опоры для установки испытуемого оборудования на фундамент (см 4.7.2.3); 4 — фундамент [b]; 5 — грунтовое основание

[a] См. 4.7.1 и 4.7.2.3.

[b] Фундаментом служит тяжелый бетонный пол лаборатории (см. 4.7.2.1).

Рисунок В.12 — Редуктор и главный двигатель на тяжелом бетонном полу на грунтовом основании

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным и межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального, межгосударственного стандарта
ISO 1683	—	*
ISO 2041	IDT	ГОСТ Р ИСО 2041—2012 «Вибрация, удар и контроль технического состояния. Термины и определения»
ISO 5348	IDT	ГОСТ ИСО 5348—2002 «Вибрация и удар. Механическое крепление акселерометров»
ISO 80000-8	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык или русскоязычную версию данного международного стандарта. Официальные переводы и русскоязычные версии международных стандартов находятся в Федеральном информационном фонде стандартов.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

[1] ISO 2017-1, Mechanical vibration and shock — Resilient mounting systems — Part 1: Technical information to be exchanged for the application of isolation systems

[2] ISO 5347 (all parts), Methods for the calibration of vibration and shock pick-ups

[3] ISO 7626 (all parts), Vibration and shock — Experimental determination of mechanical mobility

[4] ISO 8528-9, Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets — Part 9: Measurement and evaluation of mechanical vibrations

[5] ISO 8579-2, Acceptance code for gear units — Part 2: Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing

[6] ISO 9611, Acoustics — Characterization of sources of structure-borne sound with respect to sound radiation from connected structures — Measurement of velocity at the contact points of machinery when resiliently mounted

[7] ISO 10055, Mechanical vibration — Vibration testing requirements for shipboard equipment and machinery components

[8] ISO 10816 (all parts), Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts

[9] ISO 10846 (all parts), Acoustics and vibration — Laboratory measurement of vibro-acoustic transfer properties of resilient elements

[10] ISO 13373 (all parts), Condition monitoring and diagnostics of machines — Vibration condition monitoring

[11] ISO 14694, Industrial fans — Specifications for balance quality and vibration levels

[12] ISO 14695, Industrial fans — Method of measurement of fan vibration

[13] ISO 16063 (all parts), Methods for the calibration of vibration and shock transducers

[14] IEC 60034-14, Rotating electrical machines — Part 14: Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher — Measurement, evaluation and limits of vibration severity

[15] International code for safety for high-speed craft (HSC code), IMO International Maritime Organization

УДК 534.322.3.08:006.354

ОКС 17.140.30
47.020.01

Ключевые слова: судовое оборудование, вибрация, шум, опоры, приемочные испытания

БЗ 9—2017/118

Редактор *В.Н. Шмельков*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *А.А. Ворониной*

Сдано в набор 19.10.2017. Подписано в печать 01.11.2017 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж 22 экз. Зак. 2175

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123001 Москва. Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru
stinfo.ru

gost.e-ecolog.ru