

Романченко М. К., Романченко А. М., Барановский А. М.

НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ НА СУДАХ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/7/59.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 7 (14). С. 172-175. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Доказательство теоремы проводится теми же методами, что и в работе [Ройтенберг 2008], где рассмотрены бифуркации векторных полей из открытого всюду плотного множества $C_{11} \cup C_{12}$ в C_1 .

Список использованной литературы

1. **Бородин А. В.** О вложении диффеоморфизма класса C^3 в векторное поле // Математика и математическое образование. Теория и практика: Межвуз. сб. научн. тр. - Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. - Вып. 2. - С. 14-37.
2. **Ройтенберг В. Ш.** О двухпараметрических бифуркациях на поверхностях // VIII конференция СНГ «Качественная теория дифференциальных уравнений». - Самарканд, 1992. - С. 95.
3. **Ройтенберг В. Ш.** О некоторых глобальных бифуркациях в двухпараметрических семействах векторных полей на поверхностях // Деп. в ВИНТИ. – 1995. - № 887. - 95. - 28 с.
4. **Ройтенберг В. Ш.** О бифуркациях сепаратрис, предельных к двойному циклу // Деп. в ВИНТИ. – 1995. - № 888 - 95. - 21 с.
5. **Ройтенберг В. Ш.** О бифуркациях векторных полей, имеющих ячейку, ограниченную двойными циклами // Математика и математическое образование. Теория и практика: Межвуз. сб. научн. тр. - Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2008. - Вып. 6. - С. 35-45.
6. **Newhaus S.** Bifurcations and Stability of Families of Diffeomorfisms / Newhaus S., Palis J., Takens F. // Publ. Math. IHES. - 1983. - V. 57. - P. 5-71.

НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ НА СУДАХ

*Романченко М. К., Романченко А. М., Барановский А. М.
ФГОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта»*

Необходимость нормирования вибрации на судах связана, во-первых, с необходимостью защиты персонала и, во-вторых, защиты корпусных конструкций, приборов и оборудования. Нормы вибрации составлены так, чтобы их можно было выполнить известными способами и средствами. Часто это бывает трудно сделать без глубокого анализа причин вибрации. В стандартах разных стран нормы вибрации различаются приблизительно в шесть раз для данной полосы частот в зависимости от страны и области применения, но это различие сохраняется во всём диапазоне частот.

Нормирование вибрации на рабочих местах и в жилых помещениях, построенных к настоящему времени морских и речных судов, проводится по логарифмическому уровню амплитуды виброперемещения, среднеквадратичного виброускорения и среднеквадратичной виброскорости. Исходные значения, соответственно, равны $a_0 = 8 \cdot 10^{-12}$ м, $a_0 = 3 \cdot 10^{-4}$ м/с² и $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с. Измеряемой физической величиной является ускорение, а виброскорость и виброперемещение получаются в результате интегрирования и двойного интегрирования в электронных цепях приборов. В редких случаях измеряется непосредственно виброскорость и виброперемещение [2].

Диапазон частот вибрации делится на октавные полосы со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16, 32, 63 Гц [3]. Амплитуда виброскорости и виброускорения получается умножением показания прибора на $\sqrt{2}$. Ниже частоты 2 Гц специфические волновые эффекты в теле человека не проявляются, а выше частоты 63 Гц вибрация воспринимается как шум. Очевидно, деление на вибрацию и шум условно, но имеет основание в том, что шум может иметь причину, не связанную с вибрацией.

Санитарные нормы вибрации (СН 1103-73) устанавливаются в зависимости от назначения помещений, длительности воздействия, условий пребывания экипажа и пассажиров судна в соответствии с классификацией судов. Основу норм составляют предельные спектры (ПС), с первого по седьмой (Рис. 1.1). Наибольшая допустимая вибрация соответствует первому спектру (ПС1) и является нормой для автоматизированных машинно-котельных отделений судов со временем пребывания не более 60 минут в сутки. Самая малая вибрация соответствует седьмому спектру (ПС7) и является нормой для медицинских помещений судов. Седьмой спектр применяется только для судов, имеющих штатный медперсонал.

Современный стандарт [5] предусматривает для общей вибрации следующие параметры: виброускорение или виброскорость, диапазон частот и время действия вибрации. Логарифмические уровни параметров определяются в децибелах относительно ускорения $a_0 = 10^{-6}$ м/с², скорости $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с. Полоса частот имеет октавное и, дополнительное, третьоктавное деление со средними частотами от 0,8 до 80 Гц. Отличие стандарта состоит в том, что «новые» уровни виброускорения больше «старых» точно на 50 дБ. Такое изменение стандарта нарушает традицию, согласно которой на частоте 1000 Гц уровни виброперемещения, виброскорости и виброускорения были равны между собой. Тем более, выбор этой частоты не случаен, поскольку чувствительность человеческого уха на указанной частоте наивысшая.

Ограничение действия вибрации проводится по медицинским признакам в следующих категориях: 1 - безопасность, 2 - граница снижения производительности труда, 3а - граница снижения производительности труда, 3в - комфорт. Нормы вибрации, скорректированные по частоте (для всего нормируемого диапазона частот), приведены в Табл. 1.1.

Табл. 1.1. Сравнение норм вибрации на судах и промышленных предприятиях по СН 1103-73 и ГОСТ 12.1.012-90

Категория вибрации	Нормативное значение, дБ	
	Виброускорение, дБ	Виброскорость, дБ
Безопасность (1)	115	107
Безвахтенное обслуживание (ПС1)	110-127	115-101
Снижения производительности (2)	109	101
Постоянная вахта (ПС3)	101-118	106-92
Снижения производительности (3а)	100	92
Общественные помещения (ПС5)	91-108	95-82
Комфорт (3в)	83	75
Медицинские помещения (ПС7)	82-98	86-72

Сравнение уровней вибрации показывает их близость по приведённым категориям и предельным спектрам, несмотря на различные годы введения стандартов. Это можно объяснить медицинским обоснованием норм.

Сравнение допустимых уровней вибрации на рабочих местах при постоянной вахте с уровнем комфорта показывает незначительное превышение норм судовой вибрации относительно уровня комфорта в среднем на 3 - 10 дБ.

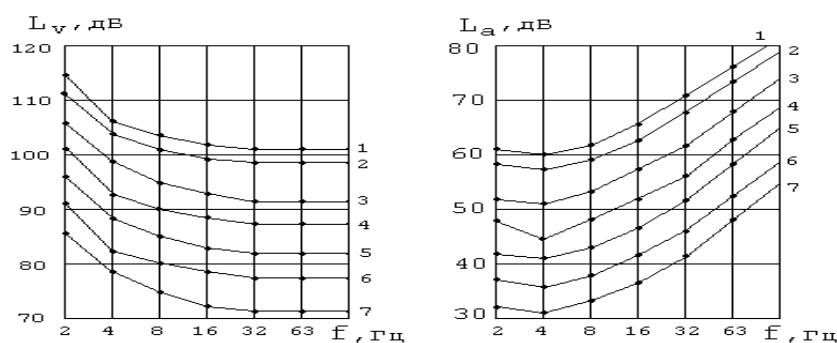


Рис. 1.1. Предельные уровни среднеквадратичных значений виброскорости и виброускорения по санитарным нормам

Основные частоты, вызывающие резонансы и дискомфорт, находятся между 0,9 - 63 Гц [1]. В этом диапазоне затруднение дыхания наблюдаются при частотах 1,0 - 9,0 Гц; вредное влияние на зрение наблюдается при частотах 0,8 - 90 Гц; заболевания сердечно-сосудистой системы могут развиваться при частотах 6,0 - 800 Гц. Нарушение координации в пространстве и потеря равновесия наблюдается при частотах 1,0 - 3,0 Гц. Ухудшение качества работы оператора проявляется на частотах 0,5 - 13,0 Гц.

Вибрация корпуса судна является главной причиной рассмотренных ранее проявлений вибрации. Если вибрация корпуса находится в допустимых пределах то, как правило, выполняются санитарные нормы и нормы для установленных на судне приборов связи и навигации. Нормирование вибрации корпуса является прерогативой Речного Регистра [6].

Позиция Регистра в отношении вибрации имеет главный принцип: на судне не должно быть резонансов. Второй принцип Регистра: судно должно быть жёстким. Иными словами, все собственные частоты колебаний корпуса и его элементов должны быть выше частот вынуждающих сил. Кроме того, на этапе технического задания нормы предусматривают противоположный подход к проектированию элементов корпуса: для быстроходных механизмов допускается превышение вынуждающих частот над собственными частотами.

Правила Регистра в отношении вибрации имеют гибкую структуру и не ставят проектировщиков в безвыходное положение. Если выполнить нормы Регистра трудно для данного проекта, то обычная последовательность при расчётах вибрации имеет три этапа: расчёт по приближённым формулам; расчёт по уточнённым формулам и общепринятым методикам; обоснование превышения допустимых значений вибрации.

Нормированию подлежат вибрация шести основных элементов:

1. кормовая оконечность корпуса;
2. пластины наружной обшивки, внутренних конструкций корпуса и надстройки;
3. холостой набор и рёбра жесткости;
4. опорные поверхности фундаментов;
5. рамный набор в составе перекрытия;
6. двигатели и другие механизмы.

Рекомендуется экспериментальная проверка вертикальных колебаний корпуса первых двух тонов и их сравнение с расчётом.

Допустимая амплитуда колебаний кормовой оконечности в миллиметрах равна

$$A_1 = 2 / (1 + 0,04f^2), \quad 1.1$$

где f - частота колебаний кормовой оконечности, Гц.

Допустимая амплитуда колебаний опорных поверхностей фундаментов механизмов до частоты $f=10$ Гц равна 0,5 мм, после частоты 10 Гц определяется по формуле

$$A_2 = 1 / 0,02f^2 \quad 1.2$$

Допустимая амплитуда колебаний центра пластины в миллиметрах определится по формуле

$$A_3 = 0,125(a/100t)^2 t \quad 1.3$$

где a - короткая сторона пластины, мм; t - толщина пластины, мм.

Допустимые амплитуды колебаний холостого набора и рёбер жесткости в середине пролёта равны

$$A_4 = 4000Wt^2 / E \quad 1.4$$

где W - момент сопротивления сечения профиля, m^3 ; E - модуль упругости, МПа.

Приведённые зависимости показывают, что общая вибрация нормируется по кинематическим параметрам, а местная по условию прочности. Полезно сравнить уровни вибрации Регистра с медицинскими нормами. С учётом размерности величин, уровень виброускорения определится из выражения (1.1)

$$L_a = 20Lg \frac{56700f^2}{1 + 0,04f^2} \quad 1.5$$

Уровень вибрации фундамента определится аналогично из выражения (1.2)

$$L_a = 20Lg(14000f^2)$$

$$L_a = 20Lg(1,4 * 10^6) \quad 1.6$$

Графики, построенные по этим зависимостям, приведены на Рис. 1.2, где для сравнения помещены медицинские нормы по предельным спектрам ПС1 и ПС7. Оказывается, что вибрация на корме на средних частотах превышает уровень вибрационной безопасности и долго находиться на корме не рекомендуется. То же относится к машинным отделениям.

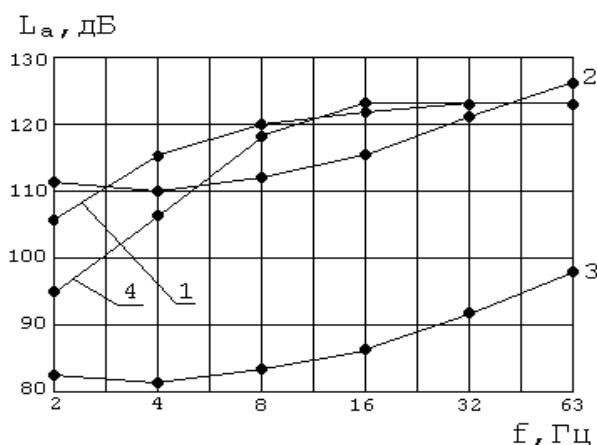


Рис. 1.2. Предельные уровни виброускорений: 1-по правилам Регистра для кормовой оконечности; 2-по санитарным нормам для ПС1 или уровню безопасности; 3-по нормам ПС7 или уровню комфорта; 4-по правилам Регистра для опорных поверхностей фундаментов

Нормирование местной вибрации необходимо для предупреждения усталостных повреждений металла обшивки и элементов набора. Построим достаточно близкую к реальности модель вибрации листов обшивки и по этой модели оценим напряжения в металле. Допустим, что набор жёсткий и его движение вызывает вибрацию листов, которые прогибаются в крайнем положении точно по синусоиде (Рис. 1.3).

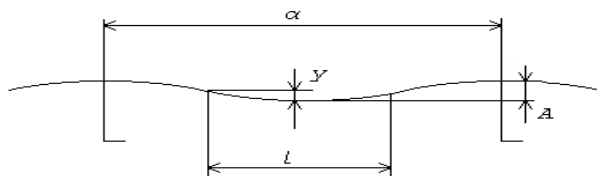


Рис. 1.3. Деформация листов обшивки

Силы инерции массы листа будут также изменяться по синусоиде вдоль листа, поскольку они пропорциональны амплитуде колебаний. Наибольший прогиб можно выразить через напряжения в материале листа

$$y = \frac{\sigma l^2 t^2}{6EJ\pi^2} \quad 1.7$$

где $J = t^3 / 12$ - момент инерции сечения листа единичной ширины.

Критерием прочности может служить допускаемое напряжение, выраженное через допустимый прогиб, модуль упругости, толщину и длину пластины между рёбрами

$$[\sigma] = \frac{AE\pi^2 t}{a^2} \quad 1.8$$

Используя выражения (1.3), (1.8) и с учётом размерности, получим допускаемое Регистром напряжение в пластинах обшивки при вибрации

$$[\sigma] = 1,25 * 10^{-5} E\pi^2 = 25 * 10^6, \text{ Па} \quad 1.9$$

Полученные напряжения можно характеризовать как достаточно высокие для корпуса, но приемлемые для корпусной стали, поскольку они не превышают 12% от предела текучести 235 МПа [6].

Список использованной литературы

1. Андреева-Галанина Е. Ц. Вибрация и её значение в гигиене труда. - Л.: Медгиз. 1956. - 190 с.
2. Барановский А. М. Виброизоляция дизелей речных судов: Научное издание / А. М. Барановский. - Новосибирск: НГАВТ, 2000. - 176 с.
3. Вибрация. Метод контроля на рабочих местах и в жилых помещениях морских и речных судов. - ГОСТ 12.1.047-85.
4. Вибрация на судах. Нормы и метод измерения вибрации установленных средств автоматизации, радиосвязи и электрорадионавигации. - ОСТ 5.0531-85.
5. Вибрационная безопасность. Общие требования. - ГОСТ 12.1.012-90.
6. Российский речной регистр. Правила: В 3-х т. - М.: Marine Engineering Service, 1995. - Т. 1. - 329 с.

ТОПЛИВО ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ. КАК СНИЗИТЬ ЕГО РАСХОД?

Саванюк А. Ф.

Юргинский технологический институт Томского политехнического университета

Сельское хозяйство - крупнейший потребитель нефтепродуктов: ежегодно оно расходует до 30 млн.т. дизельного топлива (ДТ), 20 млн.т. автомобильного бензина и около 2 млн.т. смазочных масел. Дизельное топливо используют в двигателях с воспламенением от сжатия.

В сельскохозяйственном производстве ДТ используют для двигателей тракторов, комбайнов, большегрузных автомобилей, а так же для стационарных сушильных комплексов.

Основное преимущество дизелей - высокая экономичность. Удельный часовой расход топлива тракторных дизельных двигателей составляет 127...142 г/кВт ч против 165...187 г/кВт ч у карбюраторных двигателей. ДТ менее взрыво- и огнеопасно. Основные физико-химические характеристики дизельного топлива устанавливаются ГОСТом 305-82 (Таблица № 1).

Одним из главных эксплуатационных показателей качества ДТ является его воспламеняемость, характеризуемая цетановым числом. Цетановое число - это процентное содержание цетана в искусственно приготовленной смеси, которая состоит из цетана и альфаметилнафтала и по характеру сгорания равноценна проверяемому топливу. Значение цетанового числа зависит от углеводородного и фракционного состава топлива и наличия в нем специальных присадок. ДТ, применяемое в сельском хозяйстве, выпускается с цетановым числом не менее 45. При этом двигатель пускается легко и быстро, период задержки самовоспламенения невелик. Использование топлива с цетановым числом выше 50 нецелесообразно, т.к. процесс сгорания практически не улучшается.

Итак, дизельное топливо, сколько горечи и страданий духовных, экономических потерь вызывает это словосочетание. Что ни страда, то обязательно со словом «Топливо» связана проблема, как убрать урожай в отпущенное богом погожее время, как довести зерно до его кондиции, как сдать его в государственные закрома с максимальной для себя прибылью?

Таблица 1.

Показатели	Л	З
Цетановое число не менее	45	45
Температура °С		
застывания, не выше	-10	-35
помутнения, не выше	-5	-25
Вязкость кинематическая, мм ² /с при 20°С	3-6	1,8-5
Кислотность, мг/кон/100 мл, не более	5	5
Температура вспышки, °С, не ниже	40	35
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3
Плотность при 20°С, кг/м ³ , не более	860	840
Зольность, % не более	0,01	0,01