

УДК 629.12.05

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕМПФИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ КАЧКИ ВОЛНОМЕРНОГО БУЯ

© Д.Г. Грязин, В.Л. Ткалич

Санкт-Петербургский Государственный институт точной механики и оптики
(технический университет)

Поступила в редакцию 26 февраля 1999г.

Предложено демпфирующее устройство, состоящее из демпфирующих пластин, закреплённых на плоских пружинах. Устройство устанавливается в нижней части волномерного буя. Приводится описание работы демпфера, а также выражение для расчёта силы демпфирования. Указанный демпфер позволяет уменьшить погрешность измерения волнения и расширить диапазон измерений спектра волнения в область высоких частот.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространённым средством измерения характеристик морского волнения являются волномерные буи. Эти приборы устанавливаются на акваториях морей и океанов и передают измерительную информацию по радио. Результаты измерений, полученные с помощью этих приборов, содержат не только инструментальные, но и методические погрешности. Одной из таких погрешностей является погрешность от вертикальной качки буя. Под вертикальной качкой понимаются колебания буя по вертикали относительно поверхности волны.

Для расчёта амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) вертикальной качки разработана её математическая модель, в основе которой лежит дифференциальное уравнение второго порядка [1].

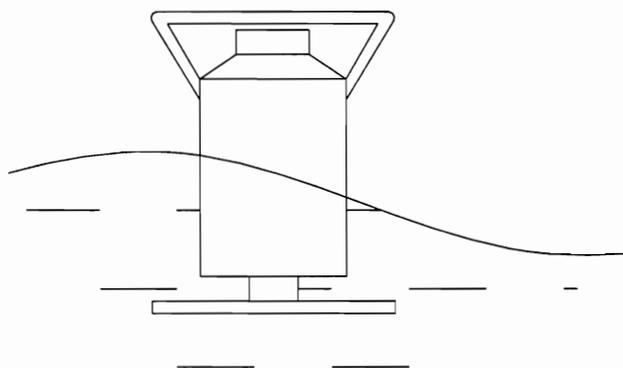


Рис. 1. Конструкция буя с дисковым демпфером

Очевидно, что для расширения диапазона работы прибора в область высоких частот, т.е. диапазона, в котором АЧХ равна 1, следует

увеличить частоту собственных вертикальных колебаний буя ω_c или задемпфировать эти колебания в области резонанса. Для увеличения ω_c следует уменьшать массу буя и увеличивать его диаметр, однако уменьшение массы бывает затруднительным по конструктивным соображениям. При установке в нижнюю часть буя демпфирующего устройства (рис. 1), вид АЧХ вертикальной качки будет существенно зависеть от площади демпфера. С увеличением площади демпфера уменьшится амплитуда собственных вертикальных колебаний, кроме того, уменьшится и значение ω_c (рис. 2), что крайне нежелательно. Это явление обусловлено увеличением присоединённой массы воды при увеличении площади демпфера.

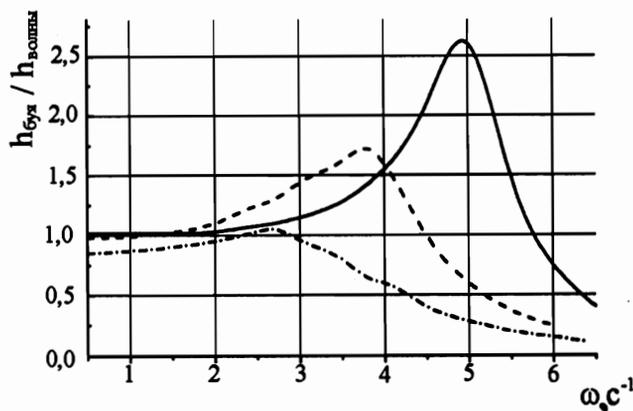


Рис. 2. Сравнение АЧХ вертикальной качки буя \varnothing 0,3м и массой 21кг до и после установки на него демпфера различного диаметра:

- без учёта демпфера;
- с демпфером \varnothing 0,34 м;
- · - · - с демпфером \varnothing 0,44 м

КОНСТРУКЦИЯ ДЕМПФЕРА И РАСЧЁТ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК

Демпфирование колебаний в области резонанса без значительного уменьшения ω_c можно осуществить с помощью пружинного демпфера, представленного на рис.3.

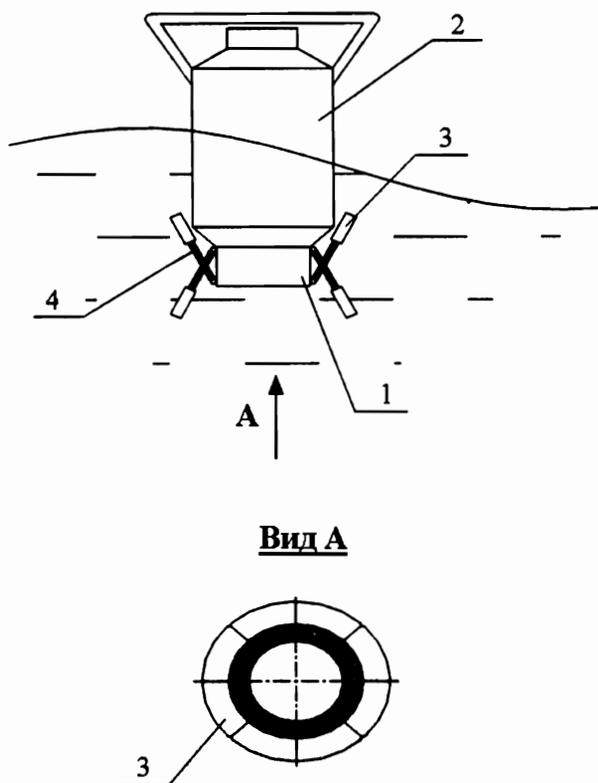


Рис. 3. Конструкция буя с пружинным демпфером.
1 – насадка, 2 – корпус буя, 3 – демпфирующие лепестки, 4 – плоские пружины

Демпфер представляет собой насадку 1, устанавливаемую в подводной части буя 2. Демпфирующим элементом предлагаемого устройства являются лепестки 3, закреплённые к корпусу буя с помощью плоских пружин 4. Устройство имеет чётное число лепестков, причём нечётные лепестки закрепляются с наклоном вверх, а чётные с наклоном вниз. При вертикальной качке буя лепестки будут раскрываться, в результате чего увеличится сила демпфирования.

Особенностью предложенного демпфирующего устройства является то, что величина силы сопротивления при вертикальных колебаниях буя будет зависеть от частоты этих колебаний.

Демпфирующую силу, при отсутствии надёжных экспериментальных данных, можно

приблизённо определить с помощью выражения

$$F_d = \int \rho \dot{z}^2 \cos^3 \alpha dS, \quad (1)$$

где ρ – плотность воды, \dot{z} – скорость вертикальных перемещений буя, S – площадь лепестков, α – угол отклонения лепестка от горизонтальной плоскости.

Очевидно, что сила сопротивления движению будет зависеть от проекции площади демпфирующих лепестков на горизонтальную плоскость. Демпфирующая сила F_d может быть более точно также определена через скоростной напор по формуле

$$F_d = \frac{1}{2} C_g \rho \dot{z}^2 S_{np}, \quad (2)$$

где C_g – коэффициент сопротивления, соответствующий скоростному напору, S_{np} – площадь проекции лепестков на горизонтальную плоскость.

Выражением (2) можно воспользоваться при наличии экспериментальных значений C_g . В первом приближении можно считать, что $C_g = 2 \cos^2 \alpha$. При постоянной скорости \dot{z} и угле наклона α выражение (1) преобразуется к выражению (2), т.к.

$$\int \cos \alpha dS = S_{np}.$$

Амплитудно-частотная характеристика буя с пружинным демпфером может быть рассчитана на основе дифференциального уравнения, предложенного в [1].

Поскольку сила демпфирования пропорциональна квадрату скорости, а в решаемой задаче мы ограничиваемся линейным уравнением вертикальных колебаний, выражение для указанной силы должно быть линеаризовано. Для этой цели следует использовать известный прием [2]. Тогда формула для коэффициента сопротивления W , необходимого для расчёта АЧХ будет иметь вид:

$$W = \frac{4}{3\pi} \rho C_g S_1 r \omega,$$

где: r – амплитуда волны, S_1 – суммарная площадь проекции демпфера и буя на горизонтальную плоскость.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Способ сглаживания АЧХ вертикальной качки буёв различных типов, путём введения демпфера не является новым. В общем случае, установка пассивного демпфера не позволяет

расширить зону линейную область АЧХ, что хорошо иллюстрирует рис. 1. Предлагаемый пружинный демпфер, в отличие от классических, является элементом избирательного демпфирования, что позволяет ему выполнять свои функции только в зоне резонанса. Указанная особенность работы пружинного демпфера позволяет сделать вывод о том, что введение в конструкцию буя этого элемента не окажет существенного влияния на зону АЧХ, лежащую слева от резонансной области. В то же время, за счёт демпфирования колебаний в зоне резонанса диапазон АЧХ равный единице может быть расширен в область верхних частот.

Из рисунка 3 видно, что конструкция пружинного демпфера является чувствительной к ударным нагрузкам, которые могут возникнуть при установке буя на воду, или его подъёме на борт судна. Это ограничивает применение демпфера на океанографических буях. Несмотря на указанный недостаток, применение демп-

фера на измерительных буях, к которым относятся и волномерные приборы, является целесообразным.

На основе рассчитанных значений силы демпфирования и зная АЧХ вертикальной качки буя без демпфера, можно рассчитать параметры демпфера.

Следует отметить, что наиболее достоверные результаты расчета получается при наличии экспериментально полученных значений C_d .

ЛИТЕРАТУРА

1. Грязин Д.Г. // Приборостроение в экологии и безопасности человека. Труды второй международной конференции. 27-29 окт. 1998. Санкт-Петербург. 48-49 с.
2. Берто Г.О. Океанографические буи. 1979. Л. Судостроение, С.215.

DEVICE FOR DAMPING HEAVING OF A WAVE MEASURING BUOY

D.G. Gryazin, V.L. Tkalich

St. Petersburg State Institute of Fine Mechanics and Optics (Technical University)

A damper is offered, that consists of damping plates fixed on flat springs. The device is mounted in the lower part of the wave measuring buoy. A description of the damper operation and an expression for the calculation of the damping force are given. The device allows one to reduce the wave measurement error and to expand the wave spectrum measurement range to the high frequency region.