

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НА ПЕРЕГРУЗКИ ПРИ МОРСКОЙ ПЕРЕВОЗКЕ

С.В. Широков

ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»
443009, г. Самара, ул. Земеца, 18
E-mail: csdb@samtel.ru

Проводится исследование влияния характеристик средств транспортирования на величину перегрузок в местах опирания перевозимого морским транспортом изделия с помощью формирования структурной схемы динамических звеньев и определения их передаточных функций.

Ключевые слова: *схема транспортирования, динамическое звено, передаточная функция, морское волнение, амплитудно-частотная характеристика, перегрузка.*

При транспортировании изделий морским транспортом одним из внешних воздействий, определяющих состояние изделия после транспортировки и готовность его к дальнейшей эксплуатации, является величина перенесенных им перегрузок в процессе транспортировки. В случае превышения заданных значений перегрузок в процессе транспортировки возникнет необходимость проведения дополнительных мероприятий для дальнейшей его эксплуатации, вплоть до полной замены дорогостоящего изделия. В связи с этим возникает задача предварительного определения возможных перегрузок, а в случае прогнозирования их превышения допустимых значений – осуществления оптимизации характеристик средств транспортирования.

Для решения задачи определения возможных перегрузок конкретного изделия возникает необходимость создания индивидуальных упрощенных методов расчета, позволяющих оперативно оценить выбранные конструктивные особенности объекта транспортирования и принять при необходимости меры их улучшению.

При морском волнении судно испытывает следующие виды колебаний: бортовую, килевую и вертикальную качку, а также поперечно-горизонтальные, бортовые колебания и рыскания [1]. Для решения поставленной задачи будем рассматривать нижеприведенные движения судна (рис. 1), а остальными пренебрежем из-за малого влияния на объект транспортирования.

При рассмотрении судна и объекта транспортирования как динамических звеньев можно разработать математические модели для каждого вида качки [2].

Расчетная схема для бортовой качки и структурная схема моделей, включающая передаточные функции выделенных динамических звеньев, показана на рис. 2.

Передаточные функции $W_1(p)$ и $W_2(p)$ устанавливают взаимосвязь между исследуемыми переменными:

$$W_1(p) = \frac{\Delta \varepsilon_c(p)}{\Delta \alpha_g(p)}; \quad W_2(p) = \frac{\Delta s_u(p)}{\Delta \varepsilon_c(p)}.$$

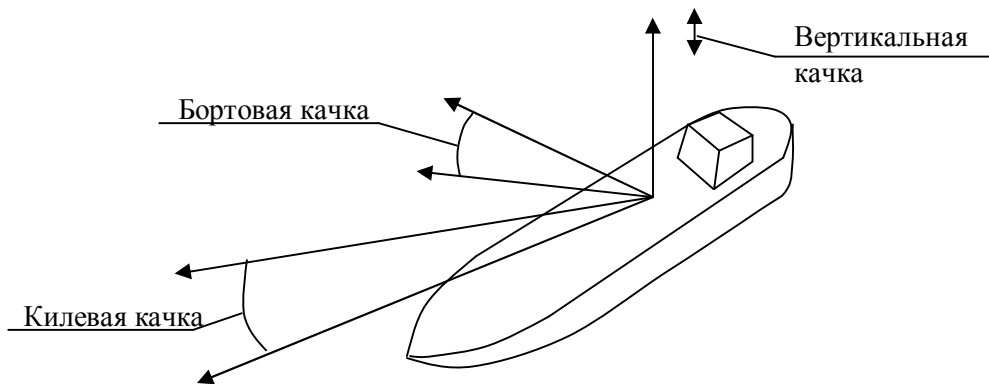


Рис. 1.

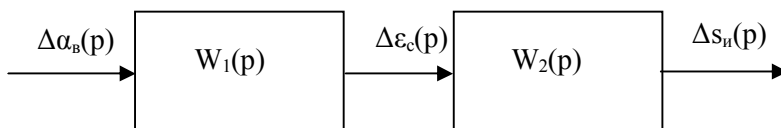
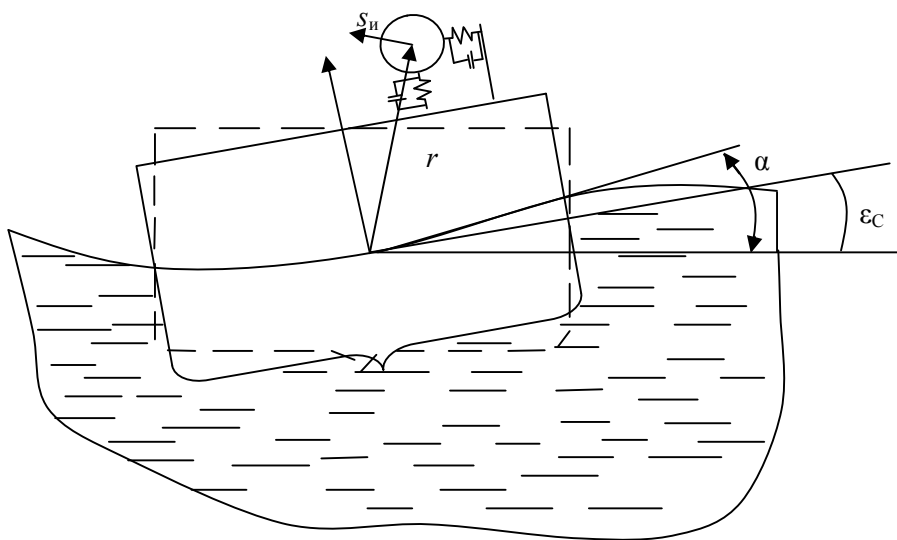


Рис. 2. Расчетная и структурная схемы моделей:

α_b – угол наклона волны; ϵ_c – угол наклона судна; s_u – перемещение изделия;
 r – расстояние между осью вращения судна и центром тяжести изделия; m_c – масса судна;
 m_u – масса изделия

Здесь для $W_1(p)$ входной величиной является угол наклона волны α_b , а выходной величиной – угол наклона судна ϵ_c . Для $W_2(p)$ входной величиной является угол наклона судна ϵ_c , а выходной величиной – перемещение изделия s_u .

После анализа и преобразований динамическая модель рассматриваемого выше объекта, связывающая перемещение изделия s_u с возмущением ϵ_b , может быть представлена в виде передаточной функции

$$W'_B(p) = \frac{\Delta s_u(p)}{\Delta \varepsilon_B(p)} = W_1(p)W_2(p) = \frac{k_1 r}{(T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1)(T^2 p^2 + 2\xi T p + 1)} .$$

Учитывая, что силовое воздействие на изделие определяется величиной ускорений $\ddot{s}_u = \frac{d^2 s_u}{dt^2}$, получим дополнительно передаточную функцию объекта, приняв за выходную величину ускорение \ddot{s}_u .

Используя преобразование Лапласа, можно записать

$$\ddot{s}_u(p) = p^2 s_u(p) .$$

Тогда искомая передаточная функция будет

$$W_B(p) = \frac{\Delta \ddot{s}_u(p)}{\Delta \varepsilon_B(p)} = p^2 W'_B(p) = \frac{k_1 r_1 p^2}{(T_1^2 p^2 + 2\xi_1 T_1 p + 1)(T_0^2 p^2 + 2\xi_0 T_0 p + 1)} . \quad (1)$$

В формуле (1) коэффициенты T и ξ зависят от упругих и демпфирующих свойств звеньев [3]:

T_0, ξ_0 – средств крепления изделия к судну;

T_1, ξ_1 – непосредственно самого судна для бортовой и килевой качки.

Параметры T_1, ξ_1 зависят от следующих характеристик судна [4]:

μ – относительный коэффициент затухания;

ω – частота свободных незатухающих колебаний судна;

b – коэффициент пропорциональности.

На основе полученной выше передаточной функции (1) с помощью типовых программ построена амплитудно-частотная характеристика. В качестве объекта выбран случай транспортирования блоков РН «Союз-СТ» на судне типа «Тукан» с длиной наибольшей – 115,5 м, шириной – 20,38 м, осадкой – 5 м, водоизмещением брутто – 9125 тонн.

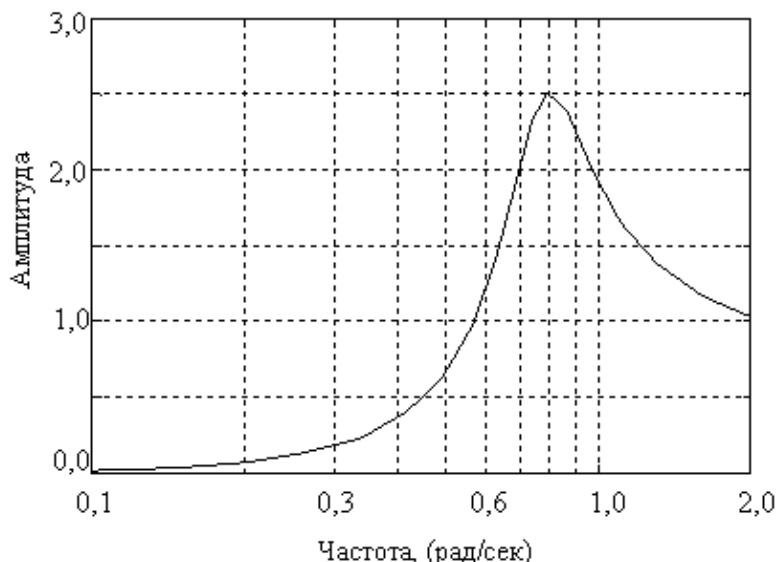
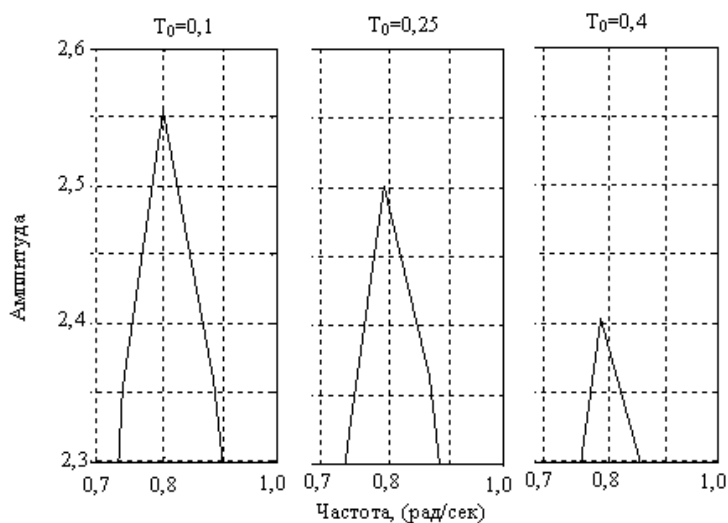


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика при бортовой качке

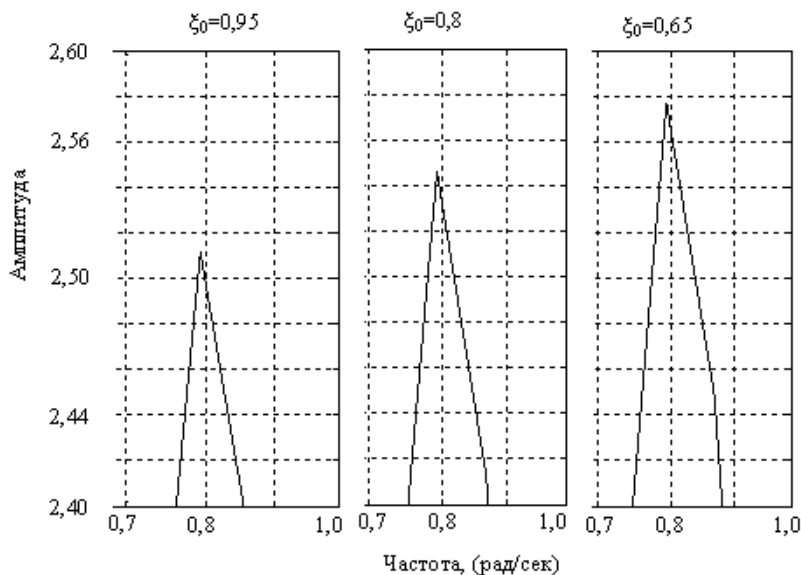
Величины коэффициентов будут следующие:

$T_0 = 0,22$, $\xi_0 = 0,9$, $T_1 = 1,3$, $\xi_1 = 0,2$, $k_1 = 0,34$, $r_1 = 5$.

Амплитудно-частотная характеристика для данного случая представлена на рис. 3.



Р и с . 4 . Изменение максимальных значений амплитуд при различных T_0 и постоянном $\xi_0 = 0,9$



Р и с . 5 . Изменение максимальных значений амплитуд при различных ξ_0 и постоянном $T_0 = 0,2$

В случае изменения характеристик средств крепления изделия к судну, то есть коэффициентов T_0, ξ_0 второго динамического звена, вид амплитудно-частотной ха-

раактеристики в целом не изменятся, при этом максимальные значения амплитуд для различных величин коэффициентов будут отличаться. Величины максимальных значений амплитуд для различных значений T_0, ξ_0 представлены на рис. 4, 5.

Из показанной на рис. 3 характеристики следует [5], что при бортовой качке максимальная перегрузка n на изделии возникает при частоте 0,8 рад/сек. Это соответствует высоте волн от 4 до 6 м, и для $T_0 = 0,22, \xi_0 = 0,9$ она составляет около $0,38 \text{ м/с}^2$.

Для различных коэффициентов T_0, ξ_0 величины перегрузок приведены в таблице.

Величины перегрузок для различных характеристик средств крепления

$\xi_0 = 0,9$			$T_0 = 0,2$		
$T_0 = 0,1$	$T_0 = 0,25$	$T_0 = 0,4$	$\xi_0 = 0,65$	$\xi_0 = 0,8$	$\xi_0 = 0,95$
$n = 0,383$	$n = 0,375$	$n = 0,360$	$n = 0,385$	$n = 0,382$	$n = 0,377$

Предлагаемая методика позволяет оценить перегрузки, воздействующие на изделие при морской транспортировке, а также изучить влияние изменения характеристик средств крепления на перегрузки, возникающие в точках закрепления объекта. Для условий, приведенных выше в качестве примера, они не превышают допустимых для блоков РН типа «Союз» при транспортировании. В статье проанализирован только режим установившихся колебаний для бортовой качки, однако полученные модели позволяют рассмотреть также переходные процессы и получить оценки перегрузок при случайном характере воздействий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Басин А.М.* Качка судов. – М.: Машиностроение, 1969. – 278 с.
2. *Гальперин М.В.* Автоматическое управление. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 224 с.
3. *Вагуценко Л.Л.* Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. - Одесса: Фенікс, 2005. – 274 с.
4. *Пановко Я.Г.* Устойчивость и колебания упругих систем. – М.: Наука, 1987. – 352 с.
5. *Семенов-Тянь-Шанский В.В.* Качка корабля. – Л.: Судостроение, 1969. – 324 с.

Статья поступила в редакцию 5 июля 2011 г.

RESEARCHING OF A INFLUENCE OF VEHICLE CHARACTERISTICS ON A OVERLOADING DURING SEA TRANSPORTATION

S.V. Shirokov

«Progress» Design Bureau, Samara, Russia
18, Zemetsa st., Samara, 443009

Realize researching of a influence of vehicle characteristics on a overloading in places of supporting of equipments transporting sea ships. For this task using structural schemes dynamics links and definition them transfer function.

Keywords: *transporting scheme, dynamic link, transfer function, sea roughness, gain-frequency characteristic, overloading.*

Sergey V. Shirokov – Head of Department.