

*Соломенцев О.И., д-р техн. наук, профессор НУК*

*Ли Тхань Бин, аспирант*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДНИЩЕВОГО СЛЕМИНГА ГРУЗОВЫХ СУДОВ ОГРАНИЧЕННОГО РАЙОНА ПЛАВАНИЯ**

УДК 629.5.017

В докладе излагаются результаты исследований характеристик днищевого слеминга грузовых судов ограниченного района плавания. Выполненный анализ показал, что наиболее актуальными здесь оказываются такие проблемы.

1. Совершенствование на основе [3] методов расчёта силы удара. На нерегулярном волнении эта сила представляет собой произведение случайного ударного давления на случайную площадь соударения. Поэтому соответствующий закон распределения был получен в [3] в достаточно сложной форме с использованием специальных функций.

2. Учёт влияния кривизны поверхности удара в продольном направлении на силу удара. Имеемые экспериментальные данные подтверждают целесообразность такого учёта [2].

3. Учёт влияния степени упорядоченности реального нерегулярного волнения на характеристики слеминга.

Закон распределения силы удара  $F_{уд}$  на стационарном волновом режиме, удалось путём преобразований и систематических расчётов с достаточной точностью аппроксимировать распределением Вейбулла. Соответственно расчётная обеспеченность  $P_F(F_{уд})$  и плотность вероятности  $f_F(F_{уд})$  определяется как

$$P_F(F_{уд}) = \int_{F_{уд}}^{\infty} f_F(x) dx = \exp \left[ - \left( \frac{F_{уд}}{a_F} \right)^{n_F} \right]; \quad (1)$$

$$f_F(F_{уд}) = -\frac{dP_F(F_{уд})}{dF_{уд}} = \frac{n_F F_{уд}^{n_F-1}}{a_F^{n_F}} \exp\left[-\left(\frac{F_{уд}}{a_F}\right)^{n_F}\right]$$

где расчётные зависимости для параметров масштаба  $a_F$  и формы  $n_F$  закона Вейбулла приводятся в докладе.

На рис. 1 приведена рассчитанная по полученным в работе формулам зависимость вида  $\kappa_F = \kappa_F\left(\frac{[Z]}{|Z_{max}|}\right)$ . Здесь  $\kappa_F$  есть поправочный коэффициент

к силе удара, учитывающий её кривизну в продольном направлении, а  $|Z_{max}|$  есть максимально возможное по абсолютной величине значение угла соударения в продольной плоскости, величина  $|Z_{max}|$  для наиболее неблагоприятных фазовых соотношений между килевой качкой и набегающим волнением определяется как  $|Z_{max}| = \alpha_{Bmax} + \psi_{max}$ , где  $\alpha_{Bmax}$  - максимально возможное по условиям обрушения волны значение амплитуды угла волнового склона,  $\alpha_{Bmax} = (0,10-0,15)\pi$  рад и  $\psi_{max}$  - максимально возможная амплитуда килевой качки. А параметр  $[Z]$  есть определяемая по экспериментальным данным величина, отвечающая условию  $Z < [Z]: \kappa_F(Z) = 1; Z \geq [Z]: \kappa_F(Z) = 0$ .

При этом получается, что  $\kappa_F(0) = 0$  и  $\kappa_F(1) = 1$ . Действительно, в первом случае длина удара получается равной 0 во всём диапазоне изменения продольного угла соударения, тогда как во втором случае длина удара во всём этом диапазоне сохраняет своё наибольшее значение. При  $0 < \frac{[Z]}{|Z_{max}|} < 1$  длина удара принимает некоторое промежуточное значение, и соответственно функция  $\kappa_F\left(\frac{[Z]}{|Z_{max}|}\right)$  монотонно возрастает от 0 до 1.

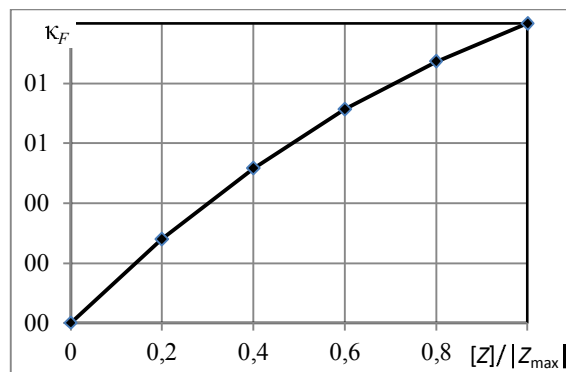


Рис. 1: Зависимость коэффициента  $\kappa_F$  от  $\frac{[Z]}{|Z_{max}|}$

Пусть, далее, корреляционная функция волновых ординат  $R(\tau)$  в простейшем случае может быть принята в форме

$$R(\tau) = D_r \exp(-\alpha_{Br} |\tau|) \cos \beta_{Br} \tau, \quad (2)$$

где  $D_r = R(0) = \int_0^{\infty} S_r(\omega) d\omega = 0,143 \left( \frac{h_3}{2} \right)^2$  - дисперсия волновых ординат на

нерегулярном волнении,  $\omega$  - частота элементарной гармоник нерегулярного волнения,  $S_r(\omega)$  - спектральная плотность волновых ординат при частоте  $\omega$  и  $h_3$  - высота волны 3%-обеспеченности.

Здесь  $\alpha_{Br}$  и  $\beta_{Br}$  - некоторые эмпирические параметры, характеризующие реальное нерегулярное волнение. Эти параметры зависят от интенсивности волнения, которая задается высотой волны 3%-обеспеченности  $h_3$ ,  $\alpha_{Br}^{\min}(h_3) \leq \alpha_{Br} \leq \alpha_{Br}^{\max}(h_3)$  и  $\beta_{Br}^{\min}(h_3) \leq \beta_{Br} \leq \beta_{Br}^{\max}(h_3)$ , а зависимости для  $\alpha_{Br}^{\min}(h_3)$ ,  $\alpha_{Br}^{\max}(h_3)$ ,  $\beta_{Br}^{\min}(h_3)$ ,  $\beta_{Br}^{\max}(h_3)$  содержатся в [1]. На регулярном (полностью упорядоченном) волнении, частота которого есть  $\omega_0$ , имеем  $\alpha_{Br}=0$ . Тогда в качестве численного критерия степени упорядоченности волнения при любой его интенсивности предлагается величина

$$E_r = \frac{\alpha_{Br} - \alpha_{Br}^{\min}}{\alpha_{Br}^{\max} - \alpha_{Br}^{\min}}, \quad \alpha_{Br}^{\min} \leq \alpha_{Br} \leq \alpha_{Br}^{\max}. \quad (3)$$

При этом величина  $E_r$  изменяется от 0 до 1, что определяет удобство и наглядность практического использования этого критерия. При  $E_r=0$  волнение является максимально упорядоченным. В этом случае реальное нерегулярное волнение настолько близко к регулярному волнению и удалено от белого шума, насколько это возможно при заданной его интенсивности. При  $E_r=1$ , напротив, реальное нерегулярное волнение максимально не упорядочено, в максимальной степени удалено от регулярного волнения и в максимальной степени приближено к белому шуму. В докладе выполнен анализ влияния параметра  $E_r$  на характеристики слеминга.

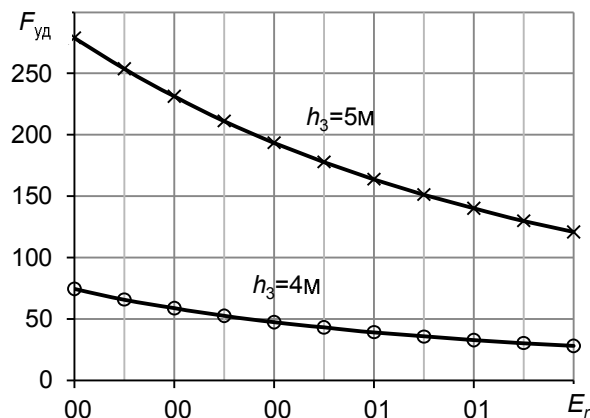


Рисунок 2: Зависимость средней силы удара от  $E_r$   
для судна длина  $L=66,5\text{ м}$ ,  $B=12,3\text{ м}$ ,  $T=5,2\text{ м}$ ,  $\delta=0,785$

**Литература.** 1. **Екимов, В.В.** Вероятностные методы в строительной механике корабля [Текст] / В.В. Екимов. - Л.: Судостроение, 1966.-328с.  
2. Повреждения и пути совершенствования судовых конструкций [Текст] / **Н.В. Барбанов, Н. А. Иванов, В. В. Новиков** и др. // Л.: Судостроение, 1989. -254 с.  
3. **Соломенцев, О. И.** Анализ волновых нагрузок в Правилах по скоростным судам ряда классификационных обществ [Текст] / О. И. Соломенцев // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. –№5. – С. 18-27