

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ ПЛАВСРЕДСТВА

При использовании железа и стали в качестве судостроительных материалов, повреждения судна стали приводить к ухудшению или полной потере мореходных и эксплуатационных качеств кораблей. Поэтому весьма важно свести до минимума их вредные последствия.

Наиболее важным контролируемым параметром судна, обеспечивающим его плавучесть, является параметр надводной непотопляемости. Надводной непотопляемостью (НН) называется способность плавсредства оставаться на плаву, не опрокидываясь на борт или оконечность, при затоплении части отсеков и цистерн главного балласта (ЦГБ).

Основными задачами теории надводной непотопляемости являются:

- установление количественных характеристик НН;
- разработка методов определения этих характеристик в корабельных условиях для оперативной оценки тяжести состояния поврежденного плавсредства.

В общем случае состояние плавсредства после аварии может быть охарактеризовано количественно:

- параметрами посадки – положением плавсредства относительно поверхности спокойной воды (осадкой на мидель-шпангоуте – T , углом дифферента – ψ и углом крена – Θ);
- параметрами надводной непотопляемости – способностью плавсредства сопротивляться дополнительным воздействиям.

К параметрам надводной непотопляемости при локализованной аварии относятся:

- запас плавучести – W ;
- запас плеча продольной остойчивости – l_{ψ}^{zan} ;
- поперечная метацентрическая высота – h .

Надводная непотопляемость при нелокализованной аварии, кроме того может быть охарактеризована эффективным запасом плавучести – $W_{эфф}$.

При возникновении пробоины на плавсредстве часть помещений затопливается водой. После этого плавсредство придет в новое состояние равновесия, которое можно описать уравнением равновесия

$$\left. \begin{aligned} P &= \rho g V; \\ x_c - x_g &= [z_g - z_c] \cdot \operatorname{tg}(\Psi); \\ y_c - y_g &= [z_g - z_c] \cdot \operatorname{tg}(\Theta); \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где x_g, y_g, z_g – координаты центра тяжести, x_c, y_c, z_c – координаты центра величины.

В этих уравнениях характеристики погруженного объема V , x_c, y_c, z_c являются сложными функциями от параметров посадки.

Характеристики нагрузки P , x_g, y_g, z_g в общем случае также являются функциями:

- объема и координат затопленных помещений;
- параметров посадки (в некоторых случаях от этого зависит объем воды в аварийном помещении и координат ее центра тяжести).

Таким образом, уравнение (1) следует записывать в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} P(T, \Psi, \Theta) &= \gamma V(T, \Psi, \Theta); \\ x_c(T, \Psi, \Theta) - x_g(T, \Psi, \Theta) &= [z_g(T, \Psi, \Theta) - z_c(T, \Psi, \Theta)] \cdot \operatorname{tg}(\Psi); \\ y_c(T, \Psi, \Theta) - y_g(T, \Psi, \Theta) &= [z_g(T, \Psi, \Theta) - z_c(T, \Psi, \Theta)] \cdot \operatorname{tg}(\Theta) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Одновременное решение этой системы уравнений для нахождения трех неизвестных (чаще всего T, Ψ, Θ) называется решением пространственной задачи НН. Однако, процесс решения данной задачи довольно таки сложен. Поэтому вводятся несколько допущений:

— предположим, что при изменении крена другие параметры посадки (T , Ψ), а также погруженный объем V и положение по длине его геометрического центра (центра величины) x_c не изменяются, т.е. действие кренящего и дифферентующего моментов независимы;

— сила тяжести и координаты центра масс плавсредства не зависят от параметров посадки T , Ψ , Θ ;

— продольная остойчивость определяется только остойчивостью формы;

— аварийные углы крена малы (менее $20 - 25^\circ$). Это позволяет использовать для оценки поперечной остойчивости методы начальной остойчивости.

Вследствие перечисленных выше допущений пространственную задачу НН можно решить последовательным решением двух плоских задач :

— продольной

$$\left. \begin{aligned} P &= \gamma V(T, \Psi, \Theta = 0^\circ); \\ x_c(T, \Psi, \Theta = 0^\circ) - x_g &= 0; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

— поперечной

$$y_g \cos(\Theta) = h \sin(\Theta). \quad (4)$$

Система уравнений продольной плоской задачи (3) может быть решена с помощью графика в виде зависимости V и V_{x_c} как функции T и Ψ . Такая диаграмма называется «Диаграммой надводной непотопляемости» (рис. 1).

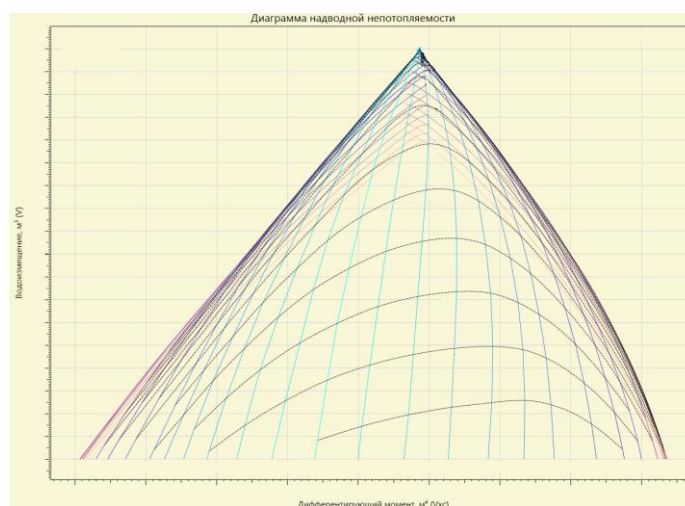


Рис. 1. Диаграмма надводной непотопляемости

На ДНН наносятся точки, соответствующие крейсерскому (Кр) и аварийному (А) состоянию плавсредства (рис. 2). Каждой точке соответствует четыре числа: V , V_{x_c} , T , Ψ . Стоит осознать, что для задания любой точки достаточно всего двух чисел. $V_{\text{зат}}$ – суммарный объем воды, поступившей внутрь непроницаемого корпуса, $(V_{x_c})_{\text{зат}}$ – суммарный момент воды в затопленных помещениях.

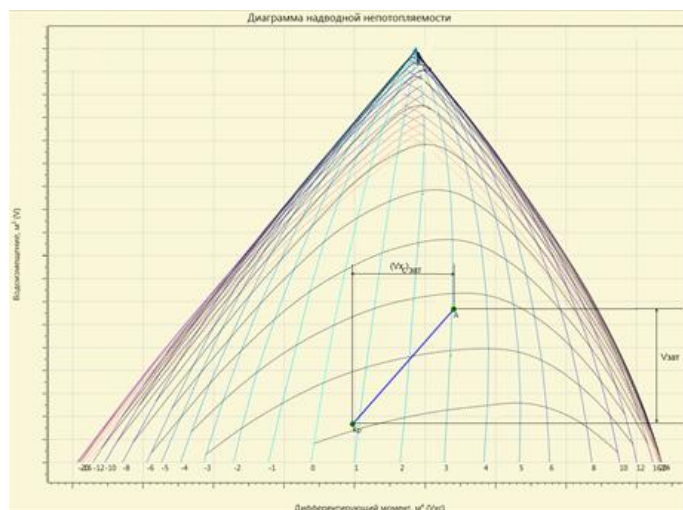


Рис. 2. Отметки крейсерского и аварийного состояния плавсредства

Запас плавучести можно найти по ДНН как расстояние (в масштабе оси V) по вертикали от точки А до вершины ДНН.

Запас продольной остойчивости можно найти непосредственно по ДНН

$$l_{\psi}^{зан} = \frac{\Delta(Vx_c)_A}{V_{кр}} \cos \psi_A \quad (6)$$

Таким образом решение продольной плоской задачи заключается в нанесении на ДНН точки, характеризующей аварийное состояние плавсредства и нахождении соответствующих V_A , ψ_A , T_A , W_A , $l_{\psi}^{зан}$.

Поперечную плоскую задачу можно решить с использованием уравнения

$$y_g \cos(\Theta) = h \sin(\Theta), \quad (7)$$

где $h = z_{mA}(V_A, \psi_A) - z_g$; Z_m – аппликата поперечного метacentра поврежденного плавсредства, которая определяется с помощью специально построенной проектантами диаграммы отстояния от основной плоскости по перечного метacentра подводной лодки в зависимости от водоизмещения и угла дифферента «Кривые поперечного метacentра» (рис. 3). Для удобства использования кривые $Z_m(V, \psi = \text{const})$ обычно строятся отдельно для положительных (на нос) и отрицательных (на корму) углов дифферента, Z_g – аппликата центра тяжести поврежденной подводной лодки¹. [2]

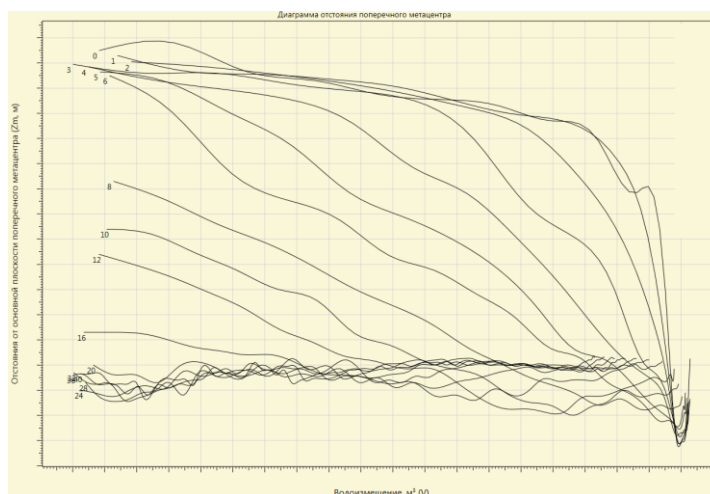


Рис. 3. Кривые поперечного метacentра

¹ Разумеев Ю.В., Кузнецов В.Ю., Ейбоженко А.В., Кухарев А.М. Теория корабля, 2005. 320 с.

Кривые поперечного метацентра представляют собой зависимость аппликаты поперечного метацентра от водоизмещения при различных фиксированных углах дифферента.

На основе данной модели расчета НН, был разработан модуль к системе информационной поддержки борьбы за живучесть плавсредства, обладающий удобным интерфейсом и необходимой функциональностью, для расчета параметров НН (рис. 4).

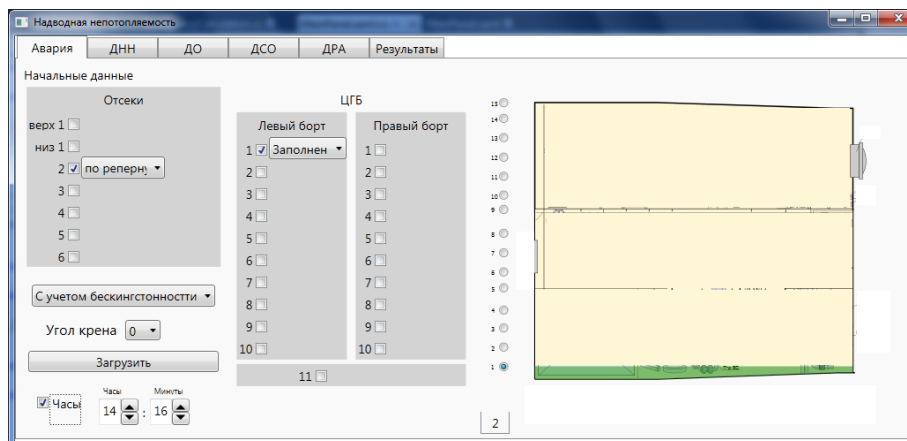


Рис. 4. Модуль расчета НН

Описанная выше модель расчета НН, позволяет установить количественные характеристики НН и определить состояние аварийного плавсредства. Написанный по данной модели модуль является мощным инструментом, помогающий командирскому составу плавсредства в противодействии аварийной ситуации. Он позволяет задать параметры аварии и рассчитать запас плавучести, поперечную метацентрическую высоту и запас плеча продольной остойчивости. Рассчитанные характеристики предоставляются в удобном для восприятия виде.