



УДК 629.5

**Ю.А. Кочнев**, к.т.н., доц. каф. ПиТПС

**Е.П. Роннов**, д.т.н., проф., зав. каф. ПиТПС

ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 603950, Нижний Новгород, Нестерова, 5

## ОСОБЕННОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ НАДВОДНОГО БОРТА СУДОВ СМЕШАННОГО ПЛАВАНИЯ ИЗ УСЛОВИЯ ЗАПАСА ПЛАВУЧЕСТИ

*Ключевые слова: судно смешанного плавания, непотопляемость, запас плавучести, надводный борт, математическая модель.*

*Назначенный надводного борта, по действующим Правилам Российского Речного Регистра, не отражает влияние на запас плавучести геометрических характеристик формы корпуса судна. Приведена математическая модель позволяющая учесть указанный недостаток и получены конкретные решения для назначения наименьшего надводного борта судов смешанного (река-море) плавания из условия непотопляемости.*

Одна из подсистем безопасности судна – это обеспечение его непотопляемости. Непотопляемость, как известно, обеспечивается за счёт запаса плавучести, величина которого зависит от высоты надводного борта. Последний регламентируется требованиями Правил Российского Речного Регистра (Правила РРР) [1], величина которого в настоящее время нормируется в зависимости от длины и типа судна.

Кроме непосредственно условия непотопляемости на надводный борт также влияют факторы заливаемости судна, зависящие от различных видов качки, происходящие на нерегулярном волнении. В данной работе не затрагиваются явления качки, а рассматриваются только особенности назначения надводного борта только из условия запаса плавучести судна.

Посадка судов одной и той же длины, но с другими шириной, осадкой и полнотой корпуса при затоплении аналогичных отсеков будет различаться. Следовательно, у них будет различаться и необходимый наименьший надводный борт, при котором исключается пересечение аварийной ватерлинии с предельной линией погружения и фиксирующий дополнительный слой водоизмещения как необходимый запас плавучести. Определённая связь наименьшего надводного борта с геометрическими особенностями корпуса имеет место и в международной конвенции о грузовой марке [2].

Действующие Правила Российского Речного Регистра к судам смешанного (река-море) плавания [1] класса М-СП предъявляют следующие условия проверки непотопляемости:

- при затоплении каждого отсека в отдельности на нефтеналивных судах и судах площадках;
- форпика, ахтерпика и межбортового отсека в отдельности на сухогрузных судах.

Особых требований к назначению наименьшего надводного борта и проверке непотопляемости у судов классов «М-ПР» и «О-ПР» по сравнению с судами классов «М» и «О» соответственно нет, поэтому их надводный борт из условия запаса плавучести определяется аналогично речным судам.

Для определения положения судна после затопления отсека, необходимо определить объём влившейся воды, следовательно, необходимо иметь расстояние между водонепроницаемыми переборками.

Учитывая статистику по длинам балластных отсеков на судах смешанного (река-море) плавания, расположенных в межбортовом и междудонном пространствах, имеющих вероятность наиболее частого повреждения, а так же требования Правил РРР к длине повреждения борта и днища определено среднестатистическое значение длины затапливаемого отсека наиболее полно соответствующее как сухогрузным, так и наливным суда.

Наименьший надводный борт в миделевом сечении определяемый положением аварийной ватерлинии после затопления наиболее опасного отсека можно рассчитать

$$H_{НБ} = \Delta T + \Delta T_p + \Delta T_{\Theta}$$

где  $\Delta T = T_1 - T_0$  – изменение средней осадки судна после затопления отсека;

$T_0$  – начальная осадка судна;

$T_1$  – осадка судна на миделе после затопления отсека;

$\Delta T_p = x_p t g \psi$  – изменение осадки в ДП в опасном сечении;

$\Delta T_{\Theta} = B/2 t g \Theta$  – изменение осадки вследствие крена судна;

$\psi$  – угол дифферента;

$\Theta$  – угол крена;

$x_p$  – абсцисса опасного сечения.

С применением программы SeaHydro был просчитан надводный борт судов с различным сочетанием  $\frac{L}{B}$ ,  $\frac{B}{T}$ ,  $\delta$ . Форма корпуса в математическом виде была получена интерполяционным методом по программе ТКорпус. Расчёты были проведены для трёх длин судна 60, 100, 140 м, что наиболее полно отражает состав транспортного флота смешанного (река-море) плавания.

В результате расчёта была получена статистическая база по наименьшему надводному борту из условия запаса плавучести в виде  $\frac{\Delta H}{L}$ , где  $\Delta H$  – разница между значением надводного борта у судна с принятыми соотношениями главных размерений и некоторого базового судна, за которое в расчёте принято судно с соотношением главным размерений  $L/B=5,5$ ,  $B/T=4,5$  и коэффициентом общей полноты  $\delta=0,75$ .

Проанализировав результаты расчётов нами установлено:

1) С увеличением коэффициента общей полноты обводы корпуса судна становятся более полными, что приводит к увеличению объёма затопленного отсека и росту массы воды  $P$ , влившейся в корпус судна, соответственно и увеличивается наименьший надводный борт. При достижении  $\delta = 0,75 \pm 0,05$  обводы корпуса судна в районе затапливаемого отсека становятся частью цилиндрической вставки и не зависят от коэффициента  $\delta$ . Однако водоизмещение судна при принятой осадке продолжает увеличиваться, что приводит к снижению доли величины  $P$  в полном водоизмещении, уменьшая тем самым изменение средней осадки и дифферента вследствие затопления отсека.

2) При превышении  $L/B > 5,5$ , то есть выше базового значения влияние отношения длины к ширине судна не значительно и им можно пренебречь. При меньших значениях этого отношения, к увеличению необходимого надводного борта приводит увеличение угла дифферента вследствие ухудшения продольной остойчивости.

3) Уменьшение отношения  $B/T$  ухудшает показатели поперечной остойчивости судна. Поэтому надводный борт при несимметричном затоплении зависит не только от дифферента судна, но и от крена, который при этом растёт с увеличением необходимого надводного борта.

Окончательно предложен следующий алгоритм назначения наименьшего надводного борта судна из условия запаса плавучести

$$H_{\min} = H_{\delta} + \Delta H_{\delta} + \Delta H_{B/T} + \Delta H_{L/B},$$

где  $H_{\delta}$  – значение наименьшего надводного базового судна, имеющего  $\delta=0,75$ ,  $L/B=5,5$  и  $B/T=4,7$ ;

$\Delta H_{\delta}$  – поправка к величине надводного борта на коэффициент общей полноты;

$\Delta H_{L/B}$  – поправка к величине надводного борта на отношение  $L/B$ ;

$\Delta H_{B/T}$  – поправка к величине надводного борта на отношение  $B/T$ .

Данная методика позволяет учесть реальное положение судна после затопления отсека, и тем самым повысить безопасность его эксплуатации.

#### **Список литературы:**

[1]. Российский Речной Регистр. Правила. В 4-х томах. Т4. – М., 2008. – 317с.

[2]. Международная конвенция о грузовой марке 1966 года и изменения протоколом 1988 к ней.

*Key words: vessel of the mixed swimming, buoyancy, reserve buoyancy, freeboard, mathematical model.*

*Assigned freeboard, according to the Regulations of Russian River Register does not reflect the impact on the buoyancy of the geometric character-stick shape of the hull. The mathematical model allows to take into account this drawback and obtained a specific decision to assign the smallest freeboard of vessels of mixed (river-sea) navigation from the condition of flooding.*