

УДК 629.5

Кочнев Юрий Александрович¹, к.т.н., доцент,

e-mail: tmnnkoch@mail.ru

Роннов Евгений Павлович¹, д.т.н., проф., зав. кафедрой

e-mail: ronnov.ep@vsuwt.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАПАСА ОСТОЙЧИВОСТИ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО И СМЕШАННОГО (РЕКА-МОРЕ) ПЛАВАНИЯ

Аннотация. В статье проанализировано влияние отклонений различных нормируемых правилами Российского Речного Регистра и нормируемых (эксплуатационных) факторов на соотношение кренящих и допустимых моментов. Предложен коэффициент запаса остойчивости, учитывающий описанные выше отклонения, и обосновано его численное значение.

Ключевые слова: остойчивость, коэффициент запаса, судно

Остойчивость судна поднадзорного Российскому Речному Регистру признается достаточной, если выполняются основной критерий остойчивости, дополнительные требования, зависящие от типа и назначения судна, требования к малой метацентрической высоте и требования к диаграммам статической остойчивости. Саму проверку остойчивости следует проводить для регламентируемых случаев нагрузки. Однако ряд параметров учитываемых при проверке остойчивости определяется с некоторой степенью точности, которая оговаривается Правилами Российского Речного Регистра [1] (Правила РРР), но уровень влияния данной точности на остойчивость не известен.

Можно выделить две группы факторов [2,3] которые необходимо учитывать при обосновании фактического уровня остойчивости:

Первая группа факторов основана на различных допустимых отклонениях, которые заложены непосредственно в Правила РРР:

- допущение не проводить опыт кренования при изменении значений водоизмещения порожнем и центра тяжести в указанных пределах;
- допущение не корректировать результаты проверки остойчивости при изменении водоизмещения порожнем и центра тяжести в указанных пределах при модернизации и ремонте судна;
- допустимая точность измерений при проведении опыта кренования;
- допущение не учитывать малые цистерны в корпусе судна;
- допущение не учитывать остатки жидких грузов.

Не нормируемые эксплуатационные факторы, зависящие от особенностей эксплуатации различных типов и классов судов, которые могут существенно повлиять на действительный уровень остойчивости при проверки по основному критерию:

- выполнение циркуляции.
- динамический рывок натянутого буксирного каната;
- смещение сыпучего груза на нормируемый угол под действием качки.

Влияние нормируемых и не нормируемых факторов на уровень запаса остойчивости рассмотрено на основе анализа воздействия 9 вариантов сочетаний факторов:

- вариант 1 при положительных отклонениях водоизмещения и центра тяжести при проверке по углу опрокидывания;
- вариант 2 при положительных отклонениях водоизмещения и центра тяжести при проверке по углу заливания;
- вариант 3 при отрицательных отклонениях водоизмещения и центра тяжести при проверке по углу опрокидывания;
- вариант 4 при отрицательных отклонениях водоизмещения и центра тяжести при проверке по углу заливания;
- вариант 5 при совместном действии момента на циркуляции (при требовании Правил) и динамического давления ветра при проектных значениях водоизмещения и координат центра тяжести;
- вариант 6 при совместном действии динамического рывка буксирного каната и динамического давления ветра при базовых значениях водоизмещения и координат центра тяжести для буксирных судов;
- вариант 7 при совместном действии начального крена от статического смещения сыпучего груза и динамическом давлении ветра для сухогрузного судна;
- вариант 8 при динамическом давлении ветра и одной малой цистерне предельных размеров, заполненной на 50%;
- вариант 9 при динамическом давлении ветра и 5 см жидких грузов в условном отсеке.

В качестве уровня остойчивости принят коэффициент запаса остойчивости (КЗО), характеризующий соотношение внешних кренящих и допустимых моментов

$$K = \frac{M_{\text{дон}}}{M_{\text{кр}}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{дон}}$ – допускаемый момент судна;

$M_{\text{кр}}$ – кренящий момент судна.

Анализ результатов расчётов КЗО для судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания показал, что учет нормируемых и не нормируемых (эксплуатационных) факторов для пассажирских судов проектов 81080, 588М, 780 и буксира-толкача проекта 81200 приводит к потере остойчивости. Так же следует отметить, что у судов этих двух типов изначально достаточно низкий уровень остойчивости. Для грузовых судов (самоходных и не самоходных) учет рассматриваемых факторов, в силу высокого начального запаса, не приводит к опасному изменению остойчивости.

Для нормирования в Правилах РРР в качестве величины минимально необходимого уровня запаса остойчивости можно рассматривать коэффициент, представляющий собой превышение базового значения КЗО $K_{\bar{\sigma}}$ над расчётным K_{pi} , для каждого i -ого варианта сочетания факторов

$$K_{0i} = \frac{K_{\bar{\sigma}}}{K_{pi}}, \quad (2)$$

Учитывая возможное совместное влияние нескольких вариантов, его следует представить в интегральном виде

$$K_0 = \sum_{i=1}^s a_i K_{0i} = \sum_{i=1}^s a_i \frac{K_{\bar{\sigma}}}{K_{pi}}, \quad (3)$$

где s – рассматриваемые случаи расчёта остойчивости;

a_i – весовой коэффициент влияния i -ого случая на конечный (интегральный) коэффициент запаса остойчивость.

Проведённый численный эксперимент с судами внутреннего и смешанного (река-море) плавания позволил установить значения весовых коэффициентов в уравнении (3), которые составляют: $a_1 = 0,26$ – коэффициент влияния приращения массы судна; $a_2 = 0,18$ – коэффициент влияния циркуляции; $a_3 = 0,07$ – коэффициент влияния динамического действия буксирного каната; $a_4 = 0,24$ – коэффициент влияния грузов в малых цистернах; $a_5 = 0,25$ – коэффициент влияния остатков жидких грузов.

Таким образом неравенство, отражающее основной критерий остойчивости по нормам Российского Речного Регистра можно записать в виде

$$K = \frac{M_{\text{дон}}}{M_{\text{кр}}} > K_0, \quad (4)$$

где $K_0 = 1,2$ – минимально значение коэффициента запаса остойчивости, рассчитанное по формуле

$$K_0 = \max \left(\sum_{i=1}^s a_i \frac{K_{\bar{\sigma}}}{K_{pi}} \right), \text{ при } \forall K_{pi} < 1. \quad (5)$$

Применение коэффициента запаса, в отличие от прямого расчёта различных отклонений, не повышает трудоёмкость выполнения проверочных расчётов. Введение условия (4) в действующие правила Российского Речного Регистра при проверке остойчивости судов, не совершающих международные рейсы, позволит повысить их безопасность и в отличие от формальной оценки безопасности [4] учитывает наиболее тяжелое, хотя и маловероятное совокупное действие различных факторов.

Список литературы:

1 Российский Речной Регистр. Правила классификации и постройки судов. [Электронный ресурс] <https://www.rivreg.ru/assets/Uploads/izveshenia/Rossiyskiy-Rechnoy-Registr.-PRAVILA-2019.-May-2021.pdf> (дата обращения)

2 Kochnev Y.A, Ronnov E.P, Gulyev I.A. Indicators of the critical state of the ship's stability. Indicators of the critical state of the ship's stability/ Y. Kochnev , E. Ronnov, I. Gulyaev // Journal of Physics: Conference Series 2131 (2021) 052057, doi:10.1088/1742-6596/2131/5/052057

3 Виноградов, В. Н. Анализ влияния случайных параметров судна / В. Н. Виноградов, Н. В. Ивановский, Д. А. Новоселов // Морские технологии: проблемы и решения - 2018 : сборник трудов по материалам научно-практических конференций преподавателей, аспирантов и сотрудников ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь, 16–27 апреля 2018 года / Федеральное агентство по рыболовству; Керченский государственный морской технологический университет. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2018. – С. 88-105. – EDN UZVAHW.

4 Ярисов, В. В. Формальная оценка безопасности при расчете остойчивости судов в условиях эксплуатации, опасных с точки зрения опрокидывания / В. В. Ярисов // Судостроение. – 2006. – № 4(767). – С. 24-27. – EDN HUYGLV

STUDIES OF THE STABILITY RESERVE OF SHIPS INTERNALLY AND MIXED (RIVER-SEA) NAVIGATION

Yury A. Kochnev, Evgeny P. Ronnov

Abstract. The article analyzes the influence of deviations of various normalized by the rules of the Russian River Register and normalized (operational) factors on the ratio of heeling and permissible moments. The coefficient of stability margin is proposed, taking into account the deviations described above, and its numerical value is justified.

Keywords: stability, reserve ratio, vessel