



ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ И СТАТИСТИКА УСЛОВИЙ СТОЛКНОВЕНИЙ В УЗКОСТЯХ НА ОГРАНИЧЕННЫХ ГЛУБИНАХ

А. Д. Хехнёв, курсант

e-mail: sailor.marina@yandex.ru

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Ю. А. Данилов, канд. техн. наук, доц.

e-mail: yreydanilov@yandex.ru

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

С. В. Ермаков, канд. техн. наук

e-mail: esv.klgd@mail.ru

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье приведены анализ статистики условий столкновений судов в узкостях на ограниченных глубинах, представленной по диапазонам этих условий, и сопоставление этой статистики с традиционными представлениями о маневренных характеристиках через зависимость циркуляции и угловой скорости судна от глубины места, критерий Фруда для оценки скорости судна и волнообразования и пр. Определены диапазоны условий, которым судоводитель должен уделять большее внимание при планировании перехода. Вместе с тем эти диапазоны условий при их оценке при помощи общепринятых методов определяются как благоприятные. Сформулирована гипотеза о неполном отражении действительности маневренными характеристиками, определенными в сравнительно благоприятных условиях без учета их взаимодействия – возможное взаимодействие комплекса условий плавания судов может приводить к значительному изменению тех же маневренных характеристик.

Ключевые слова: маневренные характеристики судна, ограниченные глубины, узкость, критерии движения судна, статистика условий аварий

ВВЕДЕНИЕ

Плавание в узкостях на ограниченных глубинах является началом и окончанием каждого перехода. Безопасность мореплавания на этих участках перехода должна быть обеспечена на основании положений, заключенных в части 2 раздела А-VIII/2 Кодекса по дипломированию моряков и несению вахты [1] и в резолюции ИМО А.893(21) «Руководство по планированию рейса», принятой 25 ноября 1999 г. [2]. При планировании рейса и контроле исполнения плана должны учитываться для оценки безопасности мореплавания все доступные сведения по району плавания, в том числе связи маневренных характеристик судов и условий плавания.

К настоящему моменту эти связи исследованы, на первый взгляд, достаточно полно, результаты исследования условий, стесняющих плавание судов, доведены до четкого представления и рекомендованы к практическому использованию в судовождении [3-7]. Напри-

мер, такими используемыми результатами являются зависимость циркуляции и угловой скорости судна от глубины места, учет критерия Фруда для оценки скорости судна и волнообразования, обоснование глубины для оценки маневренных характеристик судна. Вместе с тем традиционное использование для оценки безопасности плавания в узкости только этих методик, зависимостей, критериев не дает того результата, который можно считать достоверным и эффективным. Подтверждением этого является отсутствие положительной динамики в аварийности судов, а общепринятых (стандартных) универсальных методик оценки различных условий плавания, более того, комплексов условий плавания пока не существует.

В работах [8-11] в качестве такой универсальной методики предложено использовать информационные модели – описание аварийной ситуации столкновений судов в узкостях на ограниченных глубинах комплексом условий, т.е. описание многофакторного сложного физического явления столкновения судов в узкостях на ограниченных глубинах.

Информационные модели столкновений судов и посадок на грунт в узкостях объединяют диапазоны значений нескольких критериев, определивших (сопутствующих) аварии: скорость судна и его длину, осадку и ширину судна, глубину места и глубины определения маневренных характеристик [8-11]. Рассмотренные критерии охватывают объективные и субъективные условия движения судов. Выявленные диапазоны каждого отдельного критерия в принципе совпадают с традиционными представлениями и в большинстве случаев не исключают движение судов. Однако информационно-логический анализ сопряженных (предположительно взаимодействующих) факторов (определяющих условий), стесняющих движение судна, показал возможность усиления совместного влияния трех и более факторов.

В целях подтверждения большей практической применимости этих информационных моделей для оценки условий стесненного плавания, чем используемых в настоящее время способов, необходимо сопоставить статистику навигационных аварий (в настоящей работе – столкновений) с обычным представлением маневренных характеристик судов.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом настоящего исследования являются морские суда, осуществляющие навигацию в узкостях на ограниченных глубинах, при этом суда рассматриваются как объекты, имеющие совокупность подлежащих определению маневренных характеристик, а сам процесс плавания представляется комплексом его условий и обстоятельств.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – через сопоставление статистики столкновений морских судов в узкостях на ограниченных глубинах и традиционных графических представлений маневренных характеристик проанализировать применимость последних к оценке условий плавания.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- составлены массивы данных по условиям и обстоятельствам столкновений судов;
- сформирована статистика условий столкновений;
- проведено сопоставление статистики условий столкновения и традиционных графических представлений маневренных характеристик в виде зависимости циркуляции и угловой скорости судна от глубины места, критерия Фруда для оценки скорости судна и волнообразования и глубины оценки маневренных характеристик.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе исследования были использованы как эмпирические, так и теоретические методы исследования, а именно:

- натурный эксперимент, под которым в контексте настоящей работы понимается реальное столкновение судов с фиксацией всех условий и обстоятельств, к нему приведших;
- статистические методы исследования, включая сводку и группировку данных, их анализ и интерпретацию;
- сравнительный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве эмпирической базы настоящего исследования использовались официальные отчеты о расследовании аварий (всего – 56 отчетов), на основании которых были составлены массивы характеристик. Эти массивы позволяют сформировать статистику аварий (статистику условий аварий) с учетом глубины оценок маневренных характеристик, по относительной глубине по длине судна, по относительной глубине с учетом динамической осадки и по критерию Фруда (по диапазонам условий, рис. 1-4).

В число величин, характеризующих движение судна на мелководье, входят относительная скорость движения $F_{rH} = \frac{V_c}{\sqrt{gH}}$ (число Фруда по глубине), а также относительная глубина $\frac{d}{H}$ (d – осадка судна, H – глубина фарватера). Значение относительной скорости является определяющим для оценки процесса волнообразования на глубинах, относящихся к мелководью. В случае если это значение попадает в интервал от 0,35 до 0,45, то процесс волнообразования можно считать индифферентным к глубине – на мелководье и на глубокой воде он одинаков. Далее, с ростом скорости (при неменяющемся отношении осадки к глубине) одновременно увеличиваются длина поперечных генерируемых движением судна волн, а также фронт расхождения волны. Очевидно, что это приводит к увеличению площади воды, покрытой волнением, и, как следствие, к увеличению волнового сопротивления. Вместе с тем кривая сопротивления строится по результатам исключительно модельных испытаний по фиксированным значениям скорости без учета падения скорости, наблюдающегося в натуральных испытаниях при увеличении сопротивления.

Максимум волнового сопротивления имеет место быть при достижении относительной скорости своего критического значения, равного $F_{rH} = 1$. В этот момент носовая и кормовая системы судовых волн вырождаются в две поперечные (одиночные) волны, движущиеся вместе с судном. При небольших отношениях $\frac{H}{d}$ одиночные кормовая и в особенности носовая волны характеризуются большими амплитудами, а процесс волнообразования является очень энергозатратным. В этот момент система волн, порождаемых движущимся судном, трансформируется в пару поперечных (одиночных) волн, которые перемещаются вместе с судном.

С приближением к критической относительной скорости вместе с образованием одиночных спутных волн судно приобретает дифферент, увеличивается осадка одной из оконечностей, и, следовательно, при малом отношении $\frac{H}{d}$ возникает угроза удара судна о дно и его временного присасывания к грунту.

С дальнейшим увеличением относительной скорости генерируемая судном система волн превращается в волнообразные пучки, причем волны, их составляющие, обращены выпуклостью наружу. Одновременно уменьшаются по площади сектор, который охвачен волнами, и волновое сопротивление. При значении относительной скорости, примерно равном 1,2 ($F_{rH} \gg 1,2$), волновое сопротивление на мелководье становится равным волновому сопротивлению, которое имело бы место быть на глубокой воде (точка А на рис. 1). При $F_{rH} > 1,2$ волновое сопротивление на мелководье становится меньше волнового сопротивления на глубокой воде вследствие отсутствия поперечных волн, являющихся основным источником волнового сопротивления.

По рис. 1 видно, что большинство столкновений происходит в безопасных условиях, где затраты энергии на волнообразование еще невелики и не ограничивают движение судна. И, наоборот, при числе Фруда по глубине, соответствующему максимуму волнового сопротивления, количество аварий минимально.

Традиционный подход к оценке ухудшения поворотливости судна на мелководье основан на том, что это ухудшение носит закономерный характер, а радиус циркуляции и угловая скорость поворота изменяются в зависимости от отношения $\frac{d}{H}$ так, как это показано на рис. 2.

Одновременно статистика условий аварий, представленная на этом рисунке, позволяет сделать вывод, что почти 50% аварий произошли при потерях угловой скорости в пределах 15%, а по радиусу циркуляции те же 50% аварий приходится на увеличение радиуса циркуляции до 30%. Таким образом, суда в половине случаев претерпевали столкновения тогда, когда рассчитанные по общепринятой методике изменения радиуса циркуляции и угловой скорости поворота вследствие влияния мелководья не были значительными.

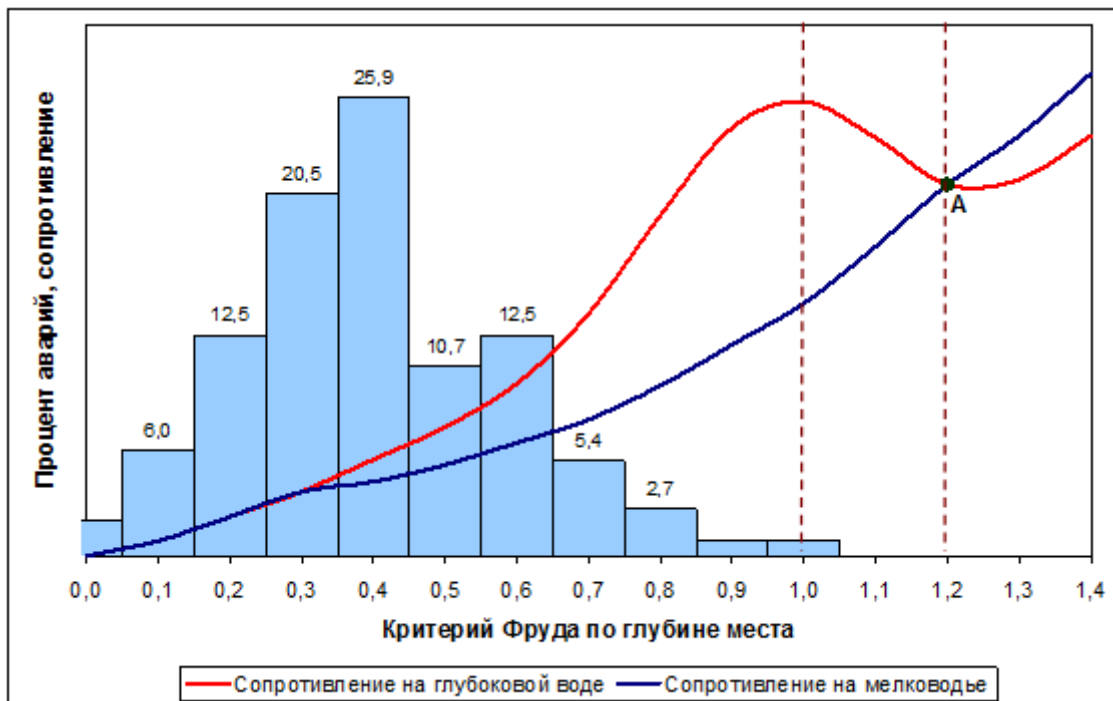


Рисунок 1 – Распределение количества столкновений по значениям критерия Фруда по глубине места и зависимость от этого критерия сопротивления судна

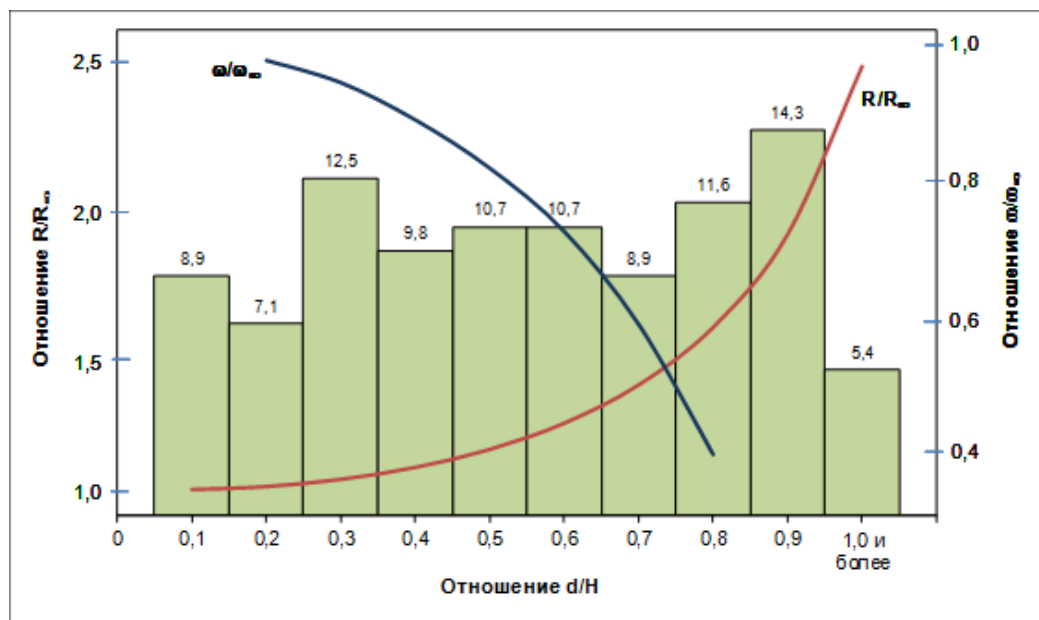


Рисунок 2 – Зависимость относительного радиуса циркуляции судна и относительной угловой скорости от относительной глубины по осадке судна и распределение столкновений судов

По относительной глубине по длине судна (рис. 3) большинство столкновений случилось при значениях $\frac{H}{L}$, свидетельствующих о быстрых изменениях волнообразования при незначительном изменении глубины места.

И, наконец, по рис. 4 видно, что почти 60% аварий происходят на безопасных глубинах (на относительных глубинах 0,2 и 0,3 у судна практически нет запаса глубины под килем).

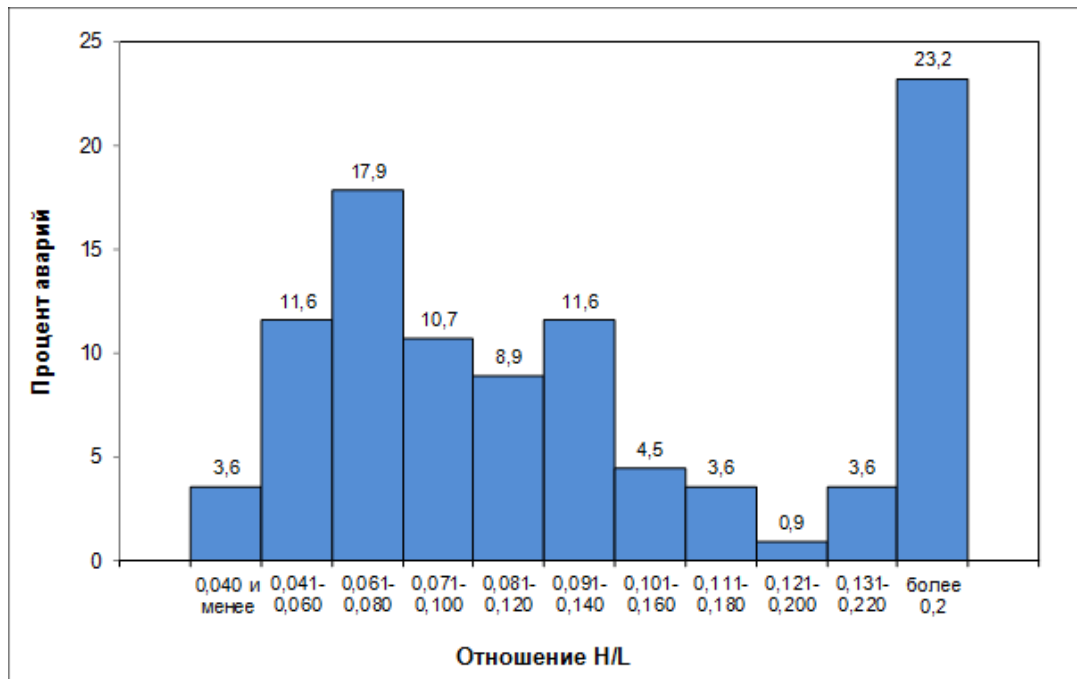


Рисунок 3 – Распределение столкновений по относительной глубине по осадке судна

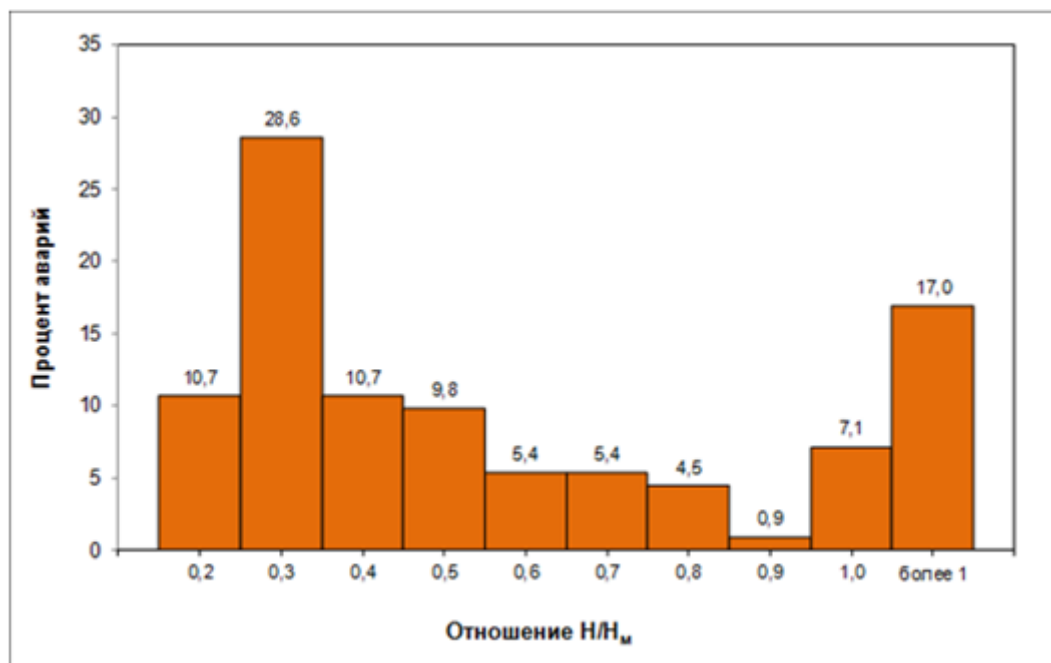


Рисунок 4 – Распределение столкновений по отношению глубины места аварии к глубине определения маневренных характеристик судна

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически все графические представления статистики условий аварий и маневренных характеристик судов показывают, что аварии происходили в основном в допустимых

для плавания условиях. Иными словами, столкновения судов имели место быть тогда, когда сопротивление воды движению судна, его угловая скорость и радиус циркуляции, рассчитанные при помощи общепринятых методик, имели такие значения, которых с позиции тех же методик не должны были критически повлиять на безопасность плавания судна.

Можно предполагать, что маневренные характеристики судна, определенные в сравнительно благоприятных условиях без учета их взаимодействия, недостаточно полно отражают действительность. Возможное взаимодействие комплекса условий плавания судов может приводить к значительному изменению тех же маневренных характеристик.

Взаимодействие комплекса условий в принципе можно определить экспериментально в натуральных условиях, но проведение эксперимента на грани аварий вряд ли допустимо. Принципиальная возможность оценки совместного проявления нескольких условий дает информационно-логический анализ сопряженных факторов, что позволяет сравнить информационные связи суммарного воздействия нескольких условий и влияния взаимодействующих сопряженных факторов.

Так, например, вполне возможно, что критерий Фруда по глубине места, относительная глубина по осадке судна и относительная глубина по длине судна каждый в отдельности будет определять условия плавания как допустимые. Однако следует ожидать, что совместное проявление трех критериев (т.е. взаимодействие факторов) приведет к синергетическому усилению их негативного влияния на маневренные характеристики. В таком случае кривые относительного радиуса циркуляции и относительной угловой скорости (рис. 2) сожмутся по оси абсцисс – угловая скорость при тех же значениях $\frac{d}{H}$ претерпит уменьшение, а радиус циркуляции увеличится. Очевидно, что такой график будет больше коррелировать со статистикой столкновений, чем традиционный, полученный без учета взаимодействия факторов. Следует также заметить, что информационно-логический анализ сопряженных факторов дает возможность получить результат, выраженный не только качественно, но и количественно.

Таким образом, в настоящей работе представлено обоснование гипотетического преимущества совместного использования информационных моделей и традиционных инструментов оценки условий плавания, которые в настоящее время рекомендуется принимать во внимание при планировании перехода. Это обоснование является одним из аргументов в пользу актуальности научно-исследовательской работы, связанной с использованием информационно-логического анализа в целях оценки безопасности обстоятельств плавания, и представляет собой необходимое условие для продолжения комплексного исследования сопряженных (взаимодействующих) факторов для оценки многократного усиления их негативного влияния на маневренные характеристики судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года, с поправками. Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты, с поправками. – Лондон: Международная морская организация, 2013. – 425 с.
2. IMO Resolution A.893(21). Guidelines for voyage planning [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.imo.org/blast/blastData.asp?doc_id=10712&filename=893%2821%29.PDF.
3. Алексеев, Л.Л. Практическое пособие по управлению морским судном / Л.Л. Алексеев. – Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 1996. – 188 с.
4. Сизов, В.Г. Теоретические исследования волнового сопротивления судна / В.Г. Сизов. – Одесса: ОИИМФ, 1969. – 120 с.
5. Управление судном: учебник /С. И. Демин [и др.]; ред. В. И. Снопков. – Москва: Транспорт, 1991. – 360 с.
6. Судовождение в стеснённых районах. – Москва: Транспорт, 1980. – 128 с.
7. Шарлай, Г.Н. Маневрирование и управление морским судном: учебное пособие / Г.Н. Шарлай. – Москва: Моркнига, 2015. – 519 с.

8. Данилов, Ю.А. Информационно-логический анализ статистических данных столкновений судов на ограниченных глубинах в ограниченном пространстве / Ю.А. Данилов, Г.Н. Гаврильченко // Международный Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы Международного морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2013. – С. 43-57.

9. Данилов, Ю.А. Аварии судов как натурный эксперимент / Ю.А. Данилов, Г.Н. Гаврильченко // Инновации в науке, образовании и бизнесе –2013: XI Международная конференция: труды. – Калининград: Издательство КГТУ, 2013. – С. 303-306.

10. Данилов, Ю.А. Связи длины судна и условий столкновений судов в узкости на ограниченных глубинах / Ю.А. Данилов, Г.Н. Гаврильченко // III Международный Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы Международного морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2015. – С. 145-150.

11. Данилов, Ю.А. Объединенная модель посадок судов на грунт и столкновений в узкостях на ограниченных глубинах / Ю.А. Данилов, Г.Н. Гаврильченко // IV Международный Балтийский морской форум [Электронный ресурс]: материалы Международного морского форума. – Калининград: Изд-во БГАРФ, 2016. – С. 76-87.

VESSEL CHARACTERISTICS AND STATISTICS CONDITIONS OF COLLISIONS IN NARROWS ON LIMITED DEPTH

A. D. Khehnev, cadet
e-mail: sailor.marina@yandex.ru
Baltic Fishing Fleet State Academy,
Kaliningrad State Technical University

Y. A. Danilov, professor
e-mail: yreydanilov@yandex.ru
Baltic Fishing Fleet State Academy,
Kaliningrad State Technical University

S. V. Ermakov, assistant professor
e-mail: esv.klgd@mail.ru
Baltic Fishing Fleet State Academy,
Kaliningrad State Technical University»

The article provides an analysis of statistics on the conditions of collisions of vessels in narrowness at limited depths, presented by the ranges of these conditions, and a comparison of these statistics with traditional ideas about maneuvering characteristics through the dependence of the circulation and angular velocity of the vessel on the depth of the place, the Froude criterion for assessing the speed of the vessel and wave formation, etc. The ranges of conditions that the navigator should pay more attention to when planning the voyage are determined. At the same time, these ranges of conditions, when assessed using conventional methods, are determined to be favorable. A hypothesis is formulated about the incomplete reflection of reality by maneuverable characteristics determined under comparatively favorable conditions without taking into account their interaction - a possible interaction of a complex of ship navigation conditions can lead to a significant change in the same maneuvering characteristics. A hypothesis is formulated about the incomplete reflection of reality by maneuverable characteristics determined in relatively favorable conditions without taking into account their interaction is formulated. The possible interaction of a complex of ship's navigation conditions can lead to a significant change in the same maneuvering characteristics.

Key words: *maneuverable characteristics of the vessel, limited depths, narrowness, criteria for the movement of the vessel, statistics of accident conditions*