

DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-515-525

WAYS TO EFFECTIVELY MANEUVER A TANKER IN A STORM

A. A. Ershov, P. I. Buklis, S. Yu. Razvozov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,
St. Petersburg, Russian Federation

The ways to effectively maneuver a tanker in a storm to preserve the ability to ensure the vessel safety and maintain the movement speed along a given route are suggested in the paper. Effective maneuvering can be understood as a timely change of the ship course to reduce the dangerous consequences of navigation under stormy conditions without significant reduce of the speed movement along the originally set path. Stormy navigation leads to adverse and sometimes disastrous consequences for the ship, its cargo and crew. High-amplitude rolling, especially, in resonant conditions, can lead to cargo loss, devices and equipment damage, and sometimes, in cases of reduced stability, the vessel capsizing. Bottom hitting the waves (slamming), hits into the collapse of the sides (slapping) can lead to the ship hull damage, the destruction of fasteners of ship mechanisms and devices, up to their complete separation, to water leakage, and in the most adverse conditions, to the shell break and/or the vessel break with its subsequent flooding. In similar stormy conditions, “Estonia” liner, “Erika” and “Prestige” tankers, “Mol Comfort” container ship and others were lost. From the point of view of a vessel operation by the ship-owners and the shipper, the most significant is an additional increase in resistance to the vessel movement in storm conditions, resulting in reduced vessel speed for a given route. The issues of ensuring the specified speed and safety of cargo delivery by sea, including stormy navigation, are becoming the main issues of transport logistics and the development of new ports. The method of effective sequential maneuvering of a tanker in a storm, called “12-60”, proposed in this paper shows the possibility of a comprehensive solution to the problems of safety and maintaining the speed of the vessel. The results of this paper provide ample opportunity for optimization of voyage costs and reduce the voyage time in storm conditions during cargo and ballast transitions in storm conditions for tankers and other ships.

Keywords: effective maneuvering of a tanker in a storm, ensuring the safety of stormy navigation, saving the voyage time.

For citation:

Ershov, Andrey A., Peter I. Buklis, and Sergey Yu. Razvozov. “Ways to effectively maneuver a tanker in a storm.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 12.3 (2020): 515–525. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-515-525.

УДК 655.62.052.4

СПОСОБЫ ЭФФЕКТИВНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ ТАНКЕРА В УСЛОВИЯХ ШТОРМА

А. А. Ершов, П. И. Буклис, С. Ю. Развозов

ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Предложены способы эффективного маневрирования танкера в условиях шторма для сохранения возможности обеспечения безопасности судна и поддержания скорости движения по заданному маршруту. Под эффективным маневрированием можно понимать своевременное изменение курса судна для снижения опасных последствий плавания в штормовых условиях без значительного снижения скорости движения по изначально заданному пути. Отмечается, что штормовое плавание приводит к неблагоприятным, а иногда и катастрофическим последствиям для судна, его груза и экипажа; бортовая качка с большой амплитудой, особенно в условиях резонанса, может приводить к потере груза, повреждению устройств и оборудования, а иногда, в случае снижения остойчивости, — к опрокидыванию судна, удары днищем о волны (слеппинг) и удары в развал бортов (слеппинг) — к повреждению корпуса судна, разрушению креплений судовых механизмов и устройств, вплоть до их полного отрыва, к появлению водотечности, а в наиболее неблагоприятных условиях — к разрыву обшивки и / или разлому судна с его последующим затоплением. В качестве доказательных примеров приведены крушения лайнера «Эстония», танкеров «Эрика»

и «Престиж», контейнеровоза «Мол Комфорт» и др. Подчеркивается, что с точки зрения эксплуатации судна судовладельцем и грузоотправителем наиболее существенным является дополнительное увеличение сопротивления движению судна в штормовых условиях, приводящее к снижению скорости судна по заданному маршруту. Рассматриваемые вопросы обеспечения заданной скорости и безопасности доставки грузов морем, включая штормовое плавание, становятся основной транспортной логистики и развития новых портов. Предлагаемый в настоящей статье способ эффективного последовательного маневрирования танкера в шторм — «12-60» — показывает возможность комплексного решения проблем безопасности и сохранения скорости движения судна по заданному пути. Результаты настоящей статьи дают широкие возможности для оптимизации рейсовых расходов и уменьшения ходового времени в условиях штормового плавания при грузовых и балластных переходах в условиях штормового плавания танкеров и других типов судов.

Ключевые слова: эффективное маневрирование судна в шторм, обеспечение безопасности штормового плавания, сохранение времени рейса.

Для цитирования:

Ершов А. А. Способы эффективного маневрирования танкера в условиях шторма / А. А. Ершов, П. И. Буклис, С. Ю. Развозов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 515–525. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-3-515-525.

Введение (Introduction)

Современные технологии используются во всех областях морского транспорта вплоть до создания беспилотных судов. Однако способы безопасного и эффективного маневрирования судна в штормовых условиях остаются прежними. Одним из важнейших достижений XX в. по праву может считаться диаграмма Ю. В. Ремеза, которая с минимальными изменениями является важнейшим научным результатом и в настоящее время. Существующие рекомендации по штормовому плаванию также были разработаны в XX в. и практически без изменений используются современным поколением судоводителей.

Штормовое плавание приводит к неблагоприятным, а иногда и катастрофическим последствиям для судна, его груза и экипажа. Бортовая качка с большой амплитудой, особенно в условиях резонанса, может приводить к потере груза, повреждению устройств и оборудования, а иногда (в случаях снижения остойчивости) — к опрокидыванию судна. Удары днищем о волны (слемминг), а также удары в развал бортов (слеппинг) могут приводить к повреждению корпуса судна, разрушению креплений судовых механизмов и устройств, вплоть до их полного отрыва, появлению водотечности, а в наиболее неблагоприятных условиях может произойти разрыв обшивки и / или разлом судна с его последующим затоплением. В аналогичных штормовых условиях затонули лайнер «Эстония», танкеры «Эрика» и «Престиж», контейнеровоз «Мол Комфорт» и др. Вопросам обеспечения безопасности штормового плавания посвящены работы [1]–[3]. В то же время устанавливаются новые требования, когда наряду с задачами безопасности судна, необходимо обеспечить максимально точное следование судовому расписанию и строгую по времени доставку груза в порт назначения, без снижения скорости на заданном маршруте.

Ряд работ посвящен вопросам улучшения ходкости судна при штормовом плавании и анализу применения формул ветроволновых потерь скорости [4], [5]. В работах [6], [7] для более точного учета этих параметров созданы кинематические модели и процедуры автоматизации выбора кратчайших маршрутов. Вопросы обеспечения заданной скорости и безопасности доставки грузов морем, включая штормовое плавание, являются основой транспортной логистики и развития новых портов. В работах [8]–[12] отмечается важность соблюдения скорости и расписания доставки грузов как фактора конкурентоспособности морских портов и целых районов Мирового океана. Существенным недостатком ранее указанных работ является то, что в них рассматривались вопросы сохранения и увеличения скорости без решения вопросов безопасности, часто сопровождающих штормовое плавание судна. Таким образом, отсутствует комплексный подход к решению проблем безопасности и сохранения скорости судна по заданному пути при плавании в шторм.

В данной статье рассматривается эффективное маневрирование танкера, которое должно включать возможности своевременного реагирования на опасности штормового плавания с максимальным сохранением скорости движения судна по заранее заданному маршруту. В силу особенностей эксплуатации танкеры, включая крупнотоннажные типа «Афрамекс» или «Панамакс», при штормовом плавании находятся либо в полностью загруженном состоянии, либо совершают балластные переходы. Это позволяет оптимизировать движение судна таким образом, чтобы оно могло обеспечивать его безопасность и сохранение максимальной скорости движения по заданному курсу при основных вариантах загрузки судна. При совершенствовании предлагаемых в настоящей статье способов маневрирования для улучшения параметров безопасности, ходкости и экономии топлива при штормовом плавании они могут быть распространены и на другие типы судов.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Причины, приводящие к необходимости изменения режима движения судна в штормовых условиях.

1. Улучшение мореходности и избежание опасных явлений при штормовом плавании.

Для того чтобы судно обладало хорошей мореходностью, его качка должна быть плавной и умеренной, т. е. иметь большие периоды и малые амплитуды. Кроме того, на положении судна относительно волн существенно сказывается разность фаз.

Амплитуды и фазы качки существенно зависят от скорости судна и его курса по отношению к волне. Изменяя режим движения, т. е. целенаправленно выбирая курс (курсовой угол волнения), судоводитель может добиться умеренной качки и избежать опасных последствий шторма. На рис. 1 и 2 показано как изменением курсового угла волнения (КУВ) путем приведения судна «носом на волну» можно добиться улучшения штормовых условий движения судна.

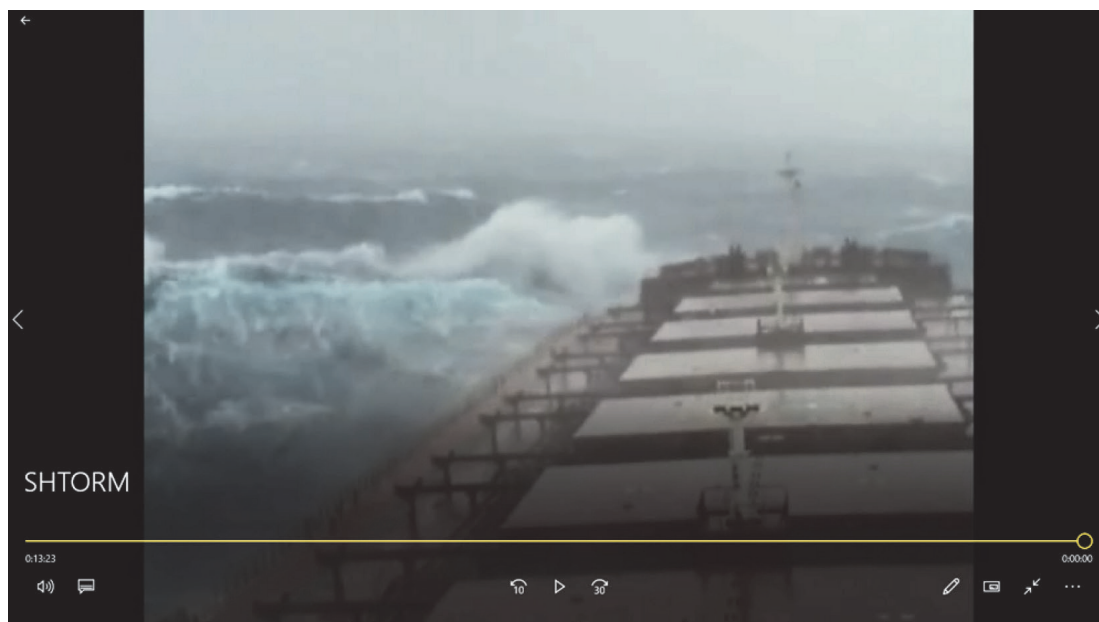
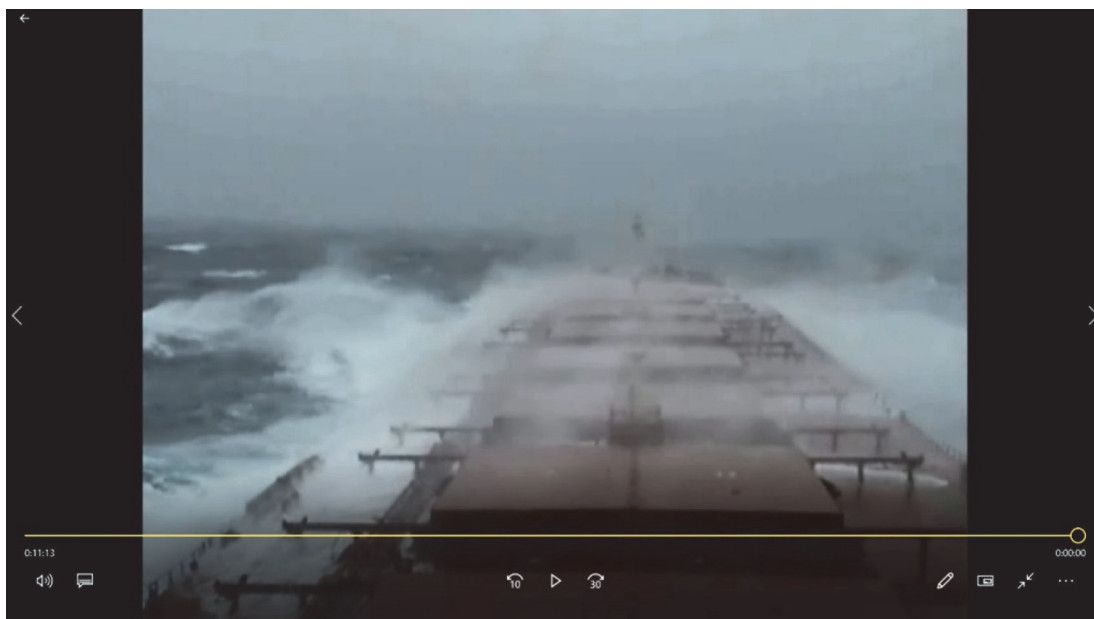


Рис. 1. Неблагоприятные штормовые условия перехода
(источник — личный архив авторов)

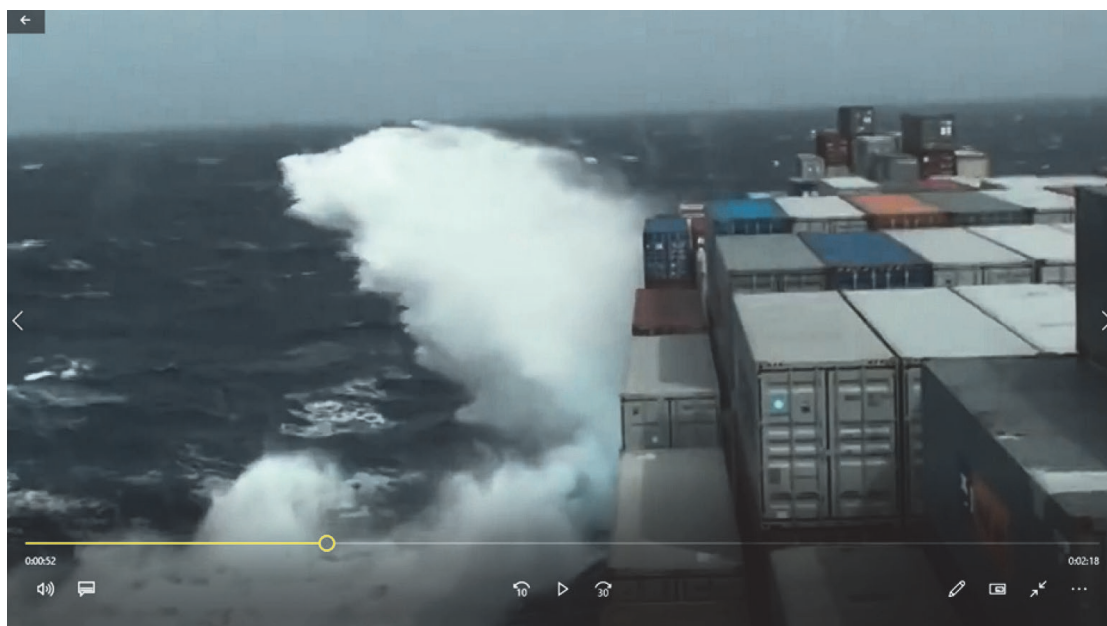
Даже тогда, когда непосредственная угроза гибели судна отсутствует, при шторме возникают неблагоприятные явления, приводящие к местным повреждениям корпуса, авариям механизмов и нарушению нормальной эксплуатации судна: удары корпуса днищем о волны (слемминг), удары волн в развал бортов в носовой оконечности (слеппинг), виппинговые явления, проходящие «волной» по корпусу после таких ударов и вызывающие разрушение судовых

конструкций, заливание палубы водой, смещение недостаточно надежно закрепленных жидких или сыпучих грузов, смывание за борт палубного груза и спасательных устройств, повышенная вибрация, разрушение судовых конструкций.



*Рис. 2. Улучшение штормовых условий перехода
путем изменения курса судна носом на волну
(источник — личный архив авторов)*

Снижение скорости из-за возрастания общего сопротивления воды движению судна, ухудшения режима работы движителей и главных двигателей («разгон» винта и двигателя), невозможность удержания судна на курсе, обледенение судна при заливании и обрызгивании в условиях низких температур, ухудшение обитаемости и психологическое и физиологическое воздействие на экипаж и пассажиров сопровождают штормовое плавание (рис. 3–5).



*Рис. 3. Удары в развал бортов при движении контейнеровоза
с курсовым углом ветра и волнения 40° на полном ходу
(источник — личный архив авторов)*



Рис. 4. Удары в развал бортов при буксировке аварийного автомобилевоза на самом малом ходу (источник — личный архив авторов)



Рис. 5. Последствия ударов в развал бортов при буксировке аварийного автомобилевоза на самом малом ходу — отрыв части кормовой аппарели (источник — личный архив авторов)

Необходимость решения этих задач давно привлекает внимание специалистов. Начиная с 30-х гг. XX в. в различных странах для определения безопасных режимов штормового плавания были предложены специальные диаграммы двух типов: диаграммы качки и диаграммы допустимой скорости судна, которые позволяют избегать указанных явлений, включая диаграмму Ю. В. Ремеза.

2. Дополнительная потеря скорости судна.

Скорость судна на волнении всегда меньше, чем в тихую погоду, ввиду следующих основных причин:

– увеличения сопротивления движению судна, вызванного как непосредственным воздействием на корпус ветра и волн, так и их вторичным влиянием посредством различных видов качки и рыскания судна на курсе;

– снижения эффективности действия гребного винта вследствие увеличения его нагрузки, а также изменения характера обтекания лопастей и колебаний погружения;

– ограничения используемой мощности главной энергетической установки либо вводимого системой автоматической защиты двигателя от перегрузок, либо намеренно предпринимаемого механиком при чрезмерных колебаниях частоты вращения двигателя, подачи топлива в двигатель и других его параметров вследствие разгона гребного винта;

– намеренного снижения скорости и / или изменения курса судна судоводителем при возникновении опасных для судна или груза явлений: ударов корпуса о волны (слемминг, удары воли в развал носа), заливания палубы и надстроек, чрезмерных ускорений при качке и др.

Основная часть естественной потери скорости судна обусловлена средним дополнительным сопротивлением, которое вызвано ударными нагрузками, снижающими скорость с судна, а также ветром и волнами. Это дополнительное сопротивление не зависит от сопротивления движению судна на тихой воде. Ветровое сопротивление, пропорциональное площади поперечной проекции надводной части судна и квадрату относительной скорости ветра, является различным для судов разного архитектурного типа.

На основании обработки испытаний более ста моделей танкеров были получены значения составляющих сопротивления от ветра и волнения по сравнению с сопротивлением на тихой воде (R_0) в зависимости от курсового угла ветра и волнения на режимах переднего хода (рис. 6).

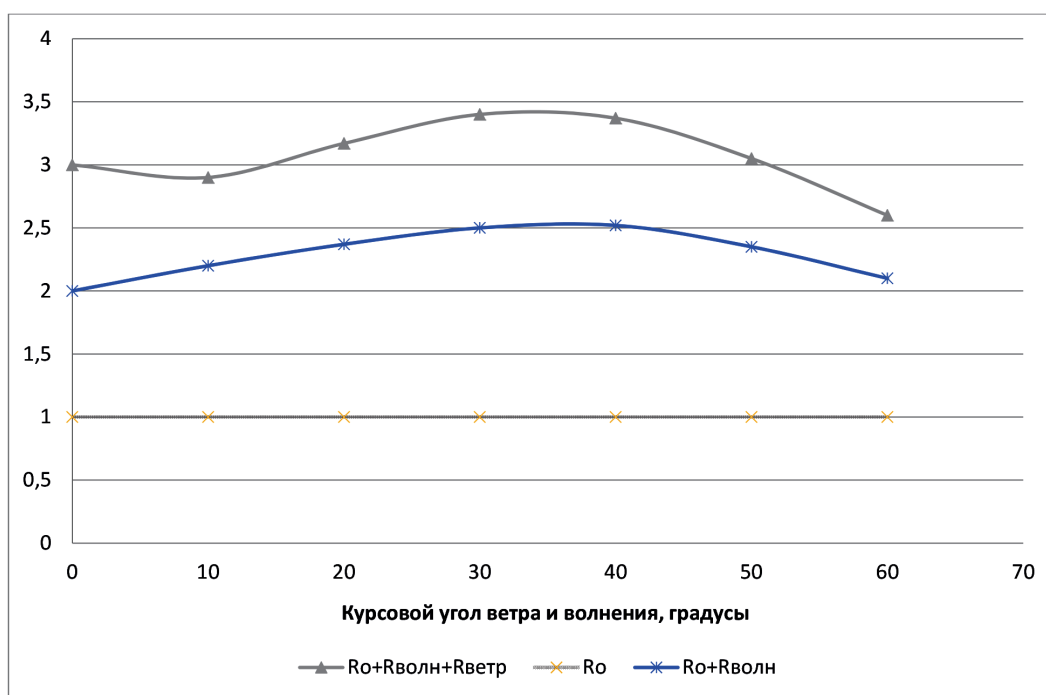


Рис. 6. Составляющие сопротивления движению танкера в грузу в зависимости от курсового угла ветра и волнения

Полученные с использованием паспортных диаграмм средние величины скорости на различных курсовых углах ветра и волнения танкера в грузу представлены на рис. 7, откуда следует, что наибольшие потери скорости возникают на курсовых углах ветра и волнения 24–40°. На этих же курсовых углах возникают наибольшие потери скорости движения судна вследствие ударных нагрузок: слемминга, слеппинга и т. п., что, очевидно, является явлением, связанным с потерей скорости судна (см. рис. 1 и 3). Таким образом, появляется возможность изменять неблагопри-

ятные условия плавания танкера в шторм, одновременно увеличивая скорость движения судна путем приведения судна к более эффективным курсовым углам ветра и волнения, максимально сохраняя при этом среднюю скорость движения по заданному пути, т. е. использовать способы эффективного маневрирования танкера в шторм, которые будут одновременно снижать опасные явления штормового плавания, не снижая скорости движения судна по заданному маршруту.



Рис. 7. Изменения скорости танкера в грузу в зависимости от курсового угла ветра и волнения

Основная задача способа эффективного маневрирования танкера в условиях шторма заключается в том, чтобы обеспечивать безопасные условия штормового плавания с минимальным отходом от первоначального пути и наименьшим снижением скорости при движении по основному пути (заданному путевому углу (ПУ)).

Способ эффективного маневрирования танкера в шторм «12-60» предусматривает выполнение следующих действий:

1. Из рис. 7 видно, что наиболее значительные величины увеличения скорости танкера в шторм достигаются на курсовых углах ветра и волнения (КУВ), равных 12° и 60° . Диапазон курсовых углов более 12° выгоден и тем, что позволяет избежать наибольших опасностей при плавании судном «носом на волну». На диаграмме Ю. В. Ремеза он заштрихован особо, как вызывающий наибольшие проблемы при штормовании судном носом на волну. Используя диапазон курсовых углов ветра и волнения $\text{КУВ} > 12^\circ$ в качестве начального маневра, можно избежать дополнительных опасностей.

2. Значения изменения курса судна, переводящий ветер и волнение на $\text{КУВ} > 12^\circ$, можно взять в качестве первого маневра для эффективного маневрирования, например, «12-60», что соответствует курсовым углам наибольших скоростей движения судна на рис. 7.

3. Для детального рассмотрения применения маневра «12-60» необходимо предположить, что судно изначально следует $\text{ИК} = \text{ПУ} = 0^\circ$ и что на $\text{КУВ} = 30^\circ$ судно испытывает удары в развал бортов и неблагоприятную качку, что одновременно снижает скорость его движения, так как это, очевидно, взаимосвязанные и взаимозависимые явления (см., например, рис. 1 и 7). Схематично это движение судна можно представить в виде рис. 8.

4. Для улучшения состояния качки и улучшения мореходных качеств судно изменяет свой курс так, чтобы его КУВ был равен 12° (на рис. 1 оно должно изменять курс влево, ближе к положению «носом на волну», как видно из рис. 2), но не доходя до этого положения 12° с тем, чтобы избежать дополнительных потерь скорости и опасностей штормового плавания (см. рис. 7) и использовать диаграмму Ю. В. Ремеза. Схематично это движение судна можно представить на рис. 9.

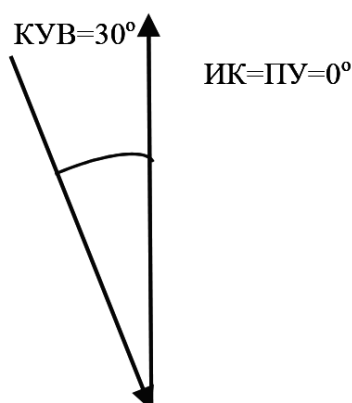


Рис. 8. Первоначальное расположение судна
ИК = ПУ = 0° и курсового угла
ветра и волнения КУВ = 30°

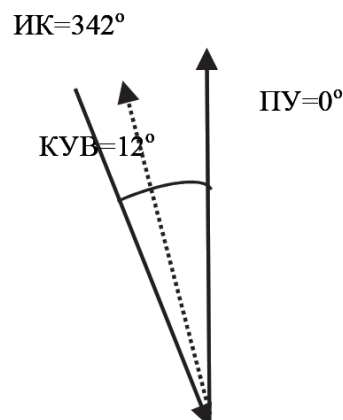


Рис. 9. Изменение курса судна влево
на ИК = 360° – 18° = 342° для получения
курсового угла ветра и волнения КУВ = 12°

5. Для того чтобы не уйти далеко от первоначального пути (первоначальный ПУ = 0°), судно должно через некоторое время перейти на КУВ = 60° с тем, чтобы вернуться на первоначальную линию пути ПУ = 0° (рис. 10).

6. После возврата к первоначальной линии пути ПУ = 0° маневр «12-60» может быть повторен.

7. С целью сравнения эффективного маневрирования и плавания на КУВ = 30° (без изменения курса) можно использовать следующую сравнительную схему расчета, приведенную в следующей таблице:

Параметры движения судна	Численные значения		
<i>Эффективный маневр «12-60»</i>	–	–	–
<i>Маневр «12»: поворот направо, КУВ = 12 град.</i>	–	–	–
КУВ начальный, град.	30,0	30,0	30,0
Направление ИК (ПУ), град.	0,0	0,0	0,0
Изменение КУВ, град.	18,0	18,0	18,0
Изменение ИК, град.	342,0	342,0	342,0
Скорость на КУВ = 12 град., уз	8,6	8,6	8,6
Время, ч	1,0	2,0	3,0
Расстояние, мили	8,6	17,2	25,8
Движение по курсу (ПУ = 0), мили	8,2	16,4	24,5
Снос поперек курса (ПУ = 0), мили	–2,7	–5,3	–8,0
<i>Маневр «60»: поворот направо, КУВ = 60 град.</i>	–	–	–
КУВ измененный, град.	60,0	60,0	60,0
Изменение курса, град.	42,0	42,0	42,0
Внутренний угол для расчета движения по курсу и сноса, град.	42,0	42,0	42,0
Скорость на КУВ = 60 град., уз	8,9	8,9	8,9
Время, ч	0,4	0,7	1,3
Расстояние, мили	3,1	6,2	11,6
Движение по курсу (ПУ = 0), мили	2,3	4,6	8,6
Снос поперек курса (ПУ = 0), мили	2,1	4,2	7,7
<i>Суммарное движение по курсу ПУ = 0 с эффективным маневрированием (без опасностей штормового плавания), мили</i>	10,5	21,0	33,1
Скорость с КУВ = 30, уз	7,9	7,9	7,9
<i>Суммарное движение без маневрирования по курсу ПУ = 0 с КУВ = 30 град. (с опасностями штормового плавания), мили</i>	10,7	21,3	34,0

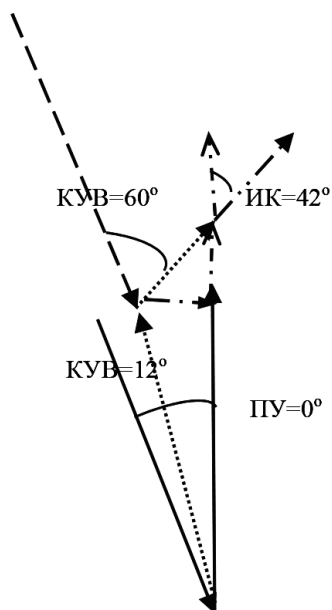


Рис. 10. Изменение курса судна вправо на $\text{КУВ} = 60^\circ$ или $\text{ИК} = 342^\circ + 60^\circ - 12^\circ = 42^\circ$ для получения курсового угла ветра и волнения $\text{КУВ} = 60^\circ$ и возврата к первоначальной линии пути ($\text{ПУ} = 0^\circ$)

Как следует из результатов, приведенных в таблице, предложенный способ эффективного маневрирования «12-60» позволяет не только избежать опасностей штормового плавания за счет безопасного маневрирования, но и совершать переход по заданному направлению ($\text{ПУ} = 0^\circ$) практически без потери пройденного расстояния (снижения средней скорости).

Подобный подход, основанный на исследованиях показателей скорости и расхода топлива конкретных судов, который был предложен в работе [4], может явиться основой для выбора эффективных способов маневрирования конкретных судов в условиях штормового плавания и позволит решать новые комплексные задачи, связанные с одновременным обеспечением безопасности, а также поддержанием заданной скорости при штормовом плавании любого судна.

Обсуждение (Discussion)

Сравнение эффективности маневра «12-60» с движением без маневров по результатам, приведенным в таблице, подтверждает возможность выбора эффективных маневров, которые позволяют решать комплексную задачу — одновременно обеспечивать условия безопасности и сохранять скорость движения по заданному направлению. Полученные в статье выводы совпадают с данными других авторов о возможности эффективного совершенствования способов штормового плавания, включая одновременное обеспечение безопасности и сохранение скорости. Результаты настоящей работы могут быть использованы для развития методов сохранения скорости и ходового времени при плавании в шторм, учитывая особенности и историю эксплуатации конкретного судна, как это было предложено в публикации [4].

Выводы (Conclusions)

1. Предлагаемый в настоящей статье способ эффективного маневрирования танкера в шторм «12-60» показывает возможность комплексного решения проблем безопасности и сохранения скорости движения судна по заданному пути в условиях штормового плавания.
2. Современные навигационные методы позволяют с большой точностью определять скорости движения судна на различных курсовых углах ветра и волнения при плавании в шторм в разных вариантах загрузки конкретного судна и совершенствовать предлагаемый способ или его модификации.
3. Исследования, основанные на результатах экспериментов и наблюдений, проводимых непосредственно на конкретном судне, дают возможность решать вопросы эффективного маневрирования и одновременно проблемы безопасности и сохранения скорости на заданном пути при штормовом плавании. Способы, предложенные в публикации [4], дают возможность учитывать особенности и опыт эксплуатации конкретного судна, а также корректировать предлагаемый способ маневрирования в шторм.
4. При совершенствовании рассмотренного способа обеспечения безопасности и сохранения скорости при штормовом плавании он может быть распространен и на другие типы судов.

5. Результаты настоящей статьи дают широкие возможности для оптимизации рейсовых расходов и уменьшения ходового времени в условиях штормового плавания при грузовых и балластных переходах в условиях штормового плавания танкеров и других типов судов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ершов А. А. Совершенствование методов обеспечения безопасности штормового плавания судов / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2015. — № 3. — С. 7–13.
2. Ершов А. А. Безопасность штормового плавания судна / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 3. — С. 129–131.
3. Ершов А. А. Способы автоматизации штормового плавания судна / А. А. Ершов, А. В. Теренчук // Научно-технический вестник Поволжья. — 2015. — № 4. — С. 62–64.
4. Ершов А. А. Способы увеличения скорости и экономии топлива танкера при штормовом плавании / А. А. Ершов, П. И. Буклис // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 6. — С. 1122–1131. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1122-1131.
5. Бояринов А. М. Анализ применимости формул расчета ветро-волновых потерь скорости хода морских судов / А. М. Бояринов, А. А. Ершов, С. М. Пылаев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1168–1174. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1168-1174.
6. Дерябин В. В. Кинематическая модель движения судна / В. В. Дерябин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 260–271. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-260-271.
7. Чертков А. А. Автоматизация выбора кратчайших маршрутов судов на основе модифицированного алгоритма Беллмана-Форда / А. А. Чертков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 1113–1122. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1113-1122.
8. Бодровцева Н. Ю. Систематизация факторов и показателей оценки конкурентоспособности морских портов / Н. Ю. Бодровцева // Транспортное дело России. — 2017. — № 2. — С. 105–109.
9. Русинов И. А. Опыт Японии в области регулирования линейного судоходства / И. А. Русинов, И. А. Гаврилова, А. Г. Нелогов // Мир транспорта. — 2017. — Т. 15. — № 1 (68). — С. 150–160.
10. Степанов А. Развитие портов и контейнерных терминалов / А. Степанов, О. Вербило // Логистика. — 2017. — № 3 (124). — С. 25–33.
11. Плотников С. Н. Модель прохождения судов через участок водного пути формирующая расписание в процессе своего выполнения / С.Н. Плотников, В.Е. Марлей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. — 2017. — Т. 79. — № 1 (71). — С. 114–118. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-1-114-118.
12. Eguíluz V. M. A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010-2014 / V. M. Eguíluz, J. Fernández-Gracia, X. Irigoien, C. M. Duarte // Scientific reports. — 2016. — Vol. 6. — Is. 1. — Pp. 1–6. DOI: 10.1038/srep30682.

REFERENCES

1. Ershov, Andrey Aleksandrovich, and Alexander Vladimirovich Terenchuk. "Improvement of the methods of ensuring safety of storm navigation of the ships." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 3 (2015): 7–13.
2. Ershov, A. A., and A. V. Terenchuk. "Safety of storm navigation of the vessels." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 3 (2015): 129–131.
3. Ershov, A. A., and A. V. Terenchuk. "Ways to automate storm navigation of the vessel." *Scientific and Technical Volga region Bulletin* 4 (2015): 62–64.
4. Ershov, Andrey A., and Peter I. Buklis. "Ways to increase speed and save fuel tanker in storm conditions." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S.O. Makarova* 10.6 (2018): 1122–1131. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1122-1131.
5. Boyarinov, Alexander M., Andrey A. Ershov, and Sergey M. Pylayev. "Analysis of the applicability of the formulas the calculation of the loss of ships speed due to wind and waves." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta*

morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Mararova 9.6 (2017): 1168–1174. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1168-1174.

6. Deryabin, Victor V. “Kinematic model of vessel motion.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.2 (2017): 260–271. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-260-271.

7. Chertkov, Alexander A. “Automation selection shortcuts routes of ships on the basis of modified Bellman-Ford Algorithm.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 9.5 (2017): 1113–1122. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-1113-1122.

8. Bodrovtseva, N. “Systematization of an assessment factors and indicators of the seaports competitiveness.” *Transport business of Russia* 2 (2017): 105–109.

9. Rusinov, Igor A., Irina A. Gavrilova, and Andrey G. Nelogov. “Japan’s experience in governing liner shipping.” *World of Transport and Transportation* 15.1(68) (2017): 150–160.

10. Stepanov, A., and O. Verbilo. “Razvitie portov i konteynernykh terminalov.” *Logistika* 3(124) (2017): 25–33.

11. Plotnikov, S.N., and V.E. Marlei. “Model of passage of vessels through the waterway section forming the schedule in the course of its implementation.” *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies* 79.1(71) (2017): 114–118. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-1-114-118.

12. Eguíluz, Victor M., Juan Fernández-Gracia, Xabier Irigoien, and Carlos M. Duarte. “A quantitative assessment of Arctic shipping in 2010–2014.” *Scientific reports* 6.1 (2016): 1–6. DOI: 10.1038/srep30682.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ершов Андрей Александрович —

доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: ershov_63@mail.ru, kaf_mus@gumrf.ru

Буклис Петр Игоревич — аспирант

Научный руководитель:

Развозов Сергей Юрьевич
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: petyunyaaa@mail.ru, kaf_mus@gumrf.ru

Развозов Сергей Юрьевич —

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
С. О. Макарова»

198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Двинская, 5/7

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ershov, Andrey A. —

Dr. of Technical Sciences, associate professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: ershov_63@mail.ru, kaf_mus@gumrf.ru

Buklis, Peter I. — Postgraduate

Supervisor:

Razvozov, Sergey Yu.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: petyunyaaa@mail.ru, kaf_mus@gumrf.ru

Razvozov, Sergey Yu. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping

5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
Russian Federation

e-mail: kaf_mus@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 29 апреля 2020 г.

Received: April 29, 2020.