

DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-625-635

## PROCEDURE FOR CHOOSING THE OPTIMAL OCEAN ROUTE WHEN GALE

**R. A. Nuriev, A. A. Ershov**

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

*A process of choosing the optimal route when ocean passage of sea vessel is reviewed in the paper. The criterion of optimality in this work is delivery time of a cargo. At the same time the characteristics of the vessel, including seaworthiness, are not taken into account. On the example of the voyage from the European continent to the Caribbean, the methods for assessing the advantage in distance when ocean passage along great circle route or loxodrome are formulated. Six ocean crossing routes from Europe to the Panama Canal, which may be used practically, are introduced. Methods for convenience and simplification of choosing route when preliminary plotting are recommended. On the basis of calculations and constructions performed in Electronic Chart Display and Information System, the process of calculating the advantage in distance, and therefore in delivery time, neglecting the vessel characteristics is shown. Passage along orthodrome is not always considered most expedient in this work. It is mentioned that during passage the difference in delivery time may vary due to influence of external factors that require further accounting and evaluation. Recommendations for choosing the optimal route without taking into account the characteristics of the vessel, for the vessels with electronic charts and for the vessels using only paper charts have been drawn up. Recommendations for preparation of a preliminary plotting are given. It is concluded that in order to achieve the maximum level of safety of navigation during ocean voyage, it is necessary to improve the results and conclusions obtained in this work, taking into account in the future the characteristics of the vessel and conditions that can influence on them.*

*Keywords:* optimal route, ocean voyage, orthodrome, loxodrome, efficiency of cargo transportation, safety of navigation.

**For citation:**

Nuriev, Ramazan A., and Andrey A. Ershov. "Procedure for choosing the optimal ocean route when gale." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.5 (2021): 625–635. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-625-635.

**УДК 655.62.052.4**

## ПРОЦЕДУРА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ ОКЕАНСКОГО ПЕРЕХОДА ПРИ ШТОРМОВОМ ПЛАВАНИИ

**Р. А. Нуриев, А. А. Ершов**

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

*В настоящей работе рассмотрен процесс выбора наивыгоднейшего (оптимального) пути судна при совершении океанского перехода. Критерием оптимальности в данной работе принималось время доставки груза. При этом не учитывались особенности судна, в том числе его мореходные качества. На примере перехода из Европейского континента в Карибский бассейн были сформулированы способы оценки выигрыша в расстоянии при океанском плавании по дуге большого круга или локсодромии. Были введены шесть маршрутов океанского перехода из Европы к Панамскому каналу, которые практически могут быть использованы. Предложены методы для удобства и упрощения выбора маршрута при предварительной прокладке. На основе вычислений и построений, выполненных в электронной картографической навигационной информационной системе, показан процесс расчета выигрыша в расстоянии, а следовательно, и во времени, при условии, когда не учитываются особенности судна. В рамках данной работы и поставленных в ней условий плавание по ортодромии не всегда признается наиболее целесообразным. Отмечается, что в процессе перехода разница во времени перевозки может меняться в ту или иную сторону из-за влияния внешних факторов, требующих дальнейшего учета и оценки. Составлены рекомендации по выбору оптимального пути без учета особенностей судна как для судов, имеющих электронные карты,*

так и для судов, использующих только бумажные карты. Даны рекомендации по составлению предварительной прокладки. Сделан вывод о том, что для достижения максимального уровня безопасности мореплавания во время океанских переходов следует совершенствовать результаты и выводы, полученные в рамках данной работы, учитывая в дальнейшем особенности судна и те условия, которые могут оказывать на них влияние.

**Ключевые слова:** наивыгоднейший путь, океанское плавание, ортодромия, локсодромия, эффективность грузоперевозки, безопасность мореплавания.

**Для цитирования:**

Нуриев Р. А. Процедура выбора оптимального пути океанского перехода при штормовом плавании / Р. А. Нуриев, А. А. Ершов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова.— 2021.— Т. 13.— № 5.— С. 625–635. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-5-625-635.

### Введение (Introduction)

Целью процесса перевозки груза чаще всего является его эффективность, т. е. минимизация времени, затраченного на транспортировку груза морским судном от отправителя к получателю. Судоходные компании, владельцы груза и другие заинтересованные звенья транспортной цепочки стремятся к экономии времени. Однако могут возникнуть и другие ситуации, такие, например, когда неважно в течение какого времени груз будет доставлен от отправителя к получателю, важно добиться максимальной экономии топлива (такой вариант иногда возможен при перевозке груза, когда отправителем и получателем является одна и та же компания). На пассажирских круизных судах дополнительно для комфортного путешествия пассажиров немаловажное значение имеет воздействие ветра и волнения. Однако все эти факторы являются частными критериями оптимальности при выборе маршрута морского судна, определяемыми в зависимости от поставленной перед судном задачи.

Для того, чтобы объединить все частные критерии выбора оптимального маршрута в единое целое, в данном исследовании целесообразно использовать следующее классическое определение оптимального пути [1, с. 381]: «*Наивыгоднейший путь (оптимальный путь) — это путь, который данное конкретное судно при сложившейся гидрометеорологической обстановке проходит за кратчайшее время при минимальной затрате ресурсов, обеспечении безопасности мореплавания и сохранности перевозимых грузов от начальной заданной точки к конечной*».

Многообразие критерии оптимальности настолько велико, что объем статьи не позволяет описать с необходимой степенью подробности процедуру выбора наивыгоднейшего пути, учитывая при этом мореходные качества судна и погодные явления в различных географических районах. В некоторых исследованиях, проведенных в течение последнего времени, например, [2], [3], [4], были предложены методы повышения эффективности грузоперевозки и уровня безопасности мореплавания в штормовых условиях, однако это лишь частные случаи *сценария развития событий во время перехода*. Для того, чтобы обеспечить необходимый уровень эффективности перевозки грузов на всем пути и на всех стадиях, необходимо выполнить более подробное исследование, в том числе с рассмотрением возможных частных случаев.

На первый взгляд, кажется очевидным, что плавание по ортодромии при океанском переходе является наиболее предпочтительным. Это действительно так, но в данном случае необходимо учитывать также штормовую погоду, в условиях которой на определенных курсовых углах ветра и волнения судно будет испытывать существенные потери скорости. В данном случае плавание по локсодромии может оказаться наиболее целесообразным. В настоящее время существует широкий спектр средств, которые дают достаточно подробное и четкое представление о погодных условиях на текущий момент, позволяя узнать характеристики ветра, волнения и других параметров, определить, какое влияние они могут оказывать на конкретное судно, а также оптимизировать процесс планирования его маршрута. Такие средства представлены в работе [5]. Однако, как показывает практика и личные наблюдения авторов имеющихся на данную тему работ, этим средствам необходима значительная доработка в плане расчетов оптимального пути (в частности, им необходимы

улучшенная теоретическая база и алгоритмы вычислений). Также некоторые проблемы данных систем исследованы в статье [6]. В настоящее время ведется активная работа по их совершенствованию, однако этого пока недостаточно.

Поскольку любой рейс судна всегда начинается с планирования, в частности с составления судоводителем плана перехода (Passage/Voyage Plan) и выполнения предварительной прокладки на морских навигационных картах, целью данной работы является *составление процедуры выбора наивыгоднейшего пути при океанском переходе с учетом штормового прогноза погоды*. В данном случае критерием оптимальности будет являться кратчайшее время доставки груза из одной точки в другую. Очевидно, необходимо рассматривать и другие критерии оптимальности, однако именно данный критерий наиболее часто встречается на практике и тесно связан с другими.

Составление ранее описанной процедуры основано на совершении реально возможного перехода. В данном случае это океанский переход из портов Европы к главному судоходному узлу Американского континента, который связывает Тихий и Атлантический океаны,— Панамскому каналу. Также будет показана целесообразность плавания по дуге большого круга при переходе из Европейского континента к портам западного побережья Северной и Южной Америки.

Согласно требованиям Международной конвенции SOLAS-74 [7], перед началом рейса необходимо составить план перехода, который должен выполняться от причала начала рейса до причала конца рейса (Berth to Berth). Существует достаточное количество нормативных документов и руководств, описывающих требования к подготовке и непосредственному планированию перехода (например, известное практически каждому штурману руководство [8]). Этот нормативный документ в достаточной степени раскрывает методы планирования и плавания в прибрежных водах с тем, чтобы обеспечить достаточный уровень безопасности судоходства и эффективности грузоперевозок. Кроме того, существуют современные исследования по вопросам плавания в узкостях, приведенные в статье [9]. Поэтому в данной работе подробно рассмотрена тема планирования только океанского перехода.

### Методы и материалы (Methods and materials)

При переходе судна из Европы к Панамскому каналу при проработке предварительной прокладки через Атлантический океан очевидно, что существуют три основных начальных направления движения: из западной части пролива Ла-Манш, из северной части острова Великобритания, а также из Гибралтарского пролива. Для дальнейшего упрощения присвоим им соответствующие номера:

*направление 1* — из пролива Ла-Манш;

*направление 2* — из северной части о-ва Великобритания;

*направление 3* — из Гибралтарского пролива.

Расстояния между этими тремя направлениями различаются, что для исследования не существенно, так как в данном случае указанные направления между собой не сравниваются. В условиях данной задачи за отправную точку — начало маршрута океанского перехода — можно взять произвольную точку, чтобы после выхода из данной точки упрощалась навигационная обстановка, т.е. отсутствовали системы разделения движения судов, имелись достаточные для прохода судна глубины и был низкий навигационный трафик. Все это необходимо для удобства построения дуги большого круга и дальнейшего сравнения расстояний между дугой большого круга и локсадромией. Таким образом, маршрут движения судна до Карибского бассейна необходимо проложить так, чтобы не было необходимости отклоняться от первоначального курса, кроме случаев расхождения с другими судами и в случае ухудшения погодных условий (этот вариант описан в работе далее). На практике данные начальные точки могут изменяться по усмотрению судоводителя и быть взяты из различных навигационных пособий: лоций, таблиц расстояний при океанских переходах и других документов.

Выбор начального направления, в свою очередь, зависит от того, из какого европейского порта идет судно. В данном случае судоводитель, как правило, выбирает кратчайшее расстояние от европейского порта или точки начала маршрута до начальной точки океанского перехода соответствующего направления, учитывая при этом допустимые глубины плавания, запретные районы и т. д.

Следует отметить, что для оперативности расчетов расстояний и удобства прокладки на навигационных картах расчеты в данном исследовании выполнялись на базе Электронной картографической навигационной информационной системы (ЭКНИС) Navi-Sailor 4000 компании Transas. На практике возможен расчет расстояний и составление маршрута судна на бумажных картах и с помощью других лицензионных электронных картографических систем, с помощью различных таблиц расстояний, но при этом в некоторых случаях расстояния могут отличаться от приведенных в данном исследовании.

Теперь перейдем к непосредственному построению маршрута. Следует отметить, что при построении маршрутов в данном исследовании учитывались навигационные опасности, которые могли возникнуть во время перехода. Поэтому приведенные далее маршруты океанских переходов являются вполне допустимыми для использования на практике в случае, если они будут приняты штурманской службой целесообразными для плавания. Точки океанского перехода приведены в табл. 1.

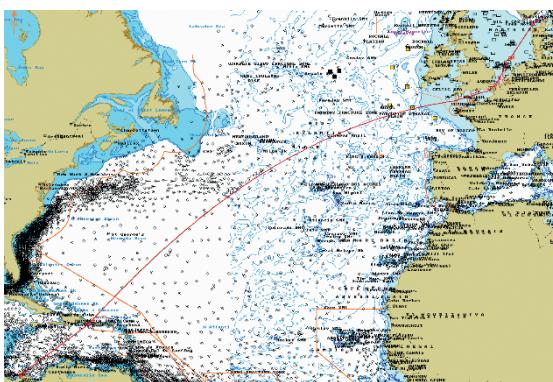
Таблица 1

**Координаты точек перехода для первого, второго и третьего направления**

Основные точки	Направление 1	Направление 2	Направление 3
Начало океанского перехода	49°32,2'N 005°00,0'W	59°37,0'N 006°00,0'W	35°56,7'N 006°30,1'W
Конец океанского перехода	18°08,0'N 068°14,7'W	22°06,5'N 072°27,2'W	16°27,7'N 062°09,4'W

Если нанести координаты на навигационную карту, то видно, что направление 1 начинается западнее системы разделения движения судов «Каскетс», затем продолжается в северной части Бискайского Залива. При плавании по локсадромии (рис. 1, а) маршрут будет проходить через группу Азорских островов, а именно южнее острова Флореш, а по ортодромии (рис. 1, б) — севернее группы Азорских островов. Проход в Карибский бассейн будет осуществляться через проход Мона.

а)



б)

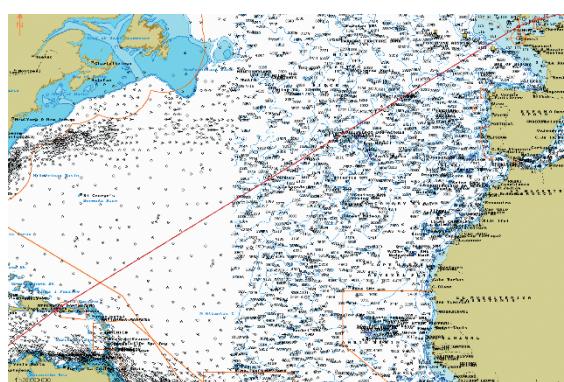
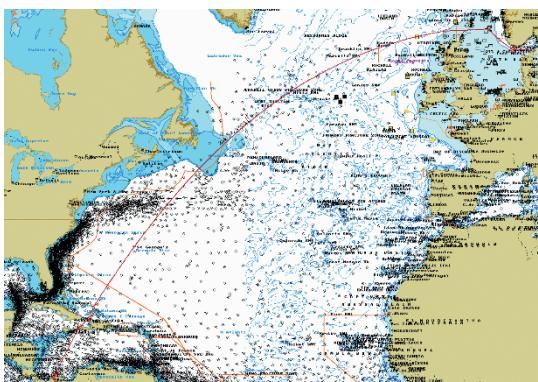


Рис. 1. Океанский переход для направления 1:  
а — ортодромия; б — локсадромия

Направление 2 берет свое начало в 65 морских милях к северу от о-ва Великобритания. Плавание по ортодромии (рис. 2, а) от начальной точки совершается в диапазоне северных широт с 59-й по 47-ю. На 47-й широте происходит пересечение с двухсотмильной зоной государства США (к юго-востоку от о-ва Ньюфаундленд). Далее маршрут проходит к юго-востоку от о-ва Гамильтон. Вход в Карибское море осуществляется через проход Кайкос, затем через Наветренный пролив независимо от выбора следования океанского маршрута (по ортодромии или локсадромии). Плавание по локсадромии будет осуществляться значительно южнее, как показано на рис. 2, б.

а)



б)

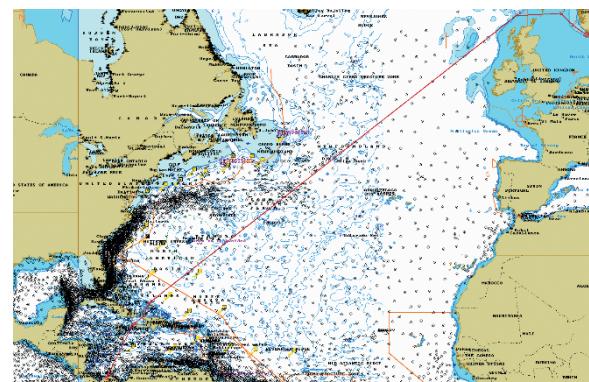
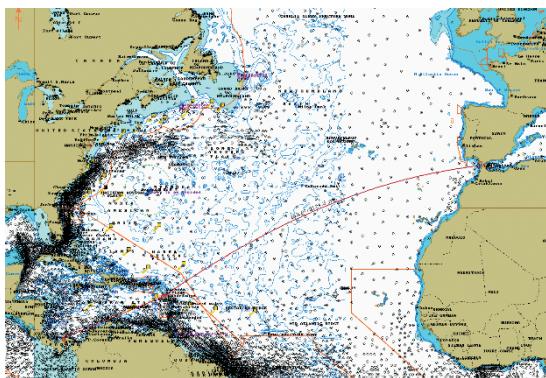


Рис. 2. Океанский переход для направления 2:  
а — ортодромия; б — локсадромия

Направление 3 начинается в четырнадцати морских милях к западу от системы разделения движения судов Banco Del Hoyo Гибралтарского пролива. Затем проходит в ста морских милях к северу от архипелага Мадейра, в районе 25-го град. с. ш. и 45-го град. з. д. пересекает Срединно-Атлантический хребет. В Карибское море вход происходит в 13 морских милях к югу от о-ва Монтсеррат (рис. 3). Более детальное рассмотрение района перехода в рамках данной работы считается нецелесообразным.

а)



б)

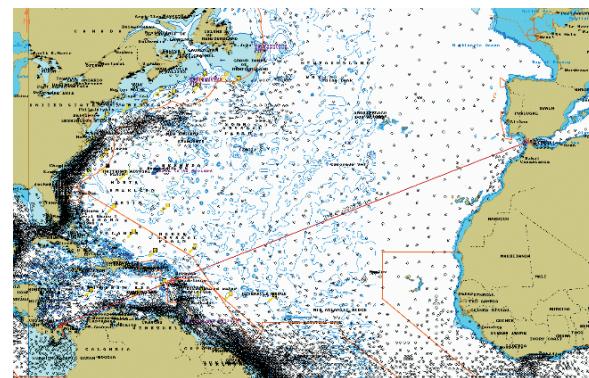


Рис. 3. Океанский переход для направления 3:  
а — ортодромия; б — локсадромия

Прежде чем приступить к построению предварительной прокладки океанского перехода, необходимо проанализировать возможный выигрыш в расстоянии при плавании по ортодромии. Для этого сравним расстояния по ортодромии и локсадромии для каждого из заданных направлений. Следует отметить, что все числовые значения были взяты из ЭКНИС Navi-Sailor 4000 компании Transas. Расстояния для сравнения приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Расстояния ортодромии и локсадромии  
при океанском переходе для трех условленных направлений**

Тип маршрута	Направление 1	Направление 2	Направление 3
Локсадромия	3612,39 морских миль	3657,26 морских миль	3201,64 морских миль
Ортодромия	3547,88 морских миль	3558,49 морских миль	3174,55 морских миль

На основании значений, приведенных в табл. 2, рассчитаем выигрыш в расстоянии при плавании по ортодромии. Предпочтительность плавания по ортодромии в общем случае определяется по формуле (1), вывод которой дан в пособии [1]:

$$\Delta S = \frac{S - D}{S} 100 \% \geq 0,5 \% , \quad (1)$$

где  $\Delta S$  — разность длин локсодромии  $S$  и ортодромии  $D$ .

Длины локсодромии и ортодромии для каждого направления известны, поэтому рассчитаем  $\Delta S$  для каждого направления:

$$\Delta S_1 = \frac{3612,39 - 3547,88}{3612,39} 100 \% = 1,8 \%;$$

$$\Delta S_2 = \frac{3657,26 - 3558,49}{3657,26} 100 \% = 2,7 \%;$$

$$\Delta S_3 = \frac{3201,64 - 3174,55}{3201,64} 100 \% = 0,8 \% .$$

Необходимо отметить, что выигрыш при плавании по дуге большого круга при отсутствии ЭКНИС и невозможности быстро вычислить расстояние плавания по ортодромии, можно приблизительно рассчитать по формуле:

$$\Delta S \approx \frac{\Psi^2}{200} \geq 0,5 \% , \quad (2)$$

где  $\Psi$  — ортодромическая поправка, град.

Проанализировав формулу (2), можно сделать вывод о том, что приемлемое преимущество в расстоянии наступает при  $\Psi \geq 10^\circ$ .

Когда определен выигрыш в расстоянии и его значение удовлетворяет неравенствам (1) или (2), судоводителю следует проанализировать прогноз погоды на океанский переход. Если прогноз погоды на определенном участке океанского перехода в долгосрочной перспективе может вызвать потери скорости или существенные отклонения от курса для поддержания мореходных качеств, то следует выполнить расчеты для определения выигрыша в расстоянии при плавании по ортодромии в условиях штормового плавания на данном участке. Маневры при штормовом плавании следует выполнять, как показано в работе [4], способом «12–60». Первоначальным маневром при неблагоприятных курсовых углах волнения (КУВ) является изменение курса судна так, чтобы КУВ стал равен  $12^\circ$ . Для того, чтобы вернуться на изначальную линию пути, следует лечь на такой курс, чтобы КУВ был равен  $60^\circ$ , т. е. судну следует двигаться штормовыми зигзагами. Если при возврате на проложенную первоначально линию пути судно опять испытывает неблагоприятный КУВ, то штормовой маневр следует повторить.

Согласно предлагаемому в работе способу, наибольшая потеря скорости судна при штормовом плавании составит при КУВ =  $24\text{--}40^\circ$ . Поэтому допустим, что по предварительному прогнозу погоды на участке от  $30\text{--}40^\circ\text{W}$  (разность долгот  $10^\circ$  — довольно продолжительное расстояние) океанского перехода ожидается волнение высотой 5 м с КУВ =  $30^\circ$  (в рамках решения данной задачи ограничимся лишь высотой и курсовым углом волнения, так как остальные параметры в решении не участвуют). Для обычного морского судна это ощутимая высота волн, и если КУВ будут неблагоприятными, то, очевидно, что потери скорости будут весьма существенными.

Применительно к рассматриваемому случаю необходимо отметить, что точку поворота на обратный курс (КУВ =  $60^\circ$ ) следует выбрать таким образом, чтобы пересечение первоначально проложенной линии пути (ортодромии) осуществлялось в конце предполагаемого участка штормового плавания. После возврата на первоначально проложенную линию пути считаем, что маневр завершен, и если позволяют погодные условия, то можно продолжать плавание по ортодромии.

С помощью Navi-Sailor 4000 снимем с карты расстояния на участке перехода 30–40 °W, которые были пройдены при выполнении описанного штормового маневра, и составим сводную табл. 3.

Таблица 3

**Сводная таблица курсов и расстояний при выполнении маневра «12–60»**

Параметры движения судна	Направление 1	Направление 2	Направление 3
Курс судна при плавании по ортодромии на долготе 30 °W, град.	244	240	250
Курсовой угол ветра и волнения, град.	30° левого борта	30° правого борта	30° левого борта
Курс судна при маневре на КУВ = 12°, град.	226	258	232
Пройденное расстояние при плавании штормовым курсом, где КУВ = 12°, морские мили	388,97	253,58	402,13
Курс судна при маневре на КУВ = 60 град.	274	210	280
Пройденное расстояние при плавании штормовым курсом, где КУВ = 60°, морские мили	174,68	208,8	214,27
Общее пройденное расстояние при штормовом маневре, морские мили	563,65	462,38	616,4
Расстояние при плавании по ортодромии, морские мили	518	429,14	562,86
Скорость при плавании штормовым маневром, уз	18	18	18
Скорость при плавании в шторм по ортодромии, уз	16	16	16
Время, затраченное переход по штормовому участку 30–40 °W с выполнением штормового маневра, ч	31,3	25,7	32,2
Время, затраченное на переход по штормовому участку 30–40 °W при плавании по ортодромии, ч	32,4	26,8	35,2
Итоговое расстояние океанского перехода при плавании по ортодромии с отклонением на выполнение штормового маневра, морские мили	3593,53	3591,73	3228,09

Из табл. 3 видно, что на данном штормовом участке перехода целесообразно двигаться штормовыми зигзагами. В данном случае минимальный выигрыш во времени составил один час — это составляет 3 % времени, затраченного на проход данного участка.

Теперь следует пересчитать  $\Delta S'_i$  — разность длин локсодромии и ортодромии с выполнением штормового маневра и оценить выигрыш в расстоянии для каждого направления:

$$\Delta S'_i = \frac{3612,39 - 3593,53}{3612,39} 100 \% = 0,5 \%;$$

$$\Delta S'_2 = \frac{3657,26 - 3591,73}{3657,26} 100 \% = 1,8 \%.$$

Для направления 3 расчет  $\Delta S'_i$  не имеет смысла, так как итоговое расстояние по локсодромии получается меньше, чем при плавании по ортодромии с учетом штормового маневра.

## Результаты (Results)

Как видно из приведенных расчетов, величина  $\Delta S$  для каждого направления превышает 0,5 %. Однако далее, если учитывать штормовой прогноз погоды и выполнять маневр «12–60» для сохранения скорости, получается, что для первых двух направлений выигрыш в расстоянии уменьшается на величину порядка 1 %, однако в итоге он превышает или равен значению 0,5 %. Для направления 3 при штормовом плавании расстояние по локсодромии будет меньше, чем по ортодромии с учетом штормового маневра. Следовательно, можно сделать вывод, что при выполнении предварительной прокладки в трех ранее указанных направлениях следует выбирать ортодромию как линию пути судна только для направлений 1 и 2.

Приведенные в табл. 2 океанские расстояния не являются максимальными для океанских переходов, поэтому при плавании по дуге большого круга для других районов перехода выигрыш может составлять 200–300 морских миль и более. Некоторые суда могут преодолеть это расстояние за сутки перехода и более. Поэтому ощутимой будет разница и в расходе топлива. Порой, прибегая к плаванию по дуге большого круга, можно сэкономить несколько тонн топлива, что играет положительную роль как в финансовом, так и в экологическом аспекте.

Результатом проведенного исследования является составление практических рекомендаций при выборе наивыгоднейшего пути морского судна, критерием оптимальности которого является кратчайшее время доставки груза из одной точки в другую при выполнении океанского перехода с учетом штормового прогноза погоды. Как видно из рассмотренного в работе примера океанского плавания из Европы в Карибский бассейн, данные рекомендации могут относиться не только к составлению предварительной прокладки маршрута судна, но и к плаванию в штормовых погодных условиях.

## Обсуждение (Discussion)

На выбранном в данной работе участке океанского перехода плавание по ортодромии является наиболее предпочтительным только в двух случаях, несмотря на то, что изначально выигрыш в плавании по дуге большого круга был очевиден во всех рассматриваемых случаях. Поэтому судоводитель перед началом перехода не должен оценивать выигрыш в расстоянии, а следовательно, и во времени только по первоначальной разнице длин между ортодромией и локсодромией. Необходимо учитывать погодные условия и особенности судна при выборе предварительного маршрута океанского перехода, поскольку выбирая именно между ортодромией и локсодромией как маршрутом судна при океанском переходе судоводитель получает непосредственную возможность оценить в числовых значениях увеличение эффективности грузоперевозки еще до начала плавания, т. е. уменьшить время перехода из одной точки в другую.

Полученный в данной работе результат является одним из начальных этапов исследования вопросов, касающихся выбора наивыгоднейшего пути с учетом особенностей судна и ограничивается целесообразностью использования штормового маневра «12–60». Поскольку в рамках данной работы судно представляет собой лишь материальную точку, при учете мореходных качеств конкретного судна данный маневр может быть применим не для каждого случая, так как для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность и безопасность, необходимо учитывать мореходные качества конкретного судна [10]. Поэтому приведенных в предлагаемом исследовании практических рекомендаций недостаточно для принятия окончательного решения относительно целесообразности плавания по тому или иному пути. В процессе дальнейшего изучения выбора оптимального пути и варьирования различных критериев оптимальности перехода следует принимать во внимание основные выводы, сделанные в данной работе, помня о том, что только одних рекомендаций будет недостаточно в случае учета мореходных качеств судна.

## Выводы (Conclusion)

На основании приведенных в работе расчетов можно сделать следующие основные выводы:

1. Выбрать кратчайшее направление от порта погрузки–выгрузки или иной точки, с которой начинается рейс судна, до точки начала океанского плавания с учетом навигационных опасностей.

2. За точку начала океанского плавания следует принять такую, из которой линию пути океанского перехода по дуге большого круга предположительно можно построить так, чтобы в дальнейшем отклонения от нее по навигационным причинам были пренебрежительно малы (можно воспользоваться также различными таблицами расстояний).

3. Точку конца океанского перехода целесообразно выбрать аналогично указанному в пп. 1: выбрать такую точку входа в морской район, чтобы от нее можно было построить кратчайший маршрут до конечного пункта назначения рейса, учитывая навигационные опасности (можно также воспользоваться различными таблицами расстояний).

4. Оценить выигрыш в расстоянии при плавании по дуге большого круга по формулам (1) или (2). При использовании таблиц расстояний океанских переходов информация о длине ДБК берется из данных таблиц.

5. Если разница расстояний между ортодромией и локсадромией удовлетворяет сравнению формул (1) и (2), то следует проложить дугу большого круга на навигационной карте до конечной точки океанского перехода. При отсутствии ЭКНИС следует использовать рекомендации по построению дуги большого круга на бумажной карте, приведенные в пособии [11].

6. Для оценки проложенного маршрута с учетом прогноза погоды при неблагоприятном прогнозе следует воспользоваться методом штормового плавания «12–60», пересчитать итоговое расстояние по ортодромии и сравнить итоговый выигрыш по формуле (1).

7. Если судоводитель сочтет нецелесообразным плавание по дуге большого круга исходя из формулы (1) или (2), то следует проложить линию пути судна локсадромией из начальной точки океанского перехода в конечную точку.

8. Для оценки проложенного маршрута с точки зрения навигационных опасностей необходимо учесть следующее: если избежание отдельно лежащих опасностей требует значительного отклонения от проложенного маршрута, то следует пересчитать итоговое расстояние океанского перехода и вновь выполнить анализ формул (1) и (2): если отклонения от курса пренебрежительно малы, то необходимо принять проложенный маршрут за итоговый результат предварительной прокладки при океанском плавании.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ю. К. Навигация: учебник / Ю. К. Баранов [и др]. — СПб.: Лань, 1997. — 512 с.
2. Теренчук А. В. Методы прогноза и избежания резонанса с использованием круговых диаграмм / А. В. Теренчук // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 3. — С. 489–498. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-489-498.
3. Ершов А. А. Способы эффективного маневрирования танкера в условиях штormа / 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.
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. Акмайкин Д. А. Обзор функциональных возможностей и перспективы современных автоматизированных систем планирования маршрута судна / Д. А. Акмайкин, Д. Б. Хоменко, С. Ф. Клюева // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 2. — С. 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.
6. Акмайкин Д. А. Комплексное использование данных метеоспутников для измерения параметров ветра и волнения вдоль маршрута судна / Д. А. Акмайкин, О. А. Букин, В. М. Гриняк // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 5. — С. 941–953. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-941-953.

7. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74), consolidated edition.—London: IMO, 2014.—474 p.
8. *Swift A. J. Bridge Team Management. Practical Guide / A. J. Swift, T. J. Bailey.*— Nautical Institute, 2004.—117 p.
9. Ершов А. А. Использование характеристик маневрирования для обеспечения безопасности движения судов в узкостях / А. А. Ершов, А. В. Михневич // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова.— 2018.— Т. 10.— № 5.— С. 897–910. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-897-910.
10. Нуриев Р. А. Проблема выбора наивыгоднейшего пути морского судна / Р. А. Нуриев, А. А. Ершов // Сборник тезисов докладов национальной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова».— СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2020.— С. 83–84.
11. Авербах Н. В. Практикум по навигации: учеб. пособие / Н. В. Авербах, Д. А. Гагарский, В. Е. Кузьмин.— СПб.: ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2005.— Вып. 3.— 132 с.

#### REFERENCES

1. Baranov, Yu. K., M. I. Gavryuk, V. A. Loginovskii, and Yu. A. Peskov. *Navigatsiya*. SPb.: «Lan», 1997.
2. Terenchuk, Alexander V. “Methods of forecasting and avoiding resonance with the use of pie charts.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.3 (2017): 489–498. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-3-489-498.
3. 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.
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 admirala S. O. Makarova* 10.6 (2018): 1122–1131. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-6-1122-1131.
5. Akmaykin, Denis A., Dmitry B. Khomenko, and Svetlana F. Klueva. “Overview features and perspectives of modern automated ship route planning systems.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.2 (2017): 237–251. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-237-251.
6. Akmaykin, Denis A., Oleg A. Bukin, and Victor M. Grinyak. “Complex employment of data of meteorological satellites for meterage wind and wave parameters along the ship’s route.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.5 (2017): 941–953. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-5-941-953.
7. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS 74) consolidated edition. London: IMO, 2014.
8. Swift, A. J., and T. J. Bailey. *Bridge Team Management. Practical Guide*. Nautical Institute, 2004.
9. Ershov, Andrey A., and Andrey V. Mikhnevich. “The use of characteristics of maneuvering to ensure the safety of vessel traffic in the narrows.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.5 (2018): 897–910. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-5-897-910.
10. Nuriev, R. A., and A. A. Ershov. “Problema vybora naiivygodneishego puti morskogo sudna.” *Sbornik tezisov dokladov natsional’noi nauchno — prakticheskoi konferentsii professorsko — prepodavatel’skogo sostava FGBOU VO “GUMRF imeni admirala S. O. Makarova”*. SPb.: GUMRF im. adm. S. O. Makarova, 2020. 83–84.
11. Averbakh, N. V., D. A. Gagarskii, and V. E. Kuz’mi. *Praktikum po navigatsii: Uchebnoe Posobie*. Vypusk 3. SPb.: GMA imeni admirala S. O. Makarova, 2005.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Нуриев Рамазан Айдынович** — аспирант  
**Научный руководитель:**  
 Ершов Андрей Александрович  
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала  
 С. О. Макарова»  
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,  
 ул. Двинская, 5/7  
 e-mail: r.a.nuriev@yandex.ru, kaf\_mus@gumrf.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Nuriev, Ramazan A.**— Postgraduate  
**Supervisor:**  
 Ershov, Andrey A.  
 Admiral Makarov State University of Maritime  
 and Inland Shipping  
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,  
 Russian Federation  
 e-mail: r.a.nuriev@yandex.ru, kaf\_mus@gumrf.ru

**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](mailto:ershov_63@mail.ru), [kaf\\_mus@gumrf.ru](mailto:kaf_mus@gumrf.ru)

**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](mailto:ershov_63@mail.ru), [kaf\\_mus@gumrf.ru](mailto:kaf_mus@gumrf.ru)

*Статья поступила в редакцию 2 июня 2021 г.*

*Received: June 2, 2021.*