ВЕСТНИК
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМЕНИ АДМИРАЛА С. О. МАКАРОВА

DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-826-836

THE SHIP MOTION CONTROL BY NAVIGATIONAL PARAMETERS AND PARALLEL INDEXES

A. S. Vas'kov[1], A. A. Mironenko[2]

[1] — Admiral Ushakov State Maritime University, Novorossisk, Russian Federation
[2] — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation

The methods of using the main navigation parameters (bearing and distance) to ensure the control of the vessel movement on the planned track are considered. As the mathematical framework, classical navigation methods (determining the position of the vessel, the theory of isolines and position lines) are applied to implement the effective decisions of the corresponding parameters or their combination choice, depending on the current navigation situation. As a result, the most relevant options for choosing the leading, clearing and wheel over lines of position by bearings and distances for the planned route based on the navigation situation are identified and recommended. The expressions for accuracy estimation when using above mentioned navigation parameters and methods are proposed. The expediency of parallel indexing with errors estimation as a combination of bearing and distance as a universal variant of vessel movement control is substantiated. A new variant of the use of parallel indexing with a baseline by two landmarks as a transit line which allows to navigate the vessel in case of compass malfunctions is demonstrated. A graphical interpretation and a comparative analysis of the methods errors variation depending on the distance to the reference points are given. The recommendations and features of the practical application of methods for the vessel movement control on the planned route based on the situation of the navigation area are given. The formalization of these methods will allow the navigator, the automatic navigation complex or the control system of an autonomous ship to solve the problems of processing the corresponding navigation information at a qualitatively new level.

Keywords: pilotage methods of control, navigation parameter, leading line, clearing line, wheel over position line, bearing, distance, parallel index.

For citation:
Vas'kov, Anatoliy S., and Aleksandr A. Mironenko. "The ship motion control by navigational parameters and parallel indexes." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.6 (2022): 826–836. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-826-836.

УДК 656.61.052.4

КОНТРОЛЬ ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПО НАВИГАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ИНДЕКСАМ

А. С. Васьков[1], А. А. Мироненко[2]

[1] — ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова», Новороссийск, Российская Федерация
[2] — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассматриваются методы использования основных навигационных параметров (пеленга и дистанции) для обеспечения контроля движения судна по запланированной линии пути. В качестве математического аппарата используются классические методы навигации (определение места судна, теория изолиний и линий положения) для реализации эффективных решений выбора параметра или их комбинации в зависимости от текущих условий плавания. В результате выявлены и рекомендованы оптимальные варианты выбора ведущих, ограждающих и контрольных линий положения по пеленгам и дистанциям для запланированного пути исходя из навигационной обстановки. Предлагаются выражения оценки точности при использовании этих навигационных параметров и методов. Обоснована целесообразность параллельного индексирования с оценкой погрешностей как комбинации совместного использования пеленга и дистанции в качестве универсального случая контроля движения судна. Продемонстрирован новый вариант применения параллельного

индексирования с базовой линией по двум ориентирам как линейного створа, позволяющий ориентироваться при движении судна в случае неисправностей в системах компаса. Дана графическая интерпретация и выполнен сравнительный анализ изменения погрешностей методов в зависимости от дистанции до используемых ориентиров. Приводятся рекомендации и особенности практического применения методов контроля движения судна по запланированному пути исходя из навигационной обстановки района плавания. Формализация этих методов позволит судоводителю, автоматическому навигационному комплексу или системе управления автономного судна решать задачи обработки соответствующей навигационной информации на качественно новом уровне.

Ключевые слова: лоцманские методы контроля, навигационный параметр, ведущая линия положения, ограждающая линия положения, контрольная линия положения, пеленг, дистанция, параллельный индекс.

Для цитирования:
Васьков А. С. Контроль движения судна по навигационным параметрам и параллельным индексам / А. С. Васьков, А. А. Мироненко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 6. — С. 826–836. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-6-826-836.

Введение (Introduction)

Многочисленные исследования [1]–[8] позволяют сделать вывод о том, что важной задачей безопасности мореплавания является текущий контроль за движением и положения судна по заранее запланированному маршруту. В прибрежном плавании в стесненных водах наиболее распространенным, простым и удобным оперативным способом контроля за процессом движения судна относительно запланированного маршрута — линии запланированного пути (ЛЗП) — является регулярное измерение навигационных параметров (НП). В подавляющем большинстве случаев используются пеленги или дистанции до навигационных неподвижных ориентиров или их комбинация, известная как *метод параллельной индексации* (ПИ). Значения этих НП, их изолинии и параллельный индекс используются для контроля элементов движения и маневрирования судна по ЛЗП в качестве ведущих линий положения (ВЛП), ограждающих линий положения (ОЛП) относительно опасностей и контрольных линий положения (КЛП), определяющих начало поворота судна [1], [90–[16]. Теоретические основы, а также рекомендации по использованию и оценке полосы, занимаемой судном при движении, применение НП-пеленга и дистанции, как в зарубежных [10]–[17], так и отечественных [1]–[3] источниках, хорошо проработаны. Однако в отношении оценки погрешностей при использовании технологии параллельного индексирования существуют некоторые пробелы. По мнению авторов статьи, детальная проработка методов применения НП для практики судовождения позволит разработать алгоритм выбора наилучшего из них при использовании ВЛП, ОЛП или КЛП, опираясь в том числе на оценку полосы, занимаемой судном при движении по ЛЗП, погрешности при контроле безопасности положения относительно навигационных опасностей, а также на вывод судна в характерные контрольные точки (например, точку начала поворота (ТНП)).

Методы и материалы (Methods and Materials)

На малых дистанциях от ориентира до судна (в пределах визуальной и радиолокационной видимости) поверхность Земли традиционно принимается за плоскость. Известно, что при измерении прямого пеленга с судна на ориентир или обратного с ориентира на судно с помощью пеленгатора или радиолокатора, а также радиолокационной дистанции визуальный и радиолокационный лучи распространяются по линии наикратчайшей дистанции между судном и ориентиром, что для плоскости будет соответствовать прямой линии [1], [6], [18]. Если поверхность Земли принимается за сферу, то при измерении НП с помощью технических средств навигации любой сигнал (звуковой, радио) также будет проходить по кратчайшему расстоянию, что соответствует дуге большого круга (ортодромии).

На картах равноугольной цилиндрической проекции, традиционно использующейся в судовождении для планирования маршрута и движения судна, отрезки изолиний прямого пеленга — *изоазимута* (*изопеленга*) и обратного пеленга (*ортодромии*) симметричны относительно *локсодромии* — прямой на бумажной или векторной карте, соединяющей одни и те же точки (*С*, *А*) — рис. 1.

Направления *прямого пеленга* (изопеленга) и обратного пеленга (ортодромии) связаны с локсодромическим пеленгом ортодромической поправкой.

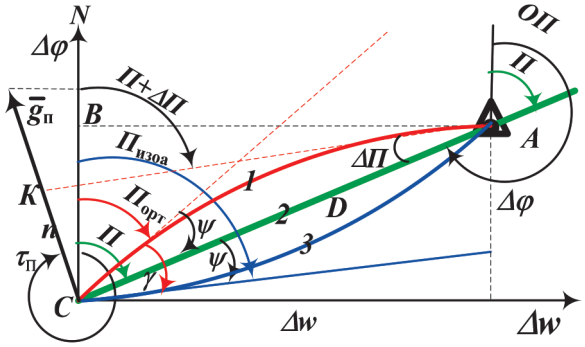

Рис. 1. Изолинии прямого и обратного пеленгов на плоскости П = const:
1 — ортодромия; *2* — локсодромия; *3* — изоазимут;
D — дистанция между судном и ориентиром;
П, $П_{орт}$ — локсодромический и ортодромический пеленги с судна на ориентир;
$П_{изоа}$ — направление изоазимута с позиции судна (*C*) на ориентир (*A*);
ΔП — приращение пеленга; *n* — перенос изолинии (линии положения);
ψ — ортодромическая поправка; γ — угол сближения меридианов;
$\bar{g}_п$, $\tau_п$ — вектор градиента пеленга и его направление

Ортодромическая поправка при дистанциях между судном и навигационным ориентиром до 16 миль (в практике судовождения предельная дистанция радиолокационного наблюдения за навигационными ориентирами) в широтном поясе 75° S – 75° N не превышает 0,5°, согласно данным, приведенным в таблице, что, как правило, меньше погрешностей измерений и прокладки на картах линий пеленгов [1], [2], [18], [19]. Обе изолинии: изоазимут и ортодромия, вырождаются в локсодромию — прямую линию. Поэтому в морской навигации принимается следующее допущение: на карте равноугольная цилиндрическая проекция изоазимута и ортодромии на малых дистанциях представляются прямой линией [18].

Дистанции с ортодромической поправкой, не превышающей 0,5°

Широта φ, град.	Дистанция по направлениям (П), морские мили		
	0° (180°)	45° (225°)	90° (270°)
0	∞	∞	∞
15	128298,5	316,7	223,9
30	59543,5	147,0	103,9
45	34377,5	84,8	60
60	19847,8	49,0	34,6
75	9211,4	22,7	16,1
89	600,1	1,5	1,0

Результаты (Results)

Из [18] известно, что уравнения изолиний как прямого, так и обратного локсодромических пеленгов выводятся из локсодромического треугольника Δ*ABC* (см. рис. 1):

$$П = \operatorname{arctg}\frac{\Delta w}{\Delta \varphi} = \operatorname{arctg}\frac{\Delta \lambda}{РМЧ} = \text{const}\ ;\ ОП = П \pm 180°, \qquad (1)$$

где П, ОП — соответственно прямой и обратный локсодромические пеленги;

Δφ, Δ*w* — соответственно разность широт и отшествие между координатами судна и ориентира, мили;

РМЧ, $\Delta\lambda$ — разность меридиональных частей и разность долгот между судном и ориентиром, э. мили.

С учетом малости угла ΔП модуль ($g_{\text{п}}$, рад, $g_{\text{п}}$, °/мили) и направление ($\tau_{\text{п}}$, °) градиентов прямого и обратного пеленгов определяются из плоского прямоугольного треугольника ΔСКА (см. рис. 1):

$$g_{\text{п}} = \frac{\Delta\text{П}}{D\Delta\text{П}} = \frac{1}{D}; \quad g_{\text{п}} = \frac{57{,}3^{\circ}}{D'}; \tag{2}$$

$$\tau_{\text{п}} = \text{П} - 90^{\circ}, \tag{3}$$

где $g_{\text{п}}$ — модуль градиента пеленга, °/мили;

n, D — смещение изолинии (линии положения), дистанция между судном и ориентиром, мили;

ΔП, $\tau_{\text{п}}$ — приращение пеленга, направление градиента пеленга,°.

Если принять части поверхности Земли за плоскость, то изолиния дистанции, измеренная с судна до ориентира, принимает вид плоской окружности (изостадии) радиусом, соответствующим этой дистанции (D = const), и в прямоугольной системе координат с центром в месте ориентира выводится из локсодромического треугольника ΔABC (рис. 2):

$$D = \sqrt{\Delta\varphi^2 + \Delta w^2} = \text{const}. \tag{4}$$

Выражения для модуля и направления градиента дистанции получаются также непосредственно путем простых геометрических построений (см. рис. 2), из которых очевидно, что приращение НП — *дистанции* (ΔD) и смещение изолинии — *изостадии* (n) равны, а увеличение приращения НП — *дистанции* (ΔD) направлено от ориентира, т. е. в сторону, обратную локсодромическому пеленгу на ориентир (1). Следовательно,

$$g_D = \frac{\Delta D}{n} = 1; \quad \tau_D = \text{П} \pm 180^{\circ} = \text{ОП}. \tag{5}$$

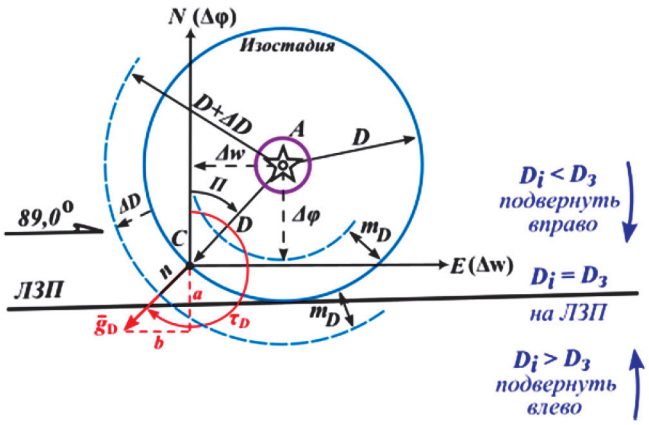

Рис. 2. Изолиния дистанции на плоскости — изостадия (D = const)

Для оценки точности контроля движения судна по ЛЗП используется средняя квадратическая погрешность (СКП) изолинии или линия положения (ЛП), определяемая отношением СКП измерений к модулю градиента изолинии [1], [2]:

$$m_{\text{ЛП}} = \frac{m_u}{g}, \tag{6}$$

где $m_{\text{ЛП}}$, m_u — соответственно СКП линии положения и измерений.

Следовательно, для уменьшения СКП ЛП (6), т. е. увеличения точности проводки судна по ЛЗП при контроле соответствующих НП необходимо, чтобы значения модуля градиента были как можно больше. Например, для НП (пеленг (2)) необходимо выбирать ближайшие к судну ориентиры. При измерении дистанции модуль градиента — величина постоянная, как следует из (5),

безразмерная и не влияет на СКП ЛП (6). Поэтому, как правило, выбор навигационных ориентиров при измерении дистанций обоснован техническими характеристиками радиолокатора и отражающими способностями береговых ориентиров.

Параллельный индекс (ПИ) представляет собой линию, параллельную базовой, проложенной через ориентир (в случае точечного ориентира) или касательно (для площадных ориентиров) по заданному направлению (пеленгу). Поэтому ПИ может быть охарактеризован как некоторая совокупность точек, образованная двумя НП: пеленгом на ориентир и дистанцией от базовой линии до ПИ. В последнее время данная технология широко используется при плавании в стесненных водах в качестве ВЛП, ОЛП или КЛП (рис. 3).

Таким образом, СКП ПИ как совокупность точек двух ЛП (пеленга и дистанции), в соответствии с их элементами (2), (5), (6), подобно оценке точности обсервованного места судна, будет определять: для ВЛП — полосу равновероятного бокового смещения судна от соответствующего прямолинейного отрезка ЛЗП (см. рис. 3), для ОЛП — половину полосы безопасных значений НП, выставленного для ограждения навигационной опасности, для КЛП — полосу равновероятного смещения судна (например, относительно точки начала поворота) и оцениваться следующим выражением:

$$m_{\text{ПИ}} = \sqrt{\left(\frac{m_D}{g}\right)^2 + \left(\frac{m_{\text{п}}}{g}\right)^2} = \sqrt{m_D^2 + \left(\frac{D_{m\text{п}}}{57{,}3°}\right)^2}, \qquad (7)$$

где $m_{\text{ПИ}}$, m_D — СКП ПИ и дистанции, мили;

$m_{\text{п}}$ — суммарная СКП направления ПИ (пеленга), °.

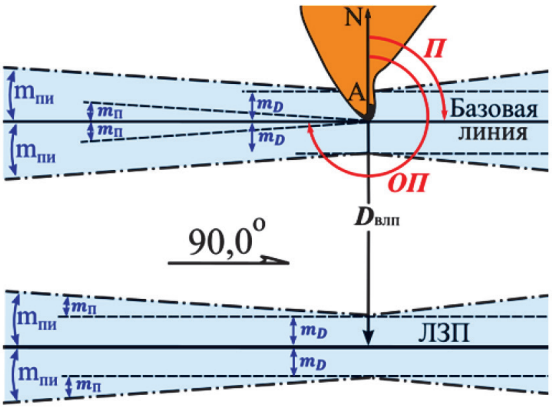

Рис. 3. СКП параллельного индекса

Суммарная СКП направления ПИ ($m_{\text{П}}$) может быть вызвана погрешностями измерения и прокладки направления базовой линии (погрешности транспортира) на навигационной карте, переноса элементов ПИ на дисплей РЛС с учетом погрешностей гирокомпаса и электронного визира. Для оценки данной погрешности можно применить выражение (8). Тогда необходимая информация выбирается из паспортов приборов и статистических данных МТ-2000 [19, табл. 4.3]:

$$m_{\text{п}} = \sqrt{m_{\text{тр}}^2 + m_{\Delta\text{к}}^2 + m_{\text{в}}^2}; \quad m_{\text{тр}} = \frac{0{,}5}{\sqrt{3}}; \qquad (8)$$

$$m_{\Delta\text{к}} = (0{,}3° - 1{,}3°); \quad m_{\text{в}} = (0{,}6° - 1{,}7°),$$

где $m_{\text{тр}}$, $m_{\Delta\text{к}}$, $m_{\text{в}}$ — соответственно СКП транспортира, поправки компаса, визирования (пеленгования), °.

Выражение для оценки СКП смещения параллельного индекса выводится аналогично, т. е. получается квадратичным сложением СКП снятия с навигационной карты кратчайшей дистанции от базовой линии до ПИ, зависящей от точности масштаба используемой карты [18], и СКП установки смещения на дисплее РЛС, зависящей от шкалы дальности, в соответствии с Резолюцией MSC.192(79) IMO:

$$m_D = \sqrt{m_к^2 + m_{шк}^2};$$

$$m_k = 0,0002C_0/1852; \qquad (9)$$

$$m_{шк} = \max\left(15/1852;\ 0,005D_{шк}\right),$$

где C_0 — знаменатель главного масштаба используемой карты, с которой снимается дистанция;

$m_к$, $m_{шк}$ — СКП точности масштаба карты и шкалы дальности РЛС, мили;

$D_{шк}$ — шкала дальности РЛС, на которой устанавливается ПИ, мили.

Графическая интерпретация зависимостей численных значений СКП, полученных по выражениям (2), (5)–(7), рассматриваемых НП для контроля движения судна, в соответствии с используемой шкалой дальности РЛС, наглядно показывает их увеличение в зависимости от дистанции между судном и ориентиром (рис. 4).

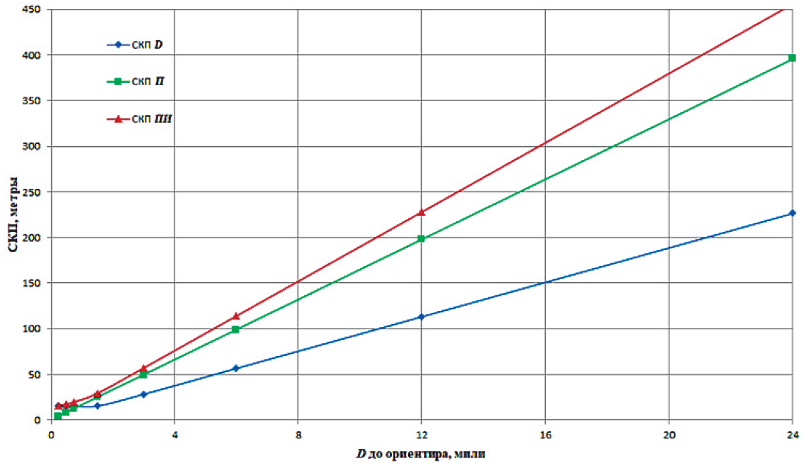

Рис. 4. СКП параметров контроля движения судна

На рис. 5 показана возможность уменьшения СКП ПИ (7) при использовании различных шкал дальности РЛС и дистанций до ориентира, когда центр развертки изображения смещен на 2/3 экрана (широко применяется в практике судовождения для оперативной оценки ситуации и создания большего обзора навигационной обстановки по ходу движения судна), т. е. при уменьшении влияния СКП шкалы дальности на СКП дистанции в выражении (9).

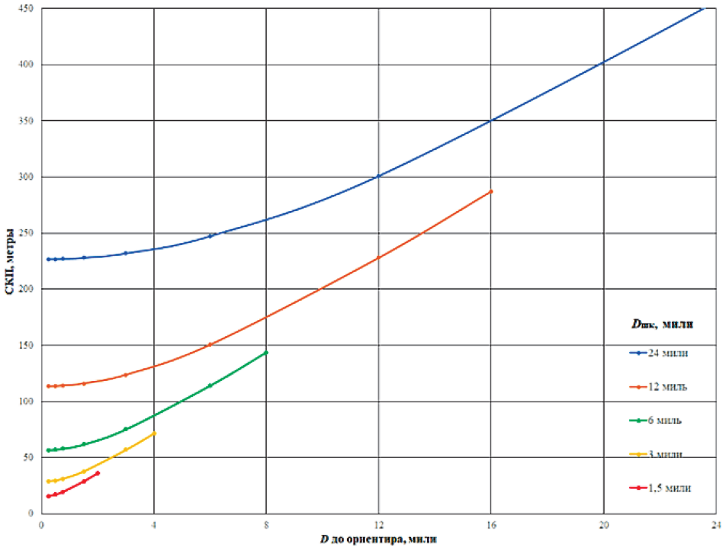

Рис. 5. СКП параллельного индекса при смещении центра развертки на 2/3 экрана

Как отмечалось ранее, при плавании судна в стесненных водах весьма широко применяется *технология контроля движения судна по изолиниями* (линиям положения) [1], [3], [9], в зарубежных источниках и исследованиях чаще называемая *Blind Navigation* [10]–[17]. Эта технология сводится к выбору НП исходя из взаимного расположения ЛЗП судна характерных (контрольных) точек на ЛЗП, ориентиров и навигационных опасностей. Для ВЛП желательно подбирать НП ориентиров, изолинии или ЛП которых совпадают с ЛЗП судна рис. 6 ($П_{ВЛП}$, $D_{ВЛП}$, $ПИ_{ВЛП}$), используя максимальные возможности их точности в соответствии с выражениями (2), (5), (6) (см. рис. 3), т. е. ближайшие к судну.

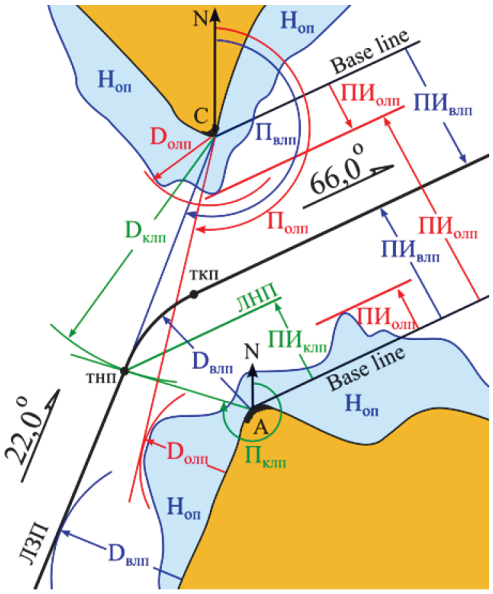

Рис. 6. Отображение различных навигационных параметров, применяемых в качестве ВЛП, ОЛП и КЛП на карте

Для ОЛП подбираются НП ориентиров, изолинии или ЛП которых действительно ограждают ЛЗП судна от опасностей. Построение изолиний $П_{ОЛП}$, $D_{ОЛП}$, $ПИ_{ОЛП}$ на карте (рис. 6) необходимо выполнять с учетом возможных СКП по выражениям (2), (5), (6).

Анализ источников [1]–[3], [17] показывает, что для КЛП целесообразно подбирать НП ориентиров, изолинии или ЛП которых перпендикулярны ЛЗП судна или максимально близки к такому положению (см. рис. 6, $D_{КЛП}$ (для ориентиров на носовых курсовых углах) и $П_{КЛП}$ (для ориентиров, расположенных ближе к траверзным направлениям)), что на практике не всегда возможно в силу редкости такого расположения ориентиров относительно точки начала поворота. Кроме того, следует иметь в виду, что в данном случае изолинии различных НП пересекаются (совпадают) только в точке начала поворота (см. ТНП на рис. 6).

Подробное исследование, проведенное авторами [9], показывает, что полоса равновероятных положений судна относительно ЛЗП, из-за погрешностей в измерения НП, а также опережение или запаздывание команды на поворот не позволяют судну точно выйти на заданную ЛЗП после поворота по предварительно запланированным расчетам. В стесненных водах эти обстоятельства могут создать весьма опасную ситуацию [20]. В подобных случаях целесообразно применять технологии параллельной индексации, которые могут быть использованы при любом взаимном расположении ориентиров и ЛЗП судна с характерными (контрольными) точками на ней.

При контроле поворота судна ПИ дают линию начала поворота (ЛНП), которая из любой ее точки, включая ТНП, позволяет выйти судну на следующую ЛЗП по предварительно запланированным расчетам ($ПИ_{КЛП}$, ЛНП, $ПИ_{ВЛП}$, $ПИ_{ОЛП}$ на рис. 6). Очевидно, что в практическом судовождении в большинстве случаев предпочтительнее выбирать $ПИ_{КЛП}$, чем $D_{КЛП}$ или $П_{КЛП}$, за исключением, если ориентир находится на направлении, близком к направлению прямолинейного отрезка, на ко-

торый планируется поворот (для $П_{КЛП}$) и на направлениях, близких к перпендикулярным направлениям прямолинейного отрезка, на который планируется поворот (для $П_{КЛП}$) и [9].

Обсуждение (Discussion)

Технология ПИ основана на следующих закономерностях перемещения эхо-сигналов неподвижных (береговых) ориентиров по экрану судовой радиолокационной станции (РЛС):

– в режиме «*Истинное движение*», при автоматическом (ручном) вводе элементов сноса течением, эхо-сигналы неподвижных ориентиров на экране РЛС неподвижны, а позиция собственного судна перемещается в направлении вектора движения судна относительно грунта (путевого угла (ПУ)) в масштабе текущей шкалы дальности РЛС со скоростью относительно грунта (V);

– в режиме «*Относительное движение*» на дисплее РЛС неподвижна позиция собственного судна, а эхо-сигналы неподвижных ориентиров перемещаются в направлении, обратном вектору движения судна относительно грунта (ПУ ± 180°) в масштабе текущей шкалы дальности РЛС со скоростью относительно грунта (V).

В практике судовождения процесс параллельного индексирования выполняется в приведенной последовательности:

1) выполнение предварительной прокладки на навигационной карте (рис. 7);

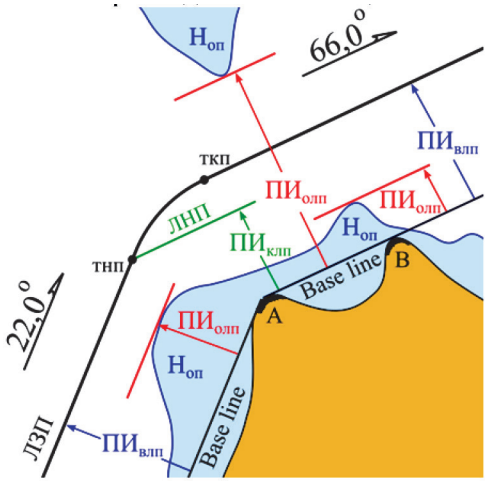

Рис. 7. Предварительная прокладка на навигационной карте параллельных индексов: ТНП, ЛНП — соответственно точка и линия начала поворота

2) выбор и выделение на навигационной карте приметных радиолокационных береговых ориентиров, например, в соответствии с условиями точности (7)–(9), изложенными ранее (см. мыс *A* рис. 7);

3) прокладка отрезков локсодромий «базовых линий» выполняется касательно выбранных навигационных ориентиров (для точечных — через ориентир) параллельно соответствующим прямолинейным отрезкам ЛЗП (для ВЛП и ОЛП) или параллельно последующему (после поворота) прямолинейному отрезку ЛЗП (для КЛП). По возможности базовые линии целесообразно прокладывать касательно двух ориентиров (мысы *A*, *B* рис. 7), соответственно, параллельно им ЛЗП, что позволит ориентироваться в ситуации выхода из строя компаса или его связей с РЛС;

4) прокладка отрезков локсодромий ЛЗП, ОЛП, КЛП;

5) измерение и запись кратчайших дистанций от базовых линий навигационных ориентиров до ЛЗП, соответственно, для ВЛП, ОЛП, КЛП ($D_{ВЛП}$, $D_{ОЛП}$, $D_{КЛП}$).

Для контроля движения судна по ЛЗП, включая процесс начала поворота, и относительно опасностей на дисплее РЛС, в соответствии с предварительной прокладкой на карте (рис. 8), выполняются следующие операции:

1) выбор режима отображения, шкалы дальности РЛС и т. п. в соответствии с текущей навигационной обстановкой;

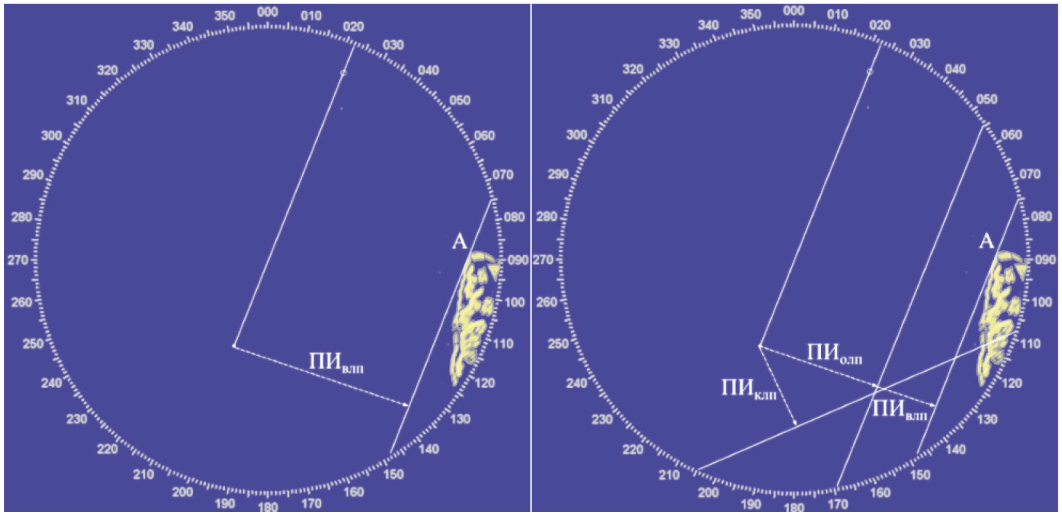

Рис. 8. Выставление ПИ на ИКО РЛС, в соответствии с предварительной прокладкой на карте: *а* — ПИ как ВЛП по ориентиру *А*; *б* — ПИ как ОЛП и КЛП по ориентиру *А*

2) установка направления параллельного индекса (электронной линии) в соответствии с направлением прямолинейного отрезка ЛЗП и текущей поправкой компаса:

$$\tau_{ПИ} = ПУ_{ЛЗП} - \Delta К, \quad (10)$$

где $\tau_{ПИ}$ — направления параллельного индекса, °;

$\Delta К$ — известная поправка компаса (как правило, гирокомпаса), °;

3) смещение параллельного индекса (электронной линии) относительно позиции судна на дисплее РЛС в сторону расположения базовой линии относительно прямолинейного отрезка ЛЗП на величину кратчайших дистанций ($D_{ВЛП}$, $D_{ОЛП}$, $D_{КЛП}$), соответственно, для ВЛП, ОЛП или КЛП (см. рис. 6–8 для первого прямолинейного отреза пути);

4) надежная идентификация навигационного ориентира на дисплее РЛС, контроль положения эхо-сигнала навигационного ориентира и тенденции его смещения относительно соответствующей линии параллельного индекса (ВЛП, ОЛП или КЛП).

Выводы (Summary

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Применение технологии ПИ имеет ряд преимуществ перед использованием таких НП, как дистанция и пеленг в возможности их применения для любой конфигурации взаимного расположения ориентиров и судна при практическом сохранении точности (см. рис. 3).

2. Технологии ПИ отличаются простотой применения и обеспечивают непрерывность контроля движения судна по запланированной ЛЗП.

3. При прокладке базовой линии через два ориентира (см. рис. 7) как линейного створа появляется возможность контроля за ориентацией при внезапном выходе из строя компаса при соответствующих корректировках режима индикации изображения РЛС и более надежной идентификации ориентиров. В практике судовождения идентификация по двум характерно расположенным ориентиров является более надежной, чем идентификация по одному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев Б. В.* Расчет координат места судна: учеб. пособие по МОС / Б. В. Афанасьев, В. В. Афанасьев, В. А. Логиновский. — СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2020. — 84 с.

2. *Васьков А. С.* Методология определения и оценка точности координат места судна: учеб. пособие / А. С. Васьков, А. А. Мироненко. — Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2022. — 60 с.

3. *Песков Ю. А.* Руководство по «Организации мостика» для судов / Ю. А. Песков. — Новороссийск: НГМА, 2002. — Т. 1. — 146 с.

4. *Ernstsen J.* Human Error in Pilotage Operations / J. Ernstsen, S. Nazir // TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2018. — Vol. 12. — № 1. — Pp. 49–56. DOI: 10.12716/1001.12.01.05.

5. *Jurdzinski M.* Causes of ships groundings in terms of integrated navigation model / M. Jurdzinski // Annual of navigation. — 2017. — No. 24. — Pp. 119–135. DOI: 10.1515/aon-2017-0009.

6. *Ефимов И. В.* К вопросу об автоматизации определения места судна с оценкой его точности / И. В. Ефимов, В. В. Касьянов // Морской вестник. — 2015. — № 3(55). — С. 67–71.

7. *Смоленцев С. В.* Проблема прогнозирования траекторий движения судов в акватории / С. В. Смоленцев, Д. В. Исаков, М. Б. Солодовниченко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 1. — С. 7–16. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-1-7-16.

8. *Benedict K.* Simulation-Augmented Methods for Safe and Efficient Manoeuvres in Harbour Areas / K. Benedict, M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, M. Schaub, M. Baldauf // TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. — 2016. — Vol. 10. — № 2. — Pp. 193–201. DOI: 10.12716/1001.10.02.02.

9. *Васьков А. С.* Проблемы контроля поворота судна / А. С. Васьков, А. А. Мироненко // Эксплуатация морского транспорта. — 2011. — № 3 (65). — С. 17–20.

10. *Sivriu G.* Planning and execution of blind pilotage and anchorage / G. Sivriu, S. Georgescu // Constanta Maritime University Annals. — 2010. — Vol. 14. — Pp. 35–40.

11. *Burger W.* Radar observer's handbook for Merchant Navy Officers / W. Burger. — Glasgow: Brown Son & Ferguson Ltd, Nautical Publishers, 1998. — 446 p.

12. *House D. J.* Command Companion of Seamanship Techniques / D. J. House. — London, New York: Routledge, 2011. — 235 p.

13. *Bole A.* Radar and ARPA Manual Radar, AIS and Target Tracking for Marine Radar Users / A. Bole, A. Wall, A. Norris. — UK, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013. — 552 p.

14. *Bartlett M.* The Adlard Coles Book of Navigation / M. Bartlett. — UK, London: Adlard Coles Nautical, 2008. — 176 p.

15. *Wallin B.* The Adlard Coles Book of Radar / B. Wallin. — UK, London: Adlard Coles Nautical, 2011. — 96 p.

16. *Swift A. I.* Bridge team management. A Practical Guide / A. I. Swift. — Southall, Meddlesex: O'Sullivan Printing, 2004. — 118 p.

17. *Bowditch N.* American Practical Navigator / N. Bowditch. — Bethesda, Maryland: National imagery and mapping agency, 2012. — 898 p.

18. *Васьков А. С.* Основы геометрии земного эллипсоида и картографии в судовождении: учеб. пособие / А. С. Васьков, А. А. Мироненко. — Новороссийск: ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова, 2022. — 114 с.

19. Мореходные таблицы (МТ-2000). № 9011. — СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. — 576 с.

20. Report on the investigation of the grounding of the ultra-large container vessel. CMA CGM Vasco de Gama Thorn Channel, Southampton, England. 22 August 2016 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/59ef2327ed915d6aaafc2ef0/MAIBInvReport23_2017.pdf (дата обращения 28.09.2022).

REFERENCES

1. Afanas'ev, B. V., V. V. Afanas'ev, and V. A. Loginovskii. *Raschet koordinat mesta sudna: Uchebnoe posobie po MOS*. SPb.: GMA im. adm. S. O. Makarova, 2020.

2. Vas'kov, A. S., and A. A. Mironenko. *Metodologiya opredeleniya i otsenka tochnosti koordinat mesta sudna*. Novorossiisk: GMU im. adm. F. F. Ushakova, 2022.

3. Peskov, Yu. A. *Rukovodstvo po «Organizatsii mostika» dlya sudov.* Vol. 1. Novorossiisk: NGMA, 2002.

4. Ernstsen, J., and S. Nazir. "Human Error in Pilotage Operations." *TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 12.1 (2018): 49–56. DOI: 10.12716/1001.12.01.05

5. Jurdziński, Mirosław. "Causes of Ships Groundings in Terms of Integrated Navigation Model." *Annual of Navigation* 24 (2017): 119–135. DOI: 10.1515/aon-2017-0009.

6. Efimov, I. V., and V. V. Kas'yanov. "K voprosu ob avtomatizatsii opredeleniya mesta sudna s otsenkoi ego tochnosti." *Morskoi vestnik* 3(55) (2015): 67–71.

7. Smolentsev, Sergey V., Dmitry V. Isakov, and Mikhail V. Solodovnichenko. “The problem of forecasting vessels trajectories in the water area.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.1 (2022): 7–16. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-1-7-16.

8. Benedict, Knud, M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, M. Schaub, and M. Baldauf. “Simulation-augmented methods for safe and efficient manoeuvres in harbour areas.” *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* 10.2 (2016): 193–201. DOI: 10.12716/1001.10.02.02.

9. Vaskov, A. S ., and A. A. Mironenko. “The problems of the vessel’s course alteration control.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 3(65) (2011): 17–20.

10. Sivriu, G., and S. Georgescu. “Planning and execution of blind pilotage and anchorage.” *Constanta Maritime University Annals* 14 (2010): 35–40.

11. Burger, W. *Radar observer’s handbook for Merchant Navy Officers*. Glasgow: Brown Son & Ferguson Ltd, Nautical Publishers, 1998.

12. House, D. J. *Command Companion of Seamanship Techniques*. London, New York: Routledge, 2011.

13. Bole, A., A. Wall, and A. Norris. *Radar and ARPA Manual Radar, AIS and Target Tracking for Marine Radar Users*. UK, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2013.

14. Bartlett, M. *The Adlard Coles Book of Navigation*. UK, London: Adlard Coles Nautical, 2008.

15. Wallin, B. *The Adlard Coles Book of Radar*. UK, London: Adlard Coles Nautical, 2011.

16. Swift, A. I. *Bridge team management. A Practical Guide*. Southall, Meddlesex: O’Sullivan Printing, 2004.

17. Bowditch, N. *American Practical Navigator*. Bethesda, Maryland: National imagery and mapping agency, 2012.

18. Vas’kov, A. S., and A. A. Mironenko. *Osnovy geometrii zemnogo ellipsoida i kartografii v sudovozhdenii*. Novorossiisk: GMU im. adm. F. F. Ushakova, 2022.

19. *Morekhodnye tablitsy* (*MT-2000*). *№ 9011*. SPb.: GUNiO MO RF, 2002.

20. Report on the investigation of the grounding of the ultra-large container vessel. Web. 28 Sept. 2022 <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/59ef2327ed915d6aaafc2ef0/MAIBInvReport23_2017.pdf>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Васьков Анатолий Семёнович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова
353922, Российская Федерация, г. Новороссийск, пр. Ленина, 93.
e-mail: *as.vaskov@mail.ru*

Мироненко Александр Анатольевич —
доктор технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова
198035, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7.
e-mail: *alex_mironenko@mail.ru*, *kaf_nav@gumrf.ru*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vas’kov, Anatoliy S. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Admiral Ushakov State Maritime University
93 Lenin Ave., Novorossisk, 353918, Russian Federation
e-mail: *as.vaskov@mail.ru*

Mironenko, Aleksandr 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: *alex_mironenko@mail.ru*, *kaf_nav@gumrf.ru*

Статья поступила в редакцию 26 октября 2022 г.
Received: October 26 2022.