

Раздел 1 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА СУДОВОЖДЕНИЕ, ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

УДК 656

DOI: 10.34046/aumsuomt 103/3

СУДОХОДНЫЕ МАРШРУТЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СУДОВОДИТЕЛЯМ

Л.А. Першина, ст. преподаватель

Л.Б. Астреина, кандидат географических наук, доцент

Н.А. Штырхунова кандидат филологических наук, доцент

Д.А. Хмелевский, курсант 3 курса СВ.

В статье проводится анализ рисков выработка конкретных рекомендаций действия экипажа на маршрутах в центральной части Тихого океана. Судоводные маршруты Тихого океана отличаются своей масштабностью, то есть, большими по длине переходами, значительной зональностью климата с контрастными перепадами давления, неблагоприятными погодными явлениями, частыми тайфунами (или вилли-вилли), районом образования Эль-Ниньо.

Ключевые слова: риски, рекомендованный путь, конвекция воздуха, влажность, конденсация, барический максимум, барическая ложбина, тропический циклон, гидрометеорологическая карта, номограмма, ветро-волновые потери.

SHIPPING ROUTES IN THE CENTRAL PART OF THE PACIFIC OCEAN AND THE APPROPRIATE RECOMMENDATIONS FOR NAVIGATORS

L.A. Pershina, L.B. Astreina, N.A. Shtyrhunova, D.A. Khmelevsk

In the present paper an analysis of risks and development of the appropriate recommendations is carried out in respect of the actions to be taken by the ship's crew when navigating on the routes in the central part of the Pacific Ocean. The shipping routes of the Pacific Ocean are distinguished by their size and complexity comprising long passages, significant climate zoning with contrasting pressure drops, adverse weather events, frequent typhoons (or willy-willy) and the EL Nino formation area.

Key words: risks, recommended route, air convection, humidity, condensation, baric maximum, baric trough, tropical cyclone, hydrometeorological map, nomogram, wind and wave losses.

Введение. Тайфуны – тропические циклоны способны вызвать не только чрезвычайной силы ливни, но и большие волны на поверхности моря, штормовые приливы и смерчи.

Штормование требует слаженной работы всей команды судна: умения капитана и вахтенных помощников принимать грамотные решения в трудных ситуациях, составлять правильный прогноз движения судна, выбирать эффективные методы и средства управления судном, чтобы удерживать судно на заданной траектории.

Актуальность данной работы заключается в выработке рекомендаций для принятия грамотных решений в трудных ситуациях во время анализа рисков плавания в зоне тропических циклонов.

Для достижения намеченной цели были поставлены следующие задачи:

- оценка влияния тропических циклонов на маршруты в Центральной части Тихого океана;

- анализ морских путей в Центральной части Тихого океана, с учетом гидрографических и метеорологических условий побережий Восточной Азии и Северной Америки;

- расчет безопасного и оптимального маршрута на примере перехода Нагасаки – Акапулько.

Методы и материалы. Для оценки рисков плавания в районах образования тропических циклонов на маршрутах в Центральной части Тихого океана, были изучены сезонные пути между Азией и Америкой, рассмотрены зоны образования и прохождения тропических циклонов, дан анализ разных вариантов сезонных путей от порта Нагасаки к порту Акапулько, приведен пример анализа карт приземной погоды и даны рекомендации с расхождением тропического циклона на примере тайфуна Хагибис.

Результаты исследований. Основной причиной образования тропических циклонов является обширная зона высокой температуры (1) поверхности океана – выше 25°C, интенсивное

испарение, высокая влажность воздуха и резкий перепад атмосферного давления (2), активная конвекция воздуха (4), быстрая конденсация водяных паров (7) и интенсивное выделение энергии (8). Это приводит к образованию четко выраженного глаза циклона (5), высокой скорости ветра (6), интенсивному переносу потоков воздуха и воды с определенным направлением движе-

ний в Северном и Южном полушариях (3) (рисунок 1). В северо-западной части Тихого океана (рисунок 2), наблюдаются самые многочисленные и интенсивные тропические циклоны в мире. Как и другие бассейны Мирового океана, они управляются субтропическим поясом высокого давления, и далее смещаются на восточные побережья материков.

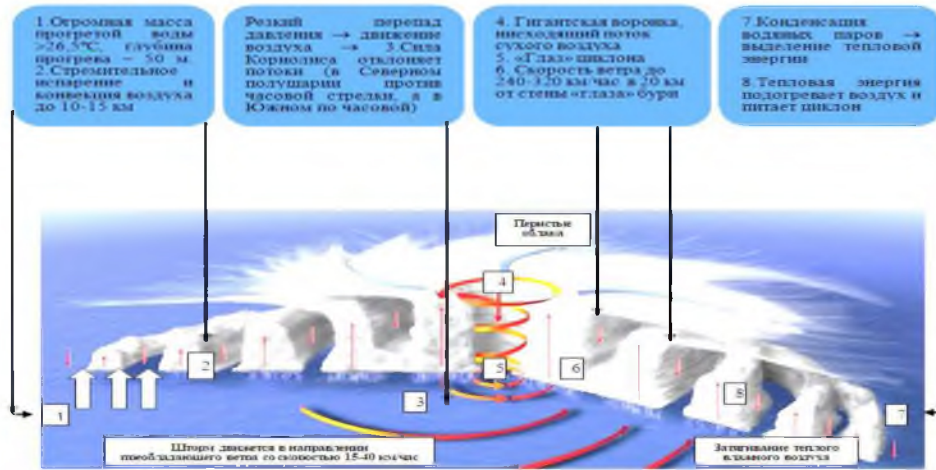


Рисунок 1 – Стадии развития тропического циклона

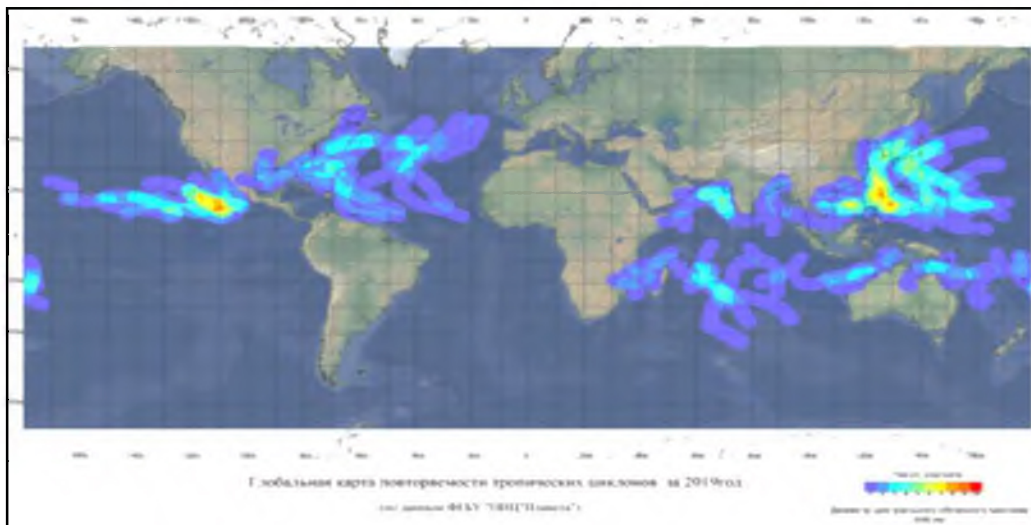


Рисунок 2 – Повторяемость и основные трассы прохождения тропических циклонов [1]

В 2019 году на планете возникло 99 тропических циклонов, что превысило норму на 19%. В северном полушарии сезон был активным, здесь образовалось 73 ТЦ, то есть на 28% больше средних значений (рисунок 2).

Это связано с тем, что северное полушарие более теплое, больше площадь суши, больше атмосферных осадков, наличие барических ложбин (рисунок 3).

Для анализа морских путей в Центральной части Мирового океана перехода, был взят активный район образования тайфунов – район тропиков. Маршруты исследования (рисунок 4):

1. п.Нагасаки–пр. Цугару (Хакодате) – по ДБК к п. Сан-Франциско – п. Акапулько;
2. п. Нагасаки–пр. Осуми – к Е от Иокогамы– по ДБК к Сан-Франциско – п. Акапулько;
3. п. Нагасаки – пр. Осуми–Гавайские острова – п. Акапулько.

Расчеты. Для исследования морских путей, были определены узловые точки, расстояния и ветро-волновые потери (ВВП) маршрутов. Во время расчетов использовались формулы(1-5):

1. ЦНИИМФа (1), [4] для малых и средне-тоннажных судов:

$$V_n = V_0 - (0,745 \cdot h - 0,275 \cdot h \cdot q_n) \cdot (1 - 1,35 \cdot 10^{-6} \cdot D_{\Phi} \cdot V_0), \quad (1)[4]$$

где: V_0 – скорость судна на тихой воде, уз;

$V_{п}$ – скорость судна на волнении, в узлах;
 h – высота волны, м;
 q – курсовой угол волны, рад;
 $D_{ф}$ – фактическое водоизмещение судна, т.

2. Олыпамовского С.Б. (2), [5], которая имеет вид:

$$V_B = V_0 - (0,12h - 0,10q + 0,10)h - (0,03h - 0,20q - 0,27)hD_{ф}^{-1} \cdot 10^5 \quad (2)[5]$$

3 Тульчинского Ю.И. (3), [6] для судов разного дедвейта:

При $q > 160^\circ, h_{3\%} < 8,5 м$:

$$V = V_0 - \left[0,5h_{3\%}^{0,5} (0,745h_{3\%} - 0,275qh_{3\%}) (1 - k_{\Delta} 10^{-6} \Delta V_0) \right]$$

При $q \leq 160^\circ, h_{3\%} \geq 8,5 м$:

$$V = V_0 - (\sin 0,5h_{3\%}) \left[0,5h_{3\%}^{0,5} (0,745h_{3\%} - 0,275qh_{3\%}) (1 - k_{\Delta} 10^{-6} \Delta V_0) \right] \quad (3)[6]$$

где: V_0 – начальная скорость судна, узлы;
 $h_{3\%}$ – высота волны с 3% обеспеченностью, метры;

q – курсовой угол волнения, радианы;
 k_{Δ} – коэффициент учета водоизмещения, определяемый по формуле:

$$k_{\Delta} = 1,35 - \text{при } \Delta = 5000 \div 20000$$

$$k_{\Delta} = \left(\frac{17}{200} \Delta^{0,211} \right)^{-0,8} - \text{при } \Delta = 21000 \div 26000;$$

$$k_{\Delta} = \left(\frac{\Delta}{36500} \right)^{-0,8} - \text{при } \Delta = 27000 \div 32000$$

$$k_{\Delta} = \left(\frac{\Delta}{37000} \right)^{-0,8} - \text{при } \Delta = 33000 \div 300000 \quad (4)[6]$$

Δ – водоизмещения судна, тонны.

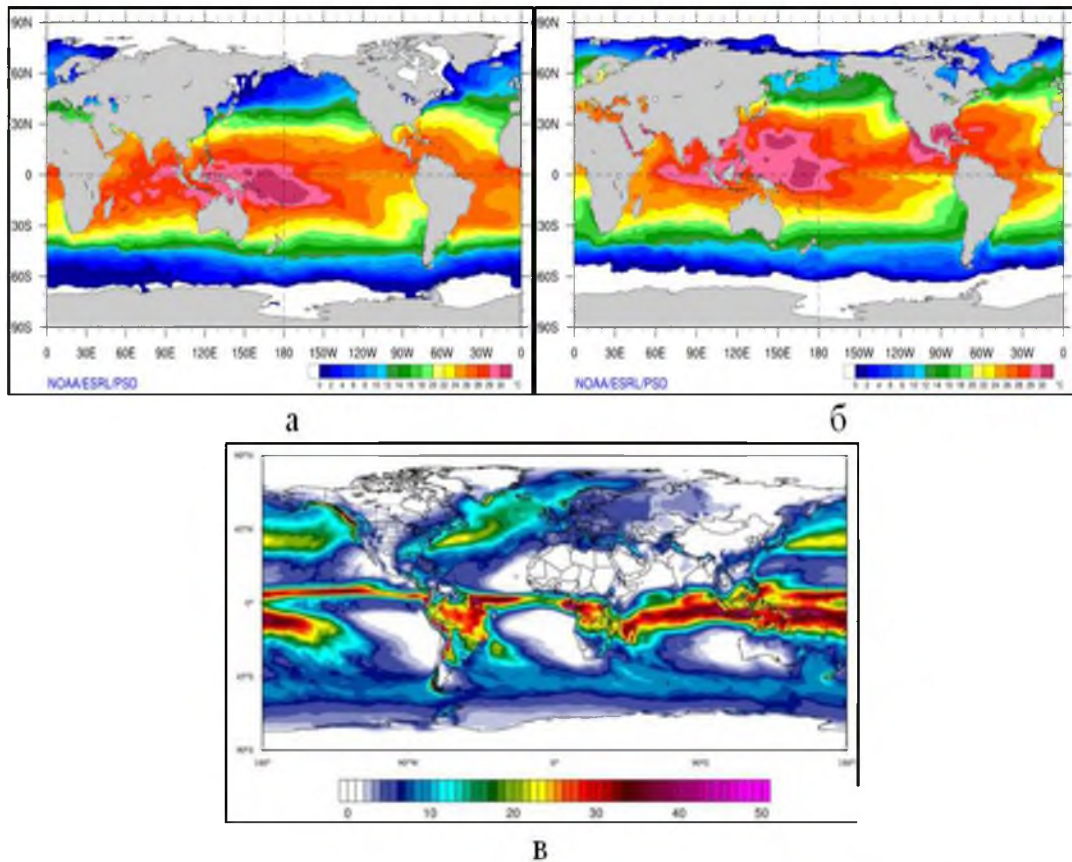


Рисунок 3 –Нагрев воды в Мировом океане (а-январь, б-июль, в-осадки), [2]



Рисунок 4 – Рекомендуемые [3] и выбранные для анализа морские пути

4 ВВП (ветро-волновые потери) можно считать по номограмме ГМК (5):

$$\Delta V_{\text{ср}} = \frac{\Delta V_1 l_1 + \Delta V_2 l_2 + \dots + \Delta V_n l_n}{L} \quad (5) [7]$$

где: $\Delta V_{\text{ср}}$ – ср. величина потерь или приращений скорости при переходе, %;

$\Delta V_1, \Delta V_2, \dots, \Delta V_n$ – величины потерь или приращений на отрезке между соседними изолиниями, %;

l_1, l_2, \dots, l_n – длины отрезков пути между соседними изолиниями;

L – длина пути, мм.

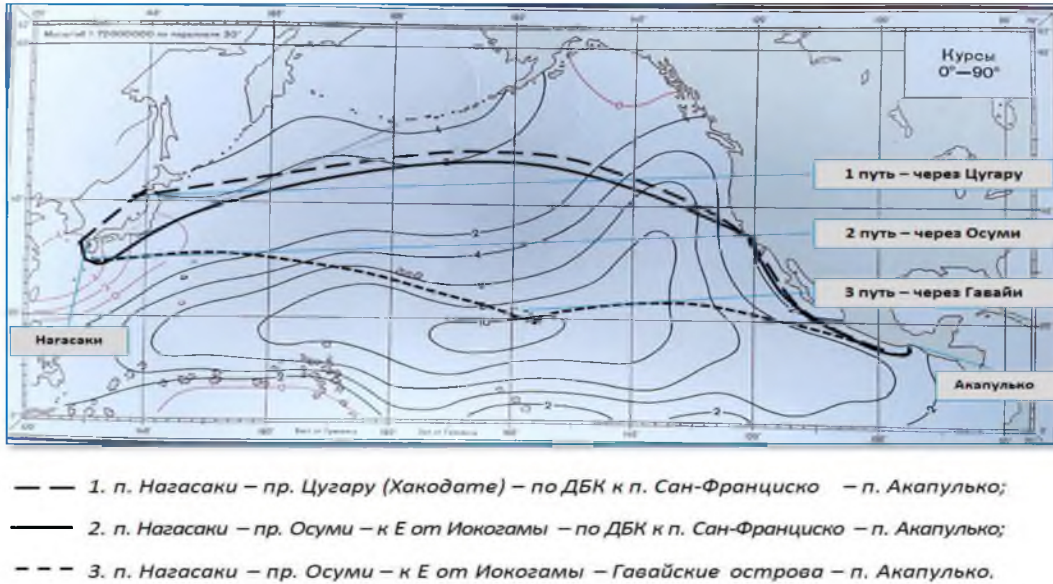


Рисунок 5 – Номограмма ВВП, сентябрь, курсы 0°-90°[7]

Итог расчетов:

1. Самый короткий путь, самый эффективный по расстоянию и немного уступающий по ВВП (0,2 узла).

2. Самый длинный маршрут в сентябре имеет самые высокие ВВП, и становится вдвойне не выгодным по времени перехода – более 1,5 суток.

3. По результатам расчета ВВП – самый выгодный путь через пролив Осуми – 1,7 %. На самом коротком маршруте потери выше – 2,5 %. А самый не выгодный путь – через Гавайские острова – 4,4%.

Таким образом, маршрут через пролив Осуми самый выгодный из Японского и Восточно-Китайского морей для Центральной части

Тихого океана. Но не всегда сезонные пути являются выгодными в восточных районах азиатского побережья.

Рассмотрим ситуацию расхождения с зоной шторма (рисунок 8).

Исходные данные. 5 октября, в 970 милях к востоку от Гуама, получив название Хагибис. Согласно ЛМА, Хагибис достиг максимальной интенсивности в 09:00 UTC 7 октября с минимальным давлением 915 мбар (гПа; 27,02 дюйма ртутного столба) и устойчивым ветром 195 км/ч (120 миль/ч). – 5 категория Саффира-Симпсона (рисунок 6).

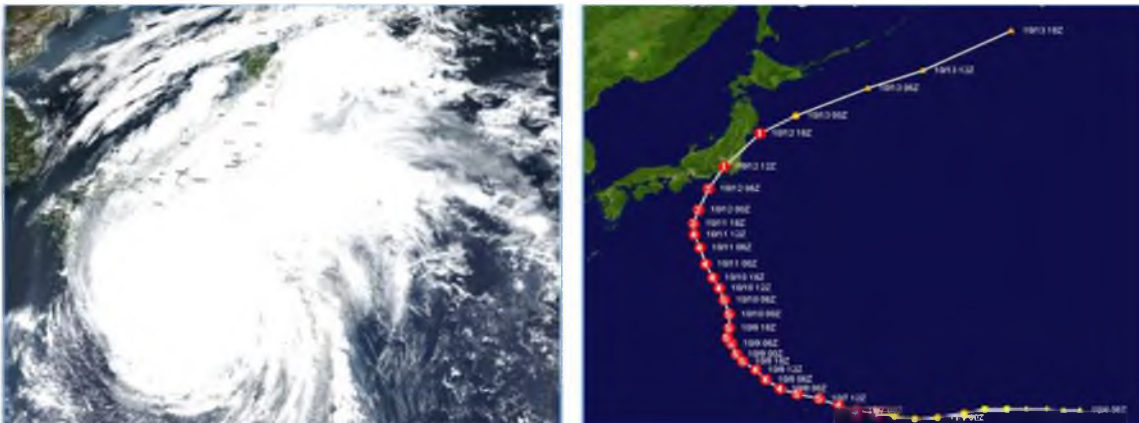


Рисунок 6 – Стадии формирования и путь следования тайфуна Хагибис[8]

Можно условно сказать, что расхождение с циклоном производится согласно правил МППСС, т. е. необходимо разойтись с циклоном левыми бортами. К моменту подхода к узловой точке к Е от порта Йокогама – окт 13.19 в 06:00 UTC ветровое волнение и шторм уйдут к Курильским островам.

Выводы рекомендации.

В летний и осенний сезоны можно активно использовать маршруты, проходящие по ДБК между Азией и Северной Америкой.

В зимний период целесообразней идти через Гонолулу.

Неукоснительно соблюдать правила расхождения с тропическим циклоном.

Направить сообщение другим судам и береговым радиостанциям в соответствии с требованиями международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74, Гл. 5, Правило 2 (а)) о возникшей ситуации [11, 12].

Далее, согласно регламенту, принять ряд обязательных мер [9, 10]:

- предупредить экипаж о приближающемся шторме;
- закрепить все смещающиеся предметы на палубе, в жилых и служебных помещениях;
- задраить иллюминаторы, люки, водонепроницаемые двери;
- предупредить вахтенного механика;
- на открытых частях палуб протянуть леера;
- ограничить или запретить хождение по открытым частям палуб;
- выбор курсов и скорости осуществлять с учетом штормовых диаграмм;
- вести максимально часто периодический контроль за показаниями барометра, направлением и скоростью ветра;
- организовать более частое по сравнению с обычным плаванием получение сводок прогнозов погоды;
- при наличии на судне груза с малым удельным погрузочным объемом направить информацию в Службу безопасности мореплавания паромства;
- постоянно контролировать местонахождение судна относительно движения тропического циклона.

Литература

1. Метеоинфо, тропические циклоны, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/categ-articles/33-climate-cat/monitoring-klimata/tropcyclones>, свободный заголовок с экрана

2. Мониторинг климата, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gml.noaa.gov/publications/свободный_заголовок_с_экрана.
3. Admiralty Ocean Passages for the World, NP136, Published by the United Kingdom Hydrographic office, 1986. – 256 p.
4. Дремлюг В.В., Шифрин Л.С., Навигационная гидрометеорология: учебник для ВУЗов морского транспорта, издание 2-е, переработанное и дополненное. – М.: "Транспорт", 1978. – 304 с.
5. Справочник по навигационной метеорологии / Стехновский Д.И., Васильев К.П. – М.: Транспорт, 1976.
6. Тульчинский Ю.И. Разработка комплексной модели прогноза и анализа поведения судна на волнении: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новороссийск: НГМА, 2003. – 24 с.
7. ГМК (гидрометеорологическая карта № 6416). – ГУНиО МО, 1980.
8. Тайфун Хагибис, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wikichi.ru/wiki/Typhoon_Hagibis, свободный заголовок с экрана.
9. Першина Л.А., Астреина Л.Б. Выбор маршрута судна на основе погодных условий // Эксплуатация морского транспорта. – 2019. – №2 (91). – С.30-39.
10. Астреина Л.Б., Кондратьев С.И., Штырхунова Н.А., Мурасин М.М. Новороссийская бора и аварийные ситуации с судами во время ее действия // Эксплуатация морского транспорта. – 2021. – № 3 (100). – С. 60-67.
11. Astreina L.B., Pershina L.A. NATURAL CAUSES OF SHIP ACCIDENTS IN THE BERMUDA REGION ON THE EXAMPLE OF THE EL FARO SHIP В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd, 2021. С. 012018.
12. Астреин В.В., Кондратьев С.И., Боран-Кепишьян А.Л. Методологические основы распределенной автоматизированной системы управления безопасностью судовождения // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 3 (96). – С. 59-64.

References

1. Meteoinfo, tropicheskie ciklony, [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://meteoinfo.ru/categ-articles/33-climate-cat/monitoring-klimata/tropcyclones>, svobodnyj zagolovok s ekrana
2. Monitoring klimata, [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://gml.noaa.gov/publications/svobodnyj_zagolovok_s_ekrana.
3. Admiralty Ocean Passages for the World, NP136, Published by the United Kingdom Hydrographic office, 1986. – 256 p.

4. Dremlyug V.V., SHifrin L.S. Navigacionnaya gidrometeorologiya: Uchebnik dlya VUZov morskogo transporta. Izdanie 2-e, pererabotannoe i dopolnennoe. – Moskva: "Transport", 1978. – 304s.
5. Spravochnik po navigacionnoj meteorologii / Stekhnovskij D.I., Vasil'ev K.P. – M.: Transport, 1976.
6. Tul'chinskij YU.I. Razrabotka kompleksnoj modeli prognoza i analiza povedeniya sudna na volnii: Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Novorossijsk: NGMA, 2003. – 24s.
7. GMK (gidrometeorologicheskaya karta № 6416). – GUNiO MO, 1980.
8. Tajfun Hagibis, [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://wikichi.ru/wiki/Typhoon_Hagibis, svobodnyj zagolovok s ekrana.
9. Pershina L.A., Astreina L.B. Vybor marshruta sudna na osnove pogodnyh uslovij//Ekspluatsiya morskogo transporta. – №2 (91), - S.30-39
10. Astreina L.B., Kondrat'ev S.I., SHtyrhunova N.A., Murasin M.M. Novorossijskaya bora i avarijnye situacii s sudami vo vremya ee dejstviya//Ekspluatsiya morskogo transporta. – 2021. – № 3 (100). – S. 60-67.
11. Astreina L.B., Pershina L.A. Natural causes of ship accidents in the Bermuda region on the example of the el faro ship v sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects, ESHCIP 2021". IOP Publishing Ltd, 2021. S. 012018.
12. Astrein V.V., Kondrat'ev S.I., Boran-Keshish'yan A.L. Metodologicheskie osnovy raspredelennoj avtomatizirovannoj sistemy upravleniya bezopasnost'yu sudovozhdeniy a// Ekspluatsiya morskogo transporta. 2020. № 3 (96). S. 59-64.

УДК: 656.61.052.4

DOI: 10.34046/aumsuomt 103/4

ДИСКРЕТНАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОМ ДВИЖЕНИЯ СУДНА С ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛЬЮ НА ОСНОВЕ MPC-РЕГУЛЯТОРА

А.Н. Штанько, аспирант

А.С. Васьков, доктор технических наук, профессор

Показан способ построения дискретной адаптивной системы управления параметром движения судна с прогнозирующей моделью на основе MPC-регулятора с использованием экспериментальных данных. При моделировании в структуру допустимого множества программных управлений были введены ограничения на управляющие и контролируемые переменные. Снижение вычислительных затрат и нагрузки на управляющее устройство достигается скольжением контрольным сигналом в системе, являющимся мерой адекватности прогнозных и фактически наблюдаемых данных.

Ключевые слова: маневрирование судна, программное управление, адаптация, MPC-регулятор, параметр адаптации, метод Тригга-Лича, скользящий контрольный сигнал.

DISCRETE ADAPTIVE VESSEL MOTION PARAMETER CONTROL SYSTEM WITH PREDICTIVE MODEL BASED ON MPC CONTROLLER

A.N. Shtanko, A.S. Vaskov

A method of constructing a discrete adaptive control system for the vessel motion parameter with a predictive model based on an MPC controller using experimental data is shown. When modeling, restrictions on control and controlled variables were introduced into the structure of an acceptable set of program controls. The reduction of computational costs and the load on the control device is achieved by a sliding control signal in the system, which is a measure of the adequacy of the forecast and actually observed data.

Keywords: ship maneuvering, program control, adaptation, MPC controller, adaptation parameter, Trigg-Lich method, sliding control signal.

Оптимизация и адаптация системы управления к постоянно изменяющимся условиям плавания и состояниям судна является одной из важнейших задач обеспечения безопасности судовождения. В промышленных приложениях для решения этих задач набирает популярность метод управления с прогнозирующей моделью (Model Predictive Control – MPC) [7]. Основной особенностью управ-

ления с помощью MPC-регулятора является наличие математической модели объекта, которая достаточно точно описывает его поведение.

Целью исследования является реализация классической схемы MPC управления с прогнозом, включенным в контур обратной связи, для судна длиной 62,5 м, водоизмещением 630 тонн.

Динамическая модель прогнозирования уг-