

Калиниченко Е.В.

УЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ОВОРОТЛИВОСТИ ПРИ РАСЧЕТЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТА СУДНА

Получена процедура расчета параметров поворота судна методом простых итераций с использованием характеристик динамической модели поворотливости судна.

Произведены натурные наблюдения поворотливости судов "Oxford" и "Sheila Ann". Натурные наблюдения показали хорошую сходимость экспериментальных и расчетных параметров поворота.

Ключевые слова: безопасность судовождения, поворотливость судна, параметры поворота, натурные наблюдения.

Постановка проблемы. От степени адекватности модели поворотливости судна реальному процессу его поворота и корректности выбора параметров маневра определяющим образом зависит точность реализации криволинейных участков программной траектории движения

В предлагаемой статье рассмотрен один из аспектов обсуждаемой проблемы – расчет параметров поворота судна при постоянной скорости.

Анализ последних достижений и публикаций, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Вопросам исследования криволинейного движения судна при выполнении поворота посвящены работы [1-3]. Формирование переходной траектории поворота судна с учетом экспериментальных данных поворотливости судна рассмотрено в работе [1]. Результаты экспериментального исследования моделей поворотливости судна приведены в работе [2], а в работе [3] представлены динамические модели поворотливости судна. При выполнении поворота судна характеристики поворотливости судна учитываются приблизительно, что снижает точность выхода судна на очередной участок программного движения и ведет к увеличению вероятности возникновения навигационных аварий. Данное обстоятельство обуславливает актуальность тематики статьи.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью статьи является разработка процедуры расчета параметров поворота судна с учетом характеристик его поворотливости.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Поворот судна состоит из двух фаз. Сначала, на первой фазе, в начальный момент времени t_n , когда судно следует курсом K_n , производится перекладка пера руля на угол β_k и руль удерживается в таком положении в течение интервала времени Δt_1 . Затем на второй фазе поворота производится одерживание судна, т.е. производится перекладка руля на противоположный борт на ту же величину и гасится инерция поворота судна в течение интервала времени Δt_2 , по истечению которого судно выходит на заданный курс, угловая скорость поворота обращается в нуль, перо руля приводится в диаметрально плоскость судна, а судно выходит на курс K_k .

Таким образом, для расчета параметров поворота необходимо при заданном угле перекладки пера руля β_k вычислить интервалы времени Δt_1 и Δt_2 , которые позволяют

найти моменты времени начала одерживания судна $t_p = t_n + \Delta t_1$ и момент окончания поворота $t_k = t_p + \Delta t_2$.

Очевидно, что текущее значение курса судна на первой и второй фазах поворота имеет различное аналитическое выражение, поэтому текущее значение курса судна на первой фазе поворота обозначим через K_1 , а на второй – через K_2 .

Изменение курса судна задано $\Delta K = K_n - K_k$, которое должно быть реализовано на обеих фазах поворота, поэтому в работе [Ц] для вычисления интервалов времени Δt_1 и Δt_2 предложена система уравнений, имеющая вид

$$\begin{cases} \Delta K = K_1(\Delta t_1) + K_2(\Delta t_2) \\ \omega(\Delta t_1, \Delta t_2) = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

причем первое уравнение является очевидным соотношением, а второе уравнение является условием обращения в ноль к концу поворота угловой скорости судна.

Для записи приведенной системы в явном виде относительно искомым переменных Δt_1 и Δt_2 необходимо задать динамическую модель изменения курса судна K при его повороте, которая описывается неоднородным линейным дифференциальным уравнением третьего порядка с постоянными коэффициентами, и имеет следующий вид [2]:

$$T_1 T_2 \ddot{K} + (T_1 + T_2) \dot{K} + K = a_\omega,$$

где T_1 и T_2 - постоянные времени, характеризующие инерционные свойства судна;

$a_\omega = k_p \beta_k$, причем k_p - коэффициент эффективности руля.

Выражение для текущего значения курса судна K_1 на первой фазе поворота имеет следующий вид:

$$K_1 = K_n + a_\omega \left\{ t - \left[T_1^2 [1 - \exp(-t/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-t/T_2)] \right] / (T_1 - T_2) \right\}. \quad (2)$$

Для второй фазы поворота значение курса K_2 выражается следующим образом

$$K_2 = K_1(\Delta t_1) - a_\omega t + a_\omega \left\{ 2 - \left[T_1 \exp(-\Delta t_1/T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1/T_2) \right] / (T_1 - T_2) \right\} \times \left\{ T_1^2 [1 - \exp(-t/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-t/T_2)] \right\} / (T_1 - T_2). \quad (3)$$

Данная модель, как показано в [3], позволяет записать систему уравнений (1) следующим образом

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta t_1 &= \Delta t_2 + \{ T_1^2 [1 - \exp(-\Delta t_1 / T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-\Delta t_1 / T_2)] \} / (T_1 - T_2) - \\ &\quad - \{ 2 - [T_1 \exp(-\Delta t_1 / T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1 / T_2)] \} / (T_1 - T_2) \} \times \\ &\quad \{ \{ T_1^2 [1 - \exp(-\Delta t_2 / T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-\Delta t_2 / T_2)] \} / (T_1 - T_2) + \Delta K / a_\omega, \quad (4) \\ \Delta t_2 &= -T_1 \ln \{ (T_2 / T_1) \exp(-\Delta t_2 / T_2) + [(T_1 - T_2) / T_1] \times \\ &\quad \{ 2 - [T_1 \exp(-\Delta t_1 / T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1 / T_2)] \}^{-1} \}. \end{aligned} \right.$$

Для расчета величин Δt_1 и Δt_2 методом простых итераций вначале задаемся предыдущим значением Δt_1 и с помощью второго выражения вычисляем значение Δt_2 , которое затем подставляется в первое выражение для расчета последующего значения Δt_1 .

Начальными приближениями величин Δt_1 и Δt_2 выбираются значения

$$\Delta t_{1(0)} = \frac{K_2 - K_1}{a_\omega} \quad \text{и} \quad \Delta t_{2(0)} = 0.$$

Для проверки корректности предложенного способа расчета параметров поворота судна была разработана компьютерная программа, которая с помощью системы (4) методом простых итераций вычисляет по приращению курса поворота ΔK и величин a_ω , T_1 и T_2 , характеризующих поворотливость судна, значения интервалов времени Δt_1 , Δt_2 и соответствующие им приращения курса ΔK_1 и ΔK_2 . Более того, используя выражения (2) и (3), программа рассчитывает текущее значение курса судна в процессе поворота и выводит графическую зависимость курса от времени.

На рис.1. показаны графические зависимости курса судна от времени для разности курсов поворота от 15° до 170° с интервалом в 15° .

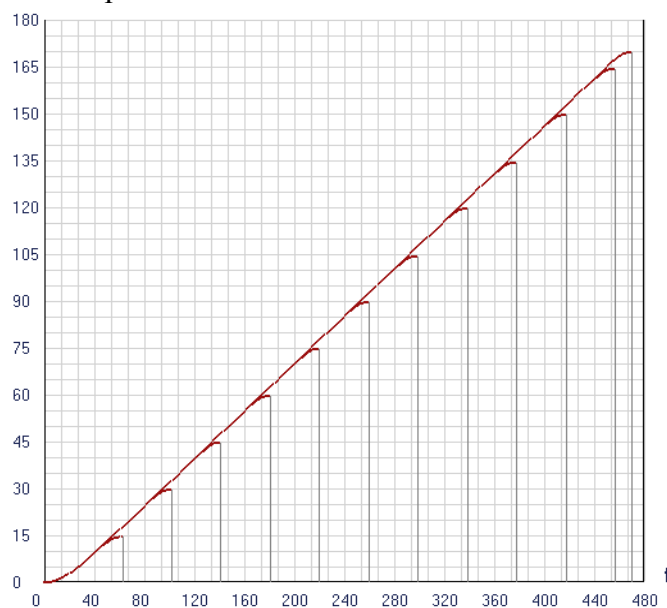


Рис. 1. Графическое представление зависимости курса от времени при повороте

Експериментальні та розрахункові характеристики поворотів судів

ΔK_{ex}	Δt_{ex}	a_{ω}	T_1	T_2	Δt_1	Δt_2	τ	ΔK_1	ΔK_2	ΔK
28	44	0,88	9,61	1,69	37	8	45	24	4	28
35	40	1,28	8,89	1,54	34	8	42	30	5	35
41	238	0,189	12	4	225	13	238	40	2	42
64	392	0,173	12	4	380	13	393	62	2	64
62	278	0,242	12	4	265	13	278	60	2	62

Вертикальні лінії позначають моменти часу закінчення повороту. В реальних умовах експлуатації проводилися натурні спостереження поворотів т/х "Oxford" і т/х "Sheila Ann", в результаті чого були розраховані параметри поворотливості обох судів. Для двох експериментальних поворотів т/х "Oxford", характеристики яких представлені в перших двох рядках табл.1, і трьох - т/х "Sheila Ann", представлених в її інших рядках, можна зробити висновок про хорошу схожість експериментального і розрахункового значень кута зміни курсу (ΔK_{ex} с ΔK) і тривалості повороту (Δt_{ex} с τ).

Висновки та перспектива подальшої роботи по даному напрямку. В статті наведено аналітичні вирази для розрахунку параметрів повороту судна методом простих ітерацій, які потребують застосування характеристик динамічної моделі поворотливості судна.

В результаті натурних спостережень отримана хороша схожість експериментальних і розрахункових параметрів повороту судів "Oxford" і "Sheila Ann".

ЛИТЕРАТУРА

1. Стебновский О. В. Формирование переходной траектории поворота судна / Стебновский О.В.// Автоматизация судовых технических средств. – 2010. – № 16. – С.92-95.
2. Чапчай Е. П. Экспериментальное исследование моделей поворотливости судна/ Чапчай Е.П. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА. – 2006. – № 11.–С. 139 – 142.
3. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н. Н., Бурмака И. А., Тюпиков Е. Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
4. Вагущенко Л. Л. Судно как объект автоматического управления. – Одесса: ОГМА, 2000. – 140 с.

Калініченко Е.В.

УРАХУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВОРОТНОСТІ ПРИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПОВОРОТУ СУДНА

Одержана процедура розрахунку параметрів повороту судна методом простих ітерацій з використанням характеристик динамічної моделі поворотливості судна.

Виконані натурні спостереження поворотливості суден "Oxford" і "Sheila Ann". Натурні спостереження показали хорошу збіжність експериментальних і розрахункових параметрів повороту.

Ключові слова: безпека судноводіння, поворотність судна, параметри повороту, натурні спостереження.

Kalinichenko E.

ACCOUNT OF THE INERTION DESCRIPTIONS AT CALCULATION OF PARAMETERS OF TURN OF SHIP

Procedure of calculation of parameters of turn of ship is got by the method of simple iterations with the use of descriptions of dynamic model of agility of ship.

The model supervisions of agility of the vessels "Oxford" and "Sheila Ann" are produced. The model supervisions showed good coincidence of experimental and calculation parameters of turn.

Keywords: *safety of navigator, agility of ship, parameters are turns, model supervisions.*

УДК 621.54:629.12.03

Просянок В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ СЖАТОГО НАСЫЩЕННОГО ВОЗДУХА В СУДОВОМ ТУРБОАГРЕГАТЕ

В работе приведена оценка возможности применения сжатого насыщенного воздуха в качестве рабочего тела судового турбоагрегата. Показан термодинамический процесс, разработана схема судовой энергетической установки с воздушной турбиной. Предложена методика определения расхода насыщенного воздуха и КПД установки. Определены пути возможного применения судовой воздушной турбинной установки.

Ключевые слова: *парниковые газы, насыщенный воздух, воздушная турбина.*

Постановка проблемы. Международное судоходство является причиной около 3 % мировых объёмов выбросов парниковых газов, и, по данным ИМО, эта доля может увеличиться до 18 % к 2050 году. Евросоюз ради предотвращения климатических изменений намерен предложить мировому сообществу сократить к 2020 году на 10 % (к уровню 2005 года) выброс углекислого газа самолётами авиакомпаний и на 20 % - морским транспортом [1].

С целью решения проблемы уменьшения выбросов парниковых газов в судоходстве предпринимаются различные технические решения. Наиболее перспективным считается постройка судов, использующая в качестве топлива гидрат природного газа. Он считается более экологически безопасной формой энергии для морской перевозки по сравнению с бункерным горючим и даже сжиженным природным газом.

Как и другие технологии, не использующие сжигание топлива, использование транспортных средств на сжатом воздухе позволяет уменьшить выбросы через выхлопные трубы или переместить их на централизованные электростанции, или вообще на ветроэлектростанции [2], что значительно уменьшает и облегчает процесс утилизации этих выбросов.

Первым морским транспортом на сжатом воздухе была военная субмарина [3]. В апреле 1863 года была спущена на воду французская подводная лодка «Plongeur». Это была самая большая подводная лодка XIX века, первая в мире субмарина, которая имела механический привод гребного винта, мощность 80 л.с. (60 кВт) и автономность плавания 9 км.

Актуальность исследования. Несмотря на то, что первые попытки оснастить морской транспорт двигателем, работающим на сжатом воздухе, предпринимались ещё в начале позапрошлого века, дальше нескольких прототипов дело до сих пор не заходило. Задача уменьшения выбросов углекислого газа в судоходстве применением энергии сжатого