УДК 656.61:681.5

І. П. МАСИК, аспірант,
Київська державна академія водного транспорту

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ШВИДКОСТІ СУДНА ТА ЗДАТНОСТІ ЙОГО ДО МАНЕВРУВАННЯ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО СУДНОПЛАВСТВА

Здійснено аналіз проблеми визначення безпечної швидкості судна в умовах інтенсивного судноплавства. На підставі набутого досвіду розроблено алгоритм ступінчастого перекладання керма, який забезпечує підвищення керованості судна. Згідно з експериментальними даними виведено закономірність, що справджується для відношення радіуса кривини повороту судна до довжини останнього.

Ключові слова: безпечна швидкість судна; безпека мореплавання; інтенсивне судноплавство; перекладання керма.

Вступ

Швидкість судна при плаванні в умовах інтенсивного судноплавства має бути така, аби судно підлягало надійному керуванню і могло б у разі необхідності вчасно подолати інерцію. Розвиток швидкості, більшої за ту, яку дозволяють обставини, призводить до підвищення ризику навігаційної події.

Окрім того, керованість судна під впливом вітру різко погіршується зі зменшенням швидкості, коли плавання відбувається в баласті з малою осадкою та високим надводним бортом і коли частина гребного гвинта й пера керма видніють над водою. Керованість також погіршується і при плаванні на попутному перебігу з мінімальною швидкістю судна.

Із погляду запобігання зіткненням суден безпечна швидкість установлюється згідно з МППСС-72, Правило 6. При цьому враховуються конкретні обставини плавання, включаючи [1]:

- метеорологічну видимість, тобто її мінімальне значення;
- проблеми візуального виявлення зустрічного судна;
- надійну дальність радіолокаційного виявлення цілей;
- обмеження, пов'язані із застосовуванням методів обробки радіолокаційної інформації, кваліфікацією та досвідченістю

оператора радіолокаційної станції, темпом і складністю обробки інформації;

- наявність, характер, щільність та інтенсивність руху суден;
- осадку і маневрені характеристики судна.

Для забезпечення навігаційної безпеки при виборі безпечної швидкості судна враховується ще ширший спектр чинників, зокрема:

- методи контролю за місцем і курсом судна, їх точність, дискретність, тривалість;
- ступінь і близькість навігаційних небезпек;
- ступінь сукупного впливу зовнішніх факторів на точність стабілізації судна на лінії запланованого шляху;
- надійність наявної інформації про глибини;
- дальність надійного виявлення навігаційних небезпек з урахуванням організації спостереження та гідрометеорологічних чинників.

У разі високодинамічного розвитку ситуації зниження швидкості збільшує резерв часу на оцінювання ситуації, зменшує навантаження на спостерігачів і судноводіїв.

Мета дослідження полягає в розробці алгоритму маневрування судна за умов інтенсивного судноплавства.

Один із важливих чинників, який необхідно враховувати при зміні курсу, — це ***оптимальний кут повороту керма*** [2–5]. Як показує практика, найкраще виконувати поворот із максимальним перекладанням керма, що дорівнює 20°. Адже, здійснюючи плавання в умовах інтенсивного судноплавства, судно завжди має рухатись зі зниженою швидкістю, а тому зазначене перекладання керма справді оптимальне. Розраховуючи поворот, судноводій не завжди може адекватно оцінити зовнішні сили, здатні впливати на судно при зміні курсу. Саме через це судно може не вписатися в розраховану траєкторію. Беручи до уваги кут перекладання керма, судноводій завжди має передбачати додаткове перекладання керма в бік збільшення, якщо в цьому постане потреба.

Основна частина дослідження

Сьогодні існує багато методик і практичних рекомендацій із маневрування за умов інтенсивного судноплавства. Як зазначено в [6], ***найбільш істотно на безпеку маневрування впливає відношення радіуса r кривини повороту до довжини L_c судна***. Статистичні дослідження, проведені в цій роботі, показали, що найбільша кількість аварій сталася тоді, коли зазначене відношення становило менш ніж 3,5. Згідно з оцінкою, здобутою за результатами тих самих досліджень, аварійність при поворотах скорочується в чотири рази, якщо зазначене відношення наближено дорівнює 8, і скорочується в 10 разів, якщо відношення наближається до 12.

На основі усередненої діаграми керованості морських суден, побудованої за результатами [7], і з урахуванням того факту, що радіус кривини циркуляції в еволюційному періоді може істотно (у граничному випадку — в 1,4 раза) відрізнятися від радіуса сталої циркуляції, подамо залежність кута δ перекладання керма від значення r/L_c у вигляді таблиці.

Залежність кута δ перекладання керма від відношення радіуса кривини повороту судна до його довжини

δ,...°	5	10	15	20	25	30	35
r/L_c	9,4	6,3	4,5	4,1	3,4	2,8	2,7

Один із методів, який набув широкого застосування серед судноводіїв, — це ступінчасте перекладання керма під час переходу на інший курс. При поворотах до 20° перекладання керма здійснюється на невеликий (до 15°) кут, а цей кут поступово зменшується до положення «Прямо кермо» із подальшим незначним утриманням. Графік такого повороту в системі безрозмірних координат δ/δ_{max} і $\theta/\theta_{задан}$, де θ — кут зміни курсу; $\theta_{задан}$ — заданий кут повороту, зображено на рис. 1.

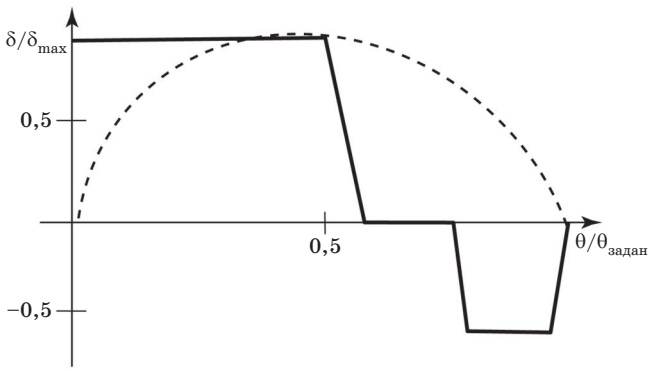

Рис. 1. Спосіб ступінчастого перекладання керма при маневруванні

Для виконання поворотів на кут $\delta = 20...60°$ кермо перекладається, як уже зазначалося, на 20°, потім відбувається поетапне зменшення цього кута до 5° другого борту з подальшим інтенсивним поверненням керма в положення «прямо», як це зображено на рис. 2.

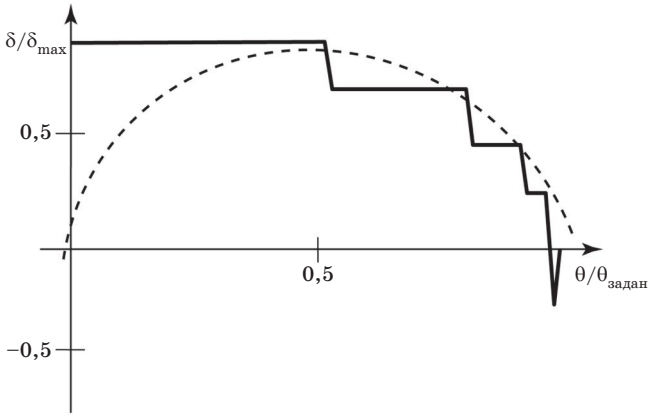

Рис. 2. Спосіб ступінчастого перекладання керма при повороті на кут від 30 до 70°

Алгоритм цього методу опишемо так.

Для виконання поворотів на заданий кут $\theta_{задан}$ необхідно розкласти його на складові, кожна з яких відповідає своєму куту перекладання керма для виходу судна на заданий курс. У загальному випадку маємо:

$$\theta_{задан} = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4,$$

де θ_1, θ_2 і θ_3 — частина повороту, виконана відповідно з кермом у положенні 20, 10 і 5°; θ_4 — частина повороту, виконана з кермом у положенні 5° у напрямі, протилежному повороту борту.

Під час виконання повороту на заданий кут $\theta_{задан} = 20...60°$ необхідно встановити кермо в положення $\delta = 20°$ і тримати

доти, доки судно не змінить курс на $\frac{1}{2}\theta_{\text{задан}}$, який відповідає θ_1.

У разі, якщо поворот здійснюється на кут $\theta_{\text{задан}} = 60...90°$, то кермо в положенні 20° необхідно утримувати доти, доки судно не змінить курс на $\frac{2}{3}\theta_{\text{задан}}$.

Наведемо приклад застосування розробленого алгоритму дій судноводія. Нехай необхідно зробити поворот судна на 70° правого борту. Встановлюємо кермо в положення $\delta = 20°$ правого борту до моменту, коли кут повороту становитиме 45°, тобто виконуватиметься рівність $\theta_{\text{задан}} - \theta_1 = 45°$, а далі перекладаємо кермо в положення $\delta = 10°$ правого борту. Поворот судна з цим положенням керма триває доти, доки кут повороту не досягне значення $\theta_{\text{задан}} - \theta_1 - \theta_2 = 20°$. На цей момент кут повороту дорівнює $\theta_1 + \theta_2$. Коли для виконання заданого повороту залишається зробити ще поворот на 10°, перекладаємо кермо в положення $\delta = 5°$ і досягаємо $\theta_{\text{задан}} - \theta_1 - \theta_2 - \theta_3 = 5°$. Далі перекладаємо кермо в положення 5° за лівим бортом і повільно повертаємо кермо в нульове положення.

Висновки

Проведене дослідження показало, що при плаванні в умовах інтенсивного судноплавства швидкість має бути така, щоб судно піддавалося надійному керуванню і могло б у разі необхідності вчасно подолати інерцію. При цьому встановлення швидкості, більшої, ніж дозволяють обставини, значно підвищує ризик настання навігаційної події.

Аналіз досвіду, набутого судноводіями при плаванні в умовах інтенсивного судноплавства, дав змогу побудувати важливий у практичному плані алгоритм ступінчастого перекладання керма.

Реалізація цього алгоритму забезпечує підвищення керованості судна і передбачуваності його поводження.

Значну практичну цінність становить виведена автором залежність кута перекладання керма від значення відношення радіуса кривини повороту до довжини судна.

Література

1. ***Астреин, В. В.*** *Системы предупреждения столкновения судов, тенденции развития: к 40-летию МППСС-72 // Вест. Астрахан. гос. техн. ун-та.— 2012.— № 1.— С. 7–17.— (Сер. «Морская техника и технология»).*

2. ***Особенности*** *маневрирования наливных судов в зависимости от параметров груза [Акмайкин Д. А. и др.] // Эксплуатация морского транспорта.— 2010.— № 4 (58).— С. 17–21.*

3. ***Гофман, А. Д.*** *Движительно-рулевой комплекс и маневренность судна/ А. Д. Гофман.— Л.: Судостроение, 1988.— 360 с.*

4. ***Кондратьев, А. И.*** *Оперативный выбор безопасности маневров последнего момента в судовых навигационно-информационных системах: дис. ... канд. техн. наук / А. И. Кондратьев.— Новороссийск, 2002.— 145с.*

5. ***Павленко, В. Г.*** *Маневренные качества речных судов: учеб. пособие для ин-тов вод. трансп. / В. Г. Павленко.— М.: Транспорт, 1979.— 184 с.*

6. ***Таратынов, В. П.*** *Судовождение в стесненных районах / В. П. Таратынов.— М.: Транспорт, 1980.— 129 с.*

7. ***Васильев, А. В.*** *Управляемость судов / А. В. Васильев.— Л.: Судостроение, 1989.—320 с.*

И. П. Масик

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ СКОРОСТИ СУДНА И СПОСОБНОСТИ ЕГО К МАНЕВРИРОВАНИЮ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО СУДОХОДСТВА

Осуществлен анализ проблемы определения безопасной скорости судна в условиях интенсивного судоходства. На основании полученного опыта разработан алгоритм ступенчатой перекладки руля, обеспечивающий повышение управляемости судна. Согласно экспериментальным данным выведена закономерность, имеющая место для отношения радиуса кривизны поворота судна к длине последнего.

Ключевые слова: безопасная скорость судна; безопасность мореплавания; интенсивное судоходство; перекладка руля.

I. P. Masyk

SAFE SHIP SPEED DEFINITION AND ABILITY OF ITS ELUSION IN CASE OF INTENSIVE NAVIGATION

In the article was accomplished an analysis of safe ship speed definition in case of intensive navigation. On the basis of derived experience was developed an algorithm of stepped rudder transposition, which provide growth of the ship controlling. According to experimental data was proposed appropriatenesses, which justity an attitude of radius of curvature of ship turn to lenth of the last one.

Keywords: safe ship speed; maritime safety; intensive navigation; rudder transposition.