

УДК 656.61.052.484

**EMERGENCY BRAKING SELF-PROPELLED SEA TRANSPORT
OBJECT BY CANTING METHOD****ЭКСТРЕННОЕ ТОРМОЖЕНИЕ НЕСАМОХОДНОГО
МОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ОБЪЕКТА СПОСОБОМ
КАНТОВКИ**

P.A. Kostenko, *assistant, captain*
П.А. Костенко, *ассистент, к.д.п.*

National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine
Національний університет «Одеська морська академія», Україна

ABSTRACT

Reviewed and analyzed the case of a successful stop tugs moving freely floating dock from the wind at a speed of $10 \div 15$ m / s at the port waters for development preventive measures to ensure the safety and security of property in the port waters.

Selection of available capacity tug, time and place to stop the object is performed analytically using linear motion model.

Keywords: security, lift, floating dock, linear motion, transportation management.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами

Постановка проблемы в общем виде связана с обеспечением безопасного плавания в портовых водах из-за ограниченности акваторий, нахождения в хранилищах береговой инфраструктуры порта и у причалов на судах взрывопожароопасных грузов. Самопроизвольное движение транспортного объекта, например плавдока, в условиях непогоды создает реальную опасность окружающей среде. Единственным способом предотвращения угрозы остается его остановка.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Известно [1], что семантической модели для определения сил, действующих на надводную часть корпуса судна используют безразмерный коэффициент C_{a90° . Для произвольного курсового угла ветра q_w его значение рассчитывают по формуле $C_a = C_{a90^\circ} \cdot \sin q_w$. Более строгие расчетные формулы для его определения весьма громоздки и также остаются весьма приближенными из-за разнообразия форм надводной части и невозможности учета всех деталей.

Величину аэродинамического коэффициента определяют двумя эмпирическими формулами: $C_a = 1,05 \cdot \sin q_w$ либо $C_a = 1,2 \cdot \sin q_w$. Они отличаются только коэффициентами пропорциональности, которые характеризуют конструктивные особенности надводной части типового судна. Ввиду того, что площадь надводной части корпуса судна определяется со значительными погрешностями и плохо моделируется, то для повышения точности определения аэродинамического коэффициента используют теоретический чертеж путем вычета площади подводной части корпуса при соответствующей осадке.

Для случая установившегося дрейфа, когда поперечная аэродинамическая сила равна поперечной гидродинамической $F_{ay} \approx F_{gy}$ и известных значениях скорости дрейфа V_{dp} , угла ветрового дрейфа α , скорости и курсового угла истинного ветра W_u и q_u , определяется величина отношения безразмерных коэффициентов поперечной аэро и гидродинамической сил C_{a90°/C_2 . С учетом того, что подводная часть судна хорошо моделируется, достаточно подробно исследована и имеются корректные аналитические зависимости следующего вида:

$$\frac{C_{a90^\circ}}{C_2} = \frac{\rho \cdot S_n \cdot V_{dp}^2 \cdot \sin^2 \alpha}{\rho_g \cdot S_n \cdot W_u^2 \cdot \sin q_u}. \quad (1)$$

Скорость установившегося дрейфа определяется формулой:

$$V_{dp} = \frac{W_u}{\sin \alpha} \cdot \sqrt{\frac{C_{ay90}}{C_2} \cdot \frac{\rho_g}{\rho} \cdot \frac{S_n}{S_n} \cdot \sin q_u} \approx K_{dp} \cdot W_u, \quad (2)$$

где K_{dp} – коэффициент дрейфа, определяемый из натуральных наблюдений для состояния конкретного судна в грузу или в балласте.

Угол (направление) дрейфа плавсредства (рис. 1) по наблюдаемому курсовому углу ветра определяется формулой:

$$\alpha = \arcsin \frac{W_u}{V_{dp}} \sqrt{\frac{C_{ay90}}{C_2} \cdot \frac{\rho_g}{\rho} \cdot \frac{S_n}{S_n} \cdot \sin q_u}. \quad (3)$$

По приведенным результатам рассчитываются значения поперечных гидро и аэродинамических коэффициентов. Значение C_{a90° определяется по формуле:

$$C_{a90^\circ} = \frac{C_2 \cdot \rho \cdot S_n \cdot V_{dp}^2 \cdot \sin^2 \alpha}{\rho_g \cdot S_n \cdot W_u^2 \cdot \sin q_u}. \quad (4)$$

В мореходных таблицах МТ-2000 приведена эмпирическая зависимость $V_{dp} = 1,94 \cdot \kappa_\alpha \cdot W_u$, где V_{dp} – скорость ветрового дрейфа в узлах, κ_α – коэффициент ветрового дрейфа, W_u – скорость истинного ветра, м/с. Однако

это формула не учитывает факт отсутствия дрейфа при ветре до 3 м/с и существенном изменении характера дрейфа выше скорости истинного ветра в 15 м/с.

Расчет возмущающего усилия, действующего на судно от бокового ветра осуществляется по формуле:

$$F_w = gS_n \cdot p \cdot \sin \theta, \quad (5)$$

где F_w – сила суммарного бокового ветра на судно, тс; S_n – проекция надводной части судна на ДП, м²; p – давление ветра, тс/м²; θ – угол между направлением истинного ветра и ДП судна, град; g – ускорение свободного падения тела (9,81), м/с².

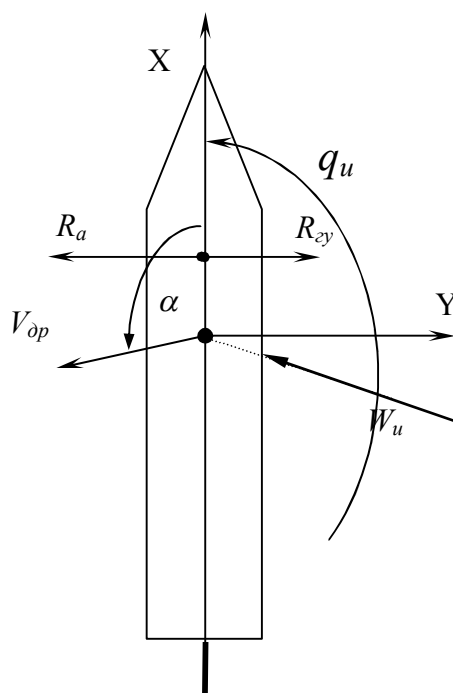


Рис. 1. Расположение сил при дрейфе судна без хода

Кроме этого, в научной и практической литературе представлены и результаты исследования организованных буксировок морских объектов где проявляются компоненты жесткой логики [2, 3, 4], в то время как методы и способы эвристического подхода при экстренном торможении и остановке несамходных и необитаемых морских транспортных объектов отражены не достаточно.

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Целью исследования настоящей статьи является разработка эвристического способа экстренной остановки морских несамходных плавающих средств, находящихся под действием внешних природных сил.

Научной гипотезой исследования послужил тезис, согласно которому экстренное торможение и остановка свободно дрейфующего плавательного

средства на ограниченной акватории обеспечиваются кантовкой при условии формирования эквивалентной силы противонаправленной силе дрейфа и отсутствии плеча между ними, придающему плавсредству вращательно-поступательное движение дополнительной противоположной дрейфу силы, величина которой определяется по закону рычага.

В задачу исследования входило: моделирование процесса экстренного торможения свободно движущегося объекта; подбор буксира для экстренной остановки объекта и разработка сценария, гарантирующего остановку объекта в заданном месте за определенное время.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Процесс активного торможения плавсредства осуществляется согласно 2-му закону Ньютона:

$$m_g \frac{dv_{op}}{d\tau} = F_\delta - F_w, \quad (6)$$

где m_g – масса объекта, т; F_δ – сила упора, кН ; τ – время, с.

Масса объекта определяется по количеству воды вытесненной его подводной частью, а период полного торможения определится из уравнения (6):

$$\tau_T = \sqrt{m_g S_{op} / (F_\delta - P_w)}, \quad (7)$$

где S_{op} – тормозной путь, м.

В уравнении (7) величина периода активного торможения объекта τ_T однозначно зависит от силы упора буксира-кантовщика F_δ , которая остается равной: $F_{\delta(cp)} = F_H + F_w$, где F_H – сила инерции объекта, кН.

Для разработки сценария безопасной экстренной остановки транспортного средства рассмотрим случай реального отрыва и свободного дрейфа плавдока с размерениями: $L = 168,28$ м, $B = 39,7$ м, $T = 1,8$ м, массой 12145 т, дрейфующего со скоростью около 3,5 узлов по КК=338° в акватории порта (рис.2). Путь плавдоку преградил буксир с максимальной силой упора в 736 кН, который в стоящем состоянии встретил на укол движущийся плавдок по оси движения последнего. Данные видеозаписи процесса экстренного торможения плавдока позволили установить период (83 с), среднюю скорость торможения около 0,735 м/с и замедление равное – 0,00885 м/с² и тормозной путо в 61 м.



Рис. 2. Движение дрейфующего плавдока с установившейся скоростью при дрейфе в 3,5 узла.

Сила свободного дрейфа плавдока при ветре 15 м/с с порывами до 20 м/с в условиях закрытой акватории, рассчитанная по формуле (5), составила 34 тс (333,5 кН). Средняя сила упора буксира при кантовке составила 36,6 тс (441 кН), что составляет 60% от максимального значения его полной силы упора, а сила инерции $F_H \approx 107,5$ кН.

Для составления конкретного сценария экстренной остановки свободно движущихся объектов методом кантовки следует:

- знать величину максимального упора буксира-кантовщика, который должен превышать силы дрейфа и инерции объекта с учетом порывов ветра в 1,1 раза;
- обеспечить выход буксира на исходную позицию впереди движущегося объекта с учетом запаса пути на дистанцию торможения;
- расположиться носом к объекту, руль «ПРЯМО» и стать для укола в месте фактической ДП движущегося объекта;
- в момент касания объектом буксира следует увеличить силу упора до максимальной в зависимости от величины безопасной дистанции торможения;
- точка касание буксиром объекта должно быть постоянной, для чего впереди по правому и левому бортам объекта располагаются страховочные буксиры с меньшей силы упора, не позволяющие объекту совершать вращательное движение;

после остановки объекта следует организовать его буксировку к месту стоянки и обеспечить надежное закрепление.

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению

Экстренная остановка свободно движущихся несамоходных объектов является нестандартной кантовочной операцией, при которой останавливаемый объект не должен совершать вращательное движение.

Несамоходные морские транспортные средства как и суда должны иметь информацию о силах дрейфа и гидродинамического сопротивления для выбора буксира-кантовщика по силе упора на случай форс-мажора для которых может быть использована линейная модель движения.

Полученные результаты целесообразно использовать диспетчерской службой порта для планирования возможных аварийных ситуаций при закреплении буксиров за потенциально опасными объектами, находящимися в акватории порта на случай форс-мажера для упреждающих действий.

ЛИТЕРАТУРА

11. Павленко В.Г. Ходкость и управляемость судов [текст]/ В.Г. Павленко. – М.: Транспорт, 1991. – 289 с.
12. Шамарин Ю.Е. Динамика подводных океанических систем [текст]/ Ю.Е. Шамарин и др. – К.: АО «Мироновская типография», 2001. – 228 с.
13. Репетей В.Д. Морские буксировки [текст]/ В.Д. Репетей. – Одесса: Укрморинформ, 2007. – 173 с.
14. Бурименко Ю.И. Портовая буксировка. Технология и безопасность [текст]/ Ю.И. Бурименко, Ю.Б. Попов. – М.: Транспорт, 1991. – 95 с.