

УДК 656.61.052

## КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ НА ДВОГВИНТОВОМУ КОНВЕНЦІЙНОМУ СУДНІ

**Товстокорий О. М.**, к.т.н., завідувач кафедри управління судном Херсонської державної морської академії, e-mail: otovstokory@gmail.com;

**Мойсеєнко В. С.**, асистент кафедри управління судном Херсонської державної морської академії, e-mail: v.moiseienko@yandex.ua

*В роботі запропоновані принципи керування положенням полюсу повороту (ПП) на двогвинтовому конвенційному судні з носовим підрулюючим пристроєм у різних умовах маневрування.*

*Положення ПП під час маневрування грає дуже велику роль у виконанні запланованого маневру і можливість керувати цим положенням надає суттєві переваги для вірного та безпечного виконання маневру. Змінюючи склад трастерів, що працюють та перекладку пер керма, на судні, що не має ходу відносно води, можна перемістити ПП у будь-яке бажане положення відносно центру ваги вздовж діаметральної площини (від центру ваги до безкінечності вперед чи назад).*

*При наявності руху судна картина деяк змінюється.*

*Класична ситуація, коли при русі вперед при перекладці керма ПП зміщується в носову частину судна. Також при русі назад в ролі керма можна використовувати носовий підрулюючий пристрій. ПП в такому разі зміщується в кормову частину судна.*

*На невеликих швидкостях можна змінювати положення ПП, прикладаючи узбічну силу на стороні від міделю, протилежній положенню ПП, яке нам бажано отримати.*

**Ключові слова:** полюс повороту, керування положенням, узбічна сила.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** При оглядово-порівняльному способі керування судном оператору здається, що обертання відбувається навколо нього, в той час, коли фактично відбувається навколо полюсу повороту (ПП). В більшості випадків при такому маневруванні судна судноводій використовує окомірну оцінку та керує прикладенням керуючих впливів на підставі свого досвіду по керуванню конкретним судном та інтуїції.

Це призводить до невірної оцінки відстаней до орієнтирів та утворює передумови для виникнення аварійної ситуації. Навколо ПП відбувається обертання та кут дрейфу в ньому дорівнює  $0^0$ . При зміні точки прикладення поперечних сил положення ПП змінюється, що суттєво впливає на характер маневрування. Тому знання положення ПП дуже сильно впливає на успішність виконання запланованого маневру. Можливість зміни положення полюсу повороту може надати судові нових можливостей у маневруванні.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Так, в роботі [1] показано, що положення ПП залежить від точки прикладання рівнодіючої бокових сил та запропоновані формули для розрахунку положення ПП для різних варіантів прикладення сил.

В роботі [2] відмічається, що переміщення ПП залежить від відношення величини лобового опору до рушійної сили та спрямовано в бік дії цієї сили.

В роботі [3] приведені формули расчета положення ПП при маневруванні в узкостях при різній ширині занимаемой полоси движения.

В роботі [4] удосконалено алгоритми розрахунку положення ПП при декількох поперечних силах та отримана формалізована модель розрахунку його положення з індикацією судноводієві на контурі ватерлінії.

В роботі [5] приведені змістовні моделі оцінки положення ПП, що отримані на підставі особистого виробничого досвіду виконання практичного маневрування.

В роботі [6] показано, що зміна положення ПП при маневруванні вітрильного судна відбувається за рахунок зміни кута перекладки керма та набору вітрил. Однак формалізовані моделі не приведені.

В роботі [7] надані алгоритми та формули розрахунку положення ПП за тангенціальними швидкостями носа та корми.

Але ніде не надані рекомендації по зміні положення ПП на борту судна під час маневрування.

**Постановка завдання.** Для вироблення алгоритму зміни положення ПП під час маневрів та надання рекомендацій необхідно виконати ряд експериментів на одному й тому ж судні з різними комбінаціями керма та рушіїв, визначити положення ПП та проаналізувати, яким чином ми можемо змінювати положення ПП під час маневрування.

**Викладення матеріалу дослідження.** Експерименти проводилися на тренажері DP – місток фірми TRANZAS. Для експерименту була обрана модель судна OSV 3 АН з конвенційною схемою розташування керма та рушіїв. Водотоннажність судна 5291 т, довжина 80,4 м, ширина 18,0 м, осідання 6,6 м, висота ока – 14 м. Двигун – середньооборотовий дизель 2х6166 кВт, гвинт – ГРК, максимальна швидкість 16,3 вузла. Має один носовий підрулюючий пристрій.

Під час обертання судна ПП може бути розташованим в одній з 5 принципових позицій, як на малюнках нижче.

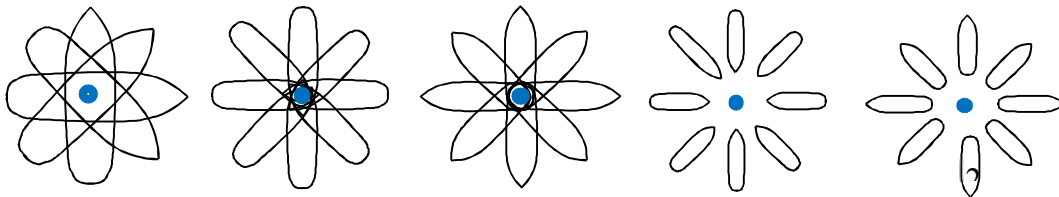


Рисунок 1 – Принципові позиції положення ПП

Експерименти проводилися наступним чином. Задавався режим руху судна (кут перекладки пер керма, напрямок та потужність роботи гвинтів та підрулюючого пристрою). На екрані висвітлювалось положення судна під час експерименту зі збереженням попередніх положень. Крім того на екрані висвітлювалася швидкість судна вперед – назад, а також тангенціальні швидкості носа та корми. Зображення експериментів зберігалось. Положення ПП визначалось за тангенціальними швидкостями.



Рисунок 2 – Положення ПП на міделі під час обертання праворуч



Рисунок 3 – Положення ПП на міделі під час обертання ліворуч

Так, пустивши головні двигуни вроздрай (лівий вперед, правий назад) та надавши їм потужність в 50 %, ліве кермо праворуч на борт, праве кермо прямо, НПП на стопі, отримали обертання судна праворуч з положенням ПП на міделі.

У наступному експерименті ГД (рис. 3) вроздрай (лівий 39 % назад, правий 40 % вперед), праве кермо ліворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП на стопі. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП на міделі.

Наступний експеримент (рис. 4). ГД вроздрай (лівий 60 % вперед, правий 61 % назад), праве кермо прямо, ліве кермо праворуч на борт, НПП ліворуч 40 %. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП в носовій частині судна.

Наступний експеримент (рис. 5). ГД вроздрай (лівий 61 % назад, правий 60 % вперед), праве кермо ліворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП праворуч 60 %. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП в носовій частині судна.



Рисунок 4 – Положення ПП у носовій частині судна під час обертання праворуч



Рисунок 5 – Положення ПП у носовій частині судна під час обертання ліворуч

Наступний експеримент (рис. 6). ГД вроздрай (лівий 40 % вперед, правий 39 % назад), праве кермо прямо, ліве кермо ліворуч на борт, НПП праворуч 40 %. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП в кормовій частині судна.

Наступний експеримент (рис. 7). ГД вроздрай (лівий 39 % назад, правий 40 % вперед), праве кермо праворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП ліворуч 40 %. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП в кормовій частині судна.



Рисунок 6 – Положення ПП у кормовій частині судна під час обертання праворуч

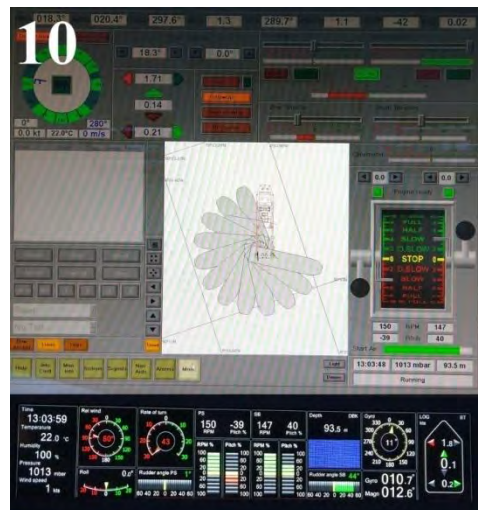


Рисунок 7 – Положення ПП у кормовій частині судна під час обертання ліворуч

Наступний експеримент (рис. 8). ГД вроздрай (лівий 60 % вперед, правий 70 % назад), праве кермо прямо, ліве кермо праворуч на борт, НПП ліворуч 70 %. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП попереду носа судна.

Наступний експеримент (рис. 9). ГД вроздрай (лівий 39 % назад, правий 40 % вперед), праве кермо ліворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП ПП попереду носа судна праворуч 40 %. Отримали обертання судна праворуч з положенням



Рисунок 8 – Положення ПП попереду носа судна під час обертання ліворуч



Рисунок 9 – Положення ПП попереду носа судна під час обертання праворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 60 % вперед, правий 100 % назад), праве кермо прямо, ліве кермо ліворуч на борт, НПП на стопі. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП позаду корми судна.

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 100 % назад, правий 60 % вперед), праве кермо праворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП на стопі. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП позаду корми судна.



Рисунок 10 – Положення ПП позаду корми судна під час обертання праворуч



Рисунок 11 – Положення ПП позаду корми судна під час обертання ліворуч

Таким чином ми отримали усі бажані положення ПП при відсутності руху судна вперед чи назад.

Таки ж самі результати були отримані при використанні моделі Ro-go passenger ferry 13. Водотоннажність 7796,8 т, довжина 125,0 м, ширина 23,4 м, осідання 5,3 м, висота ока спостерігача 24 м, двигун – середньо обертовий дизель 2x4000 кВт, гвинти – гвинти регульованого кроку, є НПП. Максимальна швидкість 20,5 вузлів.

На обох моделях також виконані експерименти на ходові вперед.

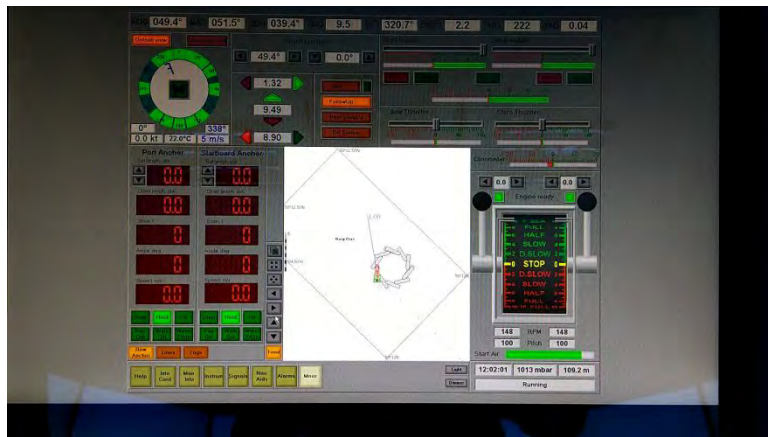


Рисунок 12 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП між міделем та носом на ходові вперед під час повороту праворуч

Обидва двигуна вперед 100 %. Обидва керма праворуч на борт. Швидкість судна на початку експерименту 15,51 вузла. ПП розташований між міделем та носом судна.



Рисунок13 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП між міделем та носом на ходові вперед під час повороту ліворуч

Обидва двигуна вперед 100 %. Обидва керма ліворуч на борт. Швидкість судна на початку експерименту 15,82 вузла. ПП розташований між міделем та носом судна.



Рисунок 14 – Модель Ro-go passenger ferry 13. Положення ПП між міделем та носом на ходові вперед під час повороту праворуч

Обидва двигуна вперед 100 %. Обидва керма праворуч на борт. Швидкість судна на початку експерименту 20,18 вузла. ПП розташований між міделем та носом судна.



Рисунок 15 – Модель Ro-go passenger ferry 13. Положення ПП між міделем та носом на ходові вперед під час повороту ліворуч

Обидва двигуна вперед 100 %. Обидва керма ліворуч на борт. Швидкість судна на початку експерименту 20,35 вузла. ПП розташований між міделем та носом судна. Також на обох моделях виконані експерименти на ходові назад.



Рисунок 16 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП між міделем та кормою на ходові назад під час повороту ліворуч

Обидва двигуна назад 50 %. Обидва керма прямо. Швидкість судна на початку експерименту 4,82 вузла. Носовий підрулюючий пристрій (НПП) 100 % праворуч. Отримали обертання судна ліворуч. ПП розташований між міделем та кормою судна.



Рисунок 17 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП між міделем та кормою на ходові назад під час повороту праворуч

Обидва двигуна назад 50 %. Обидва керма прямо. Швидкість судна на початку експерименту 4,96 вузла. НПП 100 % ліворуч. Отримали обертання судна праворуч. ПП розташований між міделем та кормою судна.

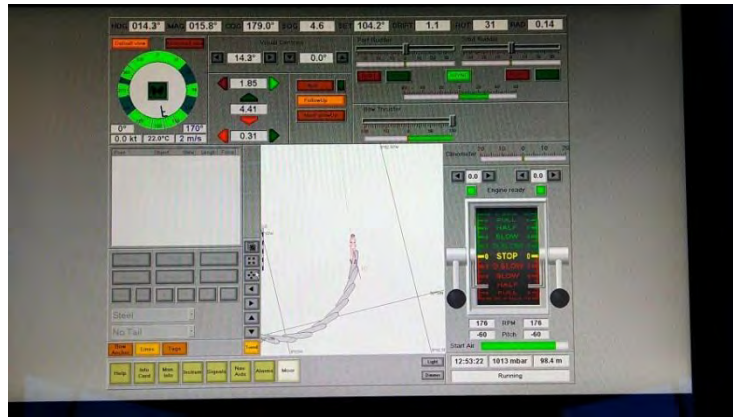


Рисунок 18 – Модель Ro-go passenger ferry 13. Положення ПП між міделем та кормою на ходові назад під час повороту ліворуч

Обидва двигуна назад 60 %. Обидва керма прямо. Швидкість судна на початку експерименту 4,76 вузла. НПП 100 % праворуч. Отримали обертання судна ліворуч. ПП розташований між міделем та кормою судна.



Рисунок 19 – Модель Ro-go passenger ferry 13. Положення ПП між міделем та кормою на ходові назад під час повороту праворуч



Рисунок 20 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП в задній частині судна на ходові вперед під час обертання судна праворуч



Рисунок 21 – Модель OSV 3 АН. Положення ПП в задній частині судна на ходові вперед під час обертання судна ліворуч

Обидва двигуна назад 60 % (рис. 19). Обидва керма прямо. Швидкість судна на початку експерименту 4,74 вузла. НПП 100 % ліворуч. Отримали обертання судна праворуч. ПП розташований між міделем та кормою судна.

Обидва двигуни вперед 30 % (рис. 20), обидва керма прямо, НПП праворуч 100 %. Швидкість судна вперед 5,29 вузла. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП між міделем та кормою.

Обидва двигуни вперед 30 % (рис. 21), обидва керма прямо, НПП ліворуч 100 %. Швидкість судна вперед 5,31 вузла. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП між міделем та кормою.

**Висновки.** Таким чином, можна зробити висновки, що:

1. Отримані змістовні моделі переміщення ПП у потрібну позицію на борту конвенційного судна.

2. При відсутності руху судна вперед – назад на двогвинтовому конвенційному суднові в носовим підрулюючим пристроєм можна переміщувати ПП в будь-яке положення на лінії діаметральної площини шляхом зміни комбінації трастерів та пер керма. Це надає дуже великі можливості судоводієві під час маневрування на обмеженій акваторії.

3. При русі вперед при перекладці керма ПП займає класичне положення – в носовій частині судна. При русі назад обертання судна можна викликати роботою носового підрулюючого пристрою, який працює в такому випадку в ролі керма. ПП в такому разі зміщується в кормову частину судна.

4. На швидкості до 5 вузлів є можливість пересувати ПП за різних комбінаціях трастерів та пер керма, але в декілька обмеженому варіанті. Основною ідеєю залишається переміщення ПП за допомогою узбічної сили на стороні від міделю, протилежній положенню ПП, яке нам бажано отримати.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демин С. И. Управление судном / С. И. Демин, Е. И. Жуков и др. – М. : Транспорт, 1991. – 359 с.

2. Генри Г. Хойер. Управление судами при маневрировании / Генри Г. Хойер. – М. : Транспорт, 1992. – 101 с.

3. Павельев А. Д. Определение положения полюса поворота и его учет при маневрировании судна : дисс...к.т.н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.disscat.com/content/opredelenie-polozeniya-polyusa-povorota-i-ego-uchet-pri-manevrirovanii-sudna-0>

4. Голиков В. В. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна / В. В. Голиков, С. Э. Мальцев. // Научный вестник Херсонской государственной морской академии : научный журнал. – Херсон : Издательство ХДМА, 2013. – № 1 (8). – С. 21–27.

5. Capt. Hugues Cauvier. The Pivot Point / The PILOT №295. October 2008. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilot Association.

6. Andy G. Chase. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point/ The Northern Mariner / Le Marin du nord, IX, No. 3 (July 1999), 53–59.

7. Мальцев С. Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна : монография / С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. – Херсон : Издательство ХГМА, 2016 – 124 с.

## REFERENCES

1. Demin S. I. Upravlenie sudnom / S. I. Demin, E. I. Zhukov i dr. – M. : Transport, 1991. – 359 s.

2. Genri G. Khoyjer. Upravlenie sudami pri manevrirovanii / Genri G. Khoyjer. – M. : Transport, 1992. – 101 s.

3. Paveljev A. D. Opredelenie polozheniya polyusa povorota i ego uchet pri manevrirovanii sudna : diss...k.t.n. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupa:



<http://www.dissercat.com/content/opredelenie-polozheniya-polyusa-povorota-i-ego-uchet-pri-manevrirovanii-sudna-0>

4. Golikov V. V. Algoritm opredeleniya polozheniya polyusa povorota morskogo sudna / V. V. Golikov, S. Eh. Maljcev. // Naukoviy visnik Khersonskoy derzhavnoy morskoy akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2013. – № 1 (8). – S. 21–27.

5. Capt. Hugues Cauvier. The Pivot Point / The PILOT №295. October 2008. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilot Association.

6. Andy G. Chase. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point/ The Northern Mariner / Le Marin du nord, IX, No. 3 (July 1999), 53–59.

7. Maljcev S. Eh. Polyus povorota i ego ucheta pri manevrirovanii morskogo sudna : monografiya / S. Eh. Maljcev, O. N. Tovstokorihyj. – Kherson : Izdatelstvo KhGMA, 2016 – 124 s.

**Товстокорый О. Н., Мойсеенко В. С. УПРАВЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЕМ ПОЛЮСА ПОВОРОТА НА ДВУХВИНТОВОМ КОНВЕНЦИОННОМ СУДНЕ**

*В работе предложены принципы управления положением полюса поворота (ПП) на двухвинтовом конвенционном судне с носовым подруливающим устройством в разных условиях маневрирования.*

*Положение ПП во время маневрирования играет очень большую роль в выполнении запланированного маневра и возможность управлять этим положением дает существенные преимущества для правильного и безопасного выполнения маневра.*

*Изменяя состав работающих трастеров, перекладку рулей, на судне, не имеющему хода относительно воды, можно переместить ПП в любое желаемое положение относительно центра тяжести вдоль диаметральной плоскости (от центра тяжести до бесконечности вперед или назад). При наличии движения судна картина несколько меняется.*

*Классическая ситуация, когда при движении вперед при перекладке руля ПП перемещается в носовую часть судна. Также при движении назад в роли руля можно использовать носовое подруливающее устройство. ПП в таком случае перемещается в кормовую часть судна.*

*На небольших скоростях можно изменять положение ПП, прикладывая боковую силу на стороне от миделя, противоположной желаемому положению ПП.*

**Ключевые слова:** полюс поворота, управление положением, боковая сила.

**Tovstokoryi O., Moiseienko V. MANAGING OF POSITION OF PIVOT POINT ONBOARD TWIN-SCREW CONVENTIONAL VESSEL**

*In article the principles of managing of position of pivot point (PP) onboard twin-screw conventional vessel with bow thruster are offered.*

*Position of pivot point during maneuvering is very important to fulfill maneuver expected and possibility to manage position of PP gives considerable advantages for correct and save fulfilling of maneuver.*

*Changing set of thrusters in operation and position of rudders on the vessel dead in the water, it's possible to shift position of PP in any desired position regarding centre of gravity along central line (from centre of gravity to infinity ahead and astern).*

*In case vessel has speed through the water picture is a little bit changing.*

*Classical situation is when on headway shifting the rudder to any angle we move PP to the bow. Also on sternway we can use bowthruster as rudder. PP in such case will move to the stern.*

*At slow speed we can change position of PP applying transversal force a the side regarding middle opposite to desired position of PP.*

**Keywords:** pivot point, managing of position, transversal force.

© Товстокорый О. М., Мойсеенко В. С.

Статтю прийнято  
до редакції 31.10.17