

neverabilities in Wind, Wave, Current and Shallow Water”, MARSIM & ICSM 90, of MARSIM & ICSM 90, Tokyo, 1990 Japan, pp.403-411.

14. Yudin Yu.I. Method of mathematical modeling of «Azipod» propulsive system (PS) performance/ Yu.I. Yudin, A.L. Boran-Keshishyan, S.N. Holichev, I.V. Glinskaia - Marine Intellectual Technologies № 3 (41) V. 1, GMTU, St. Peterburg – 2018, pp. 228-232.

## References

1. Zil'man G. I. Identifikaciya gidrodinami-cheskih koeficientov uravnenij upravlyae-mosti po so-vokupnosti rezhimov dvizheniya / G.I. Zil'man // Gidrodinamika tekhn. sredstv osvoeniya okeana. – L., 1985. – S. 41–49. – (Tr. NTO im. akad. A. N. Krylova).
2. Zil'man, G. I. Identifikaciya gidrodinamiche-skih koeficientov uravnenij upravlyaemosti kak zadacha mnogokriterial'noj optimizacii / G.I. Zil'man, A.A. Ter-Zahar'yan // Navigaciya i upravlenie sudnom.– L.: Transport, 1986. – Vyp. 433. – S. 29–35.
3. Spravochnik po teorii korablya. V 3 t. T. 1. Gidromekhanika. Soprotivlenie dvizheniyu sudov. Sudovye dvizhiteli / pod red. YA. I. Vojtkun-skogo. – L.: Sudostroenie, 1985. – 768 s.
4. Ejkkhof P. Osnovy identifikacii sistem upravleniya / P. Ejkkhof. – M.: Mir, 1975. – 432 s.
5. YUdin YU.I., Pashencev S.V., Stepahno R. G. Identifikacii matematicheskoy modeli sudna: monografiya / YU. I. YUdin, S. V. Pashencev, R. G. Stepahno. – M.: MORKNIGA, 2015. – 157 s.
6. YUdin YU.I. Identifikaciya modeli sudna – vazhnejshij element upravleniya bezopasnost'yu

moreplavaniya/YU.I. YUdin, R.G. Stepahno// Upravlenie bezopasnost'yu moreplavaniya i podgotovki morskikh specialistov: SSN, 2002: materialy 3-j mezhdunar. konf. (Kaliningrad, 27-29 noyabrya, 2002) BGARF, Kaliningrad, s.274-283, 2003.

7. YUdin YU.I. Raschyot aerodinamicheskikh usilij /YU.I. YUdin, G.YU. Ishchejkin//Morskie intellektual'nye tekhnologii/Marine intellectual technologies – 2019. - № 4 T.3.– S. 24-32.
8. YUdin YU. I. Teoreticheskie osnovy bezopasnyh sposobov manevrirovaniya pri vypolnenii tochechnoj shvartovki / YU. I. YUdin, S. V. Pashencev, G. I. Martyuk, A. YU. YUdin. – Murmansk: Iz-vo MGTU, 2009. S. 152.
9. Inoue S., Hirano M., Kijima K. Hydrodynamic derivatives on ship manoeuvring. //Int. Shipbuilding Progress. 1981, V.28, N.321.
10. Isherwood, R.M., 1972. Wind resistance of merchant ships. RINA Trans. 115, 327-338.
11. K. Kijima, et. al., “On the Maneuvering Performance of a Ship with the Parameter of Loading Condition”, SNAJ, Nov. 1990.
12. K. Kijima, et. al., “Prediction Method of Ship Maneuverability in Deep and Shallow waters”, MARSIM & ICSM, June, 4-7, 1990.
13. L. Meijing and W. Xiuheng, “Simulation, Calculation and Comprehensive Assessment in Ship Maneuverabilities in Wind, Wave, Current and Shallow Water”, MARSIM & ICSM 90, of MARSIM & ICSM 90, Tokyo, 1990 Japan, pp.403-411.
14. Yudin Yu.I. Method of mathematical modeling of «Azipod» propulsive system (PS) performance/ Yu.I. Yudin, A.L. Boran-Keshishyan, S.N. Holichev, I.V. Glinskaia - Marine Intellectual Technologies № 3 (41) V. 1, GMTU, St. Peterburg – 2018, pp. 228-232.

УДК 656.61.052

DOI: 10.34046/aumsuomt105/5

## УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТЕЧЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ПОВОРОТА СУДНА

*Н.В. Тришин, старший преподаватель*

В статье рассмотрено влияние течения на процесс поворота судна. Получены аналитические зависимости параметров движения судна с учетом влияния течения.

**Ключевые слова:** управление судном, влияние течения, поворот судна, полюс поворота судна.

## TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE CURRENT ON THE PROCESS OF TURNING THE VESSEL

*N. V. Trishin*

The article is dealt with current influence of ship's turning. The analytic relations for parameters of ship motion with current influence obtained.

**Keywords:** ship handling, current influence, ship's turning, pivot point of vessel.

**Введение:** При плавании судна на него действуют разнообразные внешние силы, которые могут иметь различное происхождение, например, гидродинамические, аэродинамические или механические. К ним относятся силы давления ветра, волнения моря, течения. Эти силы, обусловленные внешними источниками энергии, в большинстве случаев создают помехи

при маневрировании. Общность всех этих сил состоит в том, что, во-первых, внешние силы в каждый момент времени непредсказуемы, и, во-вторых, каждая из сил переменна во времени.

Среди внешних сил, всегда переменных во времени, можно выделить те, для которых зависимость от времени сравнительно невелика и ею можно пренебречь. Такие силы можно считать

постоянными внешними силами, которые характеризуются большим временем действия, а также неизменностью направления действия и величины. При этом направление действия может сохраняться как в осях, связанных с судном, так и в неподвижных осях. Среди всех возможных факторов, приводящих к появлению внешних сил, течение является наиболее стационарным, и при его учете вполне допустимо полагать, что сила, обусловленная им постоянна.

При плавании судна в акваториях с течением последнее оказывает заметное влияние на движение судна и значительно его затрудняет. Совпадение направления течения и курса судна ухудшает управляемость, увеличивает фактическую длину тормозного пути судна.

Течение оказывает значительное влияние на судно при выполнении им циркуляции. Следует, учитывая, что маневр поворота практически никогда не будет выполнен в полном соответствии с планируемой траекторией. Во-первых, сам процесс движения судна на циркуляции является в значительной степени случайным из-за тенденции поворота (рыскания) судна в момент перекладки руля, характера перекладки руля и «одерживания» рулевым, что приводит к разбросу траекторий движения судна на циркуляции. Во-вторых, еще более случайный характер придают циркуляции различия в загрузке и посадке судна (по отношению к стандартным), характер изменения глубин (в особенности на мелководье), влияние ветра на поворотливость судна и смещение судна по течению в процессе циркуляции на величину, пропорциональную времени поворота (рис. 1).

Так, на рис. 1 кривая 1 показывает циркуляцию судна без воздействия течения, а кривые 2 и 3 – при попутном и встречном течении соответственно со скоростью течения  $V_T$ .

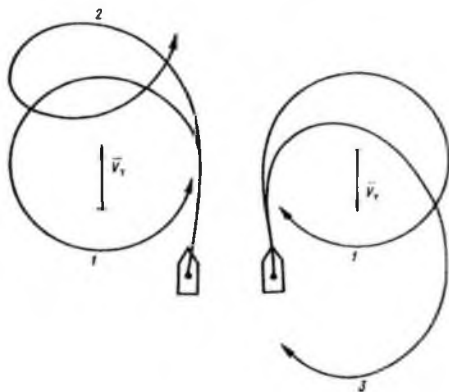


Рисунок 1 — Траектории движения судна на циркуляции при воздействии течения

Влиянию течения на процесс маневрирования судна посвящены публикации многих авторов [1-3]. Так, в книге [3], автор указывает, что силы от воздействия ветра и течения обычно взаимосвязаны как факторы, которыми судоводитель не может управлять. Течение оказывает прямое воздействие на подводную часть судна и не прямое воздействие, выраженное в инерции движения, проявляющееся после того, как судно изменяет курс или выходит из полосы течения. Судно приобретает инерцию движения по направлению течения, действию которого оно перед этим подвергалось.

**Цель работы:** Целью данной статьи является аналитическая оценка учета влияния течения при маневрировании судна.

**Основная часть:**

Рассмотрим движение судна в неподвижной в пространстве системе координат  $O\xi\eta$ , расположенной таким образом, что положительное направление оси  $O\xi$  совпадает с направлением прямого курса, а положительное направление оси  $O\eta$  принято в сторону правого борта судна.

Процесс поворота судна на течении можно разбить на 4 участка, в зависимости от соотношения угла скорости  $\phi$  (угла траектории, т.е. угла между касательной к траектории и осью  $O\xi$ ) и направления течения  $\beta$  как показано на рисунке 2.

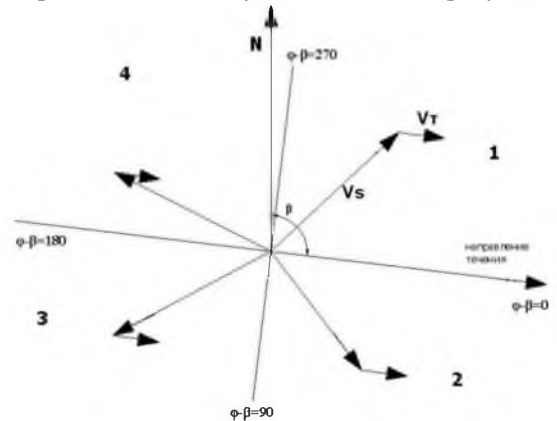


Рисунок 2 — Векторы скоростей на участках циркуляции судна при течении

Таким образом, течение можно рассматривать как некоторую переносную скорость воды, в которой судно совершает относительное движение. Поэтому влияние прямолинейного течения сводится к переносу движущегося произвольным образом судна со скоростью течения.

В любой момент времени скорость судна равна:

$$\vec{V} = \vec{V}_S + \vec{V}_T;$$

где  $V_S$  – скорость центра тяжести судна на тихой воде при тех же оборотах двигателя;  $V_T$  – скорость течения.

Рассмотрим движение судна при пере­кладке руля влево (совершении левой циркуля­ции) на участке 1.

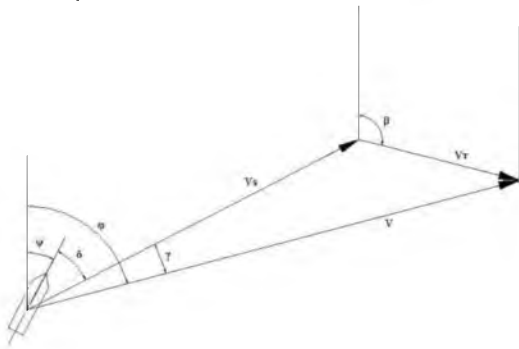


Рисунок 3 — Движение судна на участке 1

Очевидно, что по сравнению с движением на тихой воде для данного участка циркуляции угол дрейфа увеличится на величину  $\gamma$ . Легко определить, что

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{V_T}{V_S} \cdot \sin(\beta - \varphi)\right);$$

где  $\beta$  – направление течения.

Следовательно,  $\gamma > 0$  при  $180 < \varphi - \beta < 360$  и  $\gamma < 0$  при  $0 < \varphi - \beta < 180$ .

Найдем угол дрейфа на левой циркуляции:

$$\delta_{л}' = \delta_{л} + \gamma = \varphi - \psi;$$

где  $\delta_{л}$  – угол дрейфа при совершении левой циркуляции на тихой воде.

Таким образом, при левой циркуляции угол дрейфа судна уменьшается за счет течения на величину  $|\gamma|$  при  $0 < \varphi - \beta < 180$ , а при  $180 < \varphi - \beta < 360$  увеличивается на величину  $|\gamma|$  по сравнению с циркуляцией на тихой воде.

Скорость судна относительно грунта  $V$  может быть найдена как:

$$V = \sqrt{V_S^2 + V_T^2 + 2 \cos(\varphi - \beta - \gamma)}; \quad (1)$$

При пере­кладке руля вправо (при совершении правой циркуляции) выражения для определения  $\gamma$  и  $V$  аналогичны. Однако, угол дрейфа на правой циркуляции рассчитывается как:

$$\delta_{п}' = \delta_{п} - \gamma = \psi - \varphi;$$

Таким образом, при совершении правой циркуляции угол дрейфа судна увеличивается за счет течения на величину  $|\gamma|$  при  $0 < \varphi - \beta < 180$ , а при  $180 < \varphi - \beta < 360$  уменьшается на величину  $|\gamma|$  по сравнению с циркуляцией на тихой воде. Скорость судна относительно грунта находится также по формуле (1).

Судно не испытывает никакого вращательного эффекта за счет течения, находясь в равномерном потоке течения и двигаясь без воздействия внешних сил. На управляемости судна прямолинейное течение влияния не оказывает, но заметно изменяет траекторию его движения. Так,

циркуляция, выполненная по течению, увеличивает выбег судна по курсу вследствие сноса. Это обстоятельство необходимо учитывать для избе­жания навала на суда, стоящие на якоре, при раз­воротах на течениях.

Рассмотрим движение судна при совершении правой циркуляции, как показано на рисунке 4.

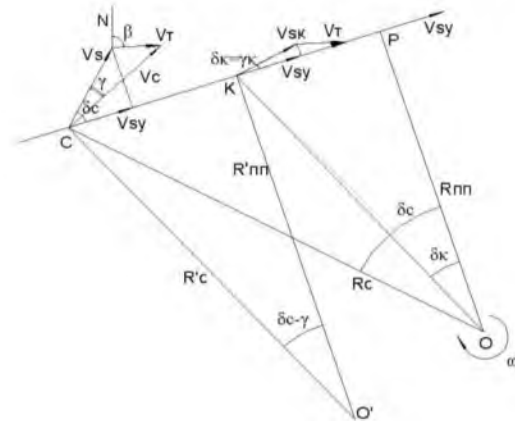


Рисунок 4 — Движение судна при совершении правой циркуляции

Диаметральная плоскость судна обозна­чена  $CP$ . В точке  $P$  находится полюс поворота судна при движении на тихой воде с углом дрейфа  $\delta_c$ , а расстояние от центра тяжести  $C$  до полюса поворота  $P$  равно:

$$l_{III} = CP = R_C \cdot \sin \delta_C; \quad (2)$$

При движении судна с учетом течения полюс поворота перемещается в точку  $K$ . При этом  $\delta_k = \gamma_k$ .

Расстояние от центра тяжести  $C$  до полюса поворота с учетом течения  $K$  равно:

$$l'_{III} = CK = R_C \cdot \sin(\delta_C - \gamma); \quad (3)$$

Очевидно, что

$$\operatorname{tg} \delta_k = \frac{KP}{R_{III}} = \frac{l_{III} - l'_{III}}{R_{III}}; \quad (4)$$

Легко найти, что на правой циркуляции

$$\operatorname{tg} \delta_k = \frac{V_T \cdot \sin(\beta - \psi)}{V_S \cdot \cos \delta_C}; \quad (5)$$

Следует отметить, что, если  $0 < \beta - \psi < 180$ , то  $\operatorname{tg} \delta_k > 0$  и полюс поворота смещается в корму, а при  $180 < \beta - \psi < 360$ , то  $\operatorname{tg} \delta_k < 0$  и полюс поворота смещается в нос.

С учетом выражений (2) и (3) выражение (4) принимает вид:

$$\operatorname{tg} \delta_k = \frac{R_C}{R_{III}} \cdot \sin \delta_C - \frac{R'_C}{R_{III}} \cdot \sin(\delta_C - \gamma) = \operatorname{tg} \delta_C - \frac{l'_{III}}{R_{III}} = \operatorname{tg} \delta_C - \frac{l'_{III}}{l_{III}} \cdot \operatorname{tg} \delta_C;$$

При делении на  $\operatorname{tg} \delta_C$ , получим:

$$\frac{l'_{III}}{l_{III}} = 1 - \frac{\operatorname{tg} \delta_k}{\operatorname{tg} \delta_C};$$

Отсюда, находя  $\operatorname{tg} \delta_k$  по формуле (5), получаем формулу для расчета положения полюса поворота на течениях:

$$l'_{III} = l_{III} \cdot \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \delta_k}{\operatorname{tg} \delta_C}\right) = l_{III} \cdot \frac{V_S \cdot \sin \delta_C - V_T \cdot \sin(\beta - \psi)}{V_S \cdot \sin \delta_C};$$

Судно будет вращаться вокруг центра тяжести при  $l'_{III} = 0$ , т.е. когда выполняется условие:

$$V_S \cdot \sin \delta_C = V_T \cdot \sin(\beta - \psi);$$

Мгновенное значение радиуса циркуляции на течении рассчитывается по формуле:

$$R'_{III} = R_{III} \cdot \frac{V_S \cdot \sin \delta_C - V_T \cdot \sin(\beta - \psi)}{V_S \cdot \sin(\delta_C - \gamma)};$$

Автором были проведены опыты на судне "PALANA" по определению положения полюса поворота при совершении судном циркуляций на полном ходу с углом перекладки руля 10, 20, и 28 градусов. При обработке результатов было установлено, что влияние течения меняет характер изменения положения полюса поворота, при этом относительная погрешность может превышать 30 %. Это обстоятельство необходимо учитывать при автоматизации управления судном в условиях ограниченной акватории и при наличии навигационных опасностей.

УДК 656. 61. 085

DOI: 10.34046/aumsuomt105/6

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТРУКТУРИРОВАНИЮ АВАРИЙНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

*А.Л. Боран-Кешишьян, кандидат технических наук, доцент  
А.П. Ремнев, старший преподаватель*

В статье даются конкретные рекомендации по структурированию современного экипажа транспортного судна для эффективной борьбы с пожаром. Определены основные обязанности лиц командного состава и аварийных подразделений судна, принципы управления экипажем.

**Ключевые слова:** аварийная организация, стандартизация, обязанности и действия при борьбе с пожаром, подготовка экипажей судов, борьба с пожаром.

## RECOMMENDATIONS ON STRUCTURING THE EMERGENCY ORGANIZATION OF A TRANSPORT VESSEL

*A.L. Boran-Keshishyan, A.P. Remnev*

The article gives specific recommendations for structuring a modern crew of a transport vessel for effective fire fighting. The main duties of the persons of the command staff and emergency units of the vessel, the principles of crew management are defined.

**Key words:** emergency organization, standardization, duties and actions in the fight against fire, training of ship crews, fire fighting.

Важнейшим фактором эксплуатации судов является безопасность мореплавания и охрана человеческой жизни на море. Эта составляющая безаварийной эксплуатации флота основывается на комплексе организационных и технических мероприятий, направленных на реализацию национальных и международных требований в области безопасности мореплавания и предотвращения загрязнения окружающей среды.

Из всех видов бедствий, которые случаются на судах, пожар — самое страшное. При этом примерно на 1,8% всех судов мира хотя бы

**Выводы:** Аналитически решена задача определения параметров движения и изменения положения полюса поворота при маневрировании судна в условиях влияния течения. Полученные результаты могут быть использованы для учета влияния течения при синтезе математических моделей движения судна.

### Литература

1. Першиц Р.Я. Управляемость и управление судном. — Л.: Судостроение, 1983. — 272 с.
2. Шарлай Г.Н. Управление морским судном. — Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2011. — 543 с.
3. Хойер Генри Х. Управление судами при маневрировании: пер. с англ./Генри Х. Хойер — М.: Транспорт, 1992. — 101 с.

### References

1. Pershic R.YA. Upravlyaemost' i upravlenie sudnom. — L.: Sudostroenie, 1983. — 272 s.
2. SHarlay G.N. Upravlenie morskim sudnom. — Vladivostok: Mor. gos. un-t, 2011. — 543 s.
3. Hojer Genri H. Upravlenie sudami pri manevrirovanii: per. s angl./Genri H. Hojer — M.: Transport, 1992. — 101.

один раз звучал сигнал пожарной тревоги. Статистика морских катастроф неумолимо свидетельствует, что только за последние десять лет от огня пострадало свыше 4,5 тысяч судов мирового флота. Более 26% из них были уничтожены полностью. Как гласит статистика, около 25% всех пожаров случаются в море или на рейде, 75% всех пожаров происходит при стоянке судна в порту — из них порядка 42% происходит на судах, стоящих на судоремонтных предприятиях.

При борьбе с пожаром на судне важны: