

REFERENCES

1. Callan, Robert. *Essence of neural networks*. Prentice Hall PTR, 1998.
2. Haykin, Simon. "A comprehensive foundation." *Neural Networks* 2.2004 (2004).
3. Vedyakova, A.O. "Neural network approach for identification under external disturbance." *International Journal of Open Information Technologies* 2.3 (2014): 18-22.
4. Ebada, Adel. Intelligent techniques-based approach for ship maneuvering simulations and analysis (Artificial Neural Networks Application): Doktor-Ing. genehmigte Dissertation. Institute of Ship Technology und Transport Systems. 2007.
5. Moreira, L., and C.G. Soares. "Dynamic model of maneuverability using recursive neural networks." *Ocean Engineering* 30 (2003): 1669-1697.
6. Sazonov, A.E., and Deryabin V.V. "Forecasting to paths of the motion ship with the help of neyronnoy network." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 3(22) (2013): 6-13.
7. Nguyen, H.M., and Z. Chi. "Improving GPS/INS Integration through Neural Networks." *Journal of Telecommunications* 2(2) (2010): 1-6.
8. Xu, T., X. Liu, and X. Yang. "A Novel Approach for Ship Trajectory Online Prediction Using BP Neural Network Algorithm." *Advances in information Sciences and Service Sciences (AISS)* 4(11) (2012): 271-277.
9. Deryabin, V.V. "Vessel's drift speed prediction on basis of neural network." *Transport business of Russia* 5 (2014): 3-7.
10. Deryabin, V.V. "Model ship traffic above the horizontal plane." *Transport business of Russia* 6 (2013): 60-67.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Дерябин Виктор Владимирович –
кандидат технических наук.
Арктический морской институт
имени В.И. Воронина –
филиал ФГБОУ ВО «Государственный
университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»
gmavitder@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Deryabin Victor Vladimirovich –
Candidate of Engineering.
Vladimir Voronin Arctic Maritime Institute –
Arkhangelsk brunch
of the Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
gmavitder@mail.ru

УДК [656.052.55+629.5.035]:629.5.018.71:004.4.942

С. А. Агарков

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА ПРИ ДВИЖЕНИИ ЛАГОМ НА УПРАВЛЕНИЕ ПО ОТКЛОНЕНИЯМ

Учеными всего мира разрабатываются инновационные способы управления судном с использованием современных средств судовождения для повышения безопасности судовождения и оптимизации затрат времени на проведение судовых ключевых операций. Один из таких способов использован в настоящей работе — это управление судном по отклонениям от линии, называемой прицельной. В данной работе рассмотрено влияние ветра на управление танкером по отклонениям. При этом танкер выполняет третий этап швартовной операции, т.е. движется лагом под действием системы управления по отклонениям. Рассмотрена оценка возможности выполнения такого маневрирования в случае действия траверсного ветра при управлении танкером с помощью носового и кормового подруливающих устройств. На рисунках представлены траектории танкера при различной скорости ветра и различных импульсах тяги.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, моделирование движения судна, влияние ветра, моделирование подруливающего устройства, математическая модель.

О ПИСАННЫЕ в статье [1] испытания проводились в условиях движения лагом и ветрового воздействия, но без управления танкером с помощью изменения тяг подруливающих устройств. В данной статье рассматривается поведение управляемого по отклонениям танкера в условиях действия ветра. Модельные испытания проводились при условии, когда ветер действует с траверсного направления. Это вызвано тем, что мы рассматриваем следование за прицельной линией (ПЛ) [2] — [7], не вводя понятия *прицельной точки на ней*. В данном случае речь идет об управлении с выходом на перекрестье, что не является темой текущих исследований, но является темой исследований коллектива кафедры судовождения Мурманского государственного технического университета [8], [9]. При следовании к перекрестью невозможно обойтись одними подруливающими устройствами, необходима работа главного движителя танкера, обеспечивающего его продольное перемещение. В настоящей статье рассматривается только работа подруливающих устройств.

Представим результаты модельных испытаний маневров танкера, когда на него действует ветер с направления 150° со скоростью $v_a = 10$ м/с. Начальный курс танкера 60° , максимальная тяга ПУ 20 кН, импульс тяги 0,5 кН. В статье [1] была представлена траектория движения танкера при тех же условиях, но в отсутствии ветра (линия 1 на рис. 1). Напомним, что петля траектории связана с достижением ПЛ. В случае действия ветра со скоростью $v_a = 10$ м/с траектория существенно меняется (линия 2 на рис. 1). Управление не справляется с задачей — ветер такой силы относит танкер от ПЛ (прямая 3 на рис. 1). Но в пользу управляющей системы отметим, что танкер не развернулся под действием ветра, а дрейфует лагом к ветру, что удостоверяет положение танкера на правом поле. Следовательно, систему управления по отклонениям можно использовать также при организации дрейфа танкера в определенном положении к ветру. Результат вполне ожидаем, так как общее поперечное усилие (ПУ) составляет 40 кН, поперечное ветровое усилие — 79 кН.

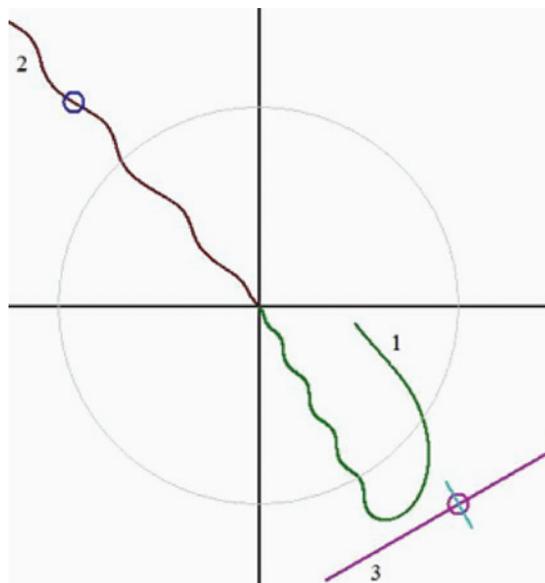


Рис. 1. Две траектории танкера в отсутствии ветра (1) и при действии ветра с направления 150° силой 10 м/с (линии 2 и 3) (радиус масштабной окружности 300 м)

Проведем ряд испытаний, изменив следующие параметры системы управления: предельную тягу подруливающих устройств на 110 кН и импульс изменения тяги. Результаты испытаний приведены на рис. 2. Во всех случаях при такой максимальной тяге система управления выполняет поставленную задачу, подходя к ПЛ. Качество управления при этом зависит от величины импульса изменения тяги, хотя это видно зрительно по рысканию танкера на приведенных траекториях. Зрительное впечатление подтверждается и при подсчете критериев качества Q_1 и Q_2 , значения которых приведены в следующей таблице.

**Критерии качества управления для пяти значений импульсов тяг ПУ
($T = 110$ кН, число точек 1700)**

dT , кН	2	5	10	15	20
Q_1	0,3645	0,2624	0,2267	0,2166	0,2081
Q_2	0,0096	0,0097	0,0095	0,0094	0,0094

Они были введены ранее в целях исследования эффективности управления. Оба критерия уменьшаются с ростом величины импульса, что подтверждает рост качества управления.

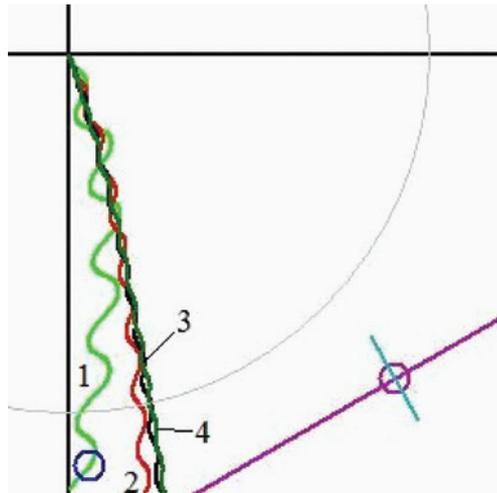


Рис. 2. Четыре траектории танкера при максимальной тяге ПУ 110 кН и различных импульсах управления тягой:
 $dT = 2$ кН (линия 1), $dT = 5$ кН (линия 2), $dT = 10$ кН (линия 3), $dT = 15$ кН (линия 4) — радиус масштабной окружности 300 м

Этим доказывается, что для ветра, произвольно действующего с траверзного направления, со стороны прицельной линии можно подобрать максимальную тягу подруливающих устройств танкера и импульс тяги так, чтобы система управления по отклонениям работала эффективно. Подтвердим это не только данными рис. 2, но и результатами испытаний с переменной силой ветра. В этих испытаниях задавался ветер со скоростью $v_a = 7 - 9$ м/с и последовательно находилась величина максимальной тяги, при которой система управления по отклонениям решала задачу выхода на ПЛ. Эти результаты приведены на рис. 3, где обозначены три траектории движения управляемого танкера при различной скорости ветра и максимальной тяге ПУ. Линия 1 траектория при скорости ветра $v_a = 7$ м/с и $T = 50$ кН, линия 2 при скорости ветра $v_a = 8$ м/с и $T = 70$ кН, линия 3 при скорости ветра $v_a = 9$ м/с и $T = 80$ кН. ПЛ — линия 4. Она приведена для третьей траектории на 1533 с движения на рис. 3, а вместе с положением танкера на рис. 3, б. Хорошо видно правильное расположение танкера по отношению к ПЛ при подходе к ней, т.е. задача управления решена.

Таким образом, рассмотрена проблемы управляемости танкера при встречном траверсном ветре. Дело в том, что попутный ветер способствует управлению по отклонениям, уменьшая рыскания танкера и увеличивая качество управления. Так, при ветре со скоростью $v_a = 10$ м/с с направления 330° критерии качества управления $Q_1 = 0,0883$, $Q_2 = 0,0090$, в то время как при встречном ветре с направления 150° эти критерии в лучшем варианте равны $Q_1 = 0,2081$, $Q_2 = 0,0094$ (в таблице правый крайний столбец). Именно поэтому здесь не приводятся подробные результаты подобных экспериментов с попутным ветром, поскольку он не порождает особых проблем в управлении.

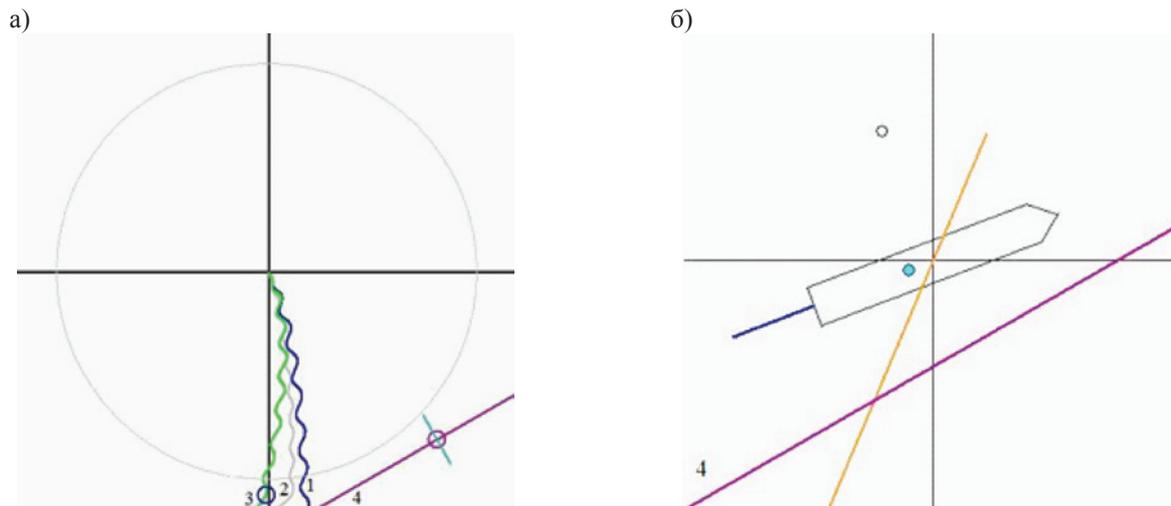


Рис. 3. Траектории управляемого танкера при различной скорости ветра v_a и максимальной тяге ПУ: $v_a = 7$ м/с, $T = 50$ кН (линия 1); $v_a = 8$ м/с, $T = 70$ кН (линия 2); $v_a = 9$ м/с, $T = 80$ кН (линия 3); прицельная линия (линия 4)

Вывод

Показана работоспособность системы управления танкером по отклонениям от ПЛ, при условии, что танкер движется лагом при действии траверсного ветра, а управление по отклонениям реализуется импульсным изменением тяг носового и кормового подруливающих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агарков С. А. Анализ результатов моделирования движения танкера в условиях ветровых нагрузок / С. А. Агарков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 4 (32). — С. 16–22.
2. Пат. 2509031 РФ, МПК В 63 Н 25/52. Способ управления судном при выполнении им швартовочной операции к борту судна партнера, стоящего на якоре / Ю. И. Юдин, В. В. Иванов, С. Н. Холичев [и др.]; заявитель и патентообладатель Мурман. госуд. техн. ун-т. № 2012143196/11; Заявлено 09.10.2012; опубл. 10.03.2014. Бюл. № 7. — 9 с.
3. Юдин Ю. И. Способ управления судном при выполнении им швартовочной операции к борту судна, стоящего на якоре. / Ю. И. Юдин, С. Н. Холичев, С. О. Петров // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2013. — Т. 16. — № 1. — С. 187–192.
4. Холичев С. Н. Моделирование процесса швартовки к борту судна-партнера на финальном этапе сближения судов «борт к борту» с использованием инновационного способа управления судном / С. Н. Холичев, С. А. Агарков // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2015. — Т. 18. — № 1. — С. 88–93.
5. Холичев С. Н. Моделирование процесса швартовки к борту судна-партнера с использованием инновационного способа управления судном / С. Н. Холичев, Ю. И. Юдин, С. О. Петров // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2015. — Т. 18. — № 1. — С. 81–87.
6. Юдин Ю. И. Моделирование процесса управляемого движения судна вдоль линии положения. / Ю. И. Юдин, С. В. Пашенцев // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2013. — Т. 16. — № 1. — С. 141–147.
7. Юдин Ю. И. Моделирование управляемого движения судна по произвольной траектории. / Ю. И. Юдин, С. В. Пашенцев // Эксплуатация водного транспорта. — 2012. — № 3 (69). — С. 32–36.
8. Петров С. О. Стратегия управления движением танкера на перекрестии / С. О. Петров, С. А. Агарков // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2015. — Т. 18. — № 1. — С. 55–59.
9. Петров С. О. Моделирование движения танкера на нефтяном терминале в открытом море при управлении на перекрестии / С. О. Петров, Ю. И. Юдин, С. Н. Холичев // Вестник МГТУ: тр. Мурман. гос. техн. ун-та. — 2015. — Т. 18. — № 3. — С. 60–67.

WIND EFFECT ON OPERATION BY DEVIATIONS DURING BROADSIDE MOTION

Scientists all around the world develop innovative ways of vessel operation with the use of modern means of navigation to improve the safety of navigation and optimize the time spent on carrying out the key shipboard operations. One such method the authors used in the present work is the management of the vessel on deviations from the line called the sighting. This article shows the influence of wind on tanker operation by the deviations. The third stage performs tanker mooring operation, i.e. moves broadside under action of operation system by the deviations. Ability to perform such maneuver under the action of wind on the side of the tanker appreciated. The figures show the trajectory of the tanker at different wind speeds and thrust impulse.

Key words: computer modeling, vessel motion modeling, wind effect, thruster modeling, mathematical model.

REFERENCES

1. Agarkov, Sergei Anatolevich. "Tanker motion modeling results analysis under the wind." *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 4(32) (2015): 16–22.
2. Yudin, Yurii Ivanovich. Sposob upravlenija sudnom pri vypolnenii im shvartovnoi operacii k bortu sudna partnera, stojashego na jakore. Rossiiskaja Federacija, assignee. Patent 2509031. 9 Oct. 2010. Print. — 9 p.
3. Yudin, Yurii Ivanovich, S. N. Holichev, and S. O. Petrov. "Sposob upravlenija sudnom pri vypolnenii im shvartovnoi operacii k bortu sudna, stojashego na jakore." *Vestnik of MSTU* 16.1 (2013): 187–192.
4. Holichev, Sergei Nikolaevich, and S. A. Agarkov. "Modeling of mooring to the partner vessel at the final stage of "side to side" approach using innovative vessel's steering methods." *Vestnik of MSTU* 18.1 (2015): 88–93.
5. Holichev, Sergei Nikolaevich, Yu. I. Yudin, and S. O. Petrov. "Modeling of the mooring to the partner vessel using innovative vessel's steering methods." *Vestnik of MSTU* 18.1 (2015): 81–87.
6. Yudin, Yurii Ivanovich, and Sergej Vladimirovich Pashencev. "Modelirovanie processa upravljajemogo dvizhenija sudna vdol linii polozhenija." *Vestnik of MSTU* 16.1 (2013): 141–147.
7. Yudin, Yurii Ivanovich, and S. V. Pashentsev. "Modeling of controlled ship moving along wild trajectory." *Yekspluatacija morskogo transporta* 3 (2012): 32–36.
8. Petrov, Sergei Olegovich et al. "Strategy of management of tanker movement in the crosshair." *Vestnik of MSTU* 18.1 (2015): 55–59.
9. Petrov, Sergei Olegovich, Ju. I. Judin, and S. N. Holichev. "Modelirovanie upravljajemogo dvizhenija sudna po proizvolnoi traektorii." *Vestnik of MSTU* 18.3 (2015): 60–67.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Агарков Сергей Анатольевич —
доктор экономических наук, профессор, ректор.
ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный
технический университет»
AgarkovSA@mstu.edu.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Agarkov Sergey Anatolievich —
Doctor of Economy, professor, Rector.
MSTU Murmansk State Technical University
AgarkovSA@mstu.edu.ru

УДК 655.62.052.4

**А. А. Ершов,
А. В. Теренчук**

ПРАКТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА ПО БОРТОВОЙ КАЧКЕ СУДНА

Параметрический резонанс — одно из наиболее опасных явлений, возникающих при качке судна в условиях шторма. При определенных условиях параметрического резонанса неповрежденное и правильно загруженное судно может опрокинуться в течение нескольких секунд. В современных условиях прогнозирование параметрического резонанса представляет собой достаточно сложную задачу. Судоводителю