



УДК629.5.015.3

В.Я.Бычков, студент электромеханического факультета ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СУДНА С КОЛЕСНЫМ ДВИЖИТЕЛЬНО-РУЛЕВЫМ КОМПЛЕКСОМ ПРИ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Ключевые слова: судно, компьютерное моделирование, колесно-двигательный рулевой комплекс, ветровое воздействие.

Проведено компьютерное моделирование движения судна с колесным движительно-рулевым комплексом при различных ветровых воздействиях.

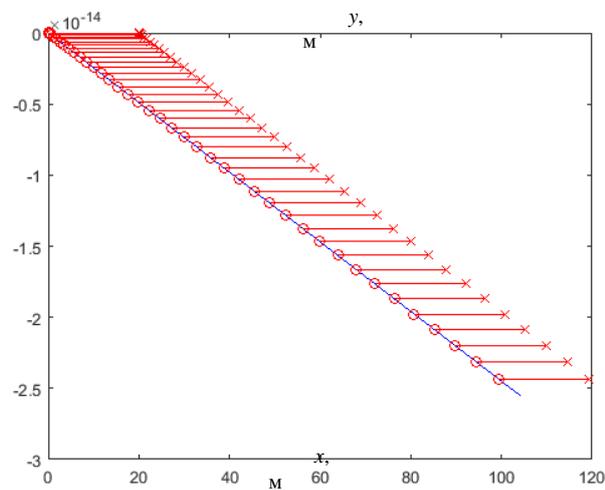
С 2010 года в России ведется строительство судов с колесным движительно-рулевым комплексом (КДРК). Сейчас эксплуатируются три пассажирских теплохода проекта ПКС-40 «Сура», «Колесовъ» и «Доброходъ» [1,2].

Для создания систем управления теплоходами ПКС-40 была разработана математическая модель комплекса корпус-судно – система управления, позволившая изучить динамические характеристики этого типа судов и обосновать требования к их системам управления [3,4,5,6,7]. Математическая модель позволила изучать влияние ветрового воздействия (которое оказалось весьма значительным [8]) и оценить качественные показатели системы удержания судна на курсе при внешних воздействиях [9,10].

Сейчас ведется строительство судов с КДРК нового проекта ПКС-180, имеющих значительно большие размеры, а следовательно, большую парусность. В связи с этим возникла необходимость более подробного исследования влияния ветра на судно для синтеза алгоритмов управления, обеспечивающих компенсацию влияния ветра при управлении судном. На кафедре радиоэлектроники разрабатывается модель судна с КДРК проекта ПКС-180. В данной работе для проверки адекватности модели рассмотрены простейшие случаи воздействия ветра на судно при разных режимах движения.

На рис. 1 представлены перемещения судна при встречном и попутном ветре с выключенным КДРК (скорость ветра $v = 10$ м/с, время расчета 400 с). Положение корпуса судна отражено линией (о – корма судна, х – нос судна, длина линии не привязана к размерам судна). Встречный и попутный ветер должны смещать судно в продольной плоскости и не создавать вращающий момент. За счет обтекаемой цилиндрической формы носовой части судна смещение назад при встречном ветре будет меньше, чем при ветре в корму (рис. 1). Отклонение по оси ординат составляет 10^{-14} м (является погрешностью вычисления).

у,
М



х,
М

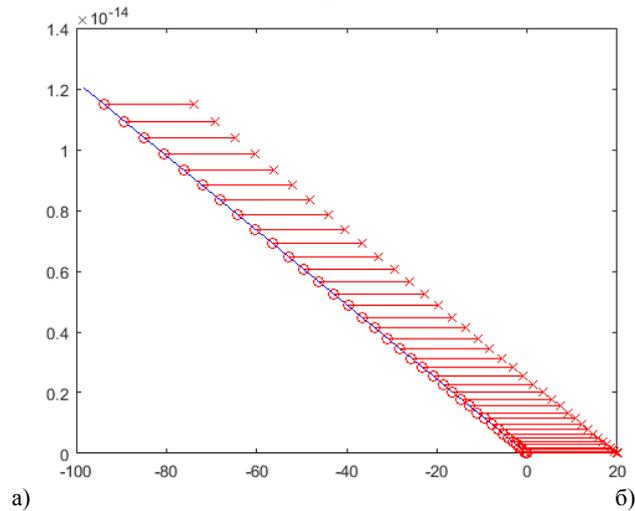


Рис 1. Смещение судна при воздействии ветра: а) попутного; б) встречного

На рис. 2 представлены разгонные характеристики при разной скорости ветра (частота вращения гребных колес $n_1 = n_2 = n = 0,2375$ 1/с). При данной частоте вращения гребных колес (50% от максимального значения), влияние ветра сказывается лишь при его значениях от 5 м/с.

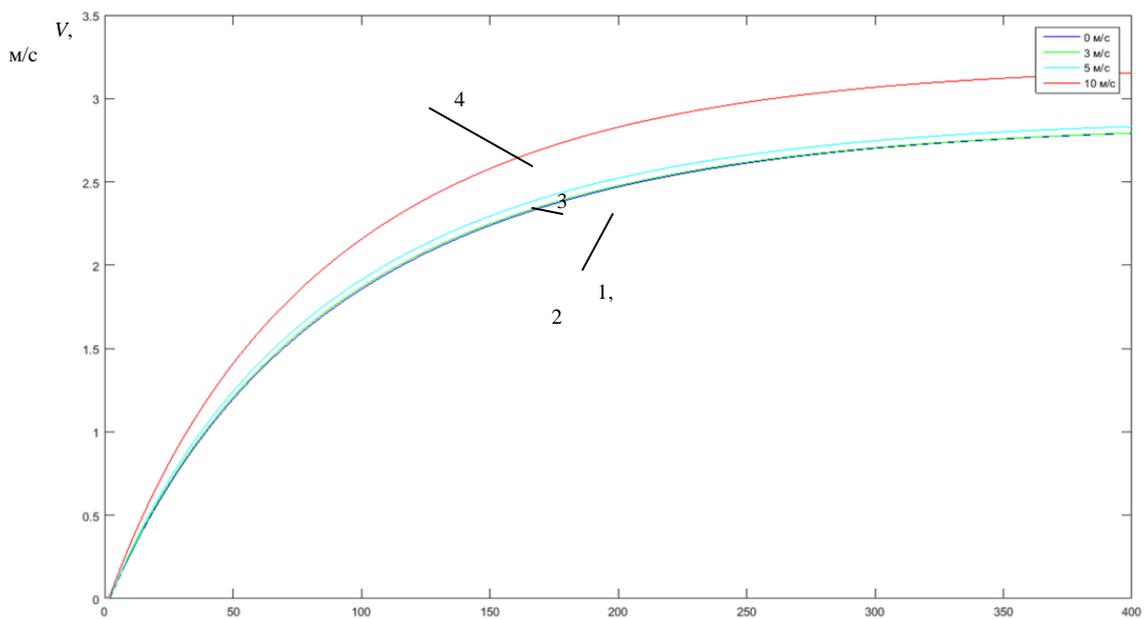


Рис. 2. Разгонные характеристики при разной скорости ветра: 1) 0 м/с; 2) 3 м/с; 3) 5 м/с; 4) 10 м/с.

t, с

Обобщенные характеристики влияния ветрового воздействия на скорость судна при различных частотах вращения гребных колес представлены на рис. 3. Очевидно, что влияние ветра наиболее заметно при малых скоростях движения судна. При максимальной частоте вращения гребных колес $n = 0,475$ 1/с влияние силы ветра в диапазоне $v = 0 - 10$ м/с практически незаметно.

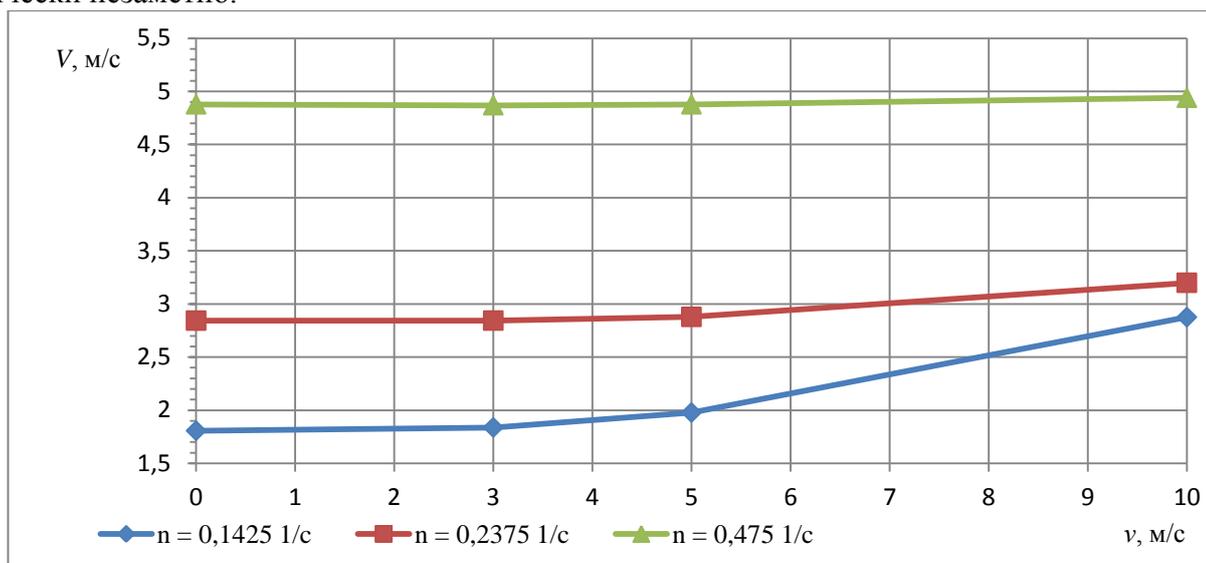


Рис. 3. Зависимость установившейся скорости движения от скорости попутного ветра

Судно ПКС-180 имеет площадь боковой поверхности около 600 м^2 , причем центр парусности смещен на 7 метров к корме от центра масс. При боковом ветре возникает существенный разворачивающий момент, изменяющий положение корпуса судна.

На рис. 4 представлены траектории движения судна при ветре в правый борт ($v = 5$ м/с). В начальном положении судно неподвижно (частота вращения колес $n = 0$ 1/с). При $t = 0$ с включается КДРК, судно начинает двигаться с заданным значением n . Управление курсом не производится (оба колеса вращаются с одинаковой частотой $n_1 = n_2 = \text{const}$). Под влиянием ветра корпус судна начинает разворачивать вправо кривая 1 на рис. 3). За счет упора, создаваемого вращением гребных колес, судно начинает набирать скорость. При малой частоте вращения колес $n = 0,2285$ 1/с судно движется в противоположную от начального направления сторону.

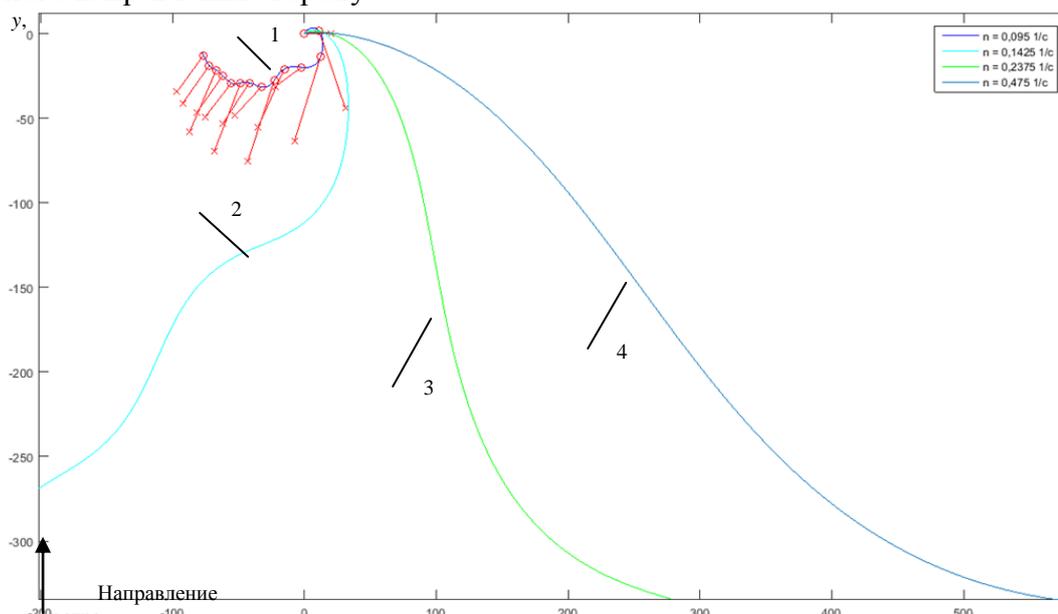


Рис. 4. Траектория движения при боковом воздействии ветра (ветер на $\pi/2$, скорость ветра 5 м/с) в зависимости от n :

1) $n = 0,095$ 1/с; 2) $n = 0,1425$ 1/с; 3) $n = 0,2375$ 1/с; 4) $0,475$ 1/с

В связи с тем что центр парусности корпуса смещен к корме, ветровое воздействие в борт и под углом в корму создают сильный вращающим момент, изменяя курс судна (угол курса отклоняется в сторону противоположную направлению ветра, кривые 2, 3, 4 на рис. 3).

На рис. 5 показана траектория движения судна при различных углах направления ветра. В начальном положении частота вращения колес равна 0. В момент времени $t = 0$ с колеса КДРК начинают вращаться с частотой $n = 0,2375$ 1/с, при этом частота обоих колес одинакова ($n_1 = n_2 = \text{const}$). Расчетные кривые 1 и 2 (рис. 5) получены для направлений ветра $\pi/4$ и $\pi/2$, соответственно. Силы, создаваемые ветром, меняют курс судна, отклоняя его вправо из-за большей площади воздействия ветра на борт и корму судна. Кривая 3 (рис. 5) получена для направления ветра $3\pi/4$. Ветер воздействует на корпус со стороны носа, создавая вращающий момент отклоняющий курс судна влево. В дальнейшем, во всех трех случаях, судно выходит на траекторию напоминающую затухающую синусоиду. Причиной такого движения является изменение направления вращающего момента, создаваемого ветровым воздействием при прохождении положения, где вращающий момент формируемый воздействием ветра на борт и нос судна уравниваются друг друга (для судов проекта ПКС-180 это соответствует направлениям в 148° и 212° относительно главной оси судна).

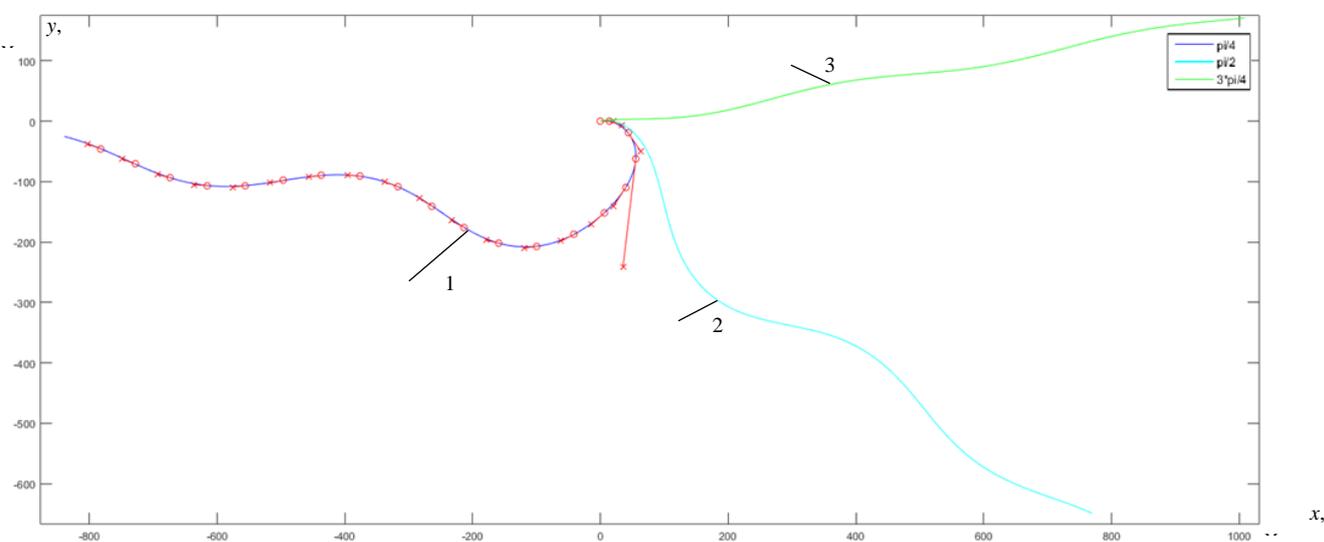


Рис. 5. Траектория движения судна при различных направлениях ветра ($n = 0,2375$ 1/с, скорость ветра 5 м/с):
1) на $\pi/4$; 2) на $\pi/2$; 3) на $3\pi/4$.

Результаты моделирования не противоречат законам физики, что говорит об адекватности созданной модели судна.

Список литературы:

- [1] Галкин Д.Н. и др. Уникальный туристический теплоход, или как развивать отрасль в современных условиях. // Речной транспорт (XXI век). 2016. – № 2(78). – с. 21-23.
- [2] Галкин Д.А., Малый Ю.А. От «Суры» к «Золотому кольцу». // Речной транспорт (XXI век) 2015. – №2(73). – с. 32-33.
- [3] Грошева Л.С., Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющев В.И. Контроль вектора тяги колесного движительного комплекса теплохода – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2011. – № 3 – С.10-15.
- [4] Грошева Л. С. , Мерзляков В.И., Плющев В.И. Синтез алгоритма управления движением судна с колесным движительно-рулевым комплексом – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. № 2. С. 34-39.

- [5] Грошева Л. С. , Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Разработка алгоритма управления движением колесного судна с использованием виртуального руля – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология.2013. № 1. С. 17–22.
- [6] Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Плющаев В.И. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом – Речной транспорт (XXI век). Москва. № 6. 2014 – с.29-31
- [7] Грошева Л.С, Мерзляков В.И., Перевезенцев С.В., Плющаев В.И. Разработка комплексной системы контроля и управления на базе промышленных контроллеров FASTWEL – Современные технологии автоматизации. №3.-Москва, 2015.- с. 22-26
- [8] Грошева Л.С., Соловьев Д.С., Плющаев В.И. Моделирование динамики судна с колесным движительно-рулевым комплексом с учетом ветрового воздействия – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология.2013. № 2. С. 17–22.
- [9] Соловьев Д.С., Плющаев В.И. Снижение влияния внешних воздействий на процесс удержания судна с колесным движителем на курсе – Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 40. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2014. – с. 61-65
- [10] Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движителем на курсе – Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – с.47-56

**COMPUTER SIMULATION OF THE MOVEMENT OF THE VESSEL
WITH WHEELED PROPULSION-STEERING COMPLEX
UNDER WIND EFFECTS**

V.Y. Bychkov

Key words: ship, computer simulation, wheel-propulsion steering complex, wind effect.

Computer modelling of the movement of the vessel with wheeled propulsion-steering complex with different wind impacts.