

**Анализ устойчивости установившихся режимов движения катамарана с ветродвигателем.**

**Научный руководитель – Самсонов Виталий Александрович**

**Гарбуз Михаил Андреевич**

*Студент (специалист)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
Механико-математический факультет, Кафедра теоретической механики и мехатроники,  
Москва, Россия

*E-mail: misha-garbuz@yandex.ru*

Рассматривается задача о движении катамарана по воде против направления ветра, за счёт ветродвигателя.

Актуальность данной задачи обусловлена, в частности, тем, что её решение позволяет осуществить движение водного судна при встречном ветре в узком канале, т.е. в тех условиях, когда нельзя реализовать перемещение галсами. При этом используется только возобновляемая энергия.

Уравнения движения катамарана имеют вид:

$$\begin{cases} J\dot{\omega} = M_{aero} - Q_{water} \\ M\dot{v} = T_{water} - F_{aero} \end{cases}$$

$$M_{aero} = \frac{1}{2}\rho_a S(v + v_0)^2 r_1 C_T(\lambda), \quad F_{aero} = \frac{1}{2}\rho_a S(v + v_0)^2 C_D(\lambda) \quad T_{water} = K_T(J)\rho_w n^2 D^4,$$

$$Q_{water} = K_Q(J)\rho_w n^2 D^5$$

$$\lambda = \frac{r_1 \omega}{|v + v_0|} \quad j = \frac{v}{nD} = \frac{v}{\omega r_2 \cdot \frac{\pi}{15}}$$

$\omega$  – угловая скорость вала;  $v$  – скорость центра масс катамарана.

$\rho_a$  – плотность воздуха  $\rho_w$  – плотность воды  $v_0$  – скорость ветра  $r_1$  – радиус пропеллера  $r_2$  – радиус винта  $S$  – характерная площадь трёхлопастного пропеллера  $J$  – момент инерции пропеллера  $M$  – масса катамарана

Найдены положения равновесия динамической системы, проведено исследование их устойчивости. Проанализирована зависимость стационарных движений от параметров модели. В частности, показано, что при некоторых значениях параметров существуют одновременно 3 установившихся режима: 2 притягивающих и 1 отталкивающий (рис 1).

При вычислении сил и моментов, действующих на элементы системы использованы экспериментальные данные [1].

На рисунке 1 представлена иллюстрация характера устойчивости положений равновесия на фазовой плоскости; две кривые, соответствующие нулям правых частей в системе (1) и точки пересечения этих кривых.

Помимо численного моделирования катамарана с одним пропеллером был рассмотрен катамаран с двумя парами пропеллер-винт (рис 2). Создан демонстрационный макет такого катамарана. Проведено исследование силы тяги двухроторного катамарана, выявлены преимущества схемы с двумя пропеллерами. Разработан и запрограммирован рулевой механизм дистанционного управления.

### Источники и литература

- 1) Справочник по теории корабля, том 1. Под редакцией Я.И. Войткунского. Издательство "Судостроение", 1985 г.
- 2) M. Dosaev, L. Klimina, and Yu. Selyutskiy. A Vehicle Driven Upwind by the Horizontal Axis Wind Turbine. в сборнике EuCoMeS 2018. Proceedings of the 7th European Conference on Mechanism Science (International Conference), серия Mechanisms and Machine Science, место издания Springer Netherlands, том 59, с. 155-161 DOI

### Иллюстрации

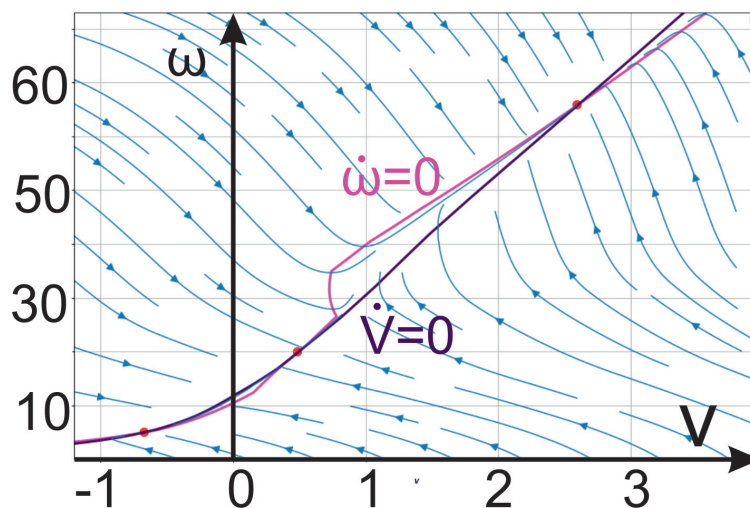


Рис. 1. Иллюстрация характера устойчивости положений равновесия на фазовой плоскости

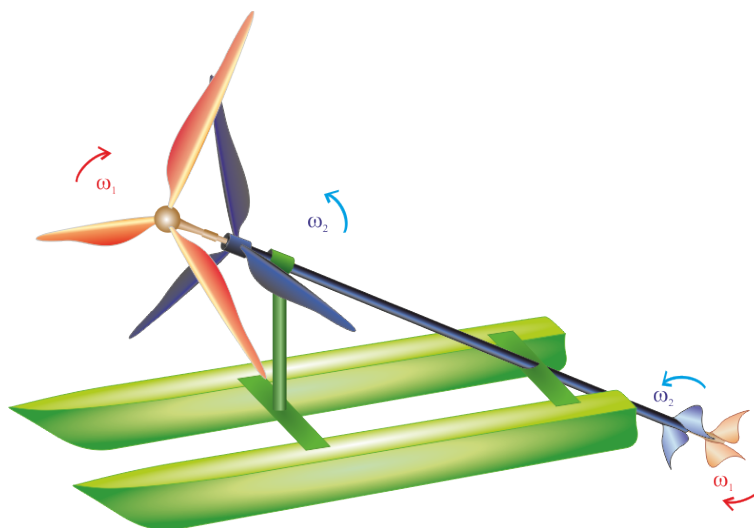


Рис. 2. модель двухроторного ветродвигателя