

# 1 Задание по симулятору движения (Николай, Ксения)

Предполагается, что корпус судна является абсолютно жестким, следовательно, его динамика описывается шестью уравнениями движения твердого недеформируемого тела (три уравнения для поступательных перемещений и три для вращений), а также тремя кинематическими соотношениями, связывающими компоненты вектора угловой скорости с углами крена, рыскания и дифферента:

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{V}}{dt} &= \frac{1}{m}\mathbf{F} \\ \frac{d\omega_x}{dt} &= \frac{M_x - (I_z - I_y)\omega_y\omega_z}{I_x} & \frac{d\gamma}{dt} &= \omega_x - \tan\psi(\omega_y\cos\gamma - \omega_z\sin\gamma) \\ \frac{d\omega_y}{dt} &= \frac{M_y - (I_x - I_z)\omega_x\omega_z}{I_y} & \frac{d\psi}{dt} &= \omega_z\cos\gamma + \omega_y\sin\gamma \\ \frac{d\omega_z}{dt} &= \frac{M_z - (I_y - I_x)\omega_x\omega_y}{I_z} & \frac{d\varphi}{dt} &= \frac{1}{\cos\psi}(\omega_y\cos\gamma - \omega_z\sin\gamma), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\mathbf{V}$  — вектор скорости,  $\mathbf{F}$  — результирующий вектор силы,  $\mathbf{M} = (M_x, M_y, M_z)$  — результирующий вектор момента,  $\boldsymbol{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)$  — вектор угловой скорости,  $\gamma$  — угол крена,  $\psi$  — угол дифферента (тангажа),  $\varphi$  — угол рыскания.

Уравнения для сил записываются в глобальной системе координат, для моментов — в связанной.

Силы и моменты в (1) могут быть представлены в виде

$$\begin{aligned} \mathbf{F} &= \mathbf{F}_{AC} + \mathbf{F}_{Surf} + \mathbf{F}_{Rudd} + \mathbf{F}_{Prop} + \mathbf{F}_{Aero} \\ \mathbf{M} &= \mathbf{M}_{AC} + \mathbf{M}_{Surf} + \mathbf{M}_{Rudd} + \mathbf{M}_{Prop} + \mathbf{M}_{Aero} \end{aligned} \quad (2)$$

Подстрочный индекс AC в (2) означает, что сила или момент действуют на твердое тело со стороны воздушной подушки, Surf — от контакта с опорной поверхностью, Rudd — усилие на рулях управления, Prop — тяговое усилие от винтов, Aero — аэродинамические силы и моменты (сопротивление воздуха).

Силы и моменты от воздушной подушки актуальны только для судна на воздушной подушке. Для экраноплана первый член в (2) равен нулю. Для СВП сила от воздушной подушки определяется на основе дифференциального уравнения, которое я дам позже.

Последние три члена в (2) вычисляются на основе CFD моделирования либо замеряются в процессе стендовых испытаний. В модели динамики эта информация используется в виде аппроксимаций (эти данные получите от меня).

**Что нужно сделать в первую очередь:**

1. Запрограммировать уравнения движения твердого тела (1). Должна быть возможность по заданным (пока что «с потолка») силам определить все характеристики движения (координаты центра тяжести и траекторные углы). Строить графики характеристик движения.
2. Разобраться с каким-нибудь 3D графическим движком (OpenGL, Vulkan), научиться загружать стороннюю 3D-модель (файл я дам). Показывать движение 3D-модели по заданным «с потолка» силам. Силы пока что «зашиваем» в исходный код.
3. Реализовать поворот модели влево и вправо по нажатию клавиш. При нажатии клавиш «влево» или «вправо» добавляется момент, из-за чего модель вращается. Пока все числа придумываем сами.