

предлагаемого к изучению материала, и отсутствием привычки работать самостоятельно и ответственно. Создается впечатление, что студенты не чувствуют необходимости получения фундаментальных научно-технических знаний по своей специальности.

*А.В. Романов, М.М. Чиркова*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### ПРЕОБРАЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЯЕМОСТИ СУДНА С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ОЦЕНКИ ЕЁ КОЭФФИЦИЕНТОВ

В данной работе рассматриваются способ преобразования классической модели динамики судна, и оценивается время получения информации о численном значении коэффициентов модели. Для исследований выбрана одна из достаточно хорошо зарекомендовавших себя моделей.

В современные системы автоматического управления часто включают математическую модель управляемого объекта  $Y(t) = f(U(t))$  – состояние как функция управления. Такая модель может использоваться для различных целей:

1) оценки возможного эффекта от выработанного алгоритмом управления управляющего воздействия, то есть для предварительного "опробования" воздействия на модели и принятия решения либо о выдаче его на реальный объект, либо о перерасчете управления и изменении некоторых констант алгоритма; 2) выработки рекомендаций по величине управляющего воздействия для получения необходимого эффекта; 3) оценки степени опасности управляемого процесса.

Для решения любой из задач на модель накладываются требования на адекватность результатов расчета реальным данным и время получения информации.

В данной работе рассматриваются способ преобразования классической модели динамики судна, и оценивается время получения информации о численном значении коэффициентов модели. Для исследований выбрана одна из достаточно хорошо зарекомендовавших себя моделей, предложенная в [1]:

$$\begin{aligned} d\omega / dt &= -q_{31}\beta - r_{31}\omega - s_{31}\alpha \\ d\beta / dt &= -q_{21}\beta - r_{21}\omega - h_2\beta |\beta| - s_{21}\alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол перекладки рулевого органа – управляющее воздействие  $U(t)$ ,  
 $\omega(t)$ ,  $\beta(t)$  – угловая скорость и угол дрейфа – координаты состояния  $U(t)$ ,  
 $q_{31} - s_{21}$  – гидродинамические коэффициенты.

В виду того, что функционирование объекта происходит в среде, которая меняется быстро и часто непредсказуемым образом (ветер, волна, глубина судового хода, рельеф дна ...), то уравнение (1) является нестационарным. Как показано в работе [2] диапазон изменения коэффициентов модели значителен. Для оценки 7-ми величин коэффициентов уравнений необходимо непрерывно осуществлять сбор информации и формировать базу данных, из которой выбирать необходимые пары «управление – состояние».

При первом подходе к решению поставленных задач рассмотрим статический режим. Для этой ситуации уравнение (1) примет вид (2):

$$\begin{aligned} &-(q_{31}/s_{31}) \cdot \beta - (r_{31}/s_{31}) \cdot \omega - \alpha = 0 \\ &-(q_{21}/s_{21}) \cdot \beta - (r_{21}/s_{21}) \cdot \omega - (h_2/s_{21}) \cdot \beta |\beta| - \alpha = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

или

$$\begin{aligned} &-\bar{q}_{31} \beta - \bar{r}_{31} \omega - \alpha = 0 \\ &-\bar{q}_{21} \beta - \bar{r}_{21} \omega - \bar{h}_2 \beta |\beta| - \alpha = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

При работе с моделью (3) возникают две проблемы:

1) необходимо зафиксировать 5 режимов циркуляции судна при разных углах перекладки рулевых органов, что требует значительное время;

2) из-за отсутствия качественных, высокоточных датчиков угла дрейфа достоверность оценки величины  $\beta$  низкая.

Для решения этих проблем сведем систему 2-х уравнений к одному уравнению с тремя коэффициентами, исключив  $\beta$  из (3):

$$a\omega^2 + b\omega + \alpha(1 + c\omega) = 0, \quad (4)$$

где  $a, b, c$  – свертки коэффициентов  $q_{31} - s_{21}$  уравнения (1).

Для работы с такой «свернутой» моделью требуется зафиксировать лишь 3 момента режима циркуляции судна и сбор информации идет только от 2-х датчиков: датчика угловой скорости рысканья судна и угла поворота рулевых органов.

Таким образом, при работе с моделью (4) задача сводится к:

1) во время рабочего движения судна зафиксировать как минимум 3 стационарных состояния с координатами  $\omega_i - \alpha_i$ ;

2) при использовании для оценки коэффициентов модели (4) методом перебора определим значения  $a, b, c$ , обеспечивающих минимум невязок  $N$ :

$N$  – критерий, обеспечивающий точность описания статического режима:

$$N = \min \sum_{i=1}^3 N_i, \quad \text{где } N_i = a\omega_i^2 + b\omega_i + \alpha_i(1 + c\omega_i). \quad (5)$$

повышается как достоверность информации, так и быстродействие процесса её получения.

#### Список литературы:

- [1] Войткунский Я.И. Справочник по теории корабля. Судовые движители и управляемость/ Я.И. Войткунский, Р.Я.Першиц, И.А.Титов. Л.: Судостроение, 1973. – 512 с.  
 [2] Поселенов Е.Н. Определение диапазона изменения гидродинамических коэффициентов модели судна по результатам натурных испытаний, проведенных при различных внешних условиях / Е.Н. Поселенов, М.М. Чиркова // XXXVI Всероссийская конференция «Управление движением кораблями и специальными аппаратами» ОАО «ЦС «Звездочка» г. Северодвинск, 2009 г., С. 201–205.