

## Когнитивная система оценки положения полюса поворота судна с помощью эффективных алгоритмов

С. Е. Мальцев

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса, Украина

Paper received 19.04.18; Accepted for publication 28.04.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-171VI19-08>

**Аннотация.** В статье представлен анализ семантики используемых терминов и понятий системы управления процессом маневрирования судна. Общая научная категория системы, которая использовалась, играет роль методологических принципов изучения и описания предмета исследования. Введение в качестве основы системной теории изолированного элемента - «объект управления» придает смысловое содержание понятиям «прямой», «обратной» и «локальной» линии связи для передачи информации. Считается, что исторический аспект создания когнитивной системы определяет динамику способов оценки положения полюса поворота (ПП) судна. Отмечается, что изначально была разработана содержательная модель для определения позиции ПП на основе использования сравнительного метода управления судном. Затем была создана формализованная модель для расчета положения ПП на одну силу и установлены основные законы перемещения ПП относительно местоположения точки приложения движущей силы и центра тяжести. Позднее были созданы модели определения результирующих боковых сил, действующих на корпус, а по ним и положение абсциссы ПП. Для автоматического определения абсциссы ПП была разработана модель, которая использует значение тангенциальных скоростей конечностей судна. Этот метод не требует разработки новых навигационных устройств и предполагает введение локальных связей между существующими элементами системы. Последние два метода защищены патентами Украины и приоритетными публикациями. Произведенная экспериментальная проверка предлагаемых формализованных моделей подтвердила их правильность. Анализ результатов расчета показывает, что для большого количества внутренних и внешних сил, действующих на судно, имеются некоторые отклонения результатов расчета от экспериментальных значений, которые можно объяснить взаимодействием между силами различного происхождения. Для выяснения характера этого взаимодействия требуются дальнейшие экспериментальные исследования.

**Ключевые слова:** семантическое содержание; когнитивная система; тангенциальная скорость конечностей; локальные связи; экспериментальная проверка.

При выполнении междисциплинарных научных работ границы между предметом исследования становятся размытыми, по этой причине одни и те же понятия имеют различную семантику.

Принципиальная возможность использовать системный подход при решении любых научных и технических задач привели к тому, что в различных разделах науки одни и те же понятия получили различные названия, единой точки зрения, на содержание которых, не существует. Это создает трудности и проблемы методологического обеспечения постановки и решения научных и технических задач. При этом производится обсуждение путей решения задач без предварительного определения содержания используемых понятий, чем нарушаются основные формально-логические законы.

Это приводит к ошибочным утверждениям и использованию понятий, которые не соответствуют сути рассматриваемых явлений, в результате чего создаются формализованные модели процессов управления, содержательные алгоритмы которых не изучены. В результате такого подхода происходит неверная постановка задач и выбор методов их решения.

Объектом исследования, как категорией научной работы, является процесс, который порождает проблемную ситуацию и требует изучения. Такая характеристика является обобщенной и требует уточнения направления работы выбором предмета исследования, который является частью объекта исследования. Это позволяет четко понять суть полученных научных результатов.

При управлении процессом маневрирования судна капитан использует обзорно - сравнительный способ оценки его положения относительно знаков навигационного ограждения. Эта его способность зависит от положения полюса поворота (ПП), точки на диамет-

ральной плоскости судна, вокруг которой происходит вращение корпуса. Из-за особенностей человека, как элемента системы управления, ему кажется, что вращение происходит вокруг него, в то время когда фактически происходит вокруг ПП. Это приводит к неверной оценке расстояний до ориентиров и создает предпосылки для возникновения аварийной ситуации.

Другим аспектом проблемы является использование буксиров при выборе точки приложения силы упора относительно ПП. Правильный выбор тактики использования управляющих воздействий позволяет меньшей мощностью получить максимальный момент от силы упора буксира, путем выбора точки приложения - чем дальше от ПП, тем он больше. В силу указанных причин, рассматриваемая проблема оценки положения ПП, является весьма актуальной.

На основании анализа научных понятий объекта и предмета исследований целесообразно обсудить некоторые вопросы семантики употребляемых терминов и понятий. При выполнении научных работ и выборе предмета исследований возникли проблемы, связанные с существующим понятием «Теория автоматического управления». Суть этих противоречий заключается в том, что не всегда можно четко установить, что является предметом исследования - процесс управления или процесс автоматизации функций управления.

Процесс управления описывается методами теории управления, которая является самостоятельным разделом науки [1]. При этом предметом исследования являются процессы контроля над параметрами системы управления и организации ее работы. В зависимости от того, кто осуществляет функции управления, различают виды управления: ручное; полуавтоматическое и автоматическое [2,3].

Автоматизация может выполняться только таких

функций управления, алгоритмы и модели которых уже созданы методами теории управления.

Таким образом, теория управления первична по отношению к автоматизации управления. Поэтому предлагается использовать понятие «Теория автоматизации управления». Это позволит четко определять предмет научных исследований и формулировать их новизну

Другим источником проблем является толкование термина искусственный интеллект [4-6]. Существует точка зрения, согласно которой интеллект может быть только биологическим феноменом. Участники Российской ассоциации искусственного интеллекта дают следующие определения искусственного интеллекта:

1. Научное направление, в рамках которого ставятся и решаются задачи аппаратного или программного моделирования тех видов человеческой деятельности, которые традиционно считаются интеллектуальными.

2. Свойство интеллектуальных систем выполнять функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока — базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с ЭВМ без специальных программ для ввода данных.

3. «Искусственный интеллект» входит в комплекс компьютерных наук, которые создают с помощью вычислительных систем и иных устройств разумные рассуждения и действия.

Одно из частных определений интеллекта, общее для человека и «машины», можно сформулировать так: «Интеллект - способность системы создавать и решать программы для определённого класса сложности действий».

В работе [5] используется понятие «теория искусственного интеллекта», которое не отражает сути решаемых задач. Основное содержание решаемых задач заключается в том, что исследователи [6,7] автоматизируют интеллектуальные функции при помощи кибернетических устройств, используя алгоритмы естественного интеллекта. По этой причине более логично рассматривать две теории – теория интеллекта и теория автоматизации интеллектуальных функций (теория построения кибернетических устройств). В таком случае будем различать три вида интеллекта – естественный, гибридный и искусственный.

Одним из способов интеграции в современной науке является формирование нетрадиционных общенаучных средств познания. В 70-х годах для специалистов в области философии и методологии науки стало очевидным [8-11], что возникла группа понятий, которые хотя и не являются философскими, но успешно используются в различных предметных областях научного познания. Среди них необходимо отметить: алгоритм, система, элемент, информация, связи, вероятность, параметры, управление, формализация и ряд других.

Центральной категорией системного подхода является понятие «система». Под термином «система» будем понимать совокупность взаимосвязанных элементов различной природы, объединенных между собой линиями связи для передачи и обработки информации, которая предназначена для достижения поставленной цели. Это обобщенное определение понятия «система», и ее составляющих частей «элемент», «связи» «управ-

ление» и др. подвергаются детализации для каждой предметной области, однако в процессе размышления и умозаключения теряется внутренняя существенная связь и нарушается главный логический закон тождественности. Попытка выразить введенное понятие различными словесными выражениями обуславливает возможность подмены одной и той же мысли другой, что приводит к многозначности и появлению неопределенности.

Основным ограничением, на наш взгляд, в понятийной базе теории систем является отсутствие выделения среди элементов системы главного – «объект управления». Объект управления это элемент системы, который реализует поставленную цель. В зависимости от поставленной цели и вида объекта система может быть информационной, энергетической или информационно-энергетической.

После того как введено понятие «объект управления» приобретают смысловую нагрузку понятия «прямая связь» и «обратная связь». Если информация о параметрах состояния элементов системы передается от них к объекту управления то это «прямая связь», а когда передается от объекта управления к другим элементам, то будем называть «обратной связью». Если информация передается между элементами системы, то такие связи будем называть локальными.

После того как определены элементы системы и функциональные связи между ними, необходимо начать управление работой системы. На основании закона логики о достаточности обоснования необходимо уточнить понятия «управление» и «регулирование». Оба указанных понятия обычно вводятся [12] в самом начале изложения, причем четкого определения их не дано, и в дальнейшем употребляются поочередно, без каких либо обоснований. Под управлением обычно понимают организацию процесса работы системы по оценке параметров состояния объекта управления, сравнения их с предписанными значениями и, при отклонении параметров от заданных значений, вырабатывают воздействия для приведения системы в планируемое состояние. По своей сути регулирование выполняет те же функции, что и управление, однако принципиальным отличием является наличие одного параметра управления. Поэтому регулирование можно определить как однопараметрическое управление.

Таким образом, в рассмотренных работах на основании четырех главных законов логики – тождественности, исключенного третьего, противоречия и достаточного обоснования предложено: ввести в совокупность фундаментальных положений понятие «объект управления», что позволило уточнить связи в системе управления, обосновать неточность понятия «управление без обратной связи»; уточнить понятия «управление» и «регулирование» и понятия «простая система», «сложная система»; ввести понятия теория автоматизации процессов управления и теория автоматизации функций естественного интеллекта. С учетом выше изложенного рассмотрим исторический аспект создания когнитивной системы определения ПП.

Основным положением при определении полюса поворота является расположение его по другую сторону поперечной силы относительно центра тяжести G. В работе [12] приведены содержательные модели устано-

вившегося движения принятия решений в процессе управления движением судов.

Для разработки алгоритмов и устройств определения положения ПП от нескольких была разработана следующая расчетная схема: составить перечень всех сил, действующих на судно; определить равнодействующую поперечную составляющую всех внутренних и внешних сил, действующих на корпус судна; определить ее плечо; по значению плеча рассчитать положение ПП; при необходимости скорректировать расстановку сил и произвести пересчет положения ПП; вывести значение координат ПП на экран дисплея и на контур судна.

На судно при маневрировании действуют два вида сил: внутренние, развиваемые средствами управления - винтом, рулем, носовым и кормовым подруливающими устройствами; внешние, от буксиров, якоря, швартовых концов, ветра, течения и другие.

Равнодействующую поперечных сил определим в следующей последовательности. Выполним расчет суммы всех поперечных сил по следующим зависимостям

$$\sum_{i=1}^n P_{рез} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i + \dots + P_n \cdot \sin \alpha_n \quad (1)$$

где  $P_{рез}$  - равнодействующая поперечных сил;

$P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$  - силы, приложенные от буксиров, поперечная сила винта, сила от руля и подруливающего устройства с его знаком, + в сторону правого борта, - в сторону левого;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$  - угол между диаметральной плоскостью и направлением действия силы.

Сумму моментов относительно центра тяжести  $G$  определим по зависимостям:

$$\sum_{i=1}^n M = P_1 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \bar{\ell}_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \bar{\ell}_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \bar{\ell}_i + \dots + P_n \cdot \sin \alpha_n \cdot \bar{\ell}_n \quad (2)$$

где  $\bar{\ell}_1, \bar{\ell}_2, \dots, \bar{\ell}_i, \dots, \bar{\ell}_n$  - безразмерное плечо каждой силы,  $\bar{\ell} = \ell / L_{\perp}$ ;

$L_{\perp}$  - длина судна между перпендикулярами.

Точку приложения равнодействующей поперечной силы определим по следующей зависимости:

$$\bar{X}_P = \sum_{i=1}^n M / P_{рез} \quad (3)$$

Недостатком существующей системы является то, что определение положения ПП и точки приложения силы производится по неполным данным, поскольку они имеются только для каждой силы отдельно, что не дает возможности оценить положение для равнодействующей поперечной силы при швартовке, готовить план маневрирования, дает значительную задержку в принятии необходимых решений по организации управления судном

Устройство для устранения указанного недостатка построено на принципе определения положения ПП по значению тангенциальных скоростей точек на носовом и кормовом перпендикулярах ДП.

Принцип действия прибора основан на расчете положения ПП и точки приложения равнодействующей поперечной силы по следующим зависимостям, рис. 1.

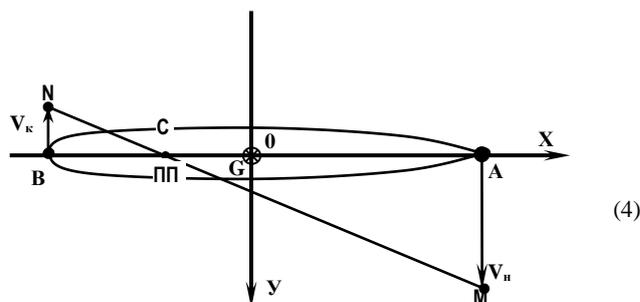


Рис. 1. Расчетная схема определения ПП

$$X_{пп} = \frac{-V_n}{V_k - V_n} (X_B - X_A) + X_A \quad (4)$$

где  $X_{ПП}$  - абсцисса ПП с соответствующим знаком + в сторону носа и - в сторону кормы относительно центра тяжести;  $V_n$  - тангенциальная скорость точки ДП на носовом перпендикуляре  $V_k$  - тангенциальная скорость точки ДП на кормовом перпендикуляре;  $X_B = -0,5 \cdot L_{\perp}$  - координата точки ДП на кормовом перпендикуляре;  $X_A = 0,5 \cdot L_{\perp}$  - координата точки ДП на носовом перпендикуляре;  $L_{\perp}$  - длина судна между перпендикулярами.

Координаты точки приложения равнодействующей поперечных  $P_{рав}$  сил  $\bar{X}_P$  рассчитаем по следующим формулам.

При относительных координатах  $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp}) < 0,5$

$$\bar{X}_P = \frac{\frac{1}{6} \bar{X}_{пп}^4 - \frac{1}{4} \bar{X}_{пп}^2 - \frac{1}{32}}{\frac{2}{3} \bar{X}_{пп}^3 + \frac{1}{2} \bar{X}_{пп}} \quad (5)$$

При относительных координатах  $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp}) > 0,5$

$$\bar{X}_P = \frac{-\frac{1}{6} \bar{X}_{пп}}{\bar{X}_{пп}^2 + \frac{1}{12}} \quad (6)$$

Контроль изменения положения ПП позволяет получать непрерывную информацию касающуюся необходимости изменения плана маневрирования без задержек, свойственных приборам оценки отклонения показателей.

Для верификации предложенной модели определения абсциссы ПП были проведены эксперименты на высоко энергетическом буксире- снабженце "RAWABI 15" в феврале 2014 года в Персидском заливе. Оно оборудовано современным высокоточным навигационным устройством, включая четырех лучевой доплеровский лаг.

Положение полюса поворота на судне определяется относительно воды, и чтобы определить положение ПП судна следует рассчитать относительные тангенциальные скорости оконечностей и по ним определить положение ПП.

Судно производило маневры и результаты маневров, отраженные на экране Доплеровского лага, фотографировались. Ниже на рис.2 предоставлен результат эксперимента 11/7. Эксперименты выполнялись по схеме чередования маневров, для всех сочетаний сил рис.4. При этом использовалось носовое и кормовое подруливающее устройство, а также работа машинами на упор переднего и заднего ходов.



Рис. 2. - Экран лага Furuno DS-60 эксперимента 11/7 для

На экране доплеровского лага в центральной части показывается продольная скорость судна(вперед или назад) и тангенциальные скорости носа и кормы(вправо или влево). Слева вверху показан курс судна, ниже – общая скорость и путь судна по доплеровскому лагу, еще ниже – курс и скорость течения. Справа вверху – угловая скорость судна, ниже – общая скорость судна и путь по GPS, глубина и дрейф судна.

Таблица 1 - Параметры движения для эксперимента 1

Курс,с.	352,6	353,7	356,3	0,6	4,4	12,2	18,2	24,9	33,6	46,7
$V_H$ , уз.	-1,01	-0,95	-0,79	-0,58	-0,42	-0,21	-0,03	0,11	0,26	0,41
$V_K$ , уз.	-0,97	-1,1	-1,29	-1,53	-1,63	-1,76	-1,81	-1,82	-1,84	-1,84
$V_C$ , уз.	0,35	0,35	0,35	0,34	0,32	0,27	0,2	0,13	0,05	-0,05
$V_T$ , уз.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$K_T^0$	247	247	247	247	247	247	247	247	246	246

Для учета течения используем схему движения судна для эксперимента 11/7, данные о котором представлены на рис.3.

Судно имеет курс 267°, боковую скорость носа  $V_H=0,66$  узла, боковую скорость кормы  $V_K=0,48$ узла, течение направлением 243° скоростью  $V_T = 0,5$ узла.(рис.3)

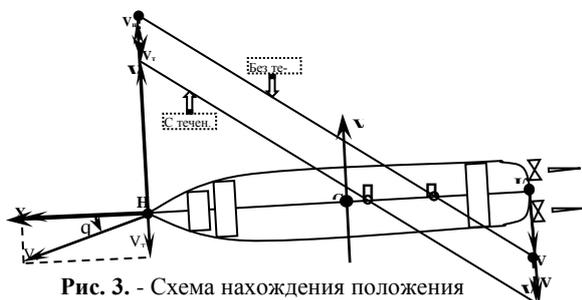


Рис. 3. - Схема нахождения положения полюса

Из точек Н и К, расположенных на носовых и кормовых перпендикулярах соответственно, откладываем значения боковых скоростей носа и кормы. Считаем, что датчики Доплер - лага расположены на носовом и кормовом перпендикулярах. Соединив точки окончания векторов  $V_H$  и  $V_K$  отрезком прямой, в точке ПП<sub>т</sub> пересечения данного отрезка с ДП получим положение полюса поворота с учетом течения.

Также в точке Н откладываем вектор скорости течения, которую раскладываем на продольную  $V_{тр}$  и по-

перечную тангенциальную  $V_{тт}$  составляющие. Продольная составляющая скорости течения  $V_{тр}$  нас в данном случае не интересует, так как она не оказывает влияния на боковые скорости носа и кормы. По этой же причине мы можем не учитывать и продольную скорость судна, которая может оказывать влияние на определение продольной скорости течения, но никак не поперечной. Поперечная же составляющая скорости течения  $V_{тт}$  нас интересует, поскольку оказывает влияние на боковые скорости носа и кормы относительно воды, а соответственно, и на положение ПП.

Для расчета тангенциальных скоростей относительно воды произведем определение курсового угла течения  $q_T$  по формуле:

$$q_T = IK - K_T \tag{7}$$

Тангенциальная составляющая течения будет равна:

$$V_{тт} = V_T \cdot \sin q_T \tag{8}$$

Производя геометрическое сложение векторов тангенциальных скоростей носа и кормы, с учетом их знаков и знака вектора течения получим:

$$\vec{V}_{но} = \vec{V}_H - \vec{V}_{тт} \tag{9}$$

$$\vec{V}_{ко} = \vec{V}_K - \vec{V}_{тт} \tag{10}$$

Соединяем полученные векторы  $V_{но}$  и  $V_{ко}$  отрезком прямой. В точке пересечения этого отрезка с диаметральной плоскостью в точке **ПП** получим положение полюса поворота без учета течения.

Таким образом, после учета скорости течения остаются 2 варианта: когда скорости носа и кормы направлены в разные стороны и когда они направлены в одну сторону. Данные случаи описаны в работе [17, 18]. В работе [17] дана формула для расчета абсциссы полюса поворота по тангенциальным скоростям носа и кормы с учетом течения  $X_{ппт}$

$$X_{ппт} = \frac{-V_n}{V_k - V_n}(X_B - X_A) + X_A, \tag{11}$$

где  $X_{ппт}$  - абсцисса полюса поворота с соответствующим знаком + в сторону носа и – в сторону кормы относительно центра тяжести;  $V_n$  - тангенциальная скорость точки диаметральной плоскости на носовом перпендикуляре(м/с);  $V_k$  - тангенциальная скорость точки диаметральной плоскости на кормовом перпендикуляре(м/с);  $X_B = -0,5 \cdot L_{\perp}$  - координата точки диаметральной плоскости на кормовом перпендикуляре(м);  $X_A = 0,5 \cdot L_{\perp}$  - координата точки диаметральной плоско-

сти на носовом перпендикуляре(м);  $L_{\perp}$  - длина судна между перпендикулярами(м).

Для расчета абсциссы полюса поворота по тангенциальным скоростям носа  $V_{но}$  и кормы  $V_{ко}$  без учета течения  $X_{ппо}$  относительно воды

$$X_{ппо} = \frac{-V_{но}}{V_{ко} - V_{но}}(X_B - X_A) + X_A. \tag{12}$$

Рассчитав абсциссу полюса поворота, мы можем рассчитать и абсциссу точки приложения равнодействующей боковых сил  $\bar{X}_p$  по формуле из работы [17].

При относительных координатах полюса поворота  $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp}) < 0,5$

$$\bar{X}_p = \frac{\frac{1}{6}\bar{X}_{пп}^4 - \frac{1}{4}\bar{X}_{пп}^2 - \frac{1}{32}}{\frac{2}{3}\bar{X}_{пп}^3 + \frac{1}{2}\bar{X}_{пп}} \tag{13}$$

При относительных координатах полюса поворота  $\bar{X}_{пп} = (X_{пп} / L_{\perp}) > 0,5$

$$\bar{X}_p = \frac{-\frac{1}{6}\bar{X}_{пп}}{\bar{X}_{пп}^2 + \frac{1}{12}} \tag{14}$$

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 2.

**Таблица 2** - Результаты расчета по данным эксперимента 1

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{н, уз}$	-1,01	-0,95	-0,79	-0,58	-0,42	-0,21	-0,03	0,11	0,26	0,41
$V_{к, уз}$	-0,97	-1,1	-1,29	-1,53	-1,63	-1,76	-1,81	-1,82	-1,84	-1,84
$V_{но, уз}$	-0,43	-0,37	-0,22	-0,03	0,11	0,28	0,42	0,51	0,59	0,62
$V_{ко, уз}$	-0,39	-0,52	-0,72	-0,95	-1,10	-1,27	-1,36	-1,42	-1,51	-1,63
$X_{пп, м}$	-1302	359	109	58,4	44,6	33,4	27,2	26,25	26,18	26,12
$X_{ппт, м}$	-539	156	49,4	27,3	21,5	16,8	13,9	12,4	11,5	11,8

**Выводы.** Результаты натурных испытаний подтверждают принятые модели для расчета равнодействующей боковых сил и абсциссы положения ПП. Попытка производить расчет равнодействующей боковых сил в процессе маневрирования и оценивать абсциссу ПП не привела к успеху из-за быстротечности процесса маневрирования.

По этой причине необходимо выполнить предварительные расчеты и представить их в виде, готовом для быстрой выборки, либо создать навигационное устройство, которое оперативно выполняет необходимые вычисления и выдает результат в виде, пригодном для принятия решения.

Выходом из создавшегося положения является создание навигационного устройства, принцип работы которого основан на измерении тангенциальных скоростей оконечностей. При снабжении судна доплеровским лагом положение полюса поворота можно рассчитать по тангенциальным скоростям носа и кормы относительно воды оперативно, с использованием оптимальных алгоритмов, не требующих вмешательства человека с минимальным количеством исходных данных, которые не требуют их ввода. Они автоматически снимаются с навигационных приборов и подаются на

расчетное устройство за счет локальных связей между элементами системы.

В отличие от определения положения полюса поворота по тангенциальным скоростям портативные GPS, дают менее точные результаты и требуют больше времени. Кроме того используя доплеровский лаг, можно также определять скорость и направление течения, что позволяет повысить точность письменного счисления.

Таким образом, рассмотренные результаты исследований, позволяют выделить четыре исторических аспекта развития понимания путей определения положения ПП. Первоначально на практике при выполнении процесса маневрирования была разработана содержательная модель определения положения ПП на основании обзорно сравнительного способа управления судном. Затем была создана формализованная модель расчета положения ПП для одной силы и установлены основные закономерности расположения ПП относительно точки приложения поперечной силы. Следующим шагом было использование способа определения равнодействующей всех поперечных сил, действующих на корпус судна и по ней, абсциссы ПП. Наиболее прогрессивным способом является автоматическое определение абсциссы ПП по тангенциальным скоростям

оконечностей. Этот способ не требует разработки новых навигационных устройств, а предполагает введение локальных связей между существующими элементами системы. Последние два способа защищены патентами Украины и приоритетными публикациями.

Анализ полученных результатов расчета показывает,

что при большом количестве внешних и внутренних сил, которые действуют на судно, происходит некоторый разброс результатов расчета, который можно объяснить взаимодействием между различными силами. Для уточнения характера такого взаимодействия требуются дальнейшие исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением. –М.: Наука, 1968. 321 с.
2. Теория автоматического управления. В 2-х частях./А.А.Воронов, Д.П.Ким, В.М. Лохин и др. –М.: Высшая школа, 1986. -504 с.
3. Справочник по теории автоматического управления./Под ред. А.А.Красовского. –М.: Наука, 1987. -712 с.
4. Искусственный интеллект. –В 3-х книгах. Справочник./Под ред. Д.А. Пospelова. –М.: Радио и связь, 1990.
5. Джордж Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.-864 с.
6. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов. Сб. научн. трудов НАН Украины. Вып.3, 2006. С. 180 – 197.
7. Мальцев А.С. Философские аспекты теории автоматического управления // Автоматика 2008: Сб. научн. трудов. Вып.11./ОНМА –Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С.348-352
8. Ракитов А.И. Философские проблемы науки :Системный подход. –М.: Мысль, 1977. -270 с.
9. Герасимов И.Г. Структура научного исследования.- М.: Мысль, 1985.-217 с.
10. Колесников Л.А. Основы теории системного подхода. - Киев. : Наукова думка, 1988.-171 с.
11. Семенюк Е.П., Мельник В.П. Філософія сучасної науки і техніки. – Львів: Світ, 2006. – 152 с.
12. Генри Г.Хойер. Управление судами при маневрировании./ Генри Г.Хойер. Перевод с английского. – М.: Транспорт, 1992 – 101 с.
13. Демин С.И. Управление судном/Демин С.И., Жуков Е.И. и др. – М.: Транспорт, 1991. -359 с.
14. Мальцев С.Э. Полос поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С.Э.Мальцев, О.Н.Товстокорый. – Херсон. ХГМА, 2016. – 124 с.
15. Capt. Hugues Cauvier. The Pivot Point/ The PILOT №295. October 2008. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilot Association.
16. G.Andy Chase. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point/ The Northern Mariner/Le Marin du nord, IX, No. 3 (July 1999), 53-59.
17. Товстокорый О.Н. Определение положения полюса поворота с помощью доплеровского лага./О.Н.Товстокорый, С.Э. Мальцев./Судовождение: Сб.научн. трудов./НУ «ОМА». Вып.26. Одесса: ИздатИнформ. 2016. – С.183 – 190.
18. Голиков В.В.Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна/В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал. -Херсон. :ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.
19. Патент 91006 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голиков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.
20. Патент 97227 UA. МПК G08G 3/02 (2006.01), B63B 43/02 (2006.01). Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном. /Мальцев С.Е., Товстокорый О.М., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u2014 07280; заявлено 27.06.2014; опубліковано 10.03.2015, Бюл. № 5.
21. Патент 98720 UA. МПК (2015.01) B63B 21/00 Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./ Деревянко А.А. Мальцев С.Е. П. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2014 10883; заявлено 06.10.2014; опубліковано 12.05.2015, Бюл. № 9.
22. Патент 100293 UA. МПК G08G 3/00 (2015/01), Спосіб інформаційного забезпечення маневрування морського судна. / Товстокорый О.М., Мальцев С.Е., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u 2014 12711; заявлено 26.11.2014; опубліковано 27.07.2015, Бюл. № 14.

#### Cognitive assessment system the pivot point position of the vessel with the help of efficient algorithms

S. Maltsev

**Abstract.** The article presents an analysis of the semantics of the terms used and the concepts of the vessel maneuvering control system. The general scientific category of the system that was used plays the role of methodological principles of studying and describing the subject of research. Introduction as the basis of the system theory of an isolated element - "control object" - gives the semantic content of the concepts of "direct", "reverse" and "local" communication lines for information transfer. It is believed that the historical aspect of the creation of the cognitive system determines the dynamics of methods for assessing the position of the ship's pivot point (PP). It is noted that initially a content model was developed to determine the position of the PP based on the use of a comparative method of vessel control. Then, a formalized model was created to calculate the position of the PP for one force and established the basic laws of the displacement of the PP relative to the location of the point of application of the driving force and the center of gravity. Later, models were created for determining the resulting lateral forces acting on the hull, and for them the position of the abscissa PP. To automatically determine the abscissa of the PP, a model was developed that uses the value of the tangential velocities of the ship's limbs. This method does not require the development of new navigation devices and involves the introduction of local links between existing elements of the system. The last two methods are protected by Ukrainian patents and priority publications. The experimental verification of the proposed formalized models confirmed their correctness. Analysis of the calculation results shows that for a large number of internal and external forces acting on the vessel, there are some deviations in the results of the calculation from the experimental values, which can be explained by the interaction between forces of different origins. To clarify the nature of this interaction, further experimental studies are required.

**Keywords:** semantic content; cognitive system; tangential velocity of limbs; local communications; experimental verification.