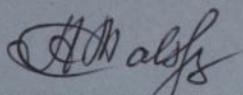


ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ

На правах рукописи

Мальцев Анатолий Сидорович



**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ
СИСТЕМА УЧЕТА ДИНАМИКИ СУДНА
ПРИ МАНЕВРИРОВАНИИ**

Специальность 05.22.16 — “Судовождение”

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Одесса — 1997



Работа выполнена в Одесской

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор Бурименко Юрий Иванович;
- доктор технических наук, профессор Вагущенко Леонид Леонидович;
- доктор технических наук Суворов Петр Семенович.

В е д у щ а я о р г а н и з а ц и я:

Киевский научно — исследовательский институт "Квант — навигация"

Защита диссертации состоится 28 мая 1997 г. в 10 часов на заседании специализированного Совета Д 05.17.01 по защите докторских диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук в Одесской государственной морской академии по адресу: Одесса, ул. Дидрихсона, 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат разослан 18 апреля 1996 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета
Д 05.17.01

доктор технических наук
профессор

И.В. Капитонов

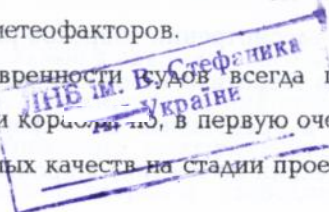
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Качественные и количественные изменения, которые произошли на морском транспортном флоте за последние десятилетия значительно повлияли на условия судоходства. Возросла скорость движения судов, эксплуатируется большое количество крупнотоннажных судов дедвейтом от 25 до 50 тыс. т, значительную долю мирового морского флота составляют суда дедвейтом от 100 до 500 тыс. т. Управление движением таких судов в районах интенсивного судоходства затруднено в связи с ограниченными возможностями судна выполнять эффективные маневры по предупреждению навигационных происшествий и столкновений, а также недостаточной надежностью судоводителя, как звена в системе управления.

Задача значительно усложняется при плавании в условиях интенсивного судоходства и при ограниченной видимости. В таких случаях информация поступает с задержкой, из-за необходимости выполнения дополнительных расчетов и, зачастую, запаздывает ко времени принятия решения. В результате судоводитель принимает решение по управлению движением судна на основании неполной или недостоверной информации, что часто приводит к ошибкам в его действиях. В таких случаях безопасность плавания определяется наличием устойчивого навыка по выполнению маневров в стесненных условиях у судоводителя, который управляет судном.

Последний терминологический ГОСТ определяет навигацию как науку о выборе безопасного и экономичного пути и проводке по нему судна с учетом гидрометеорофакторов.

Конечно, вопросы маневренности судов всегда привлекали внимание специалистов теории корабля, в первую очередь, для оценки и обеспечения требуемых качеств на стадии проектирова-



ния и постройки. Для судоводителя становится необходимостью не только знание указанных фактических характеристик во время эксплуатации, но и использование их при маневрировании с учетом геометрических размеров судна, т.е. судовождение использующее средства динамической навигации.

В этих обстоятельствах исследования направленные на повышение безопасности мореплавания за счет знания физических процессов, происходящих при движении судна, основных описывающих его закономерностей по принятию решения на основании учета динамических свойств судна и складывающейся ситуации приобретает уровень повышенной актуальности и ответственности.

Ц е л ь и з а д а ч и и с с л е д о в а н и й — создание информационно — управляющей системы, новых способов и устройств по предварительному планированию маневров при швартовках и плавании в стесненных водах для учета динамических характеристик судна при складывающихся обстоятельствах и условиях плавания с использованием ЭВМ.

В вопросах исследований динамических характеристик считалось необходимым: теоретически и практически обосновать способы учета динамических свойств судна при маневрировании; подобрать соответствующие аналитические выражения для описания параметров циркуляции при создании математической модели движения; предложить практические методы учета маневренных характеристик и обосновать выбор необходимого количества и форму представления для эффективного использования ЭВМ при управлении движением судна.

При рассмотрении вопросов расхождения задача состояла в том, чтобы теоретически обосновать рекомендации по безопасному плаванию и представить их в форме, удобной для использования судоводителями на мостике в процессе маневрирования. При рас —

смотрении вопросов экстренного маневрирования задача состояла в том, чтобы теоретически обосновать выбор вида маневра "последнего момента" с учетом характеристик судна, ситуации сближения и необходимого запаса управляющих воздействий.

При рассмотрении вопросов использования ЭВМ на судах для обеспечения безопасного маневрирования стояла задача разработать алгоритмы и программы определения динамических свойств судна в процессе его выполнения и обосновать перечень данных для предварительного планирования пути и выдачи рекомендаций для адекватного прогнозирования движения как перед его началом, так и в процессе реализации.

Научная новизна исследований. Разработаны методы учета динамических свойств судна при планировании маневров с использованием ЭВМ, обеспечения безопасного плавания в стесненных водах и установлен закон "маневра последнего момента".

Предложена классификация маневренных характеристик и способов их определения, получения зависимостей для приближенной оценки величины тормозного пути. Разработаны алгоритмы и программы расчета характеристик торможения на ЭВМ. Предложены компактные графическая и табличная формы их представления.

Предложен маневр несимметричный зигзаг для определения характеристик одерживания поворота и диаграммы управляемости. Определены характеристики одерживания из натурных наблюдений, сравнительных испытаний математической модели судна на глубокой воде и на мелководье.

Проведены натурные и модельные в опытовом бассейне наблюдения дрейфа без хода. По результатам наблюдений предложена методика определения аэродинамического коэффициента, получены эмпирическая формула для расчета скорости свободного дрейфа

СРТМ 502 и качественные соотношения для учета влияния подобранного невода на скорость дрейфа.

Предложено определять угол ветрового дрейфа на ходу с учетом значения коэффициента поперечной аэродинамической силы, полученного из натурных наблюдений свободного дрейфа. Предложена номограмма для графического определения угла ветрового дрейфа.

Выполнены исследования на математической модели маневрирования влияния мелководья на маневренные характеристики и получены эмпирические формулы для расчета, по отношению глубины к осадке, элементов поворотливости на мелководье по их значениям на глубокой воде.

Предложены практические способы учета элементов поворотливости при планировании циркуляции судна, разработаны алгоритмы и программы для графического построения и аналитического расчета координат точек заданного пути при криволинейной траектории движения судна.

Разработаны алгоритмы и программы выбора безопасной скорости по значению дальности уверенного обнаружения и маневренным характеристикам судна.

Предложена методика планирования схемы швартовки к причалу с учетом маневренных свойств судна и акватории для маневрирования. Исследованы швартовки двухвинтового судна в порту кормой к причалу и разработаны практические рекомендации по ее выполнению.

Разработана классификация способов швартовок в открытом море, предложена методика планирования схемы швартовки и расчета кранцевой защиты. Исследованы швартовки крупнотоннажного двухвинтового судна к судну малого водоизмещения для приема улова. Разработаны практические рекомендации.

Предложена классификация отметок судов на эране РЛС по характеру изменения наблюдаемых параметров, взаимному расположению и ситуации сближения. Предложен электронный маневренный планшет для оценки ситуации на экране РЛС, решения задачи расхождения и документирования данных при ведении радиолокационной прокладки, проигрывания маневра для оценки его последствий.

Предложен и исследован на ММ "Pilot" алгоритм экстренного торможения перекладками руля в стесненных условиях.

Исследованы зависимости кинематических характеристик — угловой и линейной скоростей, угла дрейфа и радиуса циркуляции в функции угла курса и разработана приближенная кинематическая модель маневрирования судна для исследования процесса чрезмерного сближения судов и проигрывания маневра последнего момента.

Предложена методика построения домены по выбранному маневру и ситуации сближения.

Установлены закономерности наступления ситуации чрезмерного сближения и последовательность действий судоводителя при экстренном маневрировании. Они позволяют создать экспертную систему принятия решения о виде маневра и предложить методику выбора навигационного запаса для предупреждения опасного сближения.

Произведена декомпозиция обобщенного количественного критерия оценки надежности навигации на составляющие критерии — линейный динамический, временной и технический. Это позволяет установить конкретную причину аварийного происшествия и наметить пути обеспечения безопасного плавания в различных условиях.

Выполненные исследования позволили разработать методы

учета маневренных свойств судна и практические рекомендации судоводителям по обеспечению безопасности при выполнении маневрирования судна в стесненных условиях.

Разработаны алгоритмы и программы информационного обеспечения безопасности судовождения с использованием ЭВМ.

М е т о д ы и с с л е д о в а н и й. В работе обобщены результаты 18-летних исследований автора в области разработки новых и совершенствования существующих способов и устройств обеспечения безопасности маневрирования, особенно в стесненных водах. В процессе выполнения работы использовались как теоретические, так и экспериментальные (натурные, модельные в опытном бассейне, на физических и математических моделях) исследования. Исследования проводились также на ММ "Pilot", разработанной профессором Деминым С.И., динамические характеристики которой совпадают с реальными с относительной ошибкой менее 10%.

В основу теоретических положений диссертационной работы положены результаты теории управляемости и управления судном, автоматизации судовождения, методы решения систем линейных алгебраических и нелинейных дифференциальных уравнений, аппарат математического линейного и объектно-ориентированного программирования, математической статистики и регрессионного анализа. Использованы численные методы применительно к задачам моделирования и идентификации на ЭВМ. Значительное место в исследованиях отведено анализу результатов натурных испытаний проведенных на кафедре "Управление судном" в ОГМА под руководством профессора Демина С.И. Большинство выполненных исследований касалось новых способов учета динамических характеристик при планировании маневров, впервые предложенных автором и защищенных соответствующими приоритетными доку-

ментами — авторским свидетельством и публикациями.

Практическая значимость и внедрение результатов работы. Под руководством и при непосредственном участии автора проведены натурные и модельные эксперименты по определению скорости и направления дрейфа судна без хода, позволившие разработать методику определения поперечного аэродинамического коэффициента и рассчитать угол ветрового дрейфа на ходу.

Результаты исследований при выполнении швартовок в море (лично соискателем выполнено более 1600 и в порту более 1000) позволили формализовать процесс швартовки и разработать схему ее выполнения, рассчитать маневрирование для каждого способа с учетом характеристик судна. По результатам исследований разработаны практические рекомендации и переданы на промысловые суда. Экономический эффект от внедрения разработанных рекомендаций в ЧПОРП "Антарктика" составляет 50 тыс. рублей в год (в ценах 1988 года).

Разработаны алгоритмы и программы по определению маневренных характеристик судов с использованием ЭВМ экспериментально — расчетным способом с учетом влияния ветра, определения угла ветрового дрейфа, определения качества удерживания судна на курсе и определения ширины маневренного смещения, планирование поворота и его контроля и внедрены в программно — математическое обеспечение изделия "Панорама" в Киевском научно — производственном объединении "Квант". Социальный эффект — повышение безопасности мореплавания.

Разработаны алгоритмы оценки опасности столкновения в САРП, способ и устройство для предупреждения столкновения, определения вида маневра последнего момента и времени, оставшегося в распоряжении судоводителя до его наступления. Алгоритм

и программа выбора вида маневра последнего момента, алгоритмы расчета элементов поворота, расчета координат точек плановой траектории по рассчитанным их значениям без ветра и при наличии ветра и течения использованы в составе математического обеспечения создаваемого в НИИ "Квант" изделия К-40.5 при построении прогнозирующих моделей для оценки последствий маневрирования.

Разработанные алгоритмы и программы информационного обеспечения судов об изменении навигационной обстановки с использованием ЭВМ берегового вычислительного центра и радиоцентра Черноморского морского пароходства внедрены для обеспечения судов в порту через портнадзор и судов в море через радиоцентр.

Материалы диссертации использованы при проведении судоводительских экспертиз по случаю столкновения т/х "Волго-Дон 5102" с баржей "Седьмая" на Херсонском морском канале, т/х "Механик Дрен" с буровой вышкой, ТБХ "Максим Горький" со льдом, посадках на мель т/х "Герои Панфиловцы" и БМРТ "Вламир Симонок".

Практически все проведенные исследования нашли и находят отражение в учебном процессе в читаемых курсах "Управление судном" на факультетах судоводительском и повышения квалификации ОГМА, используются курсантами при написании дипломных работ и аспирантами при выполнении научных исследований. Почти все они отражены в изданных соискателем монографиях, учебных пособиях и текстах лекций.

Выполненная работа посвящена решению важной народно-хозяйственной задачи — повышению безопасности мореплавания, за счет планирования маневров судна с учетом его динамических характеристик и внешних условий. Позволяет управление движе-

нием судна из искусства, постигаемого в результате длительного и трудно передаваемого личного опыта капитана методом проб и ошибок, превратить в область знаний, постигаемых в результате учебы и при практической подготовке к работе на мостике.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Основные научные положения и результаты исследований представлены на всесоюзном семинаре по безопасности грузовых и швартовных операций в море (г. Севастополь 1986, 1988 г.г.), научно-техническом совете ЧМП (г. Одесса, 1987 г.), совете капитанов ЧПОРП "Антарктика" (г. Одесса, 1988 г.), всесоюзной конференции "Качество управления движением — эффективность и безопасность использования судов" института проблем управления Академии наук СССР (г. Севастополь, 1989 г.), международном семинаре по тренажерной подготовке (г. Ленинград, 1989 г.), ХУ! межотраслевой научно-технической конференции (г. Киев, 1990 г.), всесоюзном симпозиуме по автоматизации процессов обеспечения безопасности ВТ (г. Санкт-Петербург, 1991г.), на конференциях профессорско-преподавательского состава ОВИМУ (1979—1995), всесоюзном семинаре "Применение средств вычислительной техники на морском флоте" (г. Одесса, 1992 г.), всесоюзной научно-технической конференции "Методы прогнозирования и способы повышения мореходных качеств судов и средств освоения океана (г. Санкт-Петербург, 1991, XXXV Крыловские чтения). **Публикации.** Основные материалы и результаты диссертации отражены в 45 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, 2-х приложений. Изложена на 376 страницах машинописного текста, содержит 69 рисунков, 37 таблиц. Во введении обоснована актуальность темы. Отмечено, что современное судовождение на море претерпевает эпоху смены

приоритетов в технических приборах обеспечения безопасности мореплавания. Преобладающим средством определения места судна становятся спутниковые системы. Широко используются средства, автоматизированной радиолокационной прокладки и персональные компьютеры для выполнения рутинной работы и решения судово — дительских задач на судах. Внедряются электронные карты.

Складывающаяся ситуация создает иллюзию, что обеспечить безопасное плавание можно только за счет увеличения технического оснащения мостика. Обратной стороной происходящих перемен является потеря судоводительским составом судов навыков в выполнении элементов штурманской работы по обеспечению процесса судовождения: ведения счисления; определения поправок гирокопического и магнитного компасов; определения места судна астрономическими способами; ручного решения задачи расхождения на маневренном планшете; определения углов ветрового дрейфа и сноса течением и ряд других. Происходит пренебрежение методами классической навигации, что является неоправданным и даже опасным, о чем свидетельствует ряд навигационных аварий.

Другой особенностью современных ТСС является тот факт, что они выдают только информацию о местоположении и состоянии движения судна, без разработки рекомендаций штурману по принятию решения, т.е. в них практически отсутствуют элементы экспертных систем.

Последний терминологический ГОСТ определяет навигацию как науку о выборе безопасного и экономичного пути и проводке по нему судна с учетом гидрометеофакторов. При этом традиционно под "судном" подразумевается безинерционная точка, а гидрометеофакторы учитываются только при стационарном движении. Такое судовождение вполне применимо к малотоннажным судам, но не обеспечивает безопасного плавания в стесненных водах

крупнотоннажных судов.

Вопросы маневренности судов всегда привлекали внимание специалистов теории корабля, но, в первую очередь для оценки и обеспечения требуемых качеств на стадии проектирования и постройки. Для судоводителя становится необходимостью не только знание указанных фактических характеристик во время эксплуатации, но и использование их при маневрировании с учетом геометрических размеров судна, т.е. судовождение использующее средства динамической навигации и ЭВМ.

В этих обстоятельствах исследования направленные на повышение безопасности мореплавания за счет знания физических процессов, происходящих при движении судна, основных описывающих его закономерностей по принятию решения на основании учета динамических свойств судна и складывающейся ситуации приобретает уровень повышенной актуальности и ответственности.

В первой главе произведен анализ способов расчета, определения и представления маневренных характеристик судна, предложена их классификация. Исследованы: приближенные способы оценки тормозного пути; изменение кинематических характеристик в функции угла курса; способы учета характеристик циркуляции при построении плановой криволинейной траектории. Предложен маневр несимметричный зигзаг для определения характеристик одерживания поворота и определены такие характеристики в натурных условиях и при исследованиях на ММ.

При рассмотрении движения судна на водной поверхности существуют два подхода к составлению уравнений, описывающих его перемещение: составляются выражения для кинетической энергии динамической системы; основанный на принципе д'Аламбера, когда к действующим на тело силам добавляются инерционные силы, после чего задача сводится к статической.

В разработку первого направления значительный вклад внесли Басин А.М., Васильев А.В., Воробьев Ю.А., Гречин М.А., Гофман А.Д., Зайков В.И., Зильман П.И., Мاستушкин Ю.М., Павленко В.Г., Першиц Р.Я., Русецкий А.А., Соболев Г.В., Федяевский К.М., Юдин Е.Б. и др.

В разработку второго направления значительный вклад внесли Аксютин Л.Р., Вагущенко Л.Л., Демин С.И., Знамеровский Б.П., Кондрашихин В.Т., Козырь Л.А., Лесков М.М., Радионов А.И., Сазонов А.Е. и ряд других.

Из зарубежных авторов следует отметить работы Р. Бишоп, Б. Клейтона, К. Номото, Дж. Ньюмена, Сигеру А.

В связанной с судном системе координат, общепринятая система дифференциальных уравнений, описывающая движение судна в горизонтальной плоскости при ветре имеет вид:

$$\begin{aligned} (m + \lambda_{11}) \cdot \frac{dV_x}{dt} + (m + \lambda_{22}) \cdot V_y \cdot \omega \pm R_{xx} \pm R_{px} \pm R_{rx} \pm P_x &= 0; \\ (m + \lambda_{22}) \cdot \frac{dV_y}{dt} + (m + \lambda_{11}) \cdot V_x \cdot \omega \pm R_{xy} \pm R_{py} \pm R_{ry} - R_s &= 0; \quad (1) \\ (I + \lambda_{66}) \cdot \frac{d\omega}{dt} - (\lambda_{11} - \lambda_{22}) \cdot V_x \cdot V_y \pm M_r \pm M_p \pm M_s - M_{ec} &= 0; \end{aligned}$$

где P_e — сила упора винта; R_e — боковая сила винта и сила взаимодействия винта и корпуса судна; R_{rx} , R_{ex} , R_{px} — продольные составляющие гидродинамической, аэродинамической сил и силы на руле; R_{ry} , R_{ey} , R_{py} — поперечные составляющие тех же сил; M_r , M_a , M_{6c} , M_p — моменты гидро и аэродинамической сил, боковой силы винта и руля; λ_{11} , λ_{22} , λ_{66} — присоединенная масса по оси X, Y и присоединенный момент инерций.

При решении уравнений (1) вводят ряд допущений, основные из них следующие.

1. Присоединенная масса воды по оси X приближенно равна

10% от массы судна и остается неизменной при маневрировании.

2. Зависимость сопротивления воды и воздуха от скорости носит квадратичный характер.

3. Коэффициенты сопротивления воды K и воздуха $K_{\text{в}}$ во время маневрирования постоянны.

4. Упор винта в процессе активного торможения изменяется по зависимости, полученный профессором Деминым С.И.:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{max}} \cdot \left(1 - \frac{V_x^2}{V_n^2} \right), \quad (2)$$

где P_{max} — значение силы упора винта в момент остановки; V_x — текущая скорость; V_n — скорость в момент начала вращения винта на задний ход.

5. При маневрировании новое назначенное число оборотов достигает своего значения в момент подачи команды.

Все маневренные характеристики подразделяются на две основные группы: инерционно — тормозные и поворотливости.

В соответствии с предлагаемой классификацией к инерционно — тормозным характеристикам относятся: разгон; подтормаживание; пассивное торможение; активное торможение.

К характеристикам поворотливости относятся: постоянная времени задержки поворота $T(\delta)$; устойчивость на курсе, критерий Q ; зона неустойчивости $\pm \varphi_0$, $\pm \delta_{\text{по}}$; одерживания поворота, время t_0 , угол θ_0 ; выдвиг, $l_1(\delta)$; прямое смещение, $l_2(\delta)$; тактический диаметр $D_T(\delta)$; диаметр установившейся циркуляции $D_Y(\delta)$.

Количество характеристик и форма их представления, которые должны быть на судне, определяются рекомендациями Международной морской организации (ИМО) и требованиями национальных нормативных документов Украины (РШС — 89).

Для обозначения режимов движения будем использовать ус —

ловные обозначения, рекомендованные РШС — 89:

ПП — передний полный ход; ППм — передний полный маневренный; ПС — передний средний; ПМ — передний малый; ПСМ — передний самый малый; ЗП — задний полный; ЗС — задний средний; ЗМ — задний малый; ЗСМ — задний самый малый.

Возможные случаи эксплуатационных режимов будут описывать всего 90 тормозных характеристик для состояния в грузу и в балласте. Согласно существующих требований в настоящее время на судах имеется 16 и только для режимов, которые не должны использоваться в обычных случаях — торможения ЗП. Для разгона и подтормаживания характеристики отсутствуют вообще.

Всего около 100 характеристик поворотливости, описывают поведение судна при маневрировании рулем. На судне согласно РШС — 89 обычно имеются только 16 из 100.

Такое положение было терпимым на малотоннажных судах, когда сведения о маневренных характеристиках можно было получить методом проб и ошибок. Управление крупнотоннажным судном требует более полных знаний. Однако столь большое количество данных, которые необходимо не только знать, но и уметь их использовать представляет серьезные трудности для судоводителя. Поэтому представляется важным определить достаточный минимум характеристик и вид, в котором их необходимо представить для учета на мостике при маневрировании.

Для получения подробных данных о тормозных свойствах судна обычно решают первое уравнение системы (1). Это дифференциальное уравнение и его решение представляют собой математическую модель (ММ) торможения. При выполнении исследований использовалась ММ ОВИМУ, автором которой является профессор Демин С.И.:

$$m_x \cdot \frac{dV_x}{dt} + K \cdot V_x^2 \pm P_o = 0, \quad (3)$$

где K — коэффициент сопротивления среды.

Решение уравнения (3) производилось численным интегрированием, для чего значения коэффициента K определялось из эксперимента пассивного торможения, а силы упора винта из эксперимента активного торможения. Учитывая, что процесс пассивного торможения, разгона и подтормаживания имеет неопределенное окончание — будем считать его законченным: при пассивном торможении при достижении $0,2V_H$ или скорости потери управляемости, что наступит раньше; при разгоне до $0,95V_{уст}$; при подтормаживании до $1,05V_{уст}$.

С учетом изложенного формульное решение уравнения (3) для пути и времени разгона будет иметь вид:

$$t_{раз} = \frac{m_x}{2 \cdot K \cdot V_{ycm}} \cdot \ln \frac{39 \cdot (1 - V_1 / V_{ycm})}{(1 + V_1 / V_{ycm})}. \quad (4)$$

$$S_{раз} = \frac{m_x}{2 \cdot K} \cdot \ln \left[10.26 \cdot \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_{ycm}} \right)^2 \right) \right]. \quad (5)$$

При разгоне из неподвижного состояния формулы (4) и (5) соответственно упростятся и примут вид:

$$t_{раз} = 1.832 \cdot m_x / K / V_{ycm}, \quad (6)$$

$$S_{раз} = 1.164 \cdot m_x / K. \quad (7)$$

Решение уравнения (3) при подтормаживании будет иметь вид:

$$t_{птр} = \frac{m_x}{2 \cdot K \cdot V_{ycm}} \cdot \ln \frac{41 \left[\left(V_1 / V_{ycm} \right) - 1 \right]}{\left(V_1 / V_{ycm} \right)^2 + 1}, \quad (8)$$

$$S_{птр} = \frac{m_x}{2 \cdot K} \cdot \ln \left[\left(V_1 / V_{ycm} \right)^2 + 1 \right]. \quad (9)$$

Для выполнения расчетов на судовой ПЭВМ были разработаны алгоритмы формульного и численного решения уравнения (3)

и соответствующие программы на языке Турбо — Паскаль. Принципиальной особенностью разработанных алгоритмов является то, что в них отсутствует градация для состояния в грузу или в балласте, и по режиму движения. Необходимые расчеты ЭВМ производит по введенным судоводителем текущих осадках носом T_n , кормой T_k , скорости хода V_1 и назначенному режиму — пассивное торможение, подтормаживание, разгон или активное торможение. В результате расчета на экране высвечивается значение пути и времени маневрирования.

На основании систематизации и анализа существующих способов получения тормозных характеристик была предложена их классификация: по способу определения коэффициента K и максимальной силы упора винта P_{max} — расчетный; экспериментальный и экспериментально — расчетный; по способу получения значения t и S — формульное решение, численное решение и графическое решение дифференциальных уравнений; по способу представления — в виде графиков зависимости V и S от времени, графиков зависимости t и S от скорости переднего хода, в виде линейных графиков ИМО и таблиц конечных значений времени маневрирования и пути проходимого при этом.

Основным вопросом, определяющим ценность знания о тормозных характеристиках судна является форма, в которой они представлены. Существующие на мостике в форме ИМО неудобны из-за трудоемкости выборки и необходимости иметь 6 листов по 15 характеристик на каждом. Было предложено представлять данные в виде графиков $t(V)$ и $S(V)$ и таблиц. Табличная форма (табл. 1) наиболее компактна, выборка данных проста и занимает минимум времени.

Для приближенного определения характеристик торможения

Инерционно – тормозные характеристики т/х " Харитон Греку "

Режим переднего хода в балласте Тср = 8.05 м D = 41770 т											
ПСМ		ПМ		ПС		ППМ		ПП		Режим	
t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	задний ход	
28.7	16.85	31.7	20.98	33.8	24.92	34.0	25.45	34.7	27.02	СТОП	
5.6	4.06	6.3	5.72	7.4	8.17	7.6	8.70	8.2	10.27	ЗП	
7.8	5.25	8.7	7.24	9.8	9.85	10.1	10.38	10.7	11.95	ЗС	
12.1	7.27	13.3	9.71	14.5	12.54	14.7	13.06	15.4	14.63	ЗМ	
19.0	9.95	20.5	12.84	21.8	15.88	22.1	16.41	22.7	17.97	ЗСМ	

продолжение табл. 1

Режим переднего хода в грузу Тср = 12.33 м D = 66000 т											
ПСМ		ПМ		ПС		ППМ		ПП		Режим	
t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	t, мин	S, кбт	задний ход	
43.9	24.81	49.6	32.10	53.5	38.98	53.5	38.98	55.0	42.35	СТОП	
6.7	4.66	7.8	6.99	9.5	10.85	9.5	10.85	10.9	14.22	ЗП	
9.5	6.17	10.9	9.04	12.7	13.25	12.7	13.25	14.2	16.62	ЗС	
15.1	8.82	16.9	12.48	18.9	17.16	18.9	17.16	20.4	20.54	ЗМ	
24.0	12.48	26.4	16.98	28.7	22.14	28.7	22.14	30.2	25.51	ЗСМ	

были проведены испытания на ММ "Pilot" для 13-ти типов судов разного тоннажа для состояния в грузу и в балласте. При этом суда разгонялись до 2, 4 и 6 узлов и производилось торможение ЗП, ЗС, ЗМ и ЗСМ. Получено 312 результатов испытаний.

Функциональная зависимость тормозного пути в длинах корпуса судна представлена в виде, учитывающем начальную скорость и углубление винта:

$$\bar{S} = b_0 + b_1 \cdot \frac{F_r}{K_{ЭН}} + b_2 \cdot \frac{D_B}{T_K}, \quad (10)$$

где b_0, b_1, b_2 – коэффициенты множественной линейной регрессии; F_r – число Фруда ($V/\sqrt{g \cdot L}$); $K_{ЭН}$ – коэффициент энерговооруженности ($0,8 Ne/D$); Ne – мощность главного двигателя; D – водоизмещение судна; D_B – диаметр винта; T_K – осадка кормой.

После проведения регрессионного анализа были получены значения коэффициентов и формула (10) приведена к виду:

$$\bar{S} = -0.569 + 8.721 \cdot \frac{F_r}{K_{\text{ин}}} + 1171 \cdot \frac{D_a}{T_x} \quad (11)$$

Полученная формула может быть использована на любом морском судне и в автоматизированных системах управления.

Между углом изменения курса θ и временем поворота t уравнение линейной регрессии будет иметь вид:

$$t = T(\delta) + K_t \cdot \theta, \quad (12)$$

где $T(\delta)$ — постоянная времени задержки поворота; K_t — коэффициент пропорциональности для перехода от угла курса ко времени.

Между θ и t зависимость можно записать:

$$\theta = K_\theta [T(\delta) + t], \quad (13)$$

где K_θ — коэффициент для перехода к углу курса θ .

Значения коэффициентов уравнения регрессии, полученные по результатам натурных наблюдений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты уравнения линейной регрессии

Название теплохода	Коэффициенты и размерность	Угол перекадки			
		15° п/б	30° п/б	15° л/б	30° л/б
Капитан	K_θ , град/мин	34,5	50,0	43,5	52,6
Темкин	K_t , с/град	1,74	1,20	1,38	1,14
в грузу	$T(\delta)$, с	31	15	22	15
Харитон	K_θ , град/мин	33,5	41,3	32,0	39,1
Греку	K_t , с/град	1,79	1,45	1,88	1,53
в балласте	$T(\delta)$, с	35	12	22	12

Поскольку в качестве управляемого параметра обычно используется угол изменения курса, то представляет значительный интерес проследить за ходом изменения элементов циркуляции — ω , $\alpha_{\text{ц}}$, R и V в функции управляемого параметра.

Для расчета текущего значения получены формулы:

$$\alpha_{\text{ц}} = \alpha_{\text{ис}} [1 - \exp(-\theta / \theta_a)], \quad (14)$$

$$R = R_c / [1 - \exp(-\theta / \theta_R)], \quad (15)$$

$$V = V_a / \left[1 + 1,9 \left(\omega_c^2 \cdot (1 - \exp(-\theta / \theta_\omega))^2 \right) \right], \quad (16)$$

где α_{nc} , R_c , ω_c — установившиеся значения элементов;

θ_a , θ_R , θ_ω — постоянные угла дрейфа, радиуса циркуляции и угловой скорости по углу курса.

По полученным зависимостям можно легко произвести расчет положения полюса поворота по длине судна:

$$\bar{X}_n = \frac{\sin[\alpha_{nc}(1 - \exp(-\theta / \theta_a))]}{\omega_c[1 - \exp(-\theta / \theta_\omega)]}. \quad (17)$$

Поведение судна при движении постоянным курсом определяется видом начального участка диаграммы управляемости. Приближенный расчет угловой скорости обратной поворотливости ω_0 предлагается производить по формуле:

$$\omega_0 = (4\omega_5 - \omega_{20})/3, \quad (18)$$

где ω_5 и ω_{20} — значение безразмерной угловой скорости при перекладке руля на 5 и 20 градусов.

Для учета элементов циркуляции было предложено использовать три способа — отрезков, перпендикуляров и эллипса. Способ отрезков и перпендикуляров может быть использован в графическом, табличном и аналитическом виде. Графический способ представления может быть использован при выполнении исследований, табличный — на мостике для прокладки поворота на карте, аналитический — для учета в автоматических и автоматизированных системах управления.

Значения отрезков можно рассчитать по формулам:

$$MH = a_1 + b_1 \operatorname{tg}(\theta / 2), \quad (19)$$

$$MK = a_2 + b_2 \operatorname{tg}(\theta / 2), \quad (20)$$

где MH , MK — расстояние от точки начала и окончания поворота

до точки пересечения курсов до и после поворота; a_1, b_1, a_2, b_2 — коэффициенты поворотливости.

Значения перпендикуляров можно определить:

$$HP = MH + MK \cos \theta, \quad (21)$$

$$KP = MK \sin \theta, \quad (22)$$

где Р — точка на линии первоначального курса, в которую опущен перпендикуляр из точки окончания поворота.

Приближенно значения коэффициентов можно определить по формулам:

$$a_1 \approx l_1 + \frac{D_T}{2}; \quad b_1 \approx \frac{D_T}{2}; \quad a_2 \approx 0; \quad b_2 \approx l_2. \quad (23)$$

Способ эллипса используется только в аналитической форме и позволяет получить по значениям l_1, l_2, D_T, D_y прямоугольные координаты точек криволинейной траектории для любого заданного угла поворота. Для выполнения таких расчетов была разработана специальная программа на языке Турбо — Паскаль.

Наиболее часто используемым эксплуатационным маневром при выполнении поворота является его одерживание. Численно процесс одерживания можно охарактеризовать следующими параметрами: величиной перекладки руля для одерживания $\delta_{\text{вых}}$; временем одерживания t_0 ; углом одерживания θ_0 .

Таблица 3

Маневры для определения характеристик одерживания

Угол перекладки $\delta^{\circ}_{\text{вых}}$	Угол перекладки для входа в циркуляцию $\delta_{\text{вх}}$				
	5	10	15	20	30
5	5/5/30	10/5/30	15/5/30	20/5/30	30/5/30
10	5/10/30	10/10/30	15/10/30	20/10/30	30/10/30
15	5/15/30	10/15/30	15/15/30	20/15/30	30/15/30
20	5/20/30	10/20/30	15/20/30	20/20/30	30/20/30
30	5/30/30	10/30/30	15/30/30	20/30/30	30/30/30

При обозначении маневров используется дробь, первая цифра ко —

торой обозначает угол перекадки руля при начале циркуляции, вторая при одерживании и третья — угол поворота, на который успеет повернуть судно до момента начала одерживания.

Для получения указанных характеристик на т/х "Георгий Димитров" для состояния в грузу были проведены натурные наблюдения. По результатам натурных наблюдений были составлены линейные уравнения регрессии для угла изменения курса:

$$\theta_o = C_o + C_1 \cdot \delta_{sx}, \quad (24)$$

а также для времени одерживания в секундах:

$$t_o = B_o + B_1 \cdot \delta_{sx}. \quad (25)$$

Коэффициенты регрессии C_o , C_1 , B_o , B_1 , определенные методом наименьших квадратов, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Коэффициенты уравнения регрессии т/х "Георгий Димитров" в грузу

Значения коэффициц.	Угол перекадки для одерживания				
	5°	10°	15°	20°	30°
C_o	5,10	5,02	2,85	2,56	2,35
C_1	0,56	0,43	0,41	0,38	0,36
B_o	31,2	25,6	20,7	17,5	14,4
B_1	1,58	0,85	0,67	0,61	0,55

Во второй главе рассмотрено влияние внешних условий при натурных наблюдениях дрейфа судна без хода, при выполнении модельных испытаний в опытовом бассейне, при дрейфе на ходу и маневрировании на мелководье.

Натурные наблюдения свободного дрейфа (24 раза) проводились в Атлантическом и Тихом океанах на СРТМ при скоростях ветра до 15 м/с. Движение судна в дрейфе описывается дифференциальным уравнением:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} - K \cdot V_{gp}^2 + K_u \cdot W_u^2 + C_s \cdot W_u^4 = 0, \quad (26)$$

где C_s — коэффициент волновой силы.

Решение уравнения (26) для определения времени и пути разгона при дрейфе из неподвижного состояния имеет вид:

$$t = \frac{m}{2 \cdot K} \cdot \ln \frac{\sqrt{\frac{K_u}{K} \cdot W_u^2 + \frac{C_s}{K} \cdot W_u^4 - V_{gp}}}{\sqrt{\frac{K_u}{K} \cdot W_u^2 + \frac{C_s}{K} \cdot W_u^4 + V_{gp}}} \quad (27)$$

$$S = \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{\frac{K_u}{K} \cdot W_u^2 + \frac{C_s}{K} \cdot W_u^4}{\frac{K_u}{K} \cdot W_u^2 + \frac{C_s}{K} \cdot W_u^4 - V_{gp}^2} \quad (28)$$

Траекторные измерения производились с использованием оптического пеленгатора и секстана для высокоточного измерения расстояния по углу снижения плавающего буйа. Значения поперечного аэродинамического коэффициента предлагается определять из соотношения:

$$C_{ay90} = C_y \cdot \frac{\rho \cdot S_n \cdot V_{gp}^2 \cdot \sin^2 \alpha}{\rho_s \cdot S_n \cdot W_u^2 \cdot \sin \alpha_u} \quad (29)$$

Для СРТМ значение аэродинамического коэффициента оказалось равным $C_{ay90} = 0,78$, а скорость свободного дрейфа $V_{др} = 0,014 + 0,049 W_n$.

Для оценки влияния подобранного невода на скорость дрейфа была изготовлена модель СРТМ в масштабе 1:50 и модель невода и проведены испытания в опытовом бассейне ОИИМФ. Буксировку модели производили лагом с моделью невода и без нее при скоростях, соответствующих дрейфу при ветре до 20 м/с.

При испытаниях было установлено, что скорость дрейфа с подобранном неводом примерно на 5% больше чем при дрейфе без невода, что объясняется изменением обтекания корпуса судна.

Значения гидродинамического коэффициента поперечной силы оказалось равным $C_{y90} = 0,732$, а рассчитанное по методике Н.И. Анисимовой равно 0,87.

Для расчета угла ветрового дрейфа α на ходу было получено квадратное уравнение:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{C_y^a}{C_z} \cdot \operatorname{tg} \alpha - \frac{C_{ay90^\circ}}{C_z} \cdot \frac{\rho_s}{\rho} \cdot \frac{S_n}{S_n} \cdot \frac{W^2}{V_A^2} \cdot \sin q_w = 0 \quad (30)$$

решение которого:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{C_y^a}{2 \cdot C_z} + \sqrt{\left(\frac{C_y^a}{2 \cdot C_z}\right)^2 + \frac{C_{ay90^\circ}}{C_z} \cdot \frac{\rho_s}{\rho} \cdot \frac{S_n}{S_n} \cdot \frac{W^2}{V_A^2} \cdot \sin q_w} \quad (31)$$

Поскольку расчеты по формуле (31) требуют значительных затрат времени, то была предложена номограмма, позволяющая графически определить угол ветрового дрейфа на ходу.

Для расчета потери управляемости использовалось третье уравнение системы (1) разрешенное относительно угла перекадки руля, для компенсации аэро- и гидродинамических сил:

$$\delta_x = \frac{1 + (2 / \lambda_p)}{1,35^2 \cdot S_p \cdot \rho \cdot 0,5\pi} \cdot \left[\left(0,25 + \frac{I_{un}}{L} - \frac{q_w}{360} \right) \cdot 1,05 \cdot \sin q_w \cdot \rho_s \cdot S_n \cdot \frac{W^2}{V_A^2} + \right. \\ \left. \left(0,5 + \frac{L_{usc}}{L} - \frac{\alpha}{180} \right) \cdot \frac{0,23 \cdot \sin \alpha + 1,09 \cdot \sin^2 \alpha}{(2,1 \cdot \delta_{оп} - 7 \cdot T / L)^2} \cdot \rho \cdot S_n \right] \quad (32)$$

Предлагается потерю управляемости рассчитывать для наиболее неблагоприятного случая при $q_w = 120^\circ$, считая, что она может наступить при любом курсовом угле.

Для количественной оценки влияния мелководья на маневренные характеристики были проведены испытания на ММ т/х "Микола Бажан" тренажера "Pilot". Определены характеристики торможения поворотливости и одерживания поворота на глубокой воде и на мелководье $H/T = 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0$.

Предложено учитывать влияние мелководья на элементы циркуляции в виде коэффициентов, определяемых по формулами, полученными после регрессионного анализа результатов наблюдений:

$$l_{1н} = l_1 \cdot K_{l_1}; \quad l_{2н} = l_2 \cdot K_{l_2}; \quad D_{yn} = D_m \cdot K_{D_T}; \quad D_{yн} = D_y \cdot K_{D_y}, \quad (33)$$

$$K_{l_1} = 1.55 - 1.81 \cdot (T/H) + 1.84 \cdot (T/H)^2; \quad (34)$$

$$K_{l_2} = 2.35 - 4.63 \cdot (T/H) + 4.84 \cdot (T/H)^2; \quad (35)$$

$$K_{D_T} = 1.60 - 2.77 \cdot (T/H) + 3.51 \cdot (T/H)^2; \quad (36)$$

$$K_{D_y} = 0.27 - 0.42 \cdot (T/H) + 2.09 \cdot (T/H)^2. \quad (37)$$

Мелководье увеличивает длину тормозного пути незначительно и при большей начальной скорости проявляется меньше.

Анализ характеристик одерживания поворота показывает, что при малых углах перекадки руля (до 10° включительно) для выполнения циркуляции угол одерживания θ_0 на мелководье увеличивается при всех значениях углов перекадки для одерживания. При этом если одерживание производится малыми углами перекадки руля до 10° , то θ_0 увеличивается только на 50%.

В третьей главе рассмотрены вопросы организации судовождения на мостике в стесненных условиях, планирование и контроль выполнения поворотов и методы расчета координат криволинейной траектории по элементам поворотливости, автоматизации поворотов и выбор безопасной скорости по условиям плавания с учетом маневренных характеристик.

Сложные условия плавания требуют принятия специальных мер для обеспечения безопасности. К ним следует отнести: выполнение тщательного планирования пути, подготовку штурманской службы и распределения обязанностей в соответствии с опытом и квалификацией; более частое определение места и ускоренные способы обработки результатов измерений; учет ветрового дрейфа и течения; включение резервных механизмов и специально организованную повышенную бдительность лиц вахты и введение дополнительной вахты для их обслуживания и включения аварийных

способов управления.

Основным маневром, определяющим безопасность плавания, является поворот. Существует два подхода к его осуществлению: выбирают угол перекладки руля по величине угла изменения курса, определяют точку начала и окончания поворота и контролируют его ход по гирокомпасу; второй способ основан на выборе угловой скорости поворота по кривизне траектории и поддержание ее постоянной переменными кладками руля.

Для учета характеристик поворотливости предложено использовать три способа: отрезков, перпендикуляров и эллипса. Они позволяют по элементам поворотливости — выдвигу l_1 , прямому смещению l_2 , тактическому D_T и установившемуся D_y диаметру циркуляции определить координаты точек начала, окончания и промежуточных, по снятым координатам с карты точки M пересечения курсов до и после поворота. Результаты расчета можно представить в графической и аналитической формах.

При маневрировании будем различать два способа его управления по криволинейной траектории — рулем и курсом. В первом случае капитан отдает команды на руль. Во втором случае рулевому задают курс, представляя ему выбор углов кладки руля. Рекомендуются использовать первый способ, как обладающий лучшим качеством управления.

Предложенные способы учета элементов циркуляции позволяют автоматизировать процесс расчета точек начала H и окончания K поворота на ЭВМ по зависимостям:

$$\begin{aligned}\varphi_H &= \varphi_M - MH \cdot \cos \text{ПУ}_1, & \lambda_H &= \lambda_M + MH \cdot \sin \text{ПУ}_1 \cdot \sec \varphi_M, \\ \varphi_K &= \varphi_M - MK \cdot \cos \text{ПУ}_2, & \lambda_K &= \lambda_M - MK \cdot \sin \text{ПУ}_2 \cdot \sec \varphi_M.\end{aligned}\quad (38)$$

Координаты промежуточных точек:

$$\varphi_i = \varphi_H + [M_i H \cdot \cos \Pi Y_1 + M_i K_i \cdot \cos(\Pi Y_1 + \Delta \Pi Y \cdot i)] ,$$

$$\lambda_i = \lambda_H - [M_i H \cdot \sin \Pi Y_1 + M_i K_i \cdot \sin(\Pi Y_1 + \Delta \Pi Y \cdot i)] \cdot \sec \varphi_M . \quad (39)$$

где $\Delta \Pi Y$ — интервал дискретизации.

При расчете точек криволинейной траектории при ветре и течении использовалось два алгоритма: по планируемым точкам; по расчетным точкам. В первом случае координаты каждой последующей точки рассчитываются только по плановым точкам, определенным по формулам (38) и (39). Во втором случае координаты первой точки определяются по начальной, а каждой последующей по рассчитанным предыдущей.

Автоматическое выполнение поворота кроме предложенного алгоритма определения координат заданных точек требует точности определения места со средне-квадратической погрешностью (СКП) Мо около 1 метра. Для внедрения автоматического управления судном по криволинейным траекториям в практику судовождения требуется создание систем ближней навигации.

Для обеспечения безопасного прохождения судна через заданный район необходимо чтобы допустимая ширина безопасной полосы движения Y_{MA} снятая с карты была бы больше вероятной ширины полосы маневренного смещения Y_{MB} :

$$Y_{MA} > 2 \cdot (Y_M + M_o) + B_{\Pi} , \quad (40)$$

где Y_M — ширина маневренного смещения; B_{Π} — ширина полосы, занимаемой судном при движении.

При назначении безопасной скорости определяющими будут три фактора: скорость уверенного реверсирования (V_{rev}); дальность уверенного обнаружения объекта ($D_{об}$); маневренные характеристики судна.

С учетом этого был разработан алгоритм выбора безопасной скорости, основанный на сравнении расстояния до опасности, в

момент когда она обнаружена, с маневренными характеристиками собственного судна и наличием времени для принятия решения. При выборе маневра торможением зависимость имеет вид:

$$D_{об} \geq S_L + m_D + S_{пр} + S_{трм} + S_{нз} + D_{ост}, \quad (41)$$

где S_L — расстояние от антенны РЛС до носовой оконечности;
 m_D — СКП определения расстояния до опасности; $S_{пр}$ — расстояние проходимое судном за время принятия решения; $S_{трм}$ — тормозной путь
 $S_{нз}$ — навигационный запас; $D_{ост}$ — расстояние при остановке судна.

При маневре отворотом зависимость имеет вид:

$$D_{об} \geq S_L + m_D + S_{пр} + L_1 + D_{ост} + S_{нз}. \quad (42)$$

С учетом зависимостей (41) и (42) была разработана программа расчета безопасной скорости по величине тормозного пути и проверка по характеристикам поворотливости. Полученные результаты могут быть использованы в экспертных системах принятия решения на суда.

В четвертой главе рассмотрены: принципы управления судном при маневрировании; методика планирования швартовки в порту и натурные наблюдения при ее выполнении; классификация, методика предварительного планирования швартовки в море и натурные наблюдения при ее выполнении.

Разработана методика планирования маневров, согласно которой: планирование маневров начинается с точки окончания движения или кратчайшего сближения; управляющие воздействия выбираются с запасом; используется комбинированный способ управления; кинематические уравнения записываются от конечной точки в отрицательном времени в относительном движении:

$$dX/dt = -K_H \cdot (V_H/R_H) \cdot Y + V_H - V_C \cdot \cos P,$$

$$dY/dt = K_H \cdot (V_H/R_H) \cdot X - V_C \cdot \sin P,$$

$$dP/dt = K_H \cdot (V_H/R_H) - K_C \cdot (V_C/R_C),$$

при начальных условиях при подходе справа:

$$X = D_{кр} \cdot (V_H / V_0) \cdot \sin P_{кр} \text{ и } Y = D_{кр} \cdot (V_H - V_ц \cdot \cos P_{кр}) / V_0.$$

При подходе слева:

$$X = -D_{кр} \cdot (V_H / V_0) \cdot \sin P_{кр} \text{ и } Y = D_{кр} \cdot (V_H - V_ц \cdot \cos P_{кр}) / V_0.$$

При выполнении предварительного маневрирования и в процессе швартовки предлагается рассматривать четыре фундаментальных принципа управления: курсовой; по отклонению; по возмущению; комбинированный. При выполнении швартовных операций обычно используют комбинированный.

При исследовании швартовок в порту кормой к причалу натурные наблюдения производились на двухвинтовом пароме водоизмещением 4270 т с мощностью главных двигателей 7200 л.с. и подруливающим устройством туннельного типа в носу мощностью 350 л.с. Составлена схема швартовки, этапы которой можно описать так: прицеливание, торможение совместно с циркуляцией, выравнивание (П – ТЦ – В). Результаты хронометража по этапам для одного и того же судна приведены в табл. 5.

Таблица 5

Время швартовки в портах Греции

NN пп	Название порта	Количество швартовок	Общее время швартовки, мин	Разворот и торможение	Движение назад и выравнивание
1.	Патрас	183	11,1	3,9	6,2
2.	Сами	143	7,3	3,4	3,9
3.	Игоуменица	227	19,2	3,6	6,9
4.	Керкира	228	8,8	3,7	5,1
5.	Бриндизи	184	21,7	4,5	6,9
	Всего	965	—	3,8	5,8

Результаты выполненных исследований дают наглядное представление о затратах времени на каждый этап, позволяют оценивать качество маневрирования. Они также использовались при планировании рейсооборота парома при работе на линии.

Предложена классификация способов швартовок в море: на ходу на бакштов; в дрейфе по ходу лагом; в дрейфе валетом; в дрейфе на бакштов; на якоре по ходу лагом; на якоре валетом; на якоре на бакштов; крупнотоннажного судна к малотоннажному в дрейфе.

Исследование швартовки в море выполнялось на наиболее сложном способе — швартовке промысловой базы "Восток" водоизмещением 45000 т к СРТ водоизмещением 1500 тонн для приема улова из кошелькового невода.

Параметры схемы швартовки рассчитывались по формуле:

$$\bar{D}_{\text{нц}} = \bar{S}_{\text{ц}} + \bar{S}_{\text{прц}} + \bar{D}_{\text{пк}} - \bar{S}'_{\text{прц}} - \bar{S}'_{\text{трм}} - \bar{S}'_{\text{ц}}, \quad (43)$$

где $\bar{D}_{\text{нц}}$ — расстояние до СРТМ в момент начала циркуляции;
 $\bar{S}_{\text{ц}}$ — путь на циркуляции; $\bar{S}_{\text{прц}}$ — путь за время прицеливания;
 $\bar{D}_{\text{пк}}$ — расстояние между судами в момент подачи концов; $\bar{S}'_{\text{прц}}$,
 $\bar{S}'_{\text{трм}}$, $\bar{S}'_{\text{ц}}$ — путь дрейфа за те же периоды.

Результаты хронометража швартовок приведены в табл. 6. Для получения оптимального времени швартовки отношение пути первого этапа S_1 к исходному $D_{\text{и}}$ варьировалось от 0,6 до 0,75.

При расчете схемы швартовки к судну на якоре определяющим служит среднее время рыскания судна на якоре $T_{\text{ср}}$. В зависимости от тормозного пути $S_{\text{трм}}$ и $T_{\text{ср}}$ выбирают скорость швартовки $V_{\text{шв}}$ и исходное расстояние $D_{\text{и}}$:

$$T_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{прц}}}{V_{\text{шв}}} + t_{\text{трм}}, \quad D_{\text{и}} = S_{\text{прц}} + S_{\text{трм}}. \quad (44)$$

С учетом формулы (44) значение $V_{\text{шв}}$ равно:

$$V_{\text{шв}} = \frac{D_{\text{и}} - S_{\text{трм}}}{T_{\text{ср}} - t_{\text{трм}}}. \quad (45)$$

Для расчета параметров швартовки в этом случае были разработаны графики и таблица, позволяющие составить схему швартовки.

При расчете схемы швартовки на ходу на бакштав, расстояние D_0 при котором подходящее должно начать подтормаживание определяется:

$$D_0 = S_{\text{птр}} + D_{\text{шв}} - V_{\text{шв}} \cdot t_{\text{птр}} \quad (46)$$

где $t_{\text{птр}}$, $S_{\text{птр}}$ — время и путь подтормаживания; $V_{\text{шв}}$ — скорость при швартовке; $D_{\text{шв}}$ — расстояние при подаче швартовных концов.

Таблица 6

Результаты натурных наблюдений швартовки РПБ "Восток"

Параметр швартовки $S_1/D_{\text{и}}$	0,6	0,65	0,7	0,75
Число швартовок	62	105	193	107
Среднее время швартовки, мин	30,1	26,5	23,2	29,4
Стандартное отклонение	$\pm 4,9$	$\pm 5,4$	$\pm 5,3$	$\pm 7,1$
Среднее время 1–3 участка	15,9	14,5	13,5	15,3
Стандартное отклонение	$\pm 0,8$	$\pm 0,7$	$\pm 0,7$	$\pm 0,6$

Разработанные принципы планирования схемы швартовки используются при предварительной подготовке штурманского состава и в компьютерных тренажерах по швартовке.

В пятой главе рассмотрены вопросы учета динамических свойств при маневрировании: предложена классификация отметок на экране РЛС по наблюдаемым параметрам и критерии оценки их опасности; разработан электронный маневренный планшет и его использование для проигрывания маневра; исследованы алгоритмы экстренного маневрирования перекладками руля; исследованы зависимости параметров циркуляции в функции угла курса и разработана приближенная кинематическая математическая модель; разработана методика построения домены судна с учетом маневренных характеристик и ситуации сближения; установлены и исследованы закономерности маневра последнего момента; предложены количественные критерии оценки надежности навигации.

Для систематизации наблюдений и облегчения решения по

выбору маневра предлагается произвести классификацию отметок на экране РЛС: по характеру изменения полярных координат; по относительному курсу P ; по величине курсового угла q .

Из 9 типов целей, только одна, пеленг которой не изменяется, а расстояние уменьшается, является опасной.

С учетом геометрических размеров судов, погрешностей в определении пеленга и допустимой дистанции кратчайшего сближения, кроме указанной, опасными можно считать отметки полярные координаты которых изменяются:

$$dD < 0, \quad dP \leq |3 \cdot m_{\Pi}|, \quad (47)$$

где m_{Π} — среднеквадратическая погрешность определения пеленга.

По значению P и q , с учетом соотношения скоростей K встречного V_{Π} и собственного V_n судов возможно 27 начальных ситуаций сближения. Анализ предложенной классификации показывает, что опасным могут быть все суда q которых меньше или равно 90° , точка пересечения путей которых M находится по носу собственного судна независимо от величины P и K . Опасным при $q > 90^\circ$ могут быть суда P которых меньше 90° и $K > 1$.

Предложенная классификация облегчает судоводителю выбор отметок опасных судов на экране РЛС, позволяет изменить алгоритм обработки сигналов и разработать классификатор целей.

Для облегчения ручного решения задачи разработан алгоритм и программа выполняющая построение планшета на экране ПЭВМ, графическое и аналитическое решение задачи. Для проигрывания выбранного маневра вводится новое значение курса и скорости, после чего получается ситуация на момент окончания маневра. Решение задачи может быть отпечатано на принтере и храниться в качестве документа, подтверждающего факт ведения наблюдения и прокладки.

В практике мореплавания иногда возникает необходимость срочной остановки судна, когда оно движется со скоростью большей, чем скорость уверенного реверсирования $V_{\text{рев}}$ и ограничено в акватории для маневрирования. В таких случаях целесообразно использовать перекладки руля с борта на борт для существенного снижения скорости. Для выбора оптимального угла перекладки руля перед входом в циркуляцию и одерживания на ММ Pilot т/х "Капитан Темкин" и т/х "Микола Бажан" были проведены исследования двух алгоритмов действий судоводителя — по методике Гренобля и предложенный автором совместно с Шараф Мохамедом. Порядок экстренного маневрирования был следующим: производят перекладку руля право/лево на борт; при отклонении на угол 10, 20, 30, 40 градусов производят перекладку руля на противоположный борт и уменьшают скорость до ПС; при отклонении на 10, 20, 30, 40 градусов производят перекладку руля на противоположный борт и уменьшают скорость до ПМ; при возвращении судна на первоначальный курс давали ЗП, при остановке — стоп.

Условия для выполнения реверсирования наступают уже при второй перекладке руля и запуск главного двигателя на ЗП происходят в обычном эксплуатационном режиме. Отклонение от линии первоначального курса рекомендуется выбирать равным 20° .

Для исследования закономерностей маневра последнего момента и оценки последствий маневра при расхождении была разработана приближенная кинематическая математическая модель, которая в установившихся режимах соответствует характеристикам реального судна с относительной ошибкой около 10%. Переходные режимы описывается по следующим зависимостям:

$$d\theta = \omega \cdot dt; \quad S(\theta) = \frac{-V_n}{4\pi \cdot \omega} \cdot \theta^2 + V_s \theta, \quad (48)$$

$$V(t) = \frac{-V_n}{2\pi} \cdot \omega \cdot t + V_n; \quad (49)$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot \alpha_c}{\pi} \cdot \omega \cdot t, \quad (50)$$

где V_n — начальная скорость; α_c — установившееся значение угла дрейфа при повороте.

Для обеспечения безопасности при расхождении предлагается определение опасной зоны производить с учетом динамических свойств судна и ситуации сближения, причем отдельно для каждого вида маневра. Маневр, экстренное выполнение которого необходимо для предотвращения столкновения, в теории и практике управления судном получил название "маневр последнего момента". Время наступления момента для выполнения такого маневра означает, что перестают действовать требования всех правил, регламентирующих обычное расхождение, и вступает в силу только одно — предотвратить столкновение, а если это невозможно, то свести к минимуму возможные повреждения.

Выражения для расчета зоны опасного сближения имеют вид:

$$D_{пмт} = S_{трм} \cdot \sqrt{1 - 2K \cos P + K^2}, \quad (51)$$

$$D_{пмл} = \left(a_n + v_n \cdot \operatorname{tg} \frac{\Delta \theta_n}{2} \right) \cdot \sqrt{1 - 2K \cos P + K^2}, \quad (52)$$

$$D_{пмл} = \left(a_n + v_n \cdot \operatorname{tg} \frac{\Delta \theta_n}{2} \right) \cdot \sqrt{1 - 2K \cos P + K^2}, \quad (53)$$

где $D_{пмт}$, $D_{пмл}$, $D_{пмл}$ — расстояние между судами в момент начала торможения, отворота вправо и влево; $S_{трм}$ — тормозной путь при заданной V_n ; a_n , v_n , a_n , v_n — коэффициенты поворотливости; $\Delta \theta_n$, $\Delta \theta_n$ — угол отворота вправо и влево на курс или контркурс встречного судна; $K = V_n/V_n$.

При исследовании маневра последнего момента установлено, что очередность наступления времени для его выполнения не зависит

от судоводителя, а определяется объективными обстоятельствами — динамическими свойствами собственного судна и ситуацией сближения — К, Р и q .

Для определенности будем различать два понятия: "окружающие суда" — все суда, отметки которых наблюдаются на экране РАС; "встречные суда" — такие из числа окружающих, точка пересечения путей которых М расположена по носу собственного.

Очередность наступления вида маневра последнего момента при отметках справа приведена в табл. 7.

Таблица 7

Очередность наступления вида маневра при отметках справа

Курсовой угол q	Относительный курс Р	Вид маневра		
		торможение	отворот лево	отворот право
м е н ь ш е 90°	больше 90°	торможение	отворот лево	отворот право
		отворот лево	торможение	отворот право
		отворот лево	отворот право	торможение
	равен 90°	торможение	отворот лево	отворот право
		отворот лево	торможение	отворот право
		отворот лево	отворот право	торможение
	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение
равен 90°	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение
больше 90°	меньше 90°	торможение	отворот право	отворот лево
		отворот право	торможение	отворот лево
		отворот право	отворот лево	торможение

С учетом геометрических размеров судов и вероятного неблагоприятного маневра встречного судна зависимости (51) — (53) преобразуются:

$$D_{ПМТ} = \left(S_{ТРМ} + \frac{S_{на} \cdot R}{K \sin P} \right) \cdot R, \quad (54)$$

$$D_{ПМП} = \left(a_{П} + b_{П} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + \frac{S_{на} \cdot R}{K \sin P} \right) \cdot R, \quad (55)$$

$$D_{ПМА} = \left(a_{А} + b_{А} \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} + \frac{S_{на} \cdot R}{K \sin P} \right) \cdot R, \quad (56)$$

где $R = \sqrt{1 - 2K \cos P + K^2}$; $S_{на}$ — навигационный запас.

Величину навигационного запаса можно рассчитать по формуле:

$$S_{на} = \frac{B_{ц}}{2} + D_{Тц} + \varepsilon_D \sin q + \frac{L \sin q}{2}, \quad (57)$$

$B_{ц}$ — ширина цели; $D_{Тц}$ — тактический диаметр циркуляции цели; ε_D — СКП расстояния; L — длина между перпендикулярами.

С использованием кинематической ММ были проведены испытания для оценки ситуации чрезмерного сближения при значениях $P = 45, 90$ и 135 градусов, при $K = 0,5, 1$ и 2 при $S_{на} = 0, l_2$ и D_T .

При испытаниях установлено, что преобладающее влияние имеет значение K и момент начала маневра встречного судна — раньше нас, одновременно и после. Ситуация моделировалась для случая, когда оставался только один маневр.

При $S_{на} = l_2$ опасное маневрирование наступает если: $V_{н} \approx V_{ц}$ при любом маневре встречного; $V_{н} > V_{ц}$ и маневр раньше нас; $V_{н} < V_{ц}$ и маневре после нас. При $S_{на} = D_T$ опасность не наступает при любом маневрировании и только происходит чрезмерное сближение при $V_{н} < V_{ц}$ и маневре цели после нас. Таким образом $S_{на} = D_T$ позволяет предупредить столкновение даже при неблагоприятном маневре встречного судна.

Профессор Кондрашихин В.Т. предложил оценивать надежность навигации обобщенным количественным критерием — вероятностью отсутствия навигационного происшествя.

Предлагается детализировать обобщенный количественный критерий и рассматривать три его составляющие критерии: временной; линейный динамический; технический.

Временной критерий оценки надежности навигации означает, что у судоводителя имеется достаточно времени для: набора информации об окружающей обстановке ($t_{ни}$); определения наличия опасности (t_{pz}); выбора маневра ($t_{вм}$) и его выполнения ($t_{м}$). Надежность навигации по временному критерию можно считать обеспеченной, если:

$$t_n = t_{ни} + t_{pz} + t_{вм} + t_{м} \leq t_{зад} . \quad (58)$$

Величина $t_{зад}$ определяется на основании знания времени на выполнения этапов. При использовании ТСН надежность навигации увеличивается за счет более оперативного набора информации и ее обработки.

Навигационная безопасность по линейному динамическому критерию будет обеспечена при условии, если $D_{кр}$ между вероятной шириной полосы собственного $Y_{мв}$ и встречного судна $Y_{мв1}$ и опасностью будет больше допустимого $D_{зад}$. Условием безопасного расхождения в узкости будет:

$$Y_{мд} > Y_{мв} + Y_{мв1} + 3D_{кр} . \quad (59)$$

Под техническим критерием будем понимать вероятность безотказной работы ТСН и средств управления движением судна P_t .

С учетом изложенного обобщенный количественный критерий надежности навигации $P_{нп}$ можно определить путем умножения вероятностей:

$$P_{нп} = P_t \cdot P_{ад} \cdot P_t , \quad (60)$$

где P_t — вероятность того, что время набора информации и решения задачи меньше допустимого; $P_{ад}$ — вероятность того, что рас —

стояние кратчайшего сближения с опасностью меньше допустимого. Рассмотрение составляющих количественного критерия надежности навигации позволяет понять суть "человеческого фактора" и наметить пути обеспечения безопасности мореплавания.

З а к л ю ч е н и е

По результатам проведенных исследований разработана информационно — управляющая система учета динамики судна структурная схема которой приведена на рис.1. Она содержит модули: швартовка в порту; швартовка в море; поворот (при ветре и течении), безопасная скорость; расхождение судов, маневр последнего момента; дрейф, потеря управляемости; документирование процесса маневрирования. Каждый из указанных модулей обеспечивает расчет схемы маневрирования с документированием процесса.

Выполненные в диссертационной работе исследования обосновывают следующие научные положения.

1. Предложена классификация маневренных характеристик, способов их определения, получения и представления. Получена эмпирическая формула для оценки величины тормозного пути по значению коэффициента энерговооруженности. Разработаны алгоритмы и программы расчета характеристик торможения, предложены компактные графическая и табличная формы их представления.

2. Предложен испытательный маневр — несимметричный зигзаг для определения характеристик одерживания поворота и диаграммы управляемости. Определены характеристики одерживания из натуральных наблюдений, сравнительных испытаний по определению характеристик на ММ на глубокой воде и мелководье.

3. Проведены натурные и модельные в опытовом бассейне наблюдения дрейфа без хода. Предложена методика определения поперечного аэродинамического коэффициента по результатам

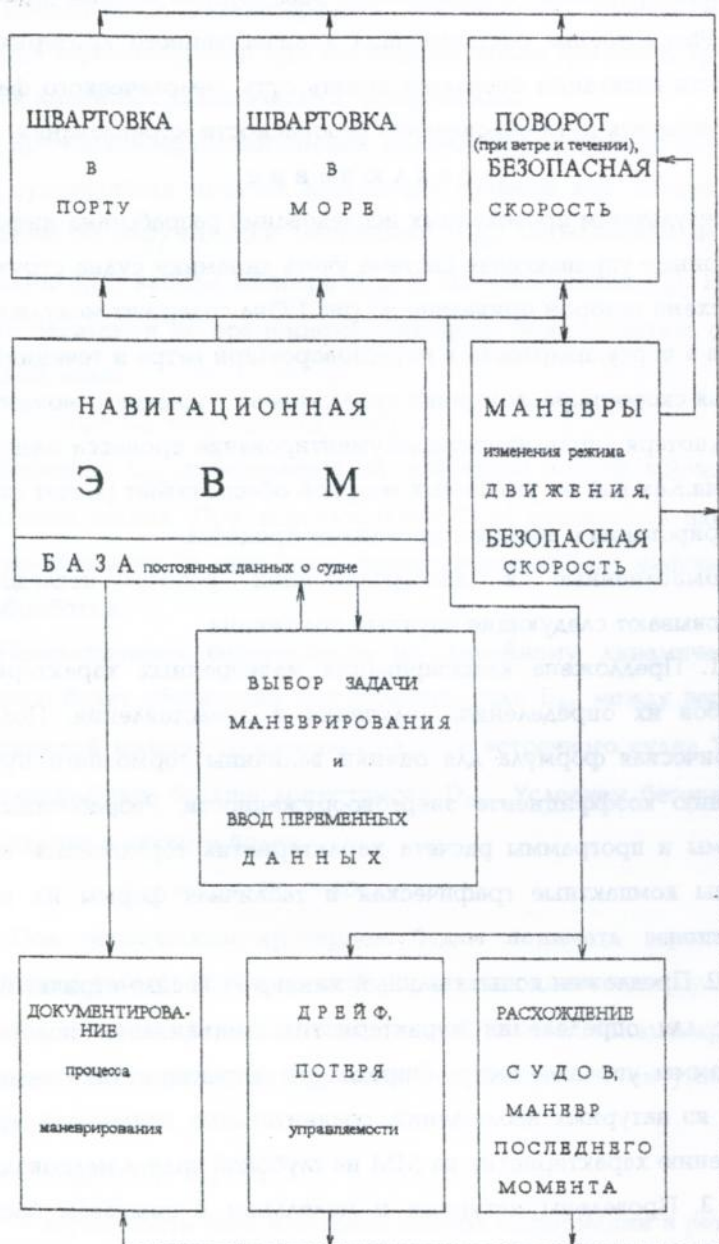


Рис. 1. ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ДИНАМИКИ СУДНА

натурных наблюдений для расчета угла ветрового дрейфа на ходу и потери управляемости. Предложена номограмма для графического определения угла ветрового дрейфа на ходу.

4. Разработаны практические способы учета элементов циркуляции при планировании поворота судна. Предложены алгоритмы и программы для графического построения и аналитического расчета координат точек заданного пути при криволинейной траектории движения судна.

5. Разработана методика выбора безопасной скорости по значению дальности уверенного обнаружения и маневренным характеристикам собственного судна.

6. Разработана методика планирования схемы швартовки в порту и в море, выполнены исследования швартовок в порту и в открытом море и разработаны методические и практические рекомендации судоводителям по выполнению швартовых операций.

7. Предложена классификация отметок судов на экране РЛС по характеру изменения наблюдаемых параметров, взаимному расположению и ситуации сближения. Разработан электронный маневренный планшет для решения задачи расхождения, документирования данных при ведении прокладки и проигрывания маневра для оценки ситуации после окончания маневрирования.

8. Исследованы зависимости кинематических характеристик поворотливости в функции угла курса и разработана приближенная кинематическая математическая модель маневрирования судна для исследования процесса чрезмерного сближения судов и проигрывания маневра последнего момента.

9. Установлены закономерности наступления ситуации чрезмерного сближения. Разработано устройство для предупреждения столкновения судов. Разработаны алгоритм действий судоводителя при экстренном маневрировании и методика построения домены по

выбранному маневру и ситуации сближения. Полученные результаты исследований экстренного маневрирования на кинематической ММ позволяют создать экспертную систему принятия решения о виде маневра последнего момента и предложить методику выбора навигационного запаса для предупреждения опасного сближения.

10. Произведена декомпозиция обобщенного количественного критерия оценки надежности навигации на составляющие количественные критерии — линейный динамический, временной и технический. Это позволяет установить конкретную причину аварийного происшествя и наметить пути обеспечения безопасного плавания в различных условиях.

Выполненные исследования позволили разработать методы учета маневренных характеристик судна при планировании маневров и практические рекомендации судоводителям по обеспечению безопасности плавания при управлении движением в стесненных условиях с использованием ЭВМ.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Мальцев А.С. Безопасность мореплавания на промысловых судах. — Одесса: Маяк, 1988. — 72 с.
2. Мальцев А.С. Управление движением судна. — Одесса: Весть, 1995. — 235 с.
3. Кондрашихин В.Т., Бердинских Б.В., Мальцев А.С., Козырь Л.А. Справочник судоводителя по навигационной безопасности мореплавания. — Одесса: Маяк, 1990. — 168 с.
4. Мальцев А.С. Швартовка рыбопромысловой базы к СРТ с уловом в кошельковом неводе. // "Рыбное хозяйство". — 1977. № 3. — С. 52 — 54.
5. Мальцев А.С. Полные инерционно — тормозные характеристики рыбопромысловых баз. // "Рыбное хозяйство". — 1977. № 8. — С. 53 — 55.

6. Мальцев А.С. Обеспечение безопасной швартовки и сдачи улова средним рыболовным траулером при работе кошельковым неводом. В кн. "Безопасность мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1977. Вып. 42. — С. 42—47.
7. Мальцев А.С. Натурные наблюдения свободного дрейфа судна. // "Рыбное хозяйство". — 1980. № 4. — С. 48—49.
8. Мальцев А.С. Обобщенная формализованная схема швартовки судна в море. // "Рыбное хозяйство". /Экспресс—инф. — М.: В/О "ЦНИРХ", 1986. Вып. 9. — С. 11—13.
9. Мальцев А.С. Выбор типоразмера кранца и места его установки при швартовке в море. // "Рыбное хозяйство". /Экспресс—инф. — М.: В/О "ЦНИРХ", 1986. Вып. 9. — С. 13—15.
10. Мальцев А.С. Формализация процесса швартовки в дрейфе. В кн. "Безопасность мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1987. Вып. 86. — С. 41—46.
11. Мальцев А.С., Куликов Г.Г. Графический метод расчета элементов поворота судна при плавании в стесненных условиях. // Морской транспорт. Серия "Судовождение и связь". / Экспресс—информация. — М.: В/О "МТИР", 1987. Вып. 4(199). — С. 11—15.
12. Мальцев А.С., Дыба В.Г., Гаврилов В.Н. Обработка, хранение, и выдача навигационной информации на суда с использованием ЭВМ. // Морской транспорт. Серия "Судовождение и связь". /Экспресс—инф. — М.: "МТИР", 1987. Вып. 2(197). — С. 11—15.
13. Мальцев А.С. Контроль качества работы судоводителей в море. В кн. "Безопасность мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1987. Вып. 83. — С. 22—25.
14. Мальцев А.С. Сравнительная оценка способов представления инерционно—тормозных характеристик. В кн. "Безопасность

- мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1987. Вып. 84. — С. 30—33.
15. Мальцев А.С. Обеспечение навигационной безопасности в стесненных водах. — Одесса: Облополиграфиздат, 1987. — 69 с.
 16. Михайлянц М.А., Мальцев А.С., Гаврилов В.Н. Навигационную информацию на плечи ЭВМ. //Морской флот. — 1987. № 11. — С. 29—30.
 17. Мальцев А.С. Предварительное планирование швартовных операций. — Одесса: Облополиграфиздат, 1988. — 58 с.
 18. Мальцев А.С., Малушин В.И. Расчет ветроволновых потерь скорости судна. //Морской транспорт. Серия "Безопасность мореплавания"./Экспресс-инф. — М.: В/О "МТИР", 1988. Вып. 2(208). — С. 17—19.
 19. Мальцев А.С. Учет течения при плавании в стесненных водах. //Методы и технические средства повышения безопасности мореплавания. /Сб. научн. тр. ЛВИМУ. — М.: В/О "МТИР", 1988. — С. 31—34.
 20. Мальцев А.С. Учет маневренных характеристик для обеспечения безопасности плавания. //Судостроение и судоремонт. /Сб. научн. тр. ОИИМФ. — М.: В/О "МТИР", 1989. — С. 29—31.
 21. Мальцев А.С., Вимал Кумар, Куликов Г.Г. Опасные районы стесненных вод. //Морской транспорт. Серия "Судовождение и связь". /Экспресс-инф. — М.: В/О "МТИР", 1989. Вып. 3(220). — С. 1—14.
 22. Мальцев А.С. Расчеты экстренного маневрирования. /Сб. научн. трудов Института проблем Управления АН СССР. Вып. 16. — М. 1989, — С. 32—33.
 23. Мальцев А.С., Куликов Г.Г., Тимофеев И.А. Выбор безопасной скорости по условиям плавания. //Морской транспорт. Серия

- "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". /Экс-пресс — инф. — М.: В/О "МТИР", 1990. Вып. 12(241). — С. 1—7.
24. Мальцев А.С., Тимофеев И.А. Учет маневренных характеристик — основа безопасной швартовки в море. В кн. "Безопасность мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1991. Вып. 3(100). — С. 39—46.
 25. Мальцев А.С., Мальцев Э.А. Решение задачи расхождения на маломерных судах. В кн. "Безопасность мореплавания и ведения промысла". — Л.: Транспорт, 1991, Вып. 4(101). — С. 26—32.
 26. Мальцев А.С., Интабли Мухаммед, Тимофеев И.А. Эксплуатационные маневренные характеристики морских судов. — В кн. "Методы прогнозирования и способы повышения мореходных качеств судов и средств освоения океана". (XXXV Крыловские чтения, 1991). — Л.: Судостроение, 1991. — С. 42—43.
 27. Мальцев А.С., Тимофеев И.А., Куликов Г.Г. Поворот судна в стесненных водах. //Морской транспорт. Серия "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". /Экспресс — инф. — М.: В/О "МТИР", 1991. Вып. 6(253). — С. 1—10.
 28. Мальцев А.С. Полюс поворота и управления судном. //Современные проблемы судостроения и судоремонта: Сб. научн. трудов ОИИМФ. — М.: В/О "МТИР", 1991. — С. 41—46.
 29. Мальцев А.С., Мальцев Э.А. Способ оценки опасности столкновения судов. //Судостроение и судоремонт: Сб. научн. трудов ОИИМФ. — М.: В/О "МТИР", 1992. — С. 129—133.
 30. Мальцев А.С., Тимофеев И.А. Характеристики одерживания поворота судна. //Судостроение и судоремонт: Сб. научн. трудов ОИИМФ. — М.: В/О "МТИР", 1992. — С. 133—139.
 31. Мальцев А.С., Интабли Мухаммед, Тимофеев И.А., Куликов Г.Г. Построение и контроль траектории при повороте. //Морской

- транспорт. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". /Экспресс – инф. – М.: В/О "МТИР", 1992. Вып. 9(274). – С. 1 – 9.
32. Мальцев А.С., Интабли Мухаммед, Тимофеев И.А. Учет ветра при торможении. //Морской транспорт. Серия "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". /Экспресс – инф. – М.: В/О "МТИР", 1992. Вып. 18(243). – С. 1 – 9.
 33. Мальцев А.С., Интабли Мухаммед. Проблемы и перспективы лодманской проводки судна. /Экспресс – инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 7(290). – М.: В/О "МТИР", 1993. – С. 1 – 5.
 34. Мальцев А.С., Интабли Мухаммед. Договор о лодманской проводке. /Экспресс – инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 9(292). – М.: В/О "МТИР", 1993. – С. 1 – 5.
 35. Мальцев А.С., Шараф Мохамед. Составляющие количественного критерия оценки надежности навигации. /Экспресс – инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 6(313). – М.: В/О "МТИР", 1995. – С. 1 – 9.
 36. Мальцев А.С., Шараф Мохамед. Экстренное торможение в стесненных условиях с использованием перекладки руля. /Экспресс – инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 7(314). – М.: В/О "МТИР", 1995. – С. 1 – 12.
 37. А.С. 1604046. Устройство для предотвращения столкновения судов. /А.С. Мальцев, В.И. Коваленко. – Заявл. 11.05.88: Заявл. гистр. 1.06.1990.
 38. Определение поперечного гидродинамического коэффициента сопротивления при дрейфе с неводом. Научн. рук. Воробьев Ю.Л. Отчет по теме № 3(17) НИО ОИИМФ. № г.р.79037871, Одесса, 1980. – 10 с.

39. Комплексная обработка навигационной информации на ЭВМ. Научный руководитель Мальцев А.С. Отчет по теме № 747 НИО ОВИМУ. № г.р. 01870032712, Одесса, 1987.
40. Исследование, разработка и внедрение алгоритмов задач судовождения. Научный руководитель Кондрашихин В.Т. Отчет по теме № 787 НИО ОВИМУ. № г.р. 0189046033, Одесса, 1991.
41. Разработка методов, алгоритмов и программ задач навигации, повышающих безопасность и эффективность судовождения. Научный руководитель Кондрашихин В.Т. Отчет по теме № 867 НИО ОВИМУ. № г.р. 0189046033, Одесса, 1991.
42. Мальцев А.С., Гарам В.П. Комплекс программ для оценки состояния судна при управлении движением. //Сб. тезисов докладов НПО "Квант". — Киев, 1990. — С. 161.
43. Мальцев А.С., Мальцев Э.А. Оценка опасности столкновения при использовании САРП. //Сб. тезисов докладов НПО "Квант". — Киев. 1990. — С. 174.
44. Мальцев А.С., Шараф Мохамед. Исследование движения судна на задний ход. //Экспресс — инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 2(319). — М.: "МТИР", 1996. — С. 1 — 11.
45. Мальцев А.С., Шараф Мохамед. Подбор коэффициентов аппроксимирующей зависимости для параметров циркуляции. // Экспресс — инф. Сер. "Судовождение, связь и безопасность мореплавания". Вып. 6(325). — М.: В/О "МТИР", 1996. — С. 1 — 7.

Мальцев А.С. Інформаційно-управляюча система врахування динаміки судна при маневруванні. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.22.16 – Судноводіння, Одеська державна морська академія, Одеса, 1997.

Виконана робота містить результати досліджень методів врахування динамічних властивостей при плануванні маневрів судна з використанням ПЕОМ для забезпечення безпасного плавання в скрутних умовах. Приведені результати теоретичних і експериментальних досліджень швартовок в порту і відкритому морі. Розроблена кінематична математична модель і установлені закономірності "маневру останнього моменту" і екстремного маневрування. Результати впроваджені в НДІ "Квант", виробничому об'єднанні "Антарктика", Чорноморському морському пароплавстві і в навчальний процес в морській академії.

Maltsev A. Information controlling system of taking into account the ship's dynamical properties while manoeuvring. Doctor techn. sc. 05.22.16. Navigation. Odessa State Maritime Academy, 1997.

The accomplished work contains the research results of the methods of taking into account the dynamical properties when planning the manoeuvre of the ship using PC to ensure the safety of the sailing in congested waters. Theoretical and full-scale experiments of the mooring in port and open sea brought. Kinematical mathematical model has been worked out. The law of the latest moment and extreme manoeuvring has been find out. Application of results in the Scientific Research Institute "KVANT", production firm "Antarctica", Black Sea Shipping Company and in the academic process of the Maritime Academy has been carried out.

Ключові слова: маневрування, динамічні характеристики, маневр останнього моменту, розходження, безпека мореплавання.

Сдано в набор 16. 04. 97 г. Подписано в печать 17. 04. 97 г.
Тираж 100 экз. Объем 2 усл. печ. л. Заказ № 217.

Отпечатано в типографии "Астропринт"
Тел.: (0482) 26-98-82, 68-77-33

V35236

AB 37.619