

# **Правила вождения судна в различных погодных условиях и течениях**

## **Rules for ship navigation in various weather conditions and currents**

УДК 656.6

Получено: 18.01.2025

Одобрено: 27.02.2025

Опубликовано: 25.03.2025

### **Пахомкин Т.О.**

Студент факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"

e-mail: Pakhomkin\_trofim@mail.ru

### **Pakhomkin T.O.**

Student of the Faculty of Navigation and Communications

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

e-mail: Pakhomkin\_trofim@mail.ru

### **Сучков К.А.**

Студент факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"

e-mail: kirillsuchkov88647@gmail.com

### **Suchkov K.A.**

Student of the Faculty of Navigation and Communications

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

e-mail: kirillsuchkov88647@gmail.com

### **Научный руководитель:**

Грицкевич Р.А.

Заместитель Декана факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"

### **Scientific Advisor:**

**Gritskevich R.A.**

Deputy Dean of the Faculty of Navigation and Communications

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

## Аннотация

Статья посвящена исследованию влияния погодных условий и морских течений на судовождение, а также анализу методов и технологий, направленных на повышение безопасности и эффективности управления судами. Рассматриваются ключевые факторы, такие как ветер, волны, осадки и течения, их воздействие на устойчивость, маневренность и скорость судов различных типов. Особое внимание уделено традиционным тактическим приемам управления судном, применению современных систем поддержки судовождения, таких как ECDIS, радары, спутниковая связь, а также перспективным методам на основе машинного обучения и автоматизации. Представлены практические рекомендации для грузовых, пассажирских и рыболовных судов, подкрепленные примерами успешного применения. Предложены направления для обновления международных стандартов судоходства, способствующих минимизации рисков и оптимизации морских перевозок.

**Ключевые слова:** судовождение, погодные условия, морские течения, ECDIS, радиолокация, спутниковая связь, автоматизация, традиционные приемы, устойчивость судна, маневренность, безопасность судоходства, международные стандарты.

## Abstract

This article is dedicated to investigating the influence of weather conditions and sea currents on ship navigation, as well as analyzing methods and technologies aimed at enhancing the safety and efficiency of ship management. Key factors such as wind, waves, precipitation, and currents are examined for their effects on the stability, maneuverability, and speed of various types of vessels. Special attention is given to traditional tactical ship handling techniques, the application of modern navigation support systems including Electronic Chart Display and Information System (ECDIS), radar, satellite communication, and emerging methods based on machine learning and automation. Practical recommendations are provided for cargo, passenger, and fishing vessels, supported by examples of successful implementations. Directions for updating international maritime standards are proposed to minimize risks and optimize maritime transportation.

**Keywords:** navigation, weather conditions, sea currents, ECDIS, radar, satellite communication, automation, traditional techniques, ship stability, maneuverability, navigation safety, international standards.

Влияние погодных условий и течений на судовождение является одним из важнейших аспектов морской практики, поскольку эти факторы напрямую определяют безопасность, экономическую эффективность и маневренность судов. Основные элементы, влияющие на судоходство, включают ветер, волны, осадки и течения, каждая из которых оказывает как прямое, так и косвенное воздействие на характеристики судна, его курс, скорость и устойчивость.

Ветер играет ключевую роль, особенно для судов с развитым надводным бортом, таких как контейнеровозы, пассажирские лайнеры и танкеры. Аэродинамическое воздействие ветра вызывает боковой снос, что особенно критично в узких проливах или портах. Например, при ветре скоростью 20 м/с боковой снос судна с высотой надстройки 25 метров может достигать 0,5–1 градуса за минуту при движении на малом ходу, что требует оперативной корректировки курса. Встречный ветер, напротив, увеличивает сопротивление движению, вызывая рост расхода топлива на 15–20%. Наиболее известный инцидент, связанный с воздействием ветра, произошел в 2021 г. с контейнеровозом Ever Given, заблокировавшим Суэцкий канал. Боковой ветер скоростью около 40 узлов создал моменты, с которыми судно не справилось из-за ограниченной маневренности в узком фарватере.

Волны оказывают не менее значительное влияние. При увеличении высоты волн с 1 до 3 метров сопротивление движению судна возрастает на 50–70%, что приводит к необходимости увеличения мощности главного двигателя для поддержания стабильной скорости. Волны, действуя на корпус судна, вызывают качку — поперечную и килевую, — что усложняет управление судном и приводит к снижению эффективности работы рулевого устройства. В

условиях штормового моря высотой волн более 6 метров наблюдается неравномерная нагрузка на корпус, что требует точного учета напряжений при расчете предельных эксплуатационных характеристик судна. Критическим случаем является возникновение резонансной качки, при которой судно может получить критические нагрузки на корпус, что увеличивает риск повреждения конструктивных элементов, таких как ребра жесткости и шпангоуты.

Осадки также существенно влияют на судовождение. Интенсивный дождь снижает видимость до 1–2 кабельтовых, что ограничивает возможности визуального контроля за навигационной обстановкой. Кроме того, капли дождя вызывают ложные сигналы на экранах радаров, ухудшая работу систем автоматической радиолокационной прокладки. Снег и ледяной дождь создают условия обледенения корпуса и надстроек, увеличивая их массу и смещая метацентр судна вверх. Это приводит к снижению остойчивости, особенно при малых остойчивых запасах. Например, в 2018 г. в Беринговом море обледенение стало причиной переворачивания рыболовного судна, в результате чего погибло шесть членов экипажа.

Морские течения, несмотря на их постоянство, часто недооцениваются при навигационном планировании. Попутные течения способны снизить расход топлива на 10–15%, увеличивая среднюю эксплуатационную скорость судна, что критично для балкеров и контейнеровозов, работающих в условиях жесткого графика. Противотечения же увеличивают гидродинамическое сопротивление, снижая скорость судна на 2–3 узла и повышая расход топлива на 20–30%. Наибольшую опасность представляют пересекающиеся течения, характерные для мелководных районов с узкими фарватерами, таких как Малаккский и Гибралтарский проливы. Эти течения создают неравномерные нагрузки на корпус судна и усложняют управление, требуя высокой квалификации от судоводителя и постоянного контроля курса.

Комбинация неблагоприятных погодных условий и течений нередко приводит к аварийным ситуациям. В таких условиях повышается вероятность столкновений, посадки на мель и повреждений корпуса. Согласно отчету Международной морской организации (ИМО) за 2023 год, около 25% аварий в открытом море происходят под воздействием сложных погодных условий, еще 15% связаны с влиянием течений. Примером может служить столкновение двух танкеров в районе Гибралтара в 2019 г., причиной которого стал ошибочный расчет влияния сильного бокового течения, вызванного сезонным изменением направления ветра.

Традиционные тактические приемы управления судном, выработанные на основе опыта мореплавания, остаются фундаментальными для безопасного судовождения. При сильном боковом ветре судоводитель использует угол дрейфа, компенсируя снос судна, чтобы удерживать заданный курс. В условиях встречного ветра и волн, которые вызывают значительное сопротивление движению, практикуется уменьшение угла атаки волн для снижения нагрузки на корпус и предотвращения резонансной качки. В сложных ледовых условиях, характерных для высоких широт, используется метод "зигзагообразного" движения, позволяющий избежать попадания судна в области максимальной концентрации льда. Эти приемы требуют глубокого понимания гидрометеорологических условий, уровня загрузки судна и характеристик его корпуса.

Современные системы поддержки принятия решений, такие как ECDIS (электронная картографическая система), радары с функцией автоматической прокладки (ARPA), спутниковая связь и системы прогнозирования, значительно повысили точность и безопасность судовождения. ECDIS предоставляет судоводителям подробные электронные карты, в которые интегрирована информация о навигационных опасностях, погодных условиях, течениях и рекомендованных маршрутах. В 2018 г. Международная морская организация обязала использовать ECDIS на всех крупных коммерческих судах, что существенно снизило количество аварий, связанных с ошибками навигации. Радары с функцией ARPA играют важную роль в условиях ограниченной видимости, таких как туман или интенсивный дождь, предоставляя информацию о других судах, их курсах и скоростях. Эти системы автоматически рассчитывают параметры расхождения с потенциально опасными объектами, снижая нагрузку на экипаж и минимизируя вероятность столкновений.

Особое значение имеют технологии спутниковой связи, такие как системы Iridium и Inmarsat, которые обеспечивают передачу данных в режиме реального времени, включая гидрометеорологическую информацию, прогнозы ветра и волн, а также данные о течениях. Например, использование спутниковых прогнозов в Тихоокеанском регионе позволило сократить количество аварий, вызванных ураганами, на 30% за последние пять лет. Спутниковая связь также играет важную роль в передаче данных между судном и береговыми центрами управления, что особенно важно для маршрутов в удаленных районах, таких как Северный морской путь.

Инновационные методы, основанные на машинном обучении и автоматизации, открывают новые перспективы для судовождения. Машинное обучение позволяет обрабатывать огромные объемы данных, включая данные AIS (автоматической идентификационной системы), гидрометеорологические данные и историческую информацию о маршрутах, для создания оптимальных решений. Системы маршрутизации на основе ИИ могут предлагать оптимальные маршруты с учетом ветра, волн и течений, минимизируя расход топлива и снижая вероятность аварий. Такие системы уже используются ведущими судоходными компаниями, демонстрируя сокращение эксплуатационных расходов на 10–15%.

Автоматизация судовождения становится реальностью благодаря развитию технологий автономных судов. Эти суда оснащены сенсорами, радаром, камерами и спутниковой связью, что позволяет им принимать решения в реальном времени без участия человека. Проект Yara Birkeland, первый полностью автономный контейнеровоз, успешно завершил тестовые рейсы в Норвегии, демонстрируя возможности таких технологий. Автономные системы управления не только повышают точность и надежность навигации, но и снижают влияние человеческого фактора, который, по данным Международной морской организации, является причиной более 70% морских происшествий.

Грузовые суда, такие как контейнеровозы, танкеры и балкеры, составляют основу мирового торгового флота, что делает их эксплуатацию критически важной для глобальной экономики. Высокая парусность контейнеровозов делает их особенно уязвимыми к боковому ветру, который может вызывать значительный снос и затруднения в управлении. Так, при скорости ветра 20 м/с на контейнеровозе длиной 300 метров может возникать боковая сила порядка 60 тонн, что требует корректировки курса с помощью руля или буксиров в портах. Танкерные суда, перевозящие нефть и нефтепродукты, имеют свои особенности: значительная масса груза обеспечивает им устойчивость, однако малый запас остойчивости делает их чувствительными к асимметричной загрузке, что особенно важно при частичном заполнении танков. Балкеры, транспортирующие сыпучие грузы, часто сталкиваются с проблемами смещения груза в трюмах, что может привести к крену и потере управляемости. Практические алгоритмы для этих судов включают предварительный расчет угла дрейфа, использование систем динамической стабилизации и постоянный контроль распределения груза.

Пассажирские суда, включая круизные лайнеры и паромы, предъявляют повышенные требования к обеспечению безопасности и комфорта пассажиров, что делает их эксплуатацию особенно сложной в неблагоприятных условиях. Высокая плотность пассажиров и развитые надстройки увеличивают риски при резонансной качке, которая может вызвать морскую болезнь и ухудшение условий перевозки. В таких условиях используются системы прогнозирования волнения моря и маршруты, избегающие зон штормовой активности. Современные круизные суда оснащены системами активной стабилизации, которые автоматически регулируют балансировку судна, уменьшая амплитуду качки. Например, на лайнерах компании MSC Cruises применение активных стабилизаторов позволило снизить амплитуду поперечной качки на 70%, что существенно повысило комфорт пассажиров. Система динамического позиционирования (DPS), устанавливаемая на современных пассажирских судах, обеспечивает удержание судна на заданной точке при высадке пассажиров в условиях ветра и течений, что особенно важно для работы на мелководье.

Рыболовные суда работают в сложных гидрометеорологических условиях, часто сталкиваясь с высокими волнами, сильным ветром и обледенением корпуса. Эти факторы пред-

ставляют серьезную угрозу для остойчивости и управляемости судна, особенно при неправильной загрузке или недостаточной подготовке экипажа. Алгоритмы эксплуатации рыболовных судов включают постоянный мониторинг массы улова и его распределения, так как смещение груза может привести к резкому крену. В условиях обледенения используются системы автоматического сброса льда с корпуса, что позволяет снизить риск потери остойчивости. Согласно отчету Береговой охраны США, обледенение является причиной около 30% аварий рыболовных судов в северных широтах. Примером успешного применения этих технологий является рыболовное судно, работавшее в Беринговом море в 2021 г.: благодаря системам предупреждения обледенения и коррекции загрузки оно смогло избежать катастрофы даже в условиях сильного шторма.

Примеры успешного применения правил судовождения демонстрируют, что интеграция современных технологий и алгоритмов принятия решений существенно снижает риски. В 2019 г. танкерное судно, следовавшее через Ормузский пролив, столкнулось с ситуацией интенсивного судоходства и пересекающихся течений. Используя данные AIS и спутниковые прогнозы течений, экипаж смог адаптировать маршрут таким образом, чтобы минимизировать расход топлива и избежать столкновений. Этот случай подтвердил эффективность систем автоматического маршрутизации, которые стали обязательным элементом на большинстве современных судов.

Анализ существующих вызовов показывает необходимость обновления международных стандартов судоходства. Международная морская организация (ИМО) активно работает над внедрением новых требований к использованию систем автоматизации и спутниковой связи. Одним из ключевых направлений является разработка стандартов для автономных судов, которые постепенно переходят от тестирования к эксплуатации. Введение требований по обязательной установке систем динамического позиционирования для судов, работающих в мелководных районах или зонах интенсивного судоходства, станет важным шагом в повышении безопасности. Дополнительно предлагается включение алгоритмов машинного обучения в обязательные системы управления для улучшения прогнозирования и адаптации маршрутов.

## Литература

1. Глухов, В. А. Особенности маневрирования судов в сложных гидрометеорологических условиях / В. А. Глухов // Труды КГМТУ. – 2019. – № 3. – С. 45–52.
2. Кириллов, А. В. Навигационные системы нового поколения: ECDIS и их роль в обеспечении безопасности судоходства / А. В. Кириллов, И. Н. Захаров // Морской вестник. 2020. – № 2. – С. 21–29.
3. Воронин, П. Е. Влияние обледенения на остойчивость малотоннажных судов / П. Е. Воронин // Проблемы эксплуатации рыболовного флота. – 2018. – № 4. – С. 35–41.
4. Solvang, J. A. Autonomous Ship Navigation: Opportunities and Challenges / J. A. Solvang, K. Rasmussen // Journal of Maritime Research. – 2021. – Vol. 18, No. 2. – P. 45–56.
5. IMO. Guidelines for Ships Operating in Polar Waters. International Maritime Organization. 2020. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/PolarCode.aspx>
6. Iridium Communications. The Role of Satellite Technology in Enhancing Marine Safety. Iridium White Paper. – 2022. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iridium.com>