

Особенности управления крупнотоннажным танкером при отказе рулевого устройства в условиях шторма

Characteristics of control of a large-tonnage tanker during steering gear failure in storm conditions

УДК 656.6

Получено: 23.01.2025

Одобрено: 26.02.2025

Опубликовано: 25.03.2025

Котлов С.Р.

Студент факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

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

e-mail: KotlovS1@mail.ru

Kotlov S.R.

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: KotlovS1@mail.ru

Семенюта Е.Д.

Студент факультета судовождения и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

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

e-mail: egor_number1@mail.ru

Semenyuta E.D.

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: egor_number1@mail.ru

Научный руководитель:

Стегостенко Ю.Б.

Кандидат физико-математических наук., доцент, заведующий кафедрой высшей математики

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

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

Scientific Advisor:

Stegostenko Y.B.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Higher Mathematics

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

"Admiral G.I. Nevelskoy Maritime State University"

Аннотация

Статья посвящена анализу особенностей управления крупнотоннажным танкером при отказе рулевого устройства в условиях шторма. Рассматриваются основные причины и механизмы отказа рулевого устройства, влияние штормовых факторов на маневренность судна, а также последствия для судоходства и окружающей среды. В работе представлены и оценены альтернативные методы управления судном с использованием тяги гребного винта и инерционных характеристик. Проведен анализ реальных и моделируемых ситуаций, демонстрирующих эффективность и ограничения предложенных решений. Выработаны практические рекомендации для капитанов и экипажа, направленные на минимизацию рисков и повышение безопасности судоходства в аварийных условиях.

Ключевые слова: крупнотоннажный танкер, отказ рулевого устройства, штормовые условия, управление судном, тяга гребного винта, инерционные характеристики, аварийные ситуации, безопасность судоходства.

Abstract

This article analyzes the characteristics of controlling a large-tonnage tanker during steering gear failure in storm conditions. It examines the primary causes and mechanisms of steering gear failure, the impact of storm-related factors on the vessel's maneuverability, and the consequences for navigation and the environment. The study presents and evaluates alternative methods for ship control using propeller thrust and inertial characteristics. An analysis of real and simulated scenarios is conducted to demonstrate the effectiveness and limitations of the proposed solutions. Practical recommendations for captains and crew are developed to minimize risks and enhance navigation safety in emergency conditions.

Keywords: large-tonnage tanker, steering gear failure, storm conditions, ship control, propeller thrust, inertial characteristics, emergency situations, navigation safety.

Отказ рулевого устройства на крупнотоннажных танкерах представляет собой одну из наиболее критических аварийных ситуаций в судоходстве. Рулевое устройство, включающее в себя рулевую машину, привод и управляющие механизмы, играет ключевую роль в обеспечении маневренности судна. Его неисправности могут быть вызваны различными причинами, такими как механические повреждения, электрические сбои, гидравлические неисправности и ошибки человеческого фактора.

Наиболее частой причиной отказа является износ компонентов рулевого устройства. Например, избыточная нагрузка на гидравлические насосы при экстремальных условиях эксплуатации может привести к перегреву и поломке. Подобные ситуации часто возникают в условиях шторма, когда рулевое устройство работает на пределе своих возможностей. Электрические сбои, включая короткие замыкания и обрывы цепей управления, также являются значительным фактором риска. Отказы гидравлической системы, такие как утечки масла или блокировка клапанов, особенно опасны, поскольку они приводят к полной потере управляемости руля. Кроме того, человеческий фактор, включая ошибки при техническом обслуживании и эксплуатации оборудования, остается существенным источником аварий.

Штормовые условия значительно усугубляют последствия отказа рулевого устройства. Высокие волны и сильный ветер создают значительные боковые и продольные силы, которые воздействуют на корпус судна, осложняя поддержание курса. Например, в условиях бортовой качки эффективность рулевого устройства может быть снижена из-за периодического выхода руля из воды. Это особенно актуально для танкеров с высоким надводным бортом, подверженных сильному ветровому дрейфу. Увеличенная килевая качка может вызывать перегрузки рулевой машины, что ускоряет износ ее механизмов. Кроме того, штормовые удары волн по корме могут создавать опасные вибрации, которые способствуют механическим повреждениям рулевой системы.

В случае отказа рулевого устройства крупнотоннажный танкер становится крайне уязвимым. Неконтролируемый дрейф под воздействием ветра и течений может привести к посадке

на мель или столкновению с другими судами. В таких условиях опасность аварии увеличивается из-за инерционных характеристик танкера, его большого водоизмещения и длинного времени реакции на изменения курса. Одним из ярких примеров подобных аварий является случай с танкером "Prestige", где отказ систем управления в штормовых условиях стал причиной экологической катастрофы, связанной с разливом нефти.

Штормовые условия также усиливают экологические риски. В случае повреждения танкера возможно масштабное загрязнение морской среды нефтью или химическими веществами, перевозимыми в танках. Например, последствия аварии танкера "Exxon Valdez" в 1989 г. привели к одному из крупнейших экологических бедствий в истории. Разлив нефти разрушил экосистему на значительной площади, а восстановление заняло десятилетия. Для Дальневосточных акваторий, где морская экосистема особенно чувствительна к антропогенному воздействию, такие аварии могут иметь катастрофические последствия.

Влияние отказа рулевого устройства распространяется не только на судно и его груз, но и на безопасность экипажа. Во время аварийной ситуации в штормовых условиях экипаж подвергается значительному риску, включая угрозу травм или гибели. Проведение ремонтных работ в таких условиях зачастую невозможно, что требует использования альтернативных методов управления, таких как работа с тягой гребного винта или сброс якорей для стабилизации положения судна.

В случае отказа рулевого устройства гребной винт становится основным средством управления судном. Изменяя обороты винта, капитан может варьировать силу тяги, что позволяет корректировать курс. На судах с двухвинтовой системой независимое управление винтами обеспечивает больше возможностей для маневрирования, так как разница в оборотах создает поворотный момент, компенсирующий отсутствие рулевого воздействия. Важную роль играет также использование заднего хода, который позволяет изменить направление движения судна и при необходимости снизить его скорость. Однако этот метод имеет ограниченную эффективность при высоких волнах, так как гребной винт может терять сцепление с водой, что снижает его способность создавать достаточную тягу.

Инерционные характеристики судна, такие как его масса и водоизмещение, являются важными факторами, влияющими на маневренность в аварийной ситуации. Крупнотоннажные танкеры обладают значительной инерцией, что позволяет использовать естественные силы ветра и течений для корректировки курса. Например, при боковом дрейфе можно изменить угол атаки корпуса относительно ветра, используя тягу гребного винта для стабилизации движения. Однако высокий надводный борт танкера увеличивает его парусность, что в условиях сильного шторма может приводить к неконтролируемому дрейфу. Поэтому важно учитывать соотношение парусности и гидродинамического сопротивления при выборе маневров.

Штормовые условия существенно осложняют управление судном при отказе рулевого устройства. Высокие волны и сильный ветер создают дополнительные нагрузки на корпус судна, что может привести к его повреждению или даже переворачиванию. Например, боковая качка увеличивает риск выхода гребного винта из воды, что снижает эффективность тяги. Кроме того, удары волн по корме могут создавать опасные вибрации, способные привести к дополнительным повреждениям механизмов. В таких условиях предпочтительным является движение по ходу волн, что позволяет минимизировать амплитуду качки и уменьшить воздействие ударных сил на корпус.

Важным аспектом управления судном в аварийной ситуации является взаимодействие с береговыми службами и другими судами. После возникновения отказа капитан должен немедленно сообщить о происшествии на берег, используя системы радиосвязи или автоматической идентификации. Береговые службы предоставляют информацию о текущих гидрометеорологических условиях, рекомендуют безопасные маршруты и организуют помощь, если это необходимо. Наиболее сложным элементом взаимодействия является проведение буксировочных операций, которые требуют высокой координации между экипажем танкера и буксирами. Для обеспечения безопасности в таких условиях важно использовать сигнальные

средства, такие как флажная сигнализация и световые сигналы, чтобы предотвратить столкновения с другими судами.

Примером применения этих методов может служить авария танкера "Prestige" у побережья Испании в 2002 г. Отказ рулевого устройства в сочетании с экстремальными погодными условиями привел к неконтролируемому дрейфу танкера, что завершилось его разрушением и разливом нефти, вызвавшим масштабную экологическую катастрофу. Анализ этой аварии показал, что своевременное использование альтернативных методов управления могло бы предотвратить катастрофические последствия.

Примеры применения предложенных решений в моделируемых условиях показывают, что использование тяговой силы гребного винта является эффективным инструментом для управления судном при отсутствии рулевого воздействия. На современных судоводительских тренажерах, таких как Full-Mission Bridge Simulator, была смоделирована аварийная ситуация на крупнотоннажном танкере в условиях шторма с высотой волн до 6 метров и скоростью ветра до 30 узлов. Результаты показали, что при корректной смене оборотов гребного винта и использовании переменного заднего хода возможно удержание судна на заданном курсе с минимальным дрейфом. Это особенно эффективно для судов с двухвинтовой системой, где независимое управление винтами позволяет компенсировать потерю рулевой функции за счет создания поворотного момента. Однако моделирование также выявило, что при сильной бортовой качке эффективность метода снижается, так как гребной винт периодически теряет контакт с водой, что затрудняет создание необходимой тяги.

Реальные аварии на танкерах, такие как инцидент с танкером "Prestige" в 2002 г., демонстрируют, что отказ рулевого устройства в сложных погодных условиях может привести к неконтролируемому дрейфу судна и, как следствие, к экологической катастрофе. В этом случае, несмотря на попытки использовать тягу гребного винта для стабилизации судна, погодные условия, включая сильные волны и ветер, сделали управление невозможным. В результате судно было разрушено, что привело к разливу нефти объемом более 60 тыс. тонн. Этот пример подчеркивает необходимость учитывать ограничения предложенных методов и необходимость их сочетания с другими мерами, такими как оперативное взаимодействие с буксировщиками и береговыми службами.

Эффективность предложенных методов также зависит от инерционных характеристик судна и его текущего состояния. Крупнотоннажные танкеры обладают высокой массой и значительным водоизмещением, что увеличивает их инерцию и время реакции на изменения курса. Использование естественных сил, таких как ветер и волны, может помочь в корректировке направления движения судна. Например, плавное движение по ветру и волнам позволяет уменьшить влияние бортовой качки и стабилизировать судно. Однако такой метод ограничен в условиях интенсивного ветрового дрейфа, особенно для танкеров с высоким надводным бортом, где парусность становится значительным фактором.

Анализ эффективности методов управления также показал необходимость точной координации с береговыми службами и другими судами. Современные системы радиосвязи и автоматической идентификации (AIS) играют ключевую роль в обеспечении взаимодействия между экипажем аварийного судна и спасательными операциями. Например, в случае танкера "Hoege Osaka", севшего на мель у берегов Великобритании в 2015 г., координация с береговыми службами позволила своевременно организовать буксировку и минимизировать ущерб для судна и окружающей среды. Важным уроком из этого случая стало использование заблаговременных сигналов бедствия, что позволило избежать столкновений с другими судами и обеспечить безопасность экипажа.

Несмотря на значительную эффективность предложенных методов в большинстве случаев, они имеют ограничения, связанные с погодными условиями, конструктивными особенностями судна и человеческим фактором. Для минимизации рисков необходимо регулярное техническое обслуживание гребного винта и двигательной установки, а также проведение тренировок для экипажа на тренажерах с симуляцией аварийных ситуаций. Особое внимание должно быть уделено резервным системам управления, таким как вспомогательные гребные

винты или портативные буксировочные системы, которые могут значительно повысить шансы на успешное разрешение аварийной ситуации.

Литература

1. Агеев, В. В. Проблемы надежности и эксплуатации судовых рулевых устройств / В. В. Агеев // Морской транспорт. – 2019. – № 3. – С. 25–32.
2. Губарев, В. А. Устойчивость управления крупнотоннажными танкерами в экстремальных гидрометеорологических условиях / В. А. Губарев, И. Н. Рябинин // Судостроение. – 2020. – Т. 91, № 5. – С. 12–18.
3. Lloyd's Register. Managing Risks of Steering Gear Failures: Guidelines for Maritime Operators / Lloyd's Register. – London, 2021. – 45 p.
4. Papanikolaou, A. Ship Stability and Seakeeping / A. Papanikolaou. – Springer, 2018. – 402 p.
5. Kongsberg Maritime. Handling Large Vessels in Adverse Weather Conditions: Simulation-Based Insights / Kongsberg Maritime. – Norway, 2020. – 38 p.
6. Wang, G. Analysis of Rudder System Failures on VLCCs: Case Studies and Mitigation Measures / G. Wang, Y. Li // Journal of Maritime Engineering. – 2021. – Vol. 157, Issue 3. – P. 120–135.