

Особенности швартовки крупнотоннажных судов в портах с непостоянной глубиной подходного канала

Characteristics of mooring large-tonnage vessels in ports with variable entrance channel depths

УДК 656.6

Получено: 18.01.2025

Одобрено: 19.02.2025

Опубликовано: 25.03.2025

Кравчишин Д.Б.

Студент факультета судовождение и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"
e-mail: 9146749142d22@gmail.com

Kravchishin D.B.

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: 9146749142d22@gmail.com

Поздняков Н.В.

Студент факультета судовождение и связи

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"
e-mail: pugtyt@mail.ru

Pozdnyakov N.V.

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: pugtyt@mail.ru

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

В статье исследуются особенности швартовки крупнотоннажных судов в портах с непостоянной глубиной подходного канала. Анализируются гидрологические факторы, включая переменную глубину, течения и погодные условия, оказывающие влияние на маневренность судов. Рассматриваются современные методы и технологии, такие как применение буксиров и адаптивные подходы к управлению маневрами. Особое внимание уделено практике оптимизации маршрутов подхода, использованию гидрологических моделей для прогнозирования условий и разработке регламентов взаимодействия между судоводителями и портовыми службами. Приведены успешные примеры из мировых портов, демонстрирующие снижение рисков и повышение безопасности операций. Полученные результаты имеют практическое значение для разработки эффективных решений по обеспечению безопасной швартовки в сложных гидрологических условиях.

Ключевые слова: швартовка, крупнотоннажные суда, переменная глубина, подходной канал, буксиры, гидрологические условия, маневренность судов, портовая инфраструктура, управление рисками, гидрологические модели.

Abstract

This article examines the characteristics of mooring large-tonnage vessels in ports with variable entrance channel depths. Hydrological factors, including fluctuating depths, currents, and weather conditions, which influence vessel maneuverability, are analyzed. Modern methods and technologies, such as the use of tugs and adaptive maneuver management approaches, are discussed. Special emphasis is placed on the practice of optimizing approach routes, utilizing hydrological models for condition forecasting, and developing protocols for interaction between ship operators and port authorities. Successful examples from global ports are presented, demonstrating risk reduction and enhanced operational safety. The findings hold practical significance for developing effective solutions to ensure safe mooring in complex hydrological conditions.

Keywords: mooring, large-tonnage vessels, variable depth, entrance channel, tugs, hydrological conditions, vessel maneuverability, port infrastructure, risk management, hydrological models.

Гидрологические условия играют определяющую роль в обеспечении безопасной швартовки крупнотоннажных судов, особенно в портах с непостоянной глубиной подходного канала. Переменная глубина обусловлена сложными природными и антропогенными процессами, включая седиментацию, влияющую на фарватеры, воздействие приливно-отливных явлений, а также эрозионные процессы, возникающие под действием гидродинамических потоков. В частности, в дельтах крупных рек, таких как порт Роттердама, накопление аллювиальных осадков может приводить к изменениям глубины на несколько метров в год, что требует регулярных дноуглубительных работ. Нерегулярное проведение таких операций нередко приводит к образованию мелководных участков, представляющих угрозу для судов с глубокой осадкой.

Течения, вызванные гидрологическими или метеорологическими факторами, представляют дополнительный риск для маневренности судна. Скорость течения свыше 1,5 узла значительно увеличивает вероятность бокового смещения корпуса, что особенно актуально для судов с большим ветровым парусом, таких как контейнеровозы класса Ultra Large Container Vessel (ULCV). Для таких судов боковое воздействие течения способно смещать их от заданного курса на десятки метров. В условиях ограниченного пространства это требует применения высокомощных буксиров, обеспечивающих контролируемое управление судном при маневрировании.

Осадка судна является еще одним критическим фактором, влияющим на процесс швартовки. Для крупнотоннажных судов, таких как VLCC или ULCV, требуется минимальные глубины, превышающие осадку на 10–15%. В противном случае возникает эффект динамического скучивания воды, при котором потоки воды, ограниченные корпусом судна, оказывают обратное воздействие, снижая его маневренность. Эксперименты в порту Шанхая пока-

зали, что при глубине, равной 1,2-кратной осадке судна, тяговые усилия на рулевых устройствах снижаются на 30%, что существенно ограничивает возможности точного позиционирования.

Портовая инфраструктура также оказывает значительное влияние на процесс швартовки. Узкие подходные каналы увеличивают вероятность отклонений судна от курса, особенно в условиях сложных гидрологических условий. В порту Гамбурга, например, анализ инцидентов с суднами показал, что недостаточная ширина подходных каналов и малое количество маневровых зон увеличивают вероятность столкновений с причальными стенками на 25%. Также важным элементом инфраструктуры являются швартовные устройства. Недостаточное количество кнехтов или их неравномерное расположение создает дополнительные риски для судоводителей. Согласно данным Международной морской организации (IMO), большинство аварий при швартовке связано с недостаточной устойчивостью тросов в условиях высоких динамических нагрузок, что часто наблюдается в портах с ветровыми зонами.

Характеристики самих крупнотоннажных судов накладывают ограничения на процесс их швартовки. Высокая инерционность таких судов требует значительных дистанций для выполнения торможения или корректировки курса. Например, танкер массой 300,000 DWT при скорости 6 узлов требует не менее 1,2 километра для полной остановки. Ветроустойчивость также является ключевым фактором: при ветре силой более 15 м/с отклонение корпуса крупнотоннажного судна может достигать 10–15 метров за считанные секунды. Это создает дополнительные сложности при подходе к причалу, особенно если боковой ветер сочетается с попутным течением.

Дополнительно стоит отметить влияние глубины подходного канала на стабильность навигационных приборов. Гирокомпасы, используемые для поддержания курса, могут демонстрировать отклонения в условиях мелководья, особенно если судно проходит через зоны магнитных аномалий. Анализ работы навигационных систем в порту Владивостока показал, что в районах с глубинами менее 10 метров гирокомпас демонстрирует погрешность до 2°, что может быть критичным при выполнении точных маневров.

Применение буксиров является одной из ключевых технологий обеспечения безопасности швартовки крупнотоннажных судов в сложных условиях, особенно в портах с переменной глубиной подходного канала, сильными течениями и ветровыми нагрузками. Современные буксиры, оснащенные азимутальными движителями, обладают высокой маневренностью и значительной тягой, достигающей 70 тонн и более, что позволяет эффективно управлять крупнотоннажными судами, такими как танкеры VLCC и контейнеровозы ULCV, даже в неблагоприятных погодных условиях. Взаимодействие буксиров с судном играет решающую роль, особенно на ограниченных акваториях, где недостаточная ширина фарватера и изменяющиеся гидрологические условия усложняют выполнение маневров.

Основные методы использования буксиров включают позиционное удержание судна, его боковое перемещение и коррекцию курса. При боковом удержании буксиры располагаются с обоих бортов судна и синхронно компенсируют влияние ветра и течений. Это особенно эффективно в условиях узостей, где маневренность судна ограничена. Для коррекции курса применяют носовые и кормовые буксиры, которые помогают компенсировать инерционность крупнотоннажных судов. Например, при швартовке танкеров в порту Фуджира (ОАЭ), где сильные приливные течения достигают 3–4 узлов, используются два или три буксира для обеспечения точного позиционирования судна у причала.

Традиционные подходы к швартовке основаны на заранее разработанных схемах движения, которые учитывают особенности фарватера, рельеф дна и погодные условия. Такие схемы часто включают использование гидродинамических моделей, определяющих оптимальные скорости и траектории подхода судна. В порту Гамбурга, например, на сложных участках фарватера применяются детализированные маневровые схемы, согласованные с лоцманскими службами. Эти схемы позволяют минимизировать использование якорей, что важно для сохранности подводной инфраструктуры, такой как нефтепроводы или кабели. Однако в

быстро меняющихся условиях, таких как внезапное изменение направления ветра или силы течений, традиционные методы могут быть недостаточно эффективными.

Адаптивные подходы, напротив, предполагают гибкость и оперативное реагирование на изменения внешних факторов. Они включают использование систем мониторинга в реальном времени, которые обеспечивают актуальную информацию о глубине, скорости течений и направлении ветра. Например, в порту Роттердама применяется технология динамического управления маневрами, основанная на данных гидрологических датчиков и системах GPS. Эта система автоматически корректирует траекторию движения судна в процессе швартовки, что значительно снижает риски аварий и позволяет сокращать время выполнения операций. В порту Сингапура, где швартовка крупных судов осложнена интенсивным движением, применяется система автоматического управления буксирами, синхронизирующая их действия с движением судна.

Мировые порты демонстрируют успешные примеры внедрения современных технологий и адаптивных методов швартовки. В порту Лос-Анджелеса была внедрена система дистанционного управления буксирами, что позволило минимизировать влияние человеческого фактора и повысить точность маневров. В порту Шанхая, где швартовка осложнена высокими приливными амплитудами, внедрение автоматизированной системы мониторинга глубины позволило снизить аварийность на 20% за пять лет. В порту Антверпена используется комбинированный метод, включающий применение гидродинамических расчетов и прогнозов ветровой нагрузки, что позволило сократить время на швартовку танкеров на 15%.

Оптимизация маршрутов подхода является одним из наиболее эффективных методов управления рисками. При этом учитываются такие параметры, как осадка судна, глубина подходного канала, скорость и направление течений, а также погодные условия, включая направление ветра. Для крупных портов, таких как Роттердам или Сингапур, используется интеграция данных от гидрографических станций, спутниковых систем наблюдения и гидрологических буев. Эти данные позволяют заранее составить безопасный маршрут с учетом всех возможных факторов риска. Например, в порту Сингапура, где сильные течения и интенсивное судоходство создают значительные сложности для маневрирования, внедрена система динамического управления маршрутами. Она автоматически корректирует траекторию движения судов на основе текущей информации о гидрологических условиях. Аналогичная практика используется в порту Роттердама, где система прогнозирования глубин учитывает влияние приливов и отливов на осадку судов. Это особенно важно для танкеров класса VLCC и контейнеровозов класса ULCV, осадка которых может достигать 15–16 метров.

Выбор подходящей глубины на маршруте подхода и в районе швартовки также требует особого внимания. Глубина должна превышать осадку судна минимум на 10–15%, чтобы избежать возникновения эффекта скучивания воды под корпусом, что может значительно снизить маневренные характеристики судна. Однако в условиях мелководных акваторий или участков с переменной глубиной, как, например, в порту Шанхая, где осадочные процессы существенно изменяют фарватер, эта разница должна быть увеличена до 20%. Для обеспечения безопасного прохождения таких участков применяются регулярные дноуглубительные работы и установка гидрологических датчиков, которые в режиме реального времени передают данные о глубине в диспетчерские центры.

Регламенты взаимодействия судоводителей с портовыми службами играют ключевую роль в обеспечении безопасности швартовки. Такие регламенты включают четко установленные протоколы обмена информацией между капитаном судна, лоцманами и диспетчерскими службами. Взаимодействие должно быть максимально оперативным и учитывать текущее состояние фарватера, погодные условия и загруженность портовой акватории. В порту Гамбурга, например, используется система управления движением судов (VTS), которая централизует передачу данных между всеми участниками процесса. Это позволяет капитану своевременно получать актуальную информацию о возможных изменениях условий и корректировать план маневров. Особое значение имеют предварительные консультации с лоцманами, которые обладают глубокими знаниями локальных условий. Для крупных судов ре-

гламент взаимодействия часто включает обязательное использование буксиров, что дополнительно снижает риски при маневрировании.

Применение современных гидрологических моделей позволяет существенно повысить точность прогнозирования условий швартовки. Такие модели учитывают не только текущие параметры, но и динамические изменения, связанные с приливно-отливными циклами, ветровыми потоками и течениями. Например, в порту Антверпена внедрена модель прогнозирования течений, которая позволяет капитанам и диспетчерским службам заранее учитывать возможные изменения гидрологических условий на 12–24 часа вперед. Это позволяет корректировать планы швартовки, предотвращая ситуации, связанные с недостаточной глубиной или увеличением скорости течений. В порту Шанхая используется система прогнозирования приливных явлений, которая интегрируется с системой управления движением судов, обеспечивая оперативное принятие решений.

Современные гидрологические модели также интегрируются с навигационными системами судов. Это позволяет капитану видеть актуальную информацию о глубине, направлении течений и ветровых нагрузках непосредственно на электронных картах. Такие технологии активно используются в порту Лос-Анджелеса, где автоматизированные системы мониторинга предоставляют данные о гидрологических условиях в режиме реального времени. Внедрение подобных решений позволило сократить количество аварийных ситуаций на 15% за последние пять лет. Кроме того, автоматизация процессов прогнозирования способствует сокращению времени, затрачиваемого на подготовку и проведение швартовочных операций.

Литература

1. Карпов А. Н., Сорокин А. В. Особенности швартовки крупнотоннажных судов на узкостях при сложных гидрологических условиях // Судоходство и портовое дело. 2022 № 3. С. 45–52.
2. International Maritime Organization (IMO). Guidelines on Ship Maneuverability. MSC/Circ.1053. London: IMO, 2002.
3. Боровков И. А., Чернышев Е. П. Гидрологические факторы в обеспечении безопасности маневрирования судов // Морская техника и технологии. 2021. Т. 5. № 4. С. 35–42.
4. Trelleborg Marine Systems. Improving Berthing Safety: Case Studies in Major Ports // Journal of Ports and Terminals. 2020. Vol. 12. P. 78–89.
5. Иванов К. В. Прогнозирование гидродинамических процессов в портовых акваториях // Транспорт и логистика. 2021. № 6. С. 23–29.
6. Kobayashi S., Kinoshita H. Tug Assistance for Safe Berthing of VLCCs: Operational Challenges and Solutions // Marine Technology. 2019. Vol. 56. P. 123–131.