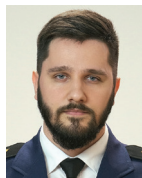


Автоматизация портовой инфраструктуры: береговой швартовный комплекс



С. Н. Стуконог,
младший научный
сотрудник научно-
исследовательской
лаборатории
«Автоматизация
судовождения»
Государственного
морского университета
им. адм. Ф. Ф. Ушакова

Применение береговых швартовных устройств позволит решить проблему «узкого бассейна», максимально использовать имеющиеся причалы, повысить объем перевалки грузов, сократить время на проводку и швартовку судна, уменьшить влияние человеческого фактора на возникновение аварийных ситуаций.

Развитие инфраструктуры порта должно опираться на появление нового класса судов автономного вспомогательного флота — буксиров, бункеровщиков, нефтемусоросборщиков, разъездных катеров и т. д. Их совокупность можно классифицировать как автономный портовый флот [1–3]. Его внедрение гарантированно повысит пропускную способность порта за счет оптимизации времени швартовки/отшвартовки и проводки грузовых судов, а также рационального использования требуемой

площади маневрирования, что особенно актуально для портов с узкими бассейнами [4, 5].

Одной из проблем является узкий канал. Так, например, в марте 2021 г. в самой узкой части Суэцкого канала сел на мель 400-метровый контейнеровоз Ever Given, заблокировав проход. Операция по снятию его с мели шла почти неделю. Всего из-за инцидента на входах в канал застряли более 400 судов.

Роботизация проводки грузовых судов посредством применения автономных буксиров с поворотными магнитными швартовными устройствами позволила бы избежать подобных инцидентов [6]. В панамском канале нечто подобное проводится с помощью береговых тяговых электровозов [7].

Работа магнитной секции

Принцип использования жесткой сцепки азимутального буксира-автомата или берегового швартовного устройства (БШУ) с грузовым судном заключается в применении магнитной секции (МС) (рис. 1). Магнитная секция состоит из корпуса, множества магнитных ячеек и системы управления ими [8]. В каждой ячейке используется два магнитных блока, состоящих из постоянных магнитов. Первый неподвижен, зафиксирован в корпусе ячейки. Второй подвижен и приводится в движение валом, благодаря чему происходит переориентация магнитного поля ячейки.

Изменение ориентации магнитного поля необходимо для сцепления или отцепления азимутального буксира-автомата/берегового швартовного устройства с грузовым судном. Для этого используется электродвигатель, взаимодействующий с подвижным магнитным блоком, зафиксированным на

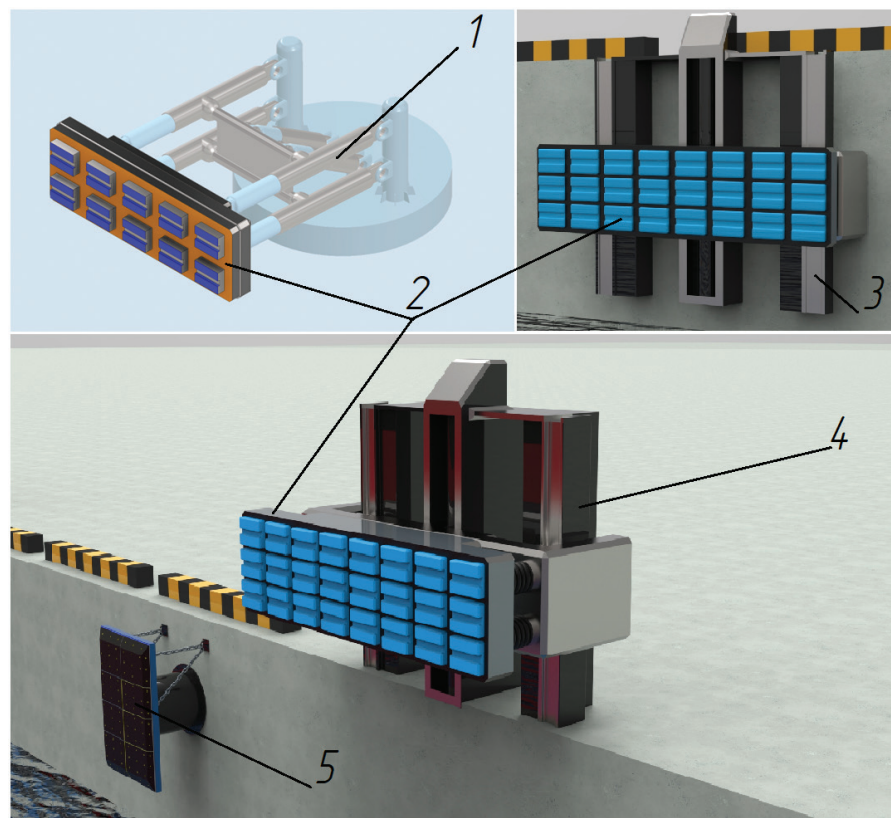


Рис. 1. Проекты магнитных секций в системе автоматизированного проектирования

1 — поворотные магнитные швартовные устройства; 2 — магнитные секции; 3 — береговое швартовное устройство (вариант 1); 4 — береговое швартовное устройство (вариант 2); 5 — отбойные устройства

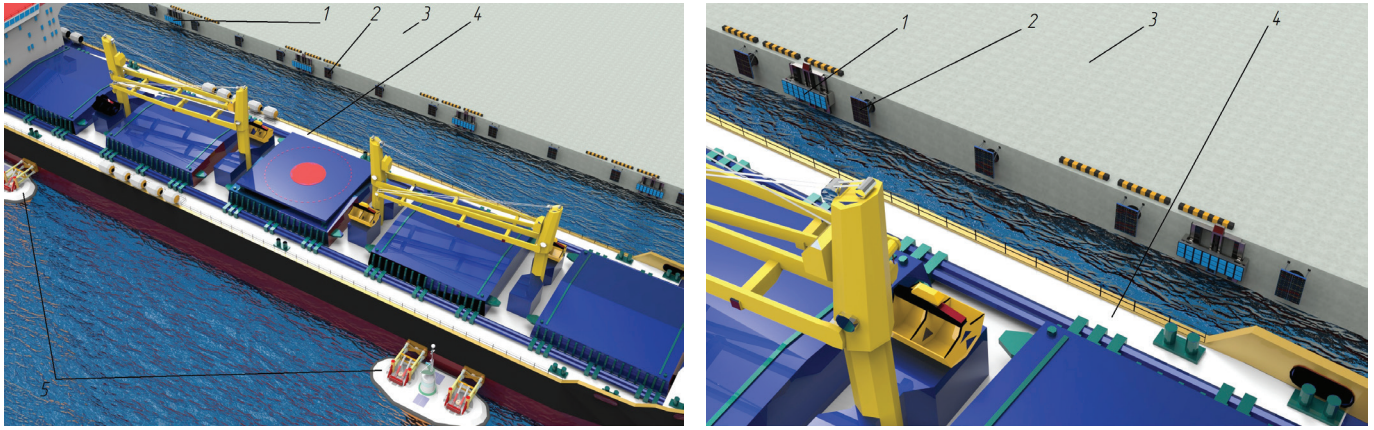


Рис. 2. Проект швартовки судна в системе автоматизированного проектирования

1 – береговое швартовное устройство; 2 – отбойные устройства; 3 – причал; 4 – швартуемое судно; 5 – азимутальный буксир-автомат

валу, находящимся внутри магнитной ячейки, посредством зубчатого зацепления [9,10].

Для рабочих процессов МС требуется энергия. Использование электроэнергии происходит периодически и имеет небольшую величину. Магнитная секция, основанная на ячейках с постоянными магнитами, существенно отличается от устройств на основе электромагнитов, поскольку здесь не требуется постоянная подача электропитания на поддержание магнитного поля. Система управления имеет функцию активации магнитных ячеек в различных конфигурациях, что в свою очередь позволяет регулировать силу удержания всей секции.

где $n_{\text{БШУ}}$ – минимальное количество БШУ, необходимых для удержания наименьшего судна по используемой технологии;

$l_{\text{м}}$ – длина наименьшего судна;

L – длина причала.

Для определения мощности БШУ необходимо определить, сколько устройств придется на максимальное по тоннажу судно при заданном общем количестве берегового швартовного устройства на причале. Исходя из этого, получим необходимую держащую силу каждого БШУ:

$$P_{\text{БШУ}} = \frac{P_{\text{БШУ}} L}{(N_{\text{БШУ}} - 1) l_{\text{б}}},$$

где $P_{\text{БШУ}}$ – сила, необходимая для удержания наибольшего судна;

$l_{\text{б}}$ – длина наибольшего судна.

Количество магнитных ячеек $N_{\text{мя}}$ в МС определяется:

$$N_{\text{мя}} = \frac{P_{\text{БШУ}}}{P_{\text{мя}}},$$

где $P_{\text{мя}}$ – удерживающая сила одной магнитной ячейки.

Управление БШК осуществляется дистанционно с возможностью автоматического управления. При разгрузке или погрузке судно меняет свою осадку, что приводит к необходимости выполнения поочередного перемещения секций БШУ автоматическим способом.

В ходе выполнения погрузочно-разгрузочных работ и в результате действия приливно-отливных явлений в порту осадка судна может изменяться значи-

Береговой швартовный комплекс

Береговые швартовные комплексы (БШК) относятся к оборудованию для швартовки, перестановки, размещения на причальной линии и удерживания морских судов (рис. 2). Береговой швартовный комплекс состоит из необходимого количества БШУ, достаточного для удержания наибольшего судна, предполагаемого для швартовки у конкретного причала.

Береговой швартовный комплекс удерживает судно лагом у причальной линии без использования швартовных канатов и участия человека. Его работоспособность достигается благодаря взаимосвязи в конструкции БШУ вертикальных и горизонтальных демфирующих узлов и использования шарнирных, пружинных соединений.

Количество БШУ на причале можно определить исходя из длины наименьшего судна, предполагаемого к швартовке на заданном причале:

$$N_{\text{БШУ}} = n_{\text{БШУ}} \frac{L}{l_{\text{м}}},$$

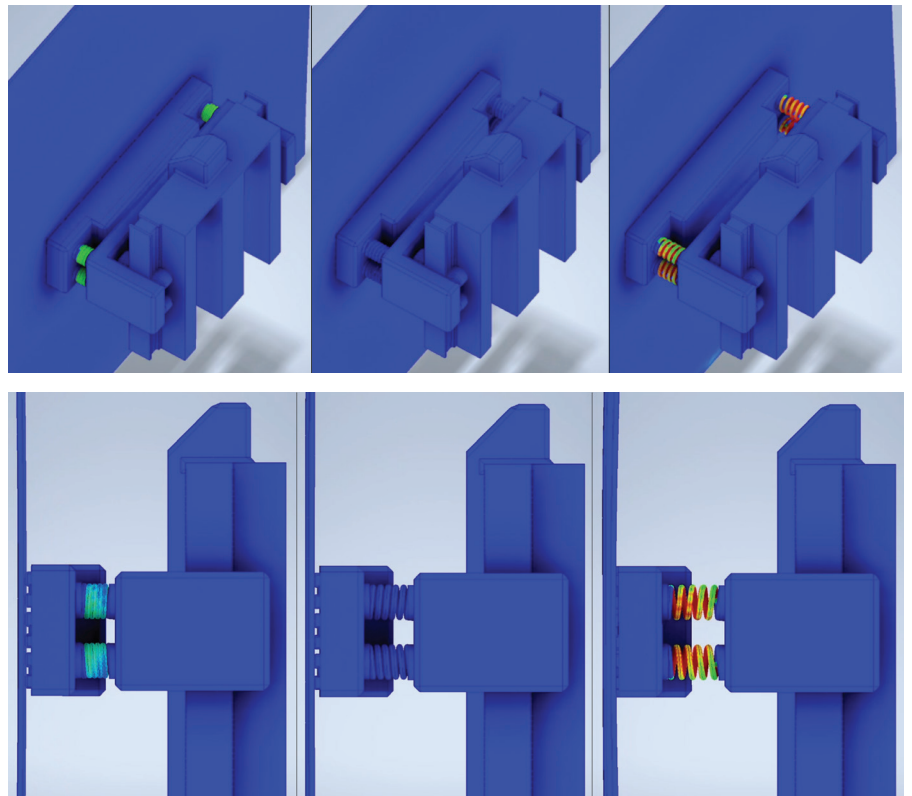


Рис. 3. Имитационное моделирование берегового швартовного устройства

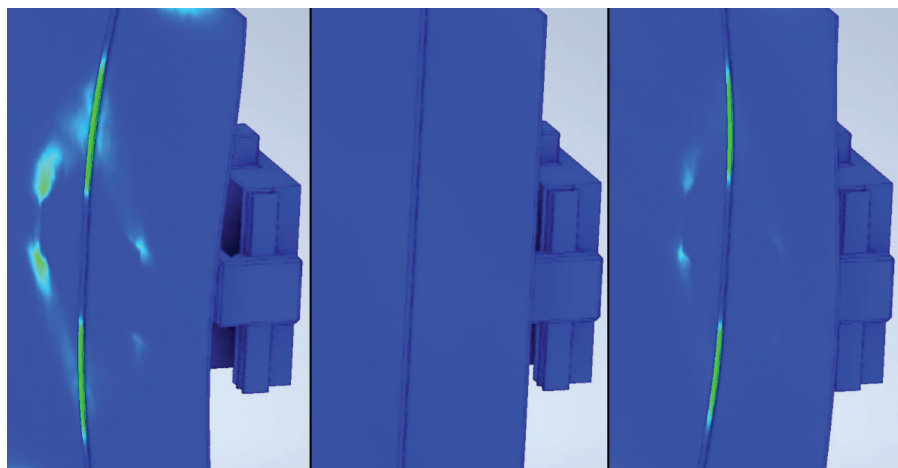


Рис. 4. Изгиб стальной пластины

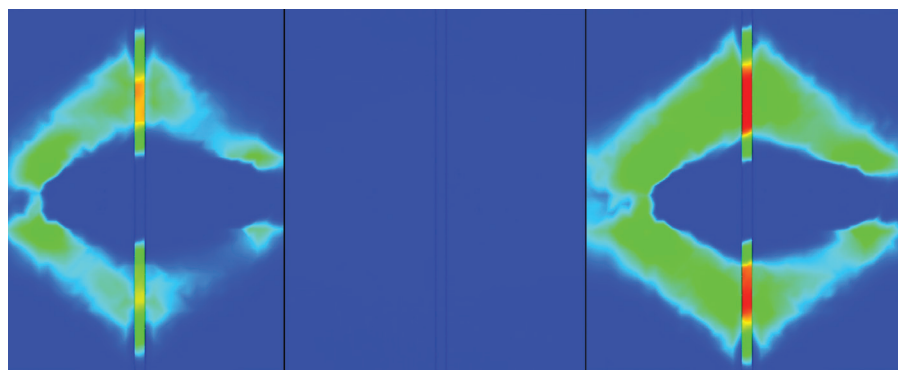


Рис. 5. Давление на сварной шов

тельно, в то время как максимальная высота перемещения захватной секции БШУ ограничивается 2,5 м, что объясняется необходимостью обеспечения требуемой надежности работы устройства. Таким образом, следует предусмотреть режим «перехвата» БШУ.

Режим «перехвата» состоит в следующем: в процессе удержания судна у причала с помощью нескольких БШУ отдельные из них отстыковываются от корпуса судна, их секции перемещаются по высоте, а затем опять стыкуются с корпусом. Одновременно возможна отстыковка только одного БШУ при условии, что удерживающая сила оставшихся устройств достаточна для удержания грузового судна. Данный способ реализован в береговом швартовном устройстве фирмы Cavotex.

В научно-исследовательской лаборатории «Автоматизация судовождения» ГМУ им. адм. Ф. Ф. Ушакова разработан проект БШУ в системе автоматизированного проектирования. Рассчитаны переменные и коэффициенты магнитных свойств элементов МС, необходимые при создании автоматизированной системы расчета для проектирования БШУ с целью визуализации процессов при использовании объемных моделей (рис. 3).

Исследования показали, что влияние БШУ на корпус судна незначительно. Оно

не приводит к деформациям, только к допустимому уровню изгиба, не влияющему на возврат к исходному состоянию (рис. 4).

Особого внимания требует изучение влияния захватной секции БШУ на сварной шов (рис. 5). Давление на него не превышает 180 кПа, чего недостаточно для деформации как пластин, так и сварных швов. Тем не менее использование БШК в разных метеорологических условиях, применительно к различного вида судам, требует детального изучения.

Заключение

Внедрение рассматриваемой технологии приведет к синергетическому эффекту по следующим направлениям:

- решение проблемы «узкого бассейна», максимальное использование имеющихся причалов, повышение объема перевалки;
- сокращение времени на проводку и швартовку грузового судна;
- уменьшение влияния человеческого фактора на возникновение аварийных ситуаций (столкновения, посадка на мель, навал на причалы) за счет применения оптимальных методов проводки и швартовки. Расчет прокладки для подхода к причалу, а также маневров по эскортированию, раскантовке и швартовке грузового судна выполняется

автоматически, команды голосом и использование слухового радиоканала исключены.



Источники

1. Стуконог С. Н. Способ управления моделью буксира-автомата с азимутальной рулевой колонкой с использованием колес всенаправленного движения // Транспортное дело России. 2021. № 3. С. 107–114.
2. Stukonog S. N. Prototype of a remotely controlled model of a tugboat with an azimuth rudder and a hazard identification function. Journal of physics: conference series // International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering, AIME 2021.
3. Заслонов В. В., Стуконог С. Н. Метод группового движения морских подвижных объектов. 2024. № 2(111). С. 76–84.
4. Епихин А. И., Хекерт Е. В., Модина М. А. Анализ безопасности безэкипажных судов на основе структуры модели риска с использованием сети байеса // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4(2). С. 38–46.
5. Сенченко В., Лопатина В., Студеникин Д., Буцанец А. Технические средства автоматизации высокоточного судовождения морских и речных судов: Конспекты лекций по гражданскому строительству. 2021.
6. Патент № RU 215135. Поворотный буксирный швартовный механизм / В. Г. Сенченко, А. Б. Крючков, В. В. Заслонов. Оpubл. 31.11.2022.
7. Panama Canal Expansion Project report – October 2012 (PDF). Panama Canal Authority. Archived from the original (PDF) on March 10, 2013.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024618792 Российская Федерация. Программный комплекс для управления универсальной магнитной захватной секцией / С. Н. Стуконог, В. Г. Сенченко, А. Б. Крючков, П. А. Саенко. Оpubл. 17.04.2024. EDN: ZFXWHN.
9. Заслонов В. В., Стуконог С. Н. Выбор узла автоматизированного швартовного устройства в условиях внедрения МАНС // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 2–1(60). С. 287–294.
10. Стуконог С. Н., Заслонов В. В. Сравнение и принцип работы узлов сцепки внедряемого автоматизированного устройства в условиях развития морских автономных надводных судов (МАНС). 2024. № 3–1(65). С. 299–307.