

Юшков Михаил Юрьевич

канд. геогр. наук,

Нижегородский институт Международного

инновационного университета,

РФ, Нижний Новгород

ПАРУСНЫЕ ГРУЗОВЫЕ СУДА КАК ЭКОЛОГИЧНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА МОТОРНЫМ ГРУЗОВЫМ СУДАМ

Аннотация

В статье рассматриваются парусные грузовые суда как устойчивая альтернатива традиционному моторному флоту. Анализируются история, современные технологии, экологические преимущества, экономические ограничения и эксплуатационные проблемы. Делается вывод, что ветроэнергетические системы не заменят двигатели внутреннего сгорания в ближайшей перспективе, но могут стать важным дополнительным инструментом декарбонизации морских перевозок.

Ключевые слова: парусные грузовые суда, ветро-ассистированные пропульсивные системы, декарбонизация судоходства, устойчивый морской транспорт, возобновляемая энергия, выбросы парниковых газов.

This paper examines sailing cargo vessels as a sustainable alternative to conventional motorized ships. It reviews historical development, modern wind-assisted technologies, environmental benefits, economic barriers, and operational constraints. The study concludes that while wind propulsion cannot fully replace motor fleets in the near future, it offers a viable complementary solution for reducing maritime greenhouse gas emissions and advancing sustainable logistics.

Keywords: sailing cargo vessels, wind-assisted propulsion systems (WAPS), maritime decarbonization, sustainable marine transport, renewable energy, greenhouse gas emissions.

Морская индустрия производит около 3 % глобальных выбросов углекислого газа, а также значительные объёмы оксидов серы, оксидов азота и твёрдых частиц [2]. По оценкам Международной морской организации (ИМО), судоходство отвечает примерно за 2–3 % глобальных выбросов CO₂, при этом прогнозируется рост до 5–10 % без внедрения новых технологий [2]. Если рост выбросов в морском секторе продолжится, судоходство может стать одним из крупнейших промышленных факторов изменения климата в XXI веке [3].

В условиях реализации глобальных стратегий декарбонизации (Стратегия ИМО по сокращению выбросов парниковых газов, Система торговли квотами на выбросы ЕС) возрастает интерес к технологиям использования возобновляемой энергии ветра в судоходстве [4]. Основные пути декарбонизации включают: альтернативные виды топлива (аммиак, водород, метанол); повышение гидродинамической эффективности корпусов; цифровую оптимизацию маршрутов; внедрение парусных и ветро-ассистированных пропульсивных систем [5].

В отличие от традиционных парусников прошлого, современные парусные суда используют передовые инженерные решения, спутниковую метеорологию, композитные материалы и автоматизированные системы управления парусами. Эти инновации делают ветровую тягу не романтическим возвращением в прошлое, а научно обоснованным элементом устойчивого морского транспорта [6].

Следует отметить, что уже несколько десятилетий в сфере практического судовождения существует тенденция выбирать маршруты коммерческих судов с учетом преобладающих ветров и течений с целью уменьшить расход топлива и увеличить скорость.

Для сравнения, приведем две карты: на рисунке 1 показаны трансокеанские маршруты коммерчески парусных судов. Рисунок 2 - карта современных

маршрутов коммерческих моторных судов. Сравнительный анализ показывает практически полную идентичность маршрутов.

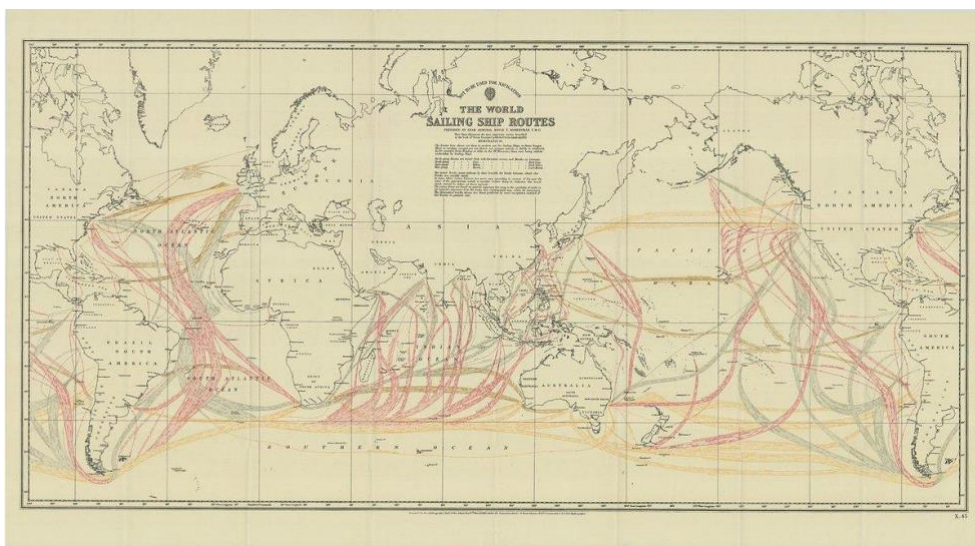


Рисунок 1. Маршруты коммерческих парусных судов 19-начала 20-го веков



Рисунок 2. Современные маршруты коммерческого судоходства

В настоящее время в мировом судоходстве применяется несколько основных типов вспомогательных ветровых пропульсивных систем (Wind-Assisted Propulsion Systems, WAPS), различающихся по принципу действия, конструктивным особенностям и эксплуатационным характеристикам [9].

Роторные паруса (Flettner rotors). Вертикальные вращающиеся цилиндры, использующие эффект Магнуса для создания подъёмной силы. Отличаются

компактностью и возможностью установки на существующие суда. Экономия топлива 5–20 % [5].

Жёсткие крыльевые паруса (Wingsails). Аэродинамические поверхности с профилем, аналогичным крылу самолёта. Обеспечивают высокую эффективность, но требуют значительного палубного пространства. Экономия топлива 20-60 % [5].

Воздушные змеи (Airborne kites). Летательные аппараты на высоте 100–300 м, использующие более сильные и стабильные ветры. Минимально влияют на палубное пространство. Экономия топлива 10-30 % [5].

Мягкие паруса (Soft sails). Традиционные тканевые паруса, оснащённые автоматизированными системами управления и изготовленные из композитных материалов. Экономия топлива - до 30–90 % в оптимальных условиях [8].

Подробное описание конструктивных особенностей, гидродинамических и аэродинамических характеристик, а также сравнительный анализ эффективности представлены в работах [5; 9; 11; 12].

С учётом LCA-подхода (оценка экологического воздействия всего жизненного цикла) ветровые системы показывают снижение углеродного следа на 40–85 %. При анализе учитываются производство, эксплуатационные выбросы, техническое обслуживание и утилизация материалов [12].

Современные парусные грузовые суда значительно отличаются от исторических парусников. Наиболее перспективными направлениями оптимизации следует считать [6]:

Автоматизированные парусные системы. Компьютеризированные механизмы автоматически регулируют угол и площадь парусов в зависимости от силы и направления ветра, оптимизируя аэродинамическую эффективность.

Современные корпуса. Гидродинамические расчёты и композитные материалы уменьшают сопротивление воды и повышают эффективность судна.

Спутниковая метеорология. Современные прогнозы позволяют выбирать оптимальные ветровые маршруты и избегать опасных штормов.

Гибридные пропульсивные системы. Многие проекты сочетают парусную тягу с электрическими или низкоэмиссионными двигателями, обеспечивая эксплуатационную гибкость.

Интеграция возобновляемой энергии. На судах могут использоваться солнечные панели, аккумуляторы и системы рекуперации энергии [13].

К числу основных экономических аспектов дальнейшего внедрения и развития грузовых парусных судов следует отнести:

Снижение расходов на топливо. Долгосрочное преимущество — уменьшение зависимости от дорогостоящего ископаемого топлива. Ветер обеспечивает нулевые затраты на энергию после амортизации капитальных вложений [15].

Высокие первоначальные инвестиции. Создание современных парусных судов требует значительных вложений: проектирование, инновационные парусные системы, подготовка экипажей, модернизация портовой инфраструктуры [11].

Рыночные ниши. Многие проекты ориентируются на экологически ориентированные рынки, перевозя премиальные товары: органические продукты, кофе, какао, вино, где потребители готовы платить надбавку за устойчивые перевозки [14].

Однако, нужно отметить и ряд эксплуатационных ограничений, в том числе:

- Зависимость от погодных условий. Парусники не могут гарантировать одинаковую скорость и точное расписание в любых условиях, что усложняет интеграцию в логистические цепочки с поставками «точно в срок» [11].

- Ограничения грузоподъёмности. Некоторые парусные конструкции занимают полезное пространство на палубе, снижая грузовместимость судна [5].

– Подготовка экипажей. Эксплуатация современных парусных систем требует специальных навыков, не распространённых среди плавсостава, что обуславливает необходимость специализированных программ обучения [13].

– Масштабируемость. Остаётся открытым вопрос, способны ли парусные технологии обеспечить объёмы мировой торговли современного уровня [15].

Подтверждением жизнеспособности идеи коммерческих грузовых парусных судов следует считать примеры реализованных и успешно функционирующих проектов.

Компания Grain de Sail (Франция) использует современные парусные суда для перевозки кофе, шоколада, вина и органических товаров между Европой и Америкой. Проект эксплуатирует два грузовых парусника, демонстрируя коммерческую возможность низкоуглеродной логистики [14].



Рисунок 3/ Парусное грузовое судно *Grain de Sail II* [14]

Компания Fairtransport (Нидерланды) эксплуатирует *Tres Nombres* — традиционное грузовое парусное судно без двигателя. Судно перевозит какао, кофе, ром, оливковое масло, вино. Ежегодно с ноября по апрель совершает трансатлантический рейс, в летний сезон ходит вдоль европейского побережья [17].



Рисунок 4. Безмоторное грузовое парусное судно *Tres Hombres* [17]

Компания Neoline (Франция) разработала и в 2024 году ввела в эксплуатацию Neoliner Origin — крупное коммерческое судно с автоматизированными парусами и гибридной пропульсивной системой. Это значительный шаг к внедрению ветровой тяги в коммерческое судоходство [18].



Рисунок 5/ *Neoliner Origin* [18]

Будущее морского транспорта, вероятно, будет основано на сочетании различных технологий: ветровая тяга, водородное топливо, электрические системы, аккумуляторные технологии, цифровая оптимизация маршрутов [16].

Несмотря на существующие ограничения, развитие экологических технологий и международного регулирования делает парусный грузовой транспорт всё более важной частью перехода к устойчивой мировой экономике.

Современные парусные суда — это не возвращение в прошлое, а соединение исторического опыта и новейших научных достижений.

Список литературы

1. United Nations Conference on Trade and Development. Review of Maritime Transport 2024. – Geneva : UNCTAD, 2024. – 150 p.
2. International Maritime Organization. Greenhouse Gas Emissions from Shipping: 2023 IMO GHG Strategy. – London : IMO, 2023. – 45 p.
3. Smith, T. W. P. Third IMO Greenhouse Gas Study 2020 / T. W. P. Smith, J. P. Jalkanen, B. A. Anderson, J. J. Corbett. – London : International Maritime Organization, 2020. – 320 p.
4. European Commission. EU Emissions Trading System for Maritime Transport. – Brussels : European Union, 2023. – 28 p.
5. Wind-assisted propulsion: a review of technologies and their adoption // Maritime Engineering Review. – 2024. – Vol. 12, No. 2. – P. 112–128.
6. Rojon, I. Sailing into the future: the revival of wind propulsion in commercial shipping / I. Rojon, J. S. D. Smith // Journal of Maritime Research. – 2023. – Vol. 20, No. 1. – P. 45–62.
7. Paine, L. P. The sea and civilization: a maritime history of the world / L. P. Paine. – New York : Alfred A. Knopf, 2013. – 744 p.
8. Stopford, M. Maritime economics / M. Stopford. – 3rd ed. – London : Routledge, 2009. – 815 p.
9. Eyring, V. Transport impacts on atmosphere and climate: shipping / V. Eyring, I. S. A. Isaksen, T. Berntsen, W. J. Collins // Atmospheric Environment. – 2010. – Vol. 44, No. 37. – P. 4735–4771.
10. Weilgart, L. S. The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management / L. S. Weilgart // Canadian Journal of Zoology. – 2007. – Vol. 85, No. 11. – P. 1091–1116.

11. van der Kolk, A. Wind-assisted propulsion technologies: a review of fuel-saving potentials / A. van der Kolk, J. de Vos // *Marine Technology Society Journal*. – 2023. – Vol. 57, No. 3. – P. 45–59.
12. Bouman, E. A. Life-cycle assessment of wind-assisted ship propulsion systems / E. A. Bouman, E. Lindstad, A. I. Rialland, A. H. Strømman // *Journal of Cleaner Production*. – 2024. – Vol. 450. – P. 141–158.
13. Traut, M. Propulsive power contribution of a kite and a Flettner rotor on a container ship / M. Traut, A. Bows-Larkin, M. L. Anderson, J. I. A. S. Bucknall // *Ocean Engineering*. – 2017. – Vol. 145. – P. 425–436.
14. Grain de Sail. Towards low-carbon maritime logistics: annual report 2024 / Grain de Sail. – Saint-Malo : Grain de Sail, 2024. – 32 p.
15. Rehmatulla, N. The barriers to the adoption of wind propulsion technologies in shipping / N. Rehmatulla, T. W. P. Smith // *Transport Policy*. – 2024. – Vol. 148. – P. 56–68.
16. Jiménez, C. M. Digitalization and autonomous systems in wind-assisted shipping / C. M. Jiménez, P. A. García, R. L. Fernández // *Journal of Marine Science and Engineering*. – 2024. – Vol. 12, No. 4. – P. 610.
17. Fairtransport. Sailing cargo: the Tres Hombres story / Fairtransport. – Den Helder : Fairtransport BV, 2023. – 24 p.
18. Neoline. Neoliner Origin: technical specifications and maiden voyage report / Neoline. – Nantes : Neoline Développement, 2024. – 18 p.