

# **Технические инновации в судостроении и их влияние на эффективность судовождения**

## **Technical innovations in shipbuilding and their impact on navigational efficiency**

Получено: 18.01.2025      УДК 001.895; 681.5      Опубликовано: 25.03.2025  
Одобрено: 27.02.2025

### **Манатов Е.С.**

Студент факультета судовождение и связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"  
e-mail: Manatov111@mail.ru

### **Manatov E.S.**

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: Manatov111@mail.ru

### **Бухаров Д.Г.**

Студент факультета судовождение и связи  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского"  
e-mail: bukhar4@mail.ru

### **Bukharov D.G.**

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: bukhar4@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

В статье рассматриваются современные технические инновации в судостроении и их влияние на эксплуатационные характеристики судов. Особое внимание уделено внедрению энергоэффективных технологий, новых материалов, цифровых систем проектирования и автоматизации. Представлены примеры успешного применения инновационных решений, таких как использование LNG, роторных парусов, систем цифрового двойника и предиктивной аналитики. Выделены основные барьеры на пути внедрения технологий, и предложены рекомендации по их интеграции в существующий флот. Результаты исследования подчеркивают значимость инноваций для повышения конкурентоспособности судостроения и устойчивого развития морской индустрии.

**Ключевые слова:** судостроение, технические инновации, энергоэффективность, цифровизация, автоматизация, LNG, роторные паруса, предиктивная аналитика, эксплуатационные характеристики, экологическая устойчивость.

## Abstract

This article examines contemporary technical innovations in shipbuilding and their influence on the operational characteristics of vessels. Special emphasis is placed on the implementation of energy-efficient technologies, new materials, digital design systems, and automation. Examples of successful applications of innovative solutions, such as the use of LNG, rotor sails, digital twin systems, and predictive analytics, are presented. The primary barriers to technology adoption are identified, and recommendations for integrating these technologies into the existing fleet are proposed. The study's findings highlight the importance of innovations in enhancing the competitiveness of shipbuilding and promoting the sustainable development of the maritime industry.

**Keywords:** shipbuilding, technical innovations, energy efficiency, digitalization, automation, LNG, rotor sails, predictive analytics, operational characteristics, environmental sustainability.

Современное судостроение стремительно развивается под воздействием технологий, ориентированных на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и соблюдение экологических норм. Внедрение новых материалов, цифровых систем проектирования и автоматизации, а также энергоэффективных технологий становится ключевым направлением инноваций, способствующих созданию конкурентоспособных и устойчивых к внешним вызовам судов.

Одним из наиболее значимых достижений в судостроении является использование композитных материалов. Высокопрочные стеклопластики, углепластики и их гибриды находят применение в строительстве как надводных, так и подводных судов. Композиты обладают меньшим удельным весом по сравнению с традиционной сталью, что позволяет уменьшить водоизмещение судна, повысить его грузоподъемность и сократить расход топлива. По данным исследований Международной морской организации (ИМО), снижение массы судна за счет композитов на 10–15% может увеличить топливную эффективность на 5–7%. Однако внедрение таких материалов ограничивается их высокой стоимостью и необходимостью адаптации существующих технологий производства.

Инновации в проектировании судов, связанные с внедрением CAD/CAM-систем и технологий цифрового двойника, играют важную роль в оптимизации конструкции. Компьютерное моделирование позволяет заранее оценить гидродинамические характеристики корпуса судна, минимизировать сопротивление воды и снизить энергозатраты при движении. Например, использование методов вычислительной гидродинамики (CFD) при проектировании корпусов судов позволяет уменьшить сопротивление на 12–20%, что непосредственно сказывается на топливной экономичности. Работы ученых, таких как Б. Уан и Д. Чжан, подтверждают, что CFD-технологии могут существенно снизить время и затраты на разработку судна, одновременно улучшая его эксплуатационные характеристики.

Особое внимание уделяется технологиям энергосбережения. Альтернативные источники энергии, такие как солнечные батареи, ветряные турбины и использование сжиженного при-

родного газа (LNG), становятся основой для «зеленого» судоходства. Примером является проект судна "Energy Observer", которое полностью функционирует на солнечной и водородной энергии, обеспечивая нулевые выбросы углерода. Кроме того, системы очистки выхлопных газов (scrubber systems) и инновационные решения для обработки балластной воды уже стали стандартами для соответствия требованиям MARPOL. Такие технологии не только способствуют защите окружающей среды, но и обеспечивают судовладельцам долгосрочные выгоды за счет снижения штрафов и издержек.

Автоматизация и внедрение цифровых технологий также радикально изменяют подходы к проектированию, строительству и эксплуатации судов. Системы интегрированной навигации, основанные на искусственном интеллекте, позволяют автоматизировать процессы управления судном, повышая безопасность и точность операций. Автономные суда, такие как экспериментальные проекты Yara Birkeland и Mayflower Autonomous Ship, доказывают перспективность полного отказа от экипажа, что не только сокращает эксплуатационные издержки, но и минимизирует человеческий фактор в аварийных ситуациях. Исследования, проведенные в Норвежском институте морских технологий, показали, что автоматизация может снизить операционные расходы на 30–40%, что особенно актуально в условиях растущей конкуренции. Инновационные технологии, внедряемые в судостроении, оказывают прямое влияние на ключевые эксплуатационные характеристики судов, такие как скорость, грузоподъемность, топливная экономичность и экологическая безопасность. Эти параметры определяют не только экономическую эффективность судоходства, но и его соответствие международным экологическим стандартам, которые ужесточаются с каждым годом.

Одним из основных направлений улучшения эксплуатационных характеристик является оптимизация топливной экономичности судов. По данным Международной морской организации (ИМО), морской транспорт отвечает за около 2,89% глобальных выбросов углекислого газа, что требует внедрения технологий, способствующих снижению этого показателя. Использование LNG (сжиженного природного газа) вместо традиционных углеводородных видов топлива позволяет сократить выбросы углекислого газа на 20–30%, а выбросы оксидов серы — практически до нуля. Например, танкеры, построенные с применением LNG-технологий, демонстрируют снижение эксплуатационных расходов на 15–25% за счет более низкой стоимости топлива и уменьшения затрат на экологические штрафы.

Еще одним значимым аспектом влияния инноваций является использование гидродинамически оптимизированных корпусов, разработанных с помощью методов вычислительной гидродинамики (CFD). Исследования, проведенные группой ученых под руководством профессора Йохана Ларсена, показывают, что уменьшение сопротивления воды на 10–15% достигается благодаря изменению формы носовой и кормовой частей судна. Это позволяет не только увеличить скорость, но и сократить расход топлива, что особенно важно для крупнотоннажных судов. Например, на практике внедрение таких решений позволило контейнеровозу класса Ultra Large Container Ship (ULCS) снизить расход топлива на 8–12%, что эквивалентно экономии более чем 3000 тонн топлива в год.

Энергоэффективные технологии, такие как роторные паруса и системы рекуперации энергии, также оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики. Согласно отчету компании Norsepower, установка роторных парусов на танкерах и сухогрузах позволяет сократить расход топлива на 5–10% в зависимости от погодных условий и маршрута. Это решение активно внедряется в коммерческое судоходство: например, танкер Maersk Pelican, оснащенный такими парусами, показал снижение выбросов углекислого газа на 8,2% в первые шесть месяцев эксплуатации.

Технические инновации играют важную роль и в улучшении экологических характеристик судов. Современные системы очистки выхлопных газов (scrubber systems), такие как технологии открытого и замкнутого цикла, позволяют эффективно удалять оксиды серы, соответствуя требованиям MARPOL Annex VI. По данным исследования DNV GL, использование scrubber-систем обеспечивает экономическую выгоду за счет сокращения затрат на приобретение низкосернистого топлива, окупая себя в среднем за 2–3 года эксплуатации. Анало-

гично, системы очистки и фильтрации балластной воды, соответствующие Конвенции по управлению балластной водой (BWM Convention), снижают риски инвазии чужеродных видов в экосистемы, что имеет не только экологическую, но и юридическую значимость.

Автоматизация судов и использование цифровых технологий трансформируют эксплуатацию флота, обеспечивая повышение безопасности и эффективности судоходства. Интеграция систем мониторинга в реальном времени и предиктивной аналитики позволяет оперативно отслеживать состояние всех ключевых систем судна, предотвращать аварии и оптимизировать маршруты. Автономные суда, такие как проект Yara Birkeland, доказали свою эффективность в сокращении затрат на экипаж и минимизации человеческого фактора. По оценкам Норвежского института морских технологий, применение автономных систем управления может снизить эксплуатационные расходы на 30%, одновременно увеличивая безопасность судоходства.

Однако следует учитывать и существующие барьеры на пути внедрения инноваций. Основные из них связаны с высокими капитальными затратами на внедрение новых технологий, что особенно актуально для малых и средних судоходных компаний. Также существуют технические сложности в адаптации традиционных судостроительных верфей под новые производственные процессы. Ученые, такие как М. Хансен и А. Чен, отмечают, что успешное внедрение инноваций требует комплексного подхода, включающего государственные субсидии, международное сотрудничество и развитие нормативно-правовой базы.

Эффективная интеграция инновационных технологий в судостроение требует разработки комплексных стратегий, учитывающих как технические, так и экономические аспекты. Эти стратегии должны быть направлены на снижение эксплуатационных затрат, повышение энергоэффективности и соответствие экологическим стандартам, что особенно актуально в условиях глобальной конкуренции и ужесточения международных требований.

Одной из ключевых рекомендаций является широкомасштабное внедрение цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла судна. Это включает использование систем цифрового двойника, которые позволяют моделировать эксплуатацию судна в реальных условиях еще на стадии проектирования. По данным исследования Международной ассоциации судостроителей (IACS), цифровые двойники помогают снизить затраты на проектирование и испытания на 15–20%, одновременно повышая точность расчета нагрузок и срок службы конструкций. Эти технологии особенно эффективны при проектировании судов для работы в экстремальных условиях, таких как арктическая навигация.

Важным элементом рекомендаций является модернизация существующего флота с использованием энергоэффективных решений. Одним из наиболее перспективных направлений является ретрофит (модернизация) судов, включающий установку систем роторных парусов, гибридных силовых установок и систем очистки выхлопных газов. Например, по данным компании Wärtsilä, установка гибридной силовой системы может сократить расход топлива на 10–15% и снизить выбросы углекислого газа до 20%, что делает такие инвестиции экономически оправданными. Окупаемость подобных проектов обычно составляет 3–5 лет, что подтверждается расчетами ведущих аналитических агентств, таких как Clarkson Research.

Существенное значение имеет внедрение автоматизированных систем управления, которые оптимизируют судоходство и эксплуатацию всех основных систем. Системы предиктивной аналитики и мониторинга позволяют прогнозировать техническое состояние оборудования, избегая внеплановых ремонтов и простоев. Исследование Норвежского института морских технологий показало, что использование таких систем может снизить затраты на техническое обслуживание до 25%. Например, установка системы оптимизации маршрутов, учитывающей погодные условия и загруженность морских путей, позволяет уменьшить время в пути на 5–7%, что снижает топливные расходы и повышает общую рентабельность перевозок.

Одной из ключевых стратегий является поддержка инноваций на уровне государственной политики и международного сотрудничества. В частности, разработка программ субсидирования и налоговых льгот для компаний, внедряющих "зеленые" технологии, может суще-

ственно ускорить их распространение. Примером может служить опыт Европейского союза, где программы финансирования Horizon Europe активно поддерживают разработку и внедрение технологий с низким уровнем выбросов. Аналогичные инициативы наблюдаются в Японии и Южной Корее, где внедрение LNG-технологий стимулируется за счет налоговых льгот и грантов на модернизацию флота.

Для успешной реализации рекомендаций важно учитывать и экономические аспекты внедрения инноваций. Проведение сравнительного анализа затрат и выгод позволяет судостроительным предприятиям и судоходным компаниям выбирать наиболее эффективные решения. Например, использование моделей жизненного цикла (LCC — Life Cycle Costing) позволяет рассчитать не только затраты на приобретение и установку инновационных систем, но и их долгосрочные преимущества в виде снижения эксплуатационных расходов и увеличения доходов от эксплуатации судна. Исследования показывают, что суда, оснащенные энергоэффективными и цифровыми технологиями, демонстрируют более высокую рыночную стоимость и конкурентоспособность на рынке фрахта.

Не менее важным аспектом является подготовка кадров, способных работать с новыми технологиями. Внедрение инновационных решений требует от экипажей глубоких знаний в области автоматизации, цифровых систем и экологических стандартов. Рекомендации включают развитие программ обучения и повышения квалификации морских специалистов с учетом внедрения новых технологий. Это может быть достигнуто через партнерство с техническими университетами и учебными центрами, а также за счет применения симуляторов, позволяющих моделировать реальные ситуации на борту.

В перспективе судостроительная отрасль будет продолжать интеграцию инновационных технологий, направленных на повышение рентабельности, снижение воздействия на окружающую среду и соответствие требованиям устойчивого развития. Стратегический подход к модернизации существующего флота, поддержка инноваций на уровне государственной политики и сотрудничество с международными организациями станут ключевыми факторами успешного внедрения технологий нового поколения. Эти меры не только обеспечат конкурентоспособность судостроительных компаний, но и будут способствовать формированию более устойчивой и экологичной морской индустрии.

## Литература

1. Гаврилов, В.Ю. Автоматизация процессов судостроения: современные технологии и перспективы / В. Ю. Гаврилов, Н. В. Васильев // Судостроение. — 2021. — № 6. С. 35–42.
2. Петров, А.Н. Энергосберегающие технологии в судостроении: теория и практика / А. Н. Петров, И. С. Ковалев // Научно-технический вестник Морского института. 2020. — С. 58–67.
3. Ларсен, Й. Исследование гидродинамических характеристик корпусов судов методом CFD / Й. Ларсен, Т. Кнутсен // Journal of Marine Science and Technology. — 2020.
4. IMO. Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020 / International Maritime Organization. London: IMO, 2020. — 210 p. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/GHG-Studies-2014>.
5. Norsepower. Rotor Sails Efficiency Report 2021 / Norsepower Ltd. Helsinki: Norsepower, 2021. — 45 p. URL: <https://www.norsepower.com>
6. DNV GL. Maritime Forecast to 2050: Energy Transition Outlook 2022 / DNV GL. Oslo: DNV GL, 2022. — 160 p. URL: <https://www.dnv.com>