

# СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ (ГЛАВНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ)

DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-3-444-455

## DEVELOPMENT TRENDS AND MODERN METHODS OF DESIGNING LIFTING DEVICES FOR FISHING VESSELS

**A. V. Ivanovskaya<sup>1</sup>, V. A. Zhukov<sup>2</sup>, N. A. Shustryakov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> — Kerch State Maritime Technological University, Kerch, Russian Federation

<sup>2</sup> — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping,  
St. Petersburg, Russian Federation

*The current state of the fishing fleet of the Republic of Crimea is analyzed in the paper. The problems of its insufficiently effective use and low rate of development are shown. The reasons for this are largely the moral deterioration of ships, the main and auxiliary elements of their power plants and the irrational organization of the fleet technical operation system. The analysis makes it possible to identify the reasons for the low competitiveness of special fishing equipment in operation, which plays an important role in the management of aquatic life. The main reasons include the imperfection of calculation and design methods, the incompleteness of the regulatory framework for calculating operational loads, the lack of developed automated control systems and appropriate software that would adequately take into account the specifics of the fishing equipment operation. When creating new lifting equipment for a fishing vessel, it is necessary to apply a systematic design method in order to ensure the required indicators of power, load capacity, speed, energy performance, load stability, operational and environmental safety, as well as economic efficiency. Modern methods of designing machines and mechanisms involve the development of adequate mathematical models that reproduce their states in space and time under the influence of operational loads, taking into account internal and external factors. An algorithm for operational cost analysis using a mathematical model of a lifting device drive system is described in the paper. The design and modernization of fishing equipment using the proposed algorithm will ensure a balance between the operational and cost characteristics of the equipment, which is a prerequisite for the creation of modern competitive marine equipment.*

*Keywords: fishing fleet, lifting equipment, technical operation of the fleet, design, system approach, mathematical model, operational cost analysis, design algorithm.*

### For citation:

Ivanovskaya, Aleksandra V., Vladimir A. Zhukov, and Nikolai A. Shustryakov. "Development trends and modern methods of designing lifting devices for fishing vessels." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 16.3 (2024): 444–455. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-3-444-455.

УДК 621.31

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ СУДОВ

**А. В. Ивановская<sup>1</sup>, В. А. Жуков<sup>2</sup>, Н. А. Шустряков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> — ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,  
Керчь, Российская Федерация

<sup>2</sup> — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

*В статье выполнен анализ современного состояния рыбопромыслового флота Республики Крым. Указаны проблемы недостаточно эффективного его использования и низкого темпа развития, причинами которых в значительной степени являются моральный износ судов и главных и вспомогательных элемен-*

тов энергетических установок, а также нерациональная организация системы технической эксплуатации флота. Выполненный анализ позволил выявить причины низкой конкурентоспособности находящегося в эксплуатации специального рыбопромыслового оборудования, играющего важную роль при ведении промысла гидробионтов. К основным из них относятся несовершенство методов расчета и проектирования, неполнота нормативной базы по расчету эксплуатационных нагрузок, отсутствие разработанных систем автоматизированного управления и соответствующего программного обеспечения, позволяющие адекватно учитывать специфику работы рыбопромыслового оборудования. Отмечается, что при создании нового грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна необходимо применение системного метода проектирования с целью обеспечения требуемых показателей мощности, грузоподъемности, скорости, энергетических показателей, стабильности нагрузки, эксплуатационной и экологической безопасности, а также экономической эффективности. Современные методы проектирования машин и механизмов предполагают разработку адекватных математических моделей, которые воспроизводят в пространстве и времени их состояние под действием влияния эксплуатационных нагрузок, учитывающих внутренние и внешние факторы. Приведено описание алгоритма эксплуатационно-стоимостного анализа с использованием математической модели системы привода грузоподъемного устройства. Проектирование и модернизация рыбопромыслового оборудования с использованием предложенного алгоритма позволят обеспечить баланс между эксплуатационными и стоимостными характеристиками оборудования, что является необходимым условием для создания современных конкурентоспособных судовых технических средств.

*Ключевые слова:* рыбопромысловый флот, грузоподъемное оборудование, техническая эксплуатация флота, проектирование, системный подход, математическая модель, эксплуатационно-стоимостной анализ, алгоритм проектирования.

**Для цитирования:**

Ивановская А. В. Тенденции развития и современные методы проектирования грузоподъемных устройств рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, В. А. Жуков, Н. А. Шустряков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2024. — Т. 16. — № 3. — С. 444–455. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-3-444-455.

### **Введение (Introduction)**

Одной из ключевых проблем рыбопромышленной отрасли Российской Федерации является физический и моральный износ судов, их энергетических установок и оборудования. Актуальность и необходимость решения указанной проблемы подтверждены реализацией Государственной программы «Развитие судостроения на 2013–2030 годы», проект которой был рассмотрен и одобрен на заседании Правительства Российской Федерации 8 ноября 2012 г. В документе отмечается, что около 60 % судов рыбопромыслового флота эксплуатируются с превышением нормативного срока службы, они не только малоэффективны, но и не соответствуют современным стандартам безопасности. Объективная потребность РФ составляет около 180 крупных и средних судов различного назначения и более чем 220 малых судов.

Финансирование строительства новых судов осуществляется за счет рыболовных компаний, большинство которых находится на грани банкротства ввиду недостатка собственных оборотных средств, высоких процентов по кредитам и низкого уровня инвестиционной привлекательности рыбопромыслового бизнеса в Крыму.

Одной из приоритетных задач развития агропромышленного комплекса Республики Крым является повышение экономической, энергетической и экологической эффективности рыбопромыслового флота. Можно выделить следующие причины неэффективного развития рыбопромыслового флота в данном регионе:

- низкая конкурентоспособность судов рыбопромыслового флота;
- значительная капиталоемкость рыбопромыслового бизнеса Республики Крым;
- низкая энергоэффективность рыбопромысловых судов Республики Крым;
- отсутствие системы организации технической эксплуатации флота рыбопромысловых судов;
- недостаток квалифицированного персонала;
- низкая конкурентоспособность современного отечественного судового и рыбопромыслового оборудования.

*Целью исследования* является разработка алгоритма эксплуатационно-стоимостного анализа системы привода грузоподъемного устройства на основе математической модели и его реализация в процессе решения задачи создания конкурентоспособного оборудования для повышения эффективного развития рыбопромыслового флота в Крыму.

### **Методы и материалы (Methods and Materials)**

В настоящее время в Российской Федерации актуальной является задача совершенствования технической эксплуатации флота с целью повышения эффективности его использования. Решение этой задачи в Республике Крым связано прежде всего с необходимостью развития логистического комплекса в регионе, отсутствием внедрения технологий повышения эффективности использования энергетических ресурсов на рыбопромысловых судах, недостаточной степенью применения современных систем очистки отработавших газов, физическим и моральным износом энергетических установок судов, нерациональными режимами эксплуатации СЭУ, отсутствием планового межремонтного обслуживания и ремонта в случае необходимости, использованием недостаточно экологически чистых видов топлива [1], [2]. Немаловажным также является недостаток квалифицированного персонала. Факторы, обуславливающие обеспечение эффективности работы рыбопромыслового флота в Республике Крым, приведены на рис. 1.

Решение проблемы повышения эффективности работы рыбопромысловых судов может быть обеспечено в результате совместной работы различных организаций и ведомств. Так, в процессе эксплуатации рыбопромысловых судов целесообразными являются следующие этапы:

- модернизация и поэтапное обновление судовой энергетической установки, переход на рациональные режимы ее эксплуатации;
- внедрение технологий улучшения экологических показателей судна в целом;
- развитие инфраструктуры для перевода судовых энергетических установок на альтернативные экологические виды топлив.

Немаловажную роль в неэффективном развитии рыбопромыслового флота Республики Крым играет недостаточно развитая система организации судоремонта рыбопромысловых судов, т. е. в случае отсутствия планового межремонтного обслуживания при необходимости осуществляется только ремонт за счет финансирования рыболовных компаний, большинство которых находится на стадии банкротства из-за низкого уровня инвестиционной привлекательности рыбопромыслового бизнеса в Крыму.

Под низкой конкурентоспособностью современного отечественного оборудования подразумевается слабое развитие двигателестроения в Российской Федерации, а также недостаточное развитие рыбопромыслового оборудования и систем автоматизированного управления энергетической установкой для рыбопромысловых судов. Современная экономика, для которой характерны глобализация и технологический прогресс, предъявляет высокие требования к качеству судовых технических средств и, соответственно, к методам и технологиям их проектирования и производства. В соответствии с «Планом мероприятий по импортозамещению в судостроительной отрасли Российской Федерации» первоочередными задачами являются создание высококачественных и автоматизированных судовых средств, к которым относятся грузоподъемные устройства (ГУ), и снижение стоимости готового оборудования.

Низкая конкурентоспособность современного отечественного специального рыбопромыслового оборудования обусловлена следующими причинами:

- несовершенство методов расчета и проектирования грузоподъемного оборудования с учетом специфики работы;
- отсутствие разработанных систем автоматизированного управления грузоподъемного оборудования с учетом специфики работы;
- неполнота нормативной базы по расчету эксплуатационных нагрузок грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна;
- наличие программного обеспечения для автоматизированного расчета и проектирования грузоподъемного оборудования рыбопромыслового судна на основе упрощенных математических моделей.

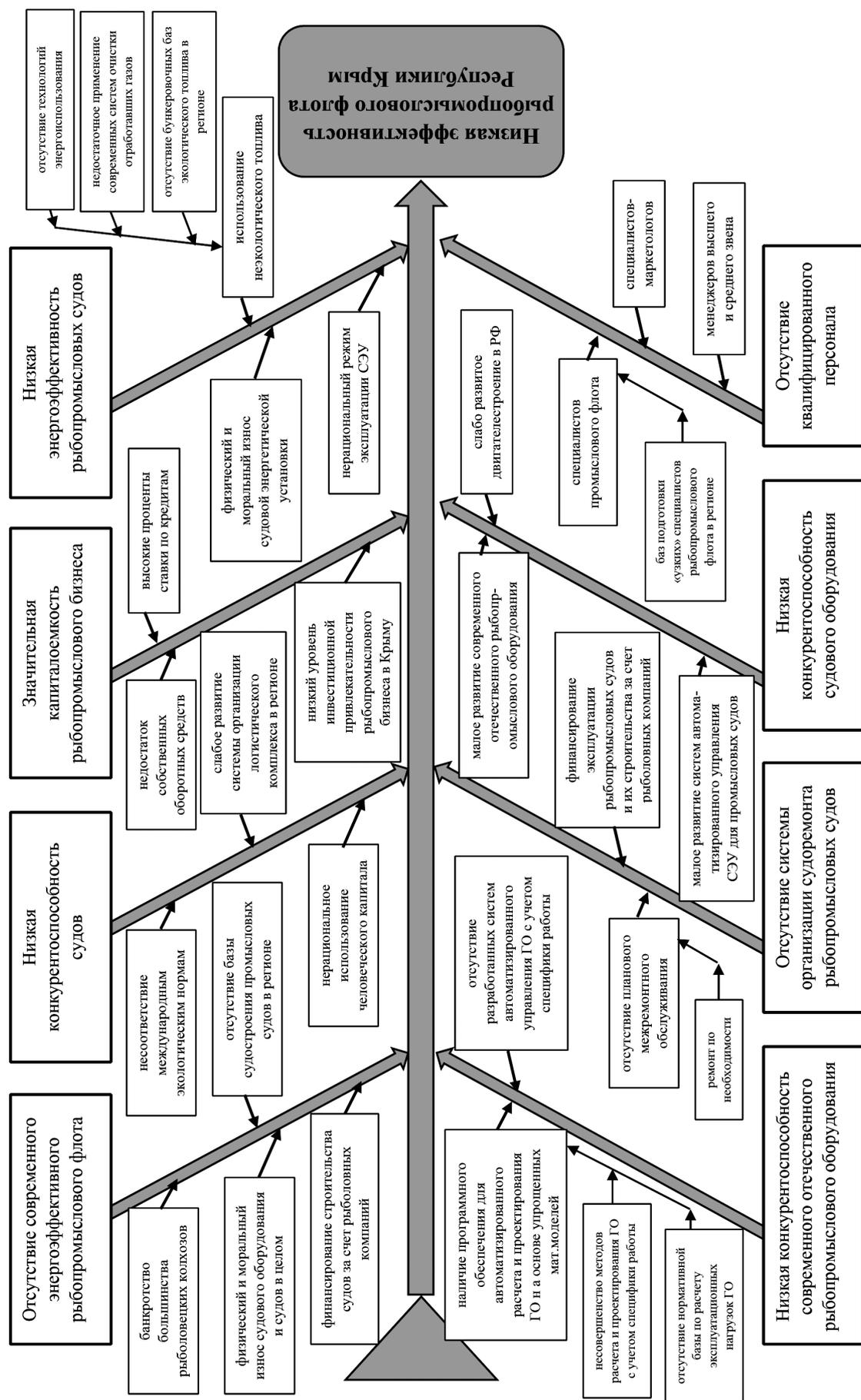


Рис. 1. Концептуальная схема проблемы неэффективной работы рыболовецкого флота Республики Крым (диаграмма Исакавы)  
Fig. 1. Conceptual diagram of the problem of inefficient operation of the fishing fleet of the Republic of Crimea (Ishikawa diagram)

Создание современного отечественного судового оборудования является одной из основных задач технологической деятельности судостроительного производства. В данном случае конкурентоспособность представляет собой целевую функцию видов деятельности на всех этапах жизненного цикла судовых технических средств и зависит от показателей технической и экономической эффективности проектирования, производства и эксплуатации [3], [4]. Обеспечение конкурентоспособности судовых грузоподъемных устройств заключается в повышении уровня технической эффективности, а также оценке и прогнозировании экономической и технической эффективности (рис. 2).

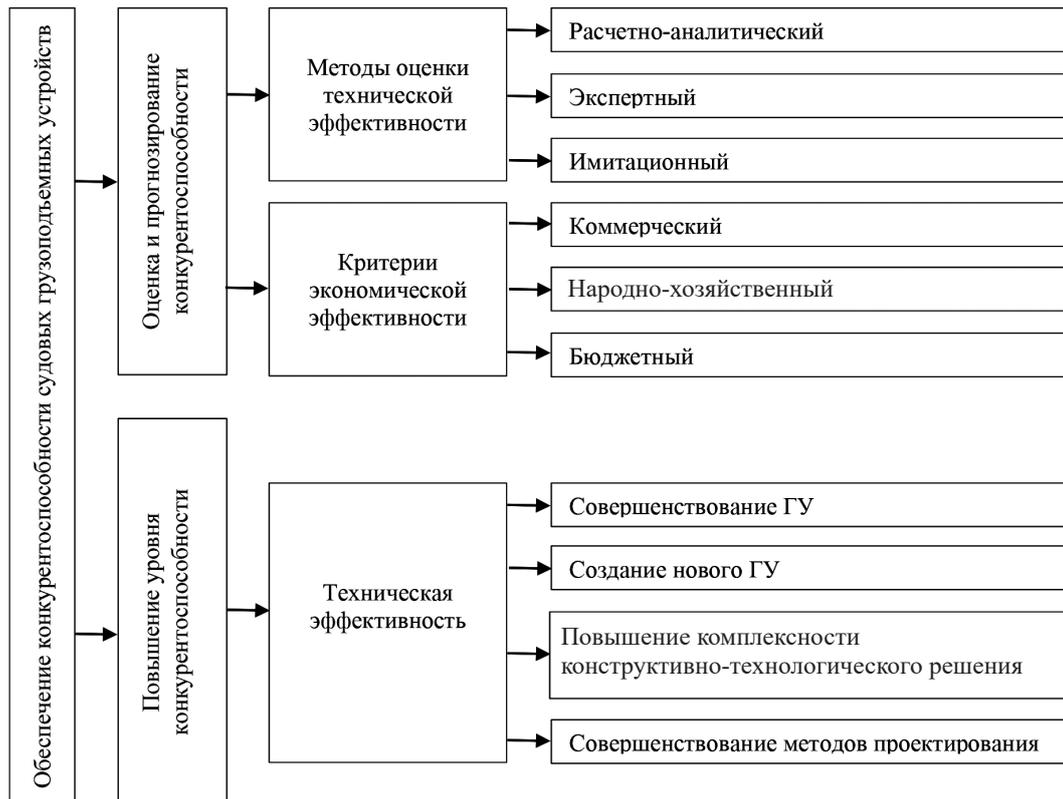


Рис. 2. Схема обеспечения конкурентоспособности судовых грузоподъемных устройств  
Fig. 2. Scheme for ensuring the competitiveness of ship's lifting devices

Наряду с минимизацией затрат на всех этапах жизненного цикла оборудования необходимо повышение технического уровня как относительной характеристики, основанной на сопоставлении значений показателей, определяющих техническое совершенство оцениваемой продукции с соответствующими значениями базовых показателей. Качество судовых технических средств закладывается при техническом проектировании, обеспечивается в процессе производства и поддерживается в процессе эксплуатации оборудования. Стремление к автоматизации технологического процесса по спуску-подъему и буксировке объектов грузоподъемными устройства предполагает развитие средств описания и методов анализа конструктивно-технологических решений, позволяющих сравнивать и выбирать наиболее эффективные образцы по эксплуатационным и стоимостным характеристикам [5], [6]. Создаваемое новое грузоподъемное оборудование должно удовлетворять потребностям как судостроителей, так и рыбопромысловых компаний (рис. 3). Требования функциональности включают обеспечение необходимых показателей мощности, грузоподъемности, скорости, энергетических показателей: КПД и потерь, стабильности нагрузки и т. д.

Надежность создаваемого нового оборудования может быть достигнута за счет уточнения характера и законов распределения входных параметров, применения усовершенствованных ма-

тематических моделей и методов расчета, учитывающих нестационарность процессов, упрощение конструкции устройства, применение стандартных элементов и узлов со стабильной и проверенной на практике надежностью, а также снижение нагрузки и повышение коэффициента запаса [7]–[9].



Рис. 3. Схема требований к судовому оборудованию судостроительных и рыбопромысловых компаний  
 Fig. 3. Scheme of requirements for ship equipment of shipbuilding and fishing companies

Современное оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

- превышать по техническим и массогабаритным показателям, а также уровню надежности подобные аналоги отечественных и зарубежных машин;
- удовлетворять требованиям технической эстетики;
- обеспечивать безопасность персонала, эксплуатирующего и обслуживающего персонала;
- быть удобным в управлении и обслуживании;
- иметь автоматическую, адаптивную и дистанционную систему управления;
- быть ремонтпригодным, доступным для осмотра;
- удовлетворять принципу агрегатности;
- обеспечивать полную взаимозаменяемость узлов и деталей агрегатов;
- не допускать перегрузок машины с включением в конструкцию автоматических регуляторов, предохранительных и дублирующих устройств;
- предусматривать автоматический контроль и подачу смазки;
- обеспечивать влаго- и пылезащищенность конструкции, а также виброзащиту;
- быть экологически безопасным.

- Проектирование судовых грузоподъемных устройств можно разделить на следующие фазы:
- концептуальное проектирование: создание концепции проекта;
  - техническое проектирование: определение и решение основных задач проекта на уровне моделей;
  - тестирование: проверка полученных результатов и корректировка выбранных средств;
  - планирование и подготовка производства: планирование и реализация проекта.

### Результаты (Results)

В процессе технического проектирования нового грузоподъемного оборудования целесообразным является применение системного подхода, подразумевающего создание совокупности конструкторских, технологических и эксплуатационных условий, необходимых для обеспечения рентабельности производства и надежного функционирования машины [10]–[14]. При таком подходе судовое техническое средство рассматривается как множество элементов, взаимодействующих между собой и образующих некоторое единое целое, представленное в виде системы, состоящей из подсистем различного уровня.

Системный подход включает:

- компонентный подход, изучающий поэлементный состав системы;
- структурный подход, предусматривающий изучение взаимного расположения в пространстве и времени;
- функциональный подход, рассматривающий функциональное взаимодействие подсистем и элементов;
- диагностический подход, предполагающий комплексный анализ ресурсов системы и затрат на реализацию функций;
- эволюционный подход, предусматривающий изучение генезиса системы.

Схема реализации системного подхода при проектировании судовых грузоподъемных устройств приведена на рис. 4.

Математическая модель грузоподъемного оборудования в системном подходе рассматривается в пространстве его состояний под влиянием эксплуатационных нагрузок, учитывающих его внутренние и внешние факторы воздействия: А — нагрузки, возникающие при стационарных режимах работы оборудования с учетом допустимых гидрометеорологических условий; Б — нагрузки, возникающие при нестационарных режимах работы оборудования с учетом превышающих допустимые гидрометеорологических условий; В — нагрузки, возникающие в нерабочем состоянии грузоподъемных устройств. Такая модель представляет собой совокупность соотношений в виде различного рода уравнений, неравенств, операторов между характеристиками систем и их параметрами, которую можно представить векторным равенством

$$\{\Omega\} = f(\{A\}, \{B\}),$$

где  $\{\Omega\} = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}^T$  — вектор эксплуатационных характеристик;

$\{A\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k\}^T$  — вектор управляемых параметров;

$\{B\} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m\}^T$  — вектор неуправляемых параметров.

Используемая при проектировании конкретного вида грузоподъемного оборудования математическая модель отражает только свойства, характерные для данного исследования, которые определены его целью и задачами.

Задача оптимального проектирования заключается в определении экстремума вектора управляемых параметров  $\{A\}$  при удовлетворении системы ограничений, налагаемых на параметры требованиями, предъявляемыми к системе:

$$F = F\{A\} \rightarrow \text{extr};$$

$$\varphi_i = (\{A\}) \geq 0, \quad i = \overline{1, r}.$$

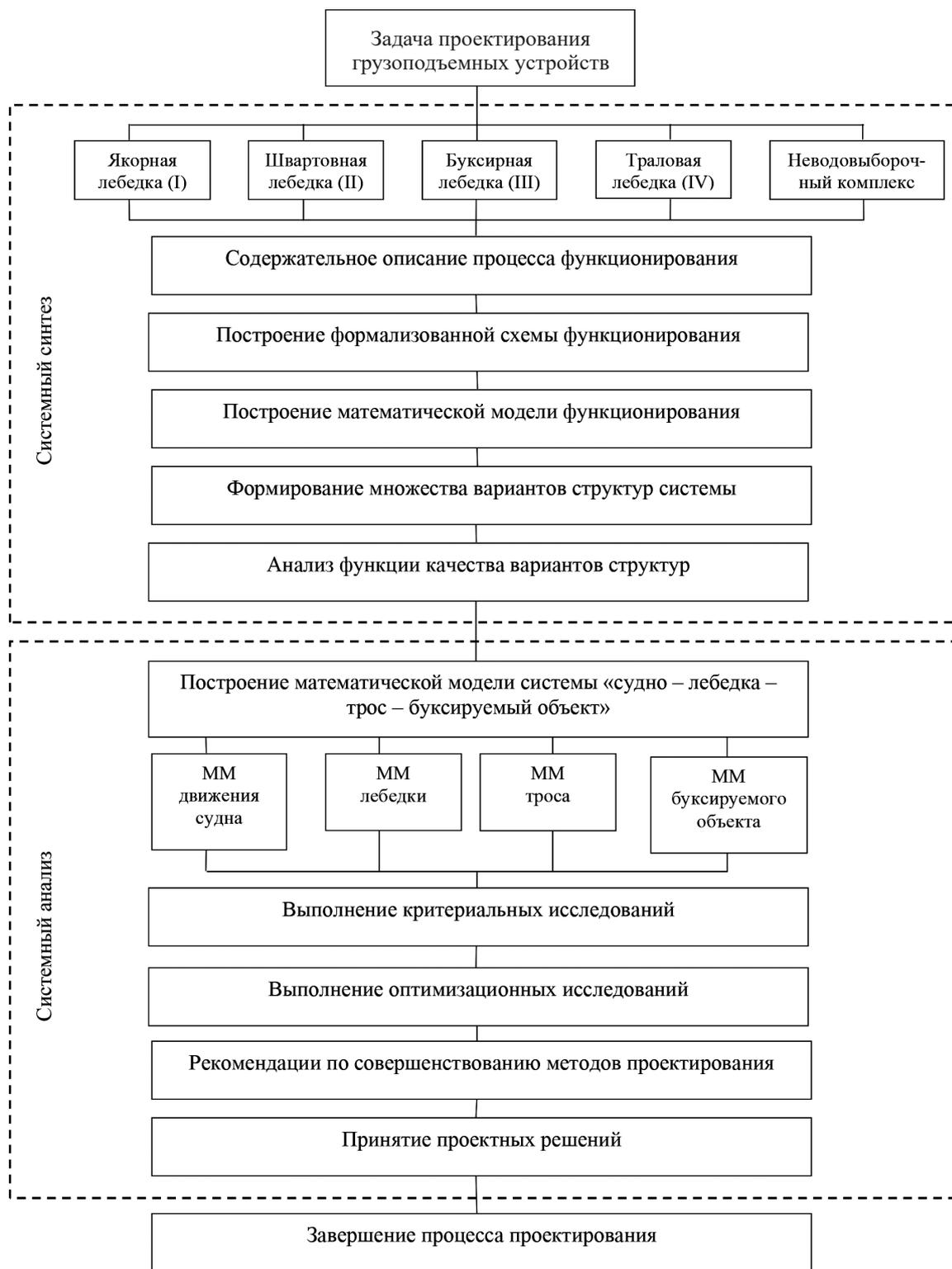


Рис. 4. Схема решения задачи проектирования грузоподъемных устройств на основе системного подхода  
 Fig. 4. Scheme for solving the problem of designing lifting devices based on a system approach

Оптимальное решение может заключаться в достижении повышенного уровня надежности или снижении эксплуатационных или построечных затрат, или получении других результатов в зависимости от поставленной задачи. Целесообразным является решение комплексной задачи, заключающейся в поиске оптимальных высоких эксплуатационных характеристик и низких стоимостных затрат. Реализация поиска решения такой задачи должна выполняться на всех уровнях

технического проектирования: функциональном, конструкторском, алгоритмическом и технологическом. Математическую модель эксплуатационно-стоимостного анализа можно представить в виде блочно-иерархической структуры:

$$S(X) = \{X, G(X), Q(X)\},$$

где  $X$  — множество элементов, входящих в систему привода грузоподъемного устройства;  
 $G(X)$  — множество свойств системы привода ГУ;  
 $Q(X)$  — множество параметров элементов привода ГУ, характеризующие их свойства.

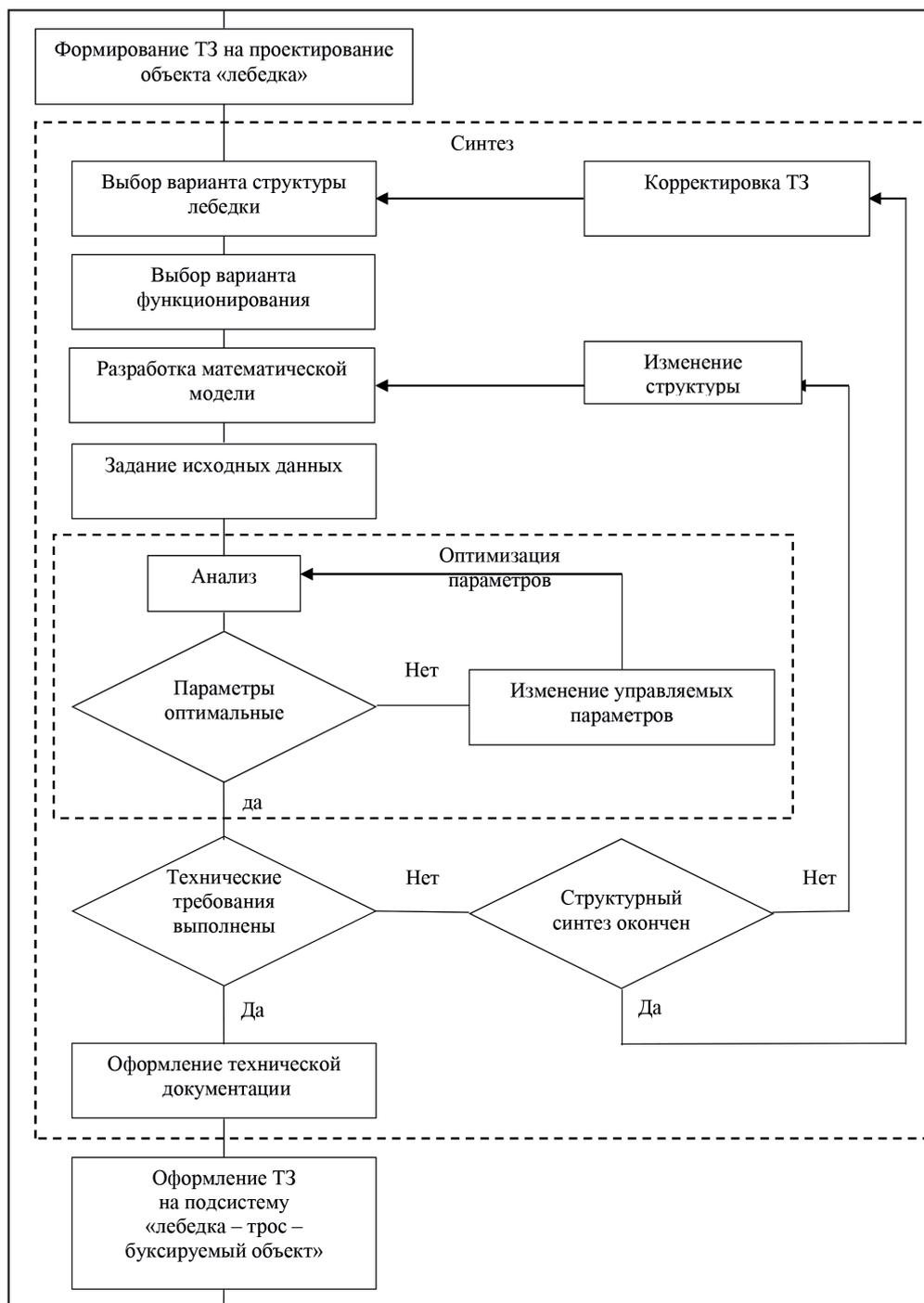


Рис. 5. Схема фрагмента алгоритма проектирования и оптимизации подсистемы ГУ

Fig. 5. Diagram of the algorithm fragment for designing and optimizing a subsystem of a lifting device

Далее, в соответствии с иерархией, необходимо определить входящие в математическую модель множества. Так, множество элементов состоит из агрегатов, узлов, деталей, входящих в состав привода ГУ:

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\},$$

где  $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$ .

Здесь  $X_i$  — составной элемент привода ГУ;

$x_{in}$  — целый неделимый элемент.

Аналогичным образом описываются и другие множества модели:

$$G(X) = \{G_1, G_2, \dots, G_n\},$$

где  $G_i = \{g_{i1}, g_{i2}, \dots, g_{im}\}$ .

Здесь  $G_i$  — совокупность характеризующих свойств соответствующего элемента привода ГУ;

$g_{im}$  — свойства, определяемые параметрами;

$$Q(X) = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\},$$

где  $Q_i = \{q_{i1}, q_{i2}, \dots, q_{ik}\}$ .

Здесь  $Q_i$  — постоянные или переменные комплексные параметры элементов системы привода ГУ, состоящие из первичных  $q_{ik}$  величин.

Определив таким образом состав, свойства и параметры элементов системы привода грузоподъемного устройства, следует переходить к этапу алгоритмического проектирования. При этом целесообразно использовать блочно-иерархический подход, на основе которого осуществляется декомпозиция не только объекта проектирования, но и самого проектного процесса. Так, из схемы (см. рис. 4) можно выделить фрагмент проектирования и оптимизации объекта «судовое грузоподъемное устройство» системы на  $i$ -м уровне «лебедка» (рис. 5). Определив аналогичным способом алгоритмы проектирования остальных объектов, входящих в понятие «грузоподъемное оборудование» на других уровнях, можно получить типовой маршрут в системе автоматизированного проектирования в САПР с помощью частичной автоматизации данного процесса.

Для обеспечения требуемого уровня конкурентоспособности проектного решения немаловажным является соблюдение принципов комплексности и информационного единства. Под *принципом комплексности* подразумевается обеспечение взаимосвязи всех видов проектирования объекта в целом и его структурных элементов в отдельности на всех этапах жизненного цикла грузоподъемного устройства. Информационное единство заключается в обеспечении автоматизированными системами требований единой терминологии, унификации способов подачи информации и проблемно-ориентированных языков программирования.

### Выводы (Summary)

На основании выполненного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Развитие рыбопромыслового флота Республики Крым заключается в строительстве новых отечественных судов, оснащенных современным оборудованием, которое соответствует предъявляемым к нему требованиям и является экономически выгодным.

2. Предлагаемая математическая модель эксплуатационно-стоимостного анализа системы привода грузоподъемного устройства, применяемая при системном подходе проектирования, позволит обеспечить баланс между эксплуатационными и стоимостными характеристиками оборудования на всех этапах его жизненного цикла, что является необходимым условием при создании современных конкурентоспособных судовых технических средств.

3. Применение усовершенствованных математических моделей судовых грузоподъемных устройств, таких как система «судно – лебедка – трос – буксируемый объект», позволит имитировать функционирование объектов проектирования, обеспечить повышение точности получаемой информации, обеспечить получение оптимальных проектных решений, а также достижение универсальности описания отдельных проектных решений и процедур.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Те А. М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств / А. М. Те. — Л., 2014. — 86 с.
2. Антипов В. В. Математическое обеспечение и аппаратная реализация задач управления комплексом «рыбопромысловое судно — орудия лова» / В. В. Антипов, В. Ю. Бобрович, В. К. Болховитинов, А. А. Болисов // Морской вестник. — 2011. — № 4 (40). — С. 45–49.
3. Нино В. П. Диагностика технических средств на рыбопромысловых судах в процессе их эксплуатации / В. П. Нино // Рыбное хозяйство. — 2014. — № 4. — С. 113–115.
4. Kim Y. H. The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner / Y. H. Kim, M. C. Park // Ocean engineering. — 2009. — Vol. 36. — Is. 14. — Pp. 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
5. Bi C. W. Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net / C. W. Bi, Y. P. Zhao, G. H. Dong, T. J. Xu, F. K. Gui // Aquacultural engineering. — 2013. — Vol. 57. — Pp. 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
6. Carral J. Fishing grounds' influence on trawler winch design / J. Carral, L. Carral, M. Lamas, M. J. Rodriguez // Ocean Engineering. — 2015. — Vol. 102. — Pp. 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
7. Ивановская А. В. Классификация эксплуатационных нагрузок на палубные грузоподъемные устройства / А. В. Ивановская // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. — 2020. — № 1. — С. 80–87.
8. Ivanovskaya A. V. Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions / A. V. Ivanovskaya, A. T. Rybak // Journal of Physics: Conference Series. — IOP Publishing, 2018. — Vol. 1015. — Is. 3. — Pp. 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032054.
9. Ivanovskaya A. Basic principles of mathematical modeling of operating modes of deck equipment for fishing vessels / A. Ivanovskaya, V. Zhukov // Transportation Research Procedia. — 2021. — Vol. 54. — Pp. 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
10. Ивановская А. В. Основные направления повышения эксплуатационной безопасности рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, С. Г. Чёрный, В. А. Жуков // Транспорт России: проблемы и перспективы- 2022: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 09–10 ноября 2022 года / ФГБУН Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук. — СПб.: Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2022. — Т. 1. — С. 197–200.
11. Ивановская А. В. Исследование динамики приводов грузоподъемных устройств рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, В. А. Жуков, В. В. Попов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2021. — Т. 13. — № 6. — С. 875–886. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-6-875-886.
12. Ивановская А. В. Статистический анализ отказов элементов палубного оборудования рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, Н. П. Клименко, В. В. Попов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2022. — Т. 14. — № 3. — С. 440–448. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-440-448.
13. Ivanovskaya A. Mathematical Modeling of Operating Modes of Deck Equipment for Fishing Vessels / A. Ivanovskaya, V. Zhukov // Transportation Research Procedia. — 2021. — Vol. 54. — Pp. 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
14. Ивановская А. В. Моделирование расчетных нагрузок, действующих со стороны траловой системы на лебедку рыбопромыслового судна / А. В. Ивановская, В. А. Жуков // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2020. — Т. 12. — № 5. — С. 935–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-935-944.

## REFERENCES

1. Te, A. M. *Ekspluatatsiya sudovykh vspomogatel'nykh mekhanizmov, sistem i ustroystv*. L., 2014.
2. Antipov, V. V., V. Yu. Bobrovich, V. K. Bolkhovitinov, and A. A. Bolisov. “Matematicheskoe obespechenie i apparatnaya realizatsiya zadach upravleniya kompleksom «rybopromyslovoe sudno—orudiya lova».” *Morskoj vestnik* 4(40) (2011): 45–49.
3. Nino, V. P. “Diagnostics of fishery vessels’ technical facilities during exploitation.” *Rybnoe khozyaistvo* 4 (2014): 113–115.

4. Kim, Yong-Hae, and Myeong-Chul Park. “The simulation of the geometry of a tuna purse seine under current and drift of purse seiner.” *Ocean engineering* 36.14 (2009): 1080–1088. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2009.06.011.
5. Bi, Chun-Wei, Yun-Peng Zhao, Guo-Hai Dong, Tiao-Jian Xu, and Fu-Kun Gui. “Experimental investigation of the reduction in flow velocity downstream from a fishing net.” *Aquacultural engineering* 57 (2013): 71–81. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2013.08.002.
6. Carral, Juan, Luis Carral, Miguel Lamas, and M Jesús Rodríguez. “Fishing grounds’ influence on trawler winch design.” *Ocean Engineering* 102 (2015): 136–145. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.055.
7. Ivanovskaya, A. V. “Classification of operational loads on deck lifting devices.” *Bulletin of the Kerch State Marine Technological University* 1 (2020): 80–87.
8. Ivanovskaya, A. V., and A. T. Rybak. “Simulation of drive of mechanisms, working in specific conditions.” *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1015. No. 3. IOP Publishing, 2018. 032054. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032054.
9. Ivanovskaya, Aleksandra, and Vladimir Zhukov. “Mathematical Modeling of Operating Modes of Deck Equipment for Fishing Vessels.” *Transportation Research Procedia* 54 (2021): 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
10. Ivanovskaya, A. V., S. G. Chernyi, and V. A. Zhukov. “Main directions of increasing the operational safety of the fishing vessel.” *Transport Rossii: problemy i perspektivy — 2022: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno–prakticheskoi konferentsii*. Vol. 1. SPb.: Institut problem transporta im. N. S. Solomenko RAN, 2022. 197–200.
11. Ivanovskaya, Aleksandra V., Vladimir A. Zhukov, and Vladimir V. Popov. “Studying dynamics of hoisting apparatus drives of a fishing vessel.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 13.6 (2021): 875–886. DOI: 10.21821/2309-5180-2021-13-6-875-886.
12. Ivanovskaya, Aleksandra V., Nikolay P. Klimenko, and Vladimir V. Popov. “Statistical analysis of fishing vessel deck equipment elements failures.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 14.3 (2022): 440–448. DOI: 10.21821/2309-5180-2022-14-3-440-448.
13. Ivanovskaya, Aleksandra, and Vladimir Zhukov. “Mathematical Modeling of Operating Modes of Deck Equipment for Fishing Vessels.” *Transportation Research Procedia* 54 (2021): 104–110. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.053.
14. Ivanovskaya, Aleksandra V., and Vladimir A. Zhukov. “Simulation of design loads, acting from the side of the trawl system on the fishing vessel winch.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 12.5 (2020): 935–944. DOI: 10.21821/2309-5180-2020-12-5-935-944.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ивановская Александра Витальевна** — кандидат технических наук, доцент  
 ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»  
 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
 e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

**Жуков Владимир Анатольевич** — доктор технических наук, профессор  
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова»  
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7  
 e-mail: [va\\_zhukov@rambler.ru](mailto:va_zhukov@rambler.ru), [zhukovva@gumrf.ru](mailto:zhukovva@gumrf.ru)

**Шустряков Николай Анатольевич** — аспирант  
 Научный руководитель:  
 Сметюх Надежда Павловна — кандидат технических наук, доцент  
 ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»  
 298309, Российская Федерация, Керчь, ул. Орджоникидзе, 82  
 e-mail: [shyst1998@yandex.ru](mailto:shyst1998@yandex.ru)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ivanovskaya, Aleksandra V.** — PhD, associate professor  
 Kerch State Maritime Technological University  
 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation  
 e-mail: [invkerch@yandex.ru](mailto:invkerch@yandex.ru)

**Zhukov, Vladimir A.** — Dr. of Technical Sciences, professor  
 Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping  
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035, Russian Federation  
 e-mail: [va\\_zhukov@rambler.ru](mailto:va_zhukov@rambler.ru), [zhukovva@gumrf.ru](mailto:zhukovva@gumrf.ru)

**Shustryakov, Nikolai A.** — Postgraduate Supervisor:  
 Smetyukh, Nadezhda P. — PhD, associate professor  
 Kerch State Maritime Technological University  
 82 Ordzhonykydze Str., Kerch, 298309, Russian Federation  
 e-mail: [shyst1998@yandex.ru](mailto:shyst1998@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 14 мая 2024 г.  
 Received: May 14, 2024.