

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО ФЛОТА»  
(АО «ЦНИИМФ»)**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ,**  
организованная в рамках  
XI Международной конференции  
«Российское судостроение 2024» и  
приуроченная к 95-летию АО «ЦНИИМФ»

**«АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
ЭКСПЛУАТАЦИИ МОРСКОГО ФЛОТА:  
МОЛОДЕЖНЫЙ ВЗГЛЯД»**

5 апреля 2024 г.

**СБОРНИК СТАТЕЙ**

Санкт-Петербург  
2024

УДК 656.6; 629.5

**Научно-практическая конференция молодых специалистов, организованная в рамках XI Международной конференции «Российское судостроение 2024» и приуроченная к 95-летию АО «ЦНИИМФ» «Актуальные вопросы проектирования и эксплуатации морского флота: молодежный взгляд». Сборник статей. АО «ЦНИИМФ». – СПб.: ООО «ЦИФРОФСЕТ», 2024. – 95 с.**

ISBN 978-5-8072-0164-5

В сборнике представлены статьи, подготовленные по материалам докладов состоявшейся 5 апреля 2024 г. научно-практической конференции молодых специалистов «Актуальные вопросы проектирования и эксплуатации морского флота: молодежный взгляд», которая прошла в Санкт-Петербурге в рамках XI Международной конференции «Российское судостроение 2024» и была приурочена к 95-летию Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института морского флота (АО «ЦНИИМФ»). Тематика работ охватывает актуальные проблемы, связанные с проектированием и работой водного транспорта, в том числе: перспективы развития, организация деятельности, управление, планирование, экономические вопросы, техническая эксплуатация и ремонт судов, обеспечение безопасности перевозок, внедрение новых технологий, включая, в частности, методы математического программирования для решения оптимизационных и поисковых задач проектирования судов и нейросетевого обнаружения объектов на морской поверхности в целях повышения навигационной безопасности.

Сборник предназначен для студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов, преподавателей, научных работников, специалистов в области водного транспорта.

УДК 656.6

**Редакционная коллегия:**

С. И. Буянов – канд. экон. наук, генеральный директор, *председатель редакционной коллегии, научный редактор*

О. Н. Буров – канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по организации и технологии работы флота и портов

А. С. Буянов – канд. экон. наук, заместитель генерального директора по научной работе, по развитию, экономике и экологии морского транспорта

И. З. Черейский – заместитель генерального директора по научной работе, по технической эксплуатации и ремонту флота, охране труда

А. А. Проняшкин – заместитель генерального директора по научной работе, по безопасности мореплавания

Д. П. Коновалов – ученый секретарь, корпоративный секретарь

В. В. Кошкина – руководитель управления технического регулирования, менеджмента качества и научно-технической информации, *ответственный редактор и секретарь*

© Акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ»), 2024

ISBN 978-5-8072-0164-5

## Содержание

<i>В. Д. Ткаченко.</i> Обзор тенденций развития технологий нейросетевого обнаружения объектов на морской поверхности с помощью камер .....	4
<i>Д. О. Буров.</i> Современные оптимизационные и поисковые методы решения задач проектирования судов.....	15
<i>М. В. Осипов, С. Л. Карлинский.</i> Концепция ледокольного судна снабжения плавучих буровых установок .....	27
<i>Е. Г. Петров.</i> Оценка влияния длины свеса оконечностей докуемого судна на величины изгибающего момента и перерезывающей силы в концевых сечениях понтона монолитного плавучего дока .....	36
<i>Е. А. Давыдов, К. О. Каразанов.</i> Способ пооперационного контроля многослойной наплавки в судоремонте.....	43
<i>В. А. Белоусов, Д. Н. Дмитриев, Е. А. Чуреев, С. В. Дятченко.</i> Исследование возможного экономического эффекта при переходе от автономной формы промысла к гибридной в Атлантическом океане.....	48
<i>А. Н. Гончарова.</i> Обзор основных тенденций мировой и российской морской логистики.....	58
<i>А. А. Буянова.</i> Взаимодействие государства и бизнеса по активизации процесса импортозамещения в судостроении.....	65
<i>Э. С. Жданова.</i> Направления и сущность адаптации транспортного комплекса к условиям санкций.....	74
<i>С. А. Рубайло.</i> Исследование факторов инвестиционной привлекательности организаций водного транспорта.....	79
<i>С. А. Казьмин, С. В. Вербицкий, А. В. Лобанов.</i> Предложение вариантов обустройства месторождений шельфового кластера западного побережья полуострова Ямал.....	87

УДК 004.032.26:656.61

## **ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НЕЙРОСЕТЕВОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ КАМЕР**

**В. Д. Ткаченко**, аспирант кафедры навигации ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Освещена проблема необходимости поиска путей повышения навигационной безопасности при морской транспортировке грузов, возникающая, в частности, в результате значительного роста объемов морских перевозок и увеличения трафика торговых судов в мировом океане. В качестве решения предложено исследование применимости на уже эксплуатирующихся судах и терминалах технологии видеонаблюдения с использованием нейросетевых алгоритмов. Представлен сравнительный анализ основных нейросетевых алгоритмов для распознавания объектов, выявлены их преимущества и недостатки, а также перспективы для использования в торговом флоте.

**Ключевые слова:** нейросеть, нейросетевое обнаружение, морские перевозки, навигационная безопасность, сверточная нейронная сеть (CNN), нейросетевые алгоритмы для распознавания объектов, Faster R-CNN, YOLO (You Only Look Once), Single-shot multibox detector (SSD).

### **Введение. Актуальность выбранной темы.**

Мировая торговля в настоящее время в значительной степени зависит от морских перевозок – по разным оценкам торговый флот транспортирует от 80 до 90 процентов от общего объема грузов. Важнейшим вопросом при морской транспортировке любого груза является безопасность. Этот вопрос разделяется на более конкретные направления, одно из них – навигационная безопасность.

Обеспечение навигационной безопасности судна требует контроля за множеством факторов, в том числе – наличием препятствий на водной поверхности, которые судну необходимо избегать, т. е. оставлять на достаточном расстоянии от своего пути следования.

Современная система обеспечения безопасности предполагает использование большого набора устройств для наблюдения за морской поверхностью. Но при этом, несмотря на широкое внедрение современных технологий – визуальное наблюдение не теряет своей актуальности.

Сложившаяся тактика использования этого метода наблюдения существует без значительных изменений уже достаточно продолжительное

время и хорошо себя зарекомендовала даже с учетом вмешательства человеческого фактора и погодных условий.

Быстрое развитие нейронных сетей в последнее десятилетие, увеличение их возможностей, а также стремительное увеличение производительности компьютерных составляющих подталкивает ученых со всего мира использовать нейросети в различных аспектах деятельности человека для повышения эффективности этой деятельности.

Способность нейросетей при соответствующем обучении и настройке с высокой точностью и скоростью обнаруживать объекты на изображениях, полученных с различных типов камер – кругового обзора, одно- и многоканальных, инфракрасных – подтолкнули мировое научное сообщество к исследованиям в области применения камер с алгоритмами нейросетевого обнаружения на различных транспортных средствах. Безусловным лидером здесь можно считать беспилотные автомобили и грузовики. Использование данной технологии на морских судах и терминалах может улучшить показатели безопасности данной отрасли транспорта.

Исследования в данной области являются перспективными ввиду возможности внедрения упомянутых систем на уже эксплуатируемые суда в случае достижения достаточного уровня точности и при сохранении финансовой целесообразности.

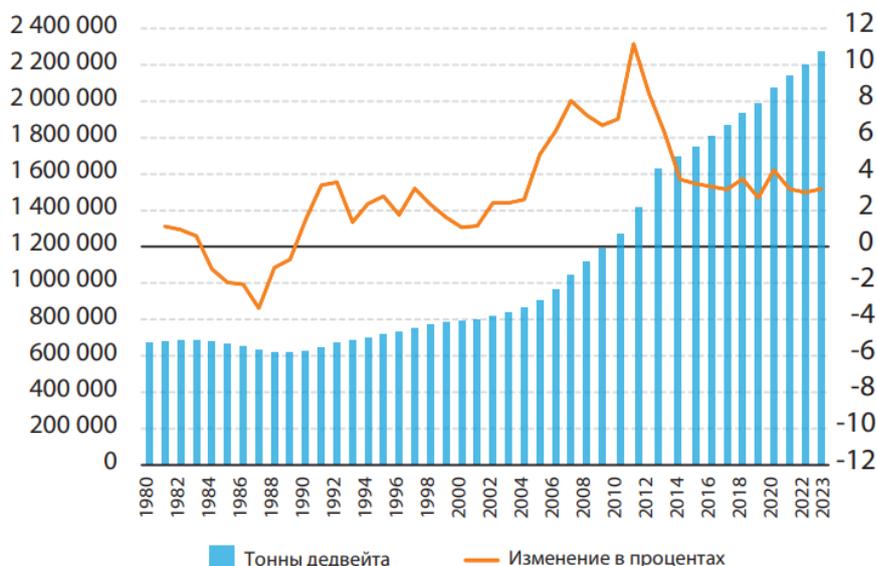
## **1. Обзор проблемы обнаружения объектов на морской поверхности в современном торговом мореплавании.**

В результате значительного роста объемов морских перевозок произошло увеличение трафика торговых судов в мировом океане. Большое число судов, сконцентрированное в отдельных районах судоходства, влияет на навигационную безопасность плавания, т. к. задачи расхождения становятся более сложными из-за увеличения числа участников расхождения. Ярким примером может служить регион Юго-Восточной Азии, прибрежные зоны вокруг КНР. Существует устойчивая тенденция к росту объемов грузоперевозок морем, что, в свою очередь, будет приводить к увеличению трафика морских судов (рисунок 1).

В таких обстоятельствах ключевую роль играет осведомленность экипажа судна об окружающих объектах – других крупных судах, рыболовных и пассажирских маломерных судах, средствах навигационного ограждения, рыболовных сетях. Для решения данной задачи судоводители используют радиолокационное и визуальное наблюдение, получают информацию от приемопередатчиков АИС (Автоматической идентификационной системы).

На современном торговом судне все навигационные системы интегрированы между собой, что позволяет обеспечить взаимное перекрытие недостатков каждого отдельно взятого элемента. При этом, визуальное наблюдение продолжает играть важную роль в контроле за окружающей обстановкой. Важность визуального наблюдения неоднократно выделяется и подчеркивается в процессе подготовки судоводителя.

**Диаграмма 4 Мировой флот, 1980–2023 годы**  
(тыс. тонн дедвейта и изменение в % к предыдущему году)



*Источник:* Расчеты ЮНКТАД на основе данных компании «Кларксон ресерч», 2023 год.

*Примечание:* Самоходные морские торговые суда валовой вместимостью 100 брутто-регистрационных тонн и более, по состоянию на 1 января 2023 года. Данные о дедвейте некоторых отдельных судов основываются на оценках.

Рисунок 1 – Данные об изменении тоннажа мирового флота с 1980 по 2023 год. (Источник: UNCTAD – Обзор морского транспорта, 2023 год [1]. Использование для образовательных целей).

Зрительное наблюдение осуществляют лица ходовой вахты, а также находящийся на борту лоцман. Оно должно быть непрерывным, квалифицированным и надежным. К зрительным средствам наблюдения относятся оптические пеленгаторы, бинокли, зрительные трубы, оптические дальномеры и прожекторы. Через зрительное наблюдение реализуются лоцманские способы судовождения, базирующиеся на глазомерной оценке положения судна относительно судоводной обстановки и опасностей, так как **зрительные средства и способы позволяют получить информацию в явном виде, непосредственно оценить обстановку и принять необходимое решение [2].**

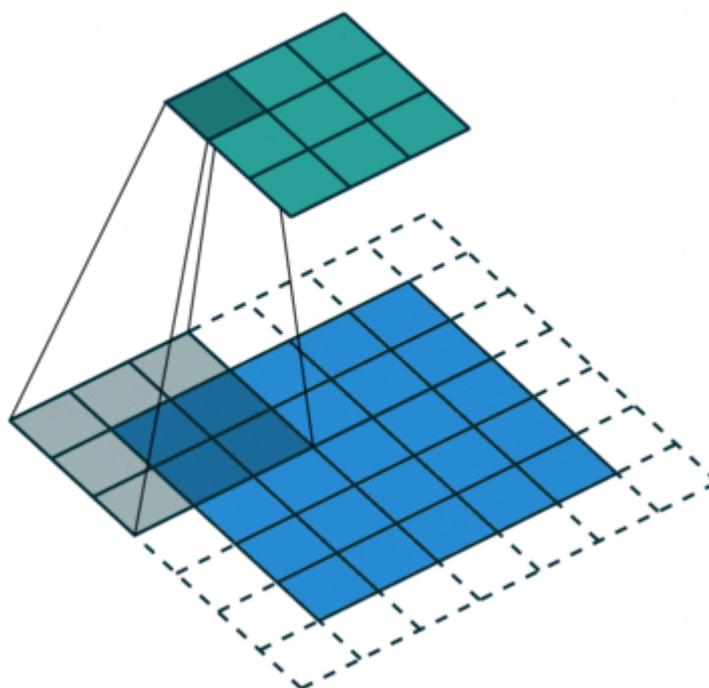
В настоящее время на торговом флоте сложилась интересная ситуация – один из приоритетных способов обнаружения наиболее всего подвержен влиянию человеческого фактора и не имеет дублирования с помощью технических средств. Развитие нейросетей в последнее десятилетие открывает возможность создания современного, точного и эффективного средства визуального наблюдения за окружающей обстановкой.

## 2. Применение нейросетевого обнаружения на морских судах.

### 2.1 Краткая информация о нейросетях.

Роберт Каллан в своей книге «Основные концепции нейронных сетей» описывает принцип построения нейросети, как создание механического эквивалента человеческому мозгу: «Пытаясь решить сложные задачи, многие ученые обратили внимание на машины, сходные по принципу работы с нашим собственным компьютером – человеческим мозгом. Такие машины, использующие сети, состоящие из простых обрабатывающих элементов и легко адаптируемые к выполнению совершенно разных задач, называются нейронными сетями». [3]

Основная особенность нейросети заключается в принципе решения задачи, который заложен в ее основу – существуют многие задания, получение ответа на которые с помощью простой программы невозможно – в отличие от них нейросеть способна находить решение основываясь на предварительном «обучении». Это позволяет получить более гибкое и эффективное решение задачи.



Copyright © Vincent Dumoulin, Francesco Visin. The Software is provided "as is", without warranty of any kind, express or implied, including but not limited to the warranties of merchantability, fitness for a particular purpose and no infringement. In no event shall the authors or copyright holders be liable for any claim, damages or other liability, whether in an action of contract, tort or otherwise, arising from, out of or in connection with the Software or the use or other dealings in the Software.

Рисунок 2 – Визуализация операции свертки.

Целью настоящей статьи не является освещение теории нейросетей в целом. Основной упор сделан на нейросетевые алгоритмы обнаружения и классификации объектов на изображении. Основной математической операцией в данном случае будет являться свертка (рисунок 2) – это операция извлечения

признаков из входного изображения при сохранении пространственных отношений между ними. Иными словами, происходит последовательное распознавание каждого участка изображения с помощью специального фильтра (ядра свертки), который имеет определенные числовые значения и, сравнивая их с поступающими значениями от изображения, получает определенный признак.

Операция свертки позволяет нейронной сети автоматически изучать и выделять важные признаки из входных данных, сохраняя пространственные зависимости между пикселями изображения. Также важно отметить, что простые признаки, идентифицируемые первичными слоями сверточной нейронной сети (convolutional neural network – CNN), в дальнейшем, при прохождении более глубоких слоев объединяются в более сложные признаки:

#### *Начальные признаки:*

- Грани: начальные слои могут обнаруживать грани объектов, такие как границы между объектами и фоном, контуры объектов и т. д.
- Углы: слои свертки могут также выявлять углы и угловые структуры в изображении.
- Цветовые особенности: слои свертки могут обнаруживать различные цветовые особенности и текстуры, такие как штрихи, точки, штриховка и т. д.
- Особенности объектов: начальные признаки могут отражать различные локальные особенности объектов, такие как края лица, глаза, уши и т. д.

#### *Высокоуровневые признаки:*

1. Части объектов: по мере углубления сети (перехода на более глубокие слои), высокоуровневые признаки могут отражать наличие и расположение частей объектов, таких как глаза, руки, ноги и другие анатомические структуры.
2. Общие формы: более глубокие слои могут обнаруживать общие формы объектов, такие как формы лиц, автомобилей, животных и т. д.
3. Абстрактные концепции: высокоуровневые признаки могут отображать более абстрактные концепции и классы объектов, такие как категории, типы и классы, например, «человек», «автомобиль», «домашний питомец» и т. д.
4. Контекстуальная информация: более глубокие слои могут также учитывать контекстуальную информацию и отношения между объектами на изображении.

Таким образом, начальные и высокоуровневые признаки играют ключевую роль в процессе извлечения информации из изображений и позволяют сверточным нейронным сетям эффективно анализировать и классифицировать разнообразные объекты. Именно свертка лежит в основе сверточных нейронных

сетей, которые в свою очередь присутствуют во всех описанных ниже нейросетевых алгоритмах.

## 2.2 Нейросетевые алгоритмы обнаружения объектов на изображении – основные особенности.

В настоящий момент тремя основными алгоритмами для распознавания объектов на изображении являются – Faster R-CNN, YOLO (You Only Look Once) и Single-shot multibox detector (SSD). Основу каждого из алгоритмов составляет сверточная нейронная сеть, но в дальнейшем подходы к обработке полученных признаков отличаются. Рассмотрим подробнее принципы действия каждой системы и получаемые с помощью нее результаты обнаружения.

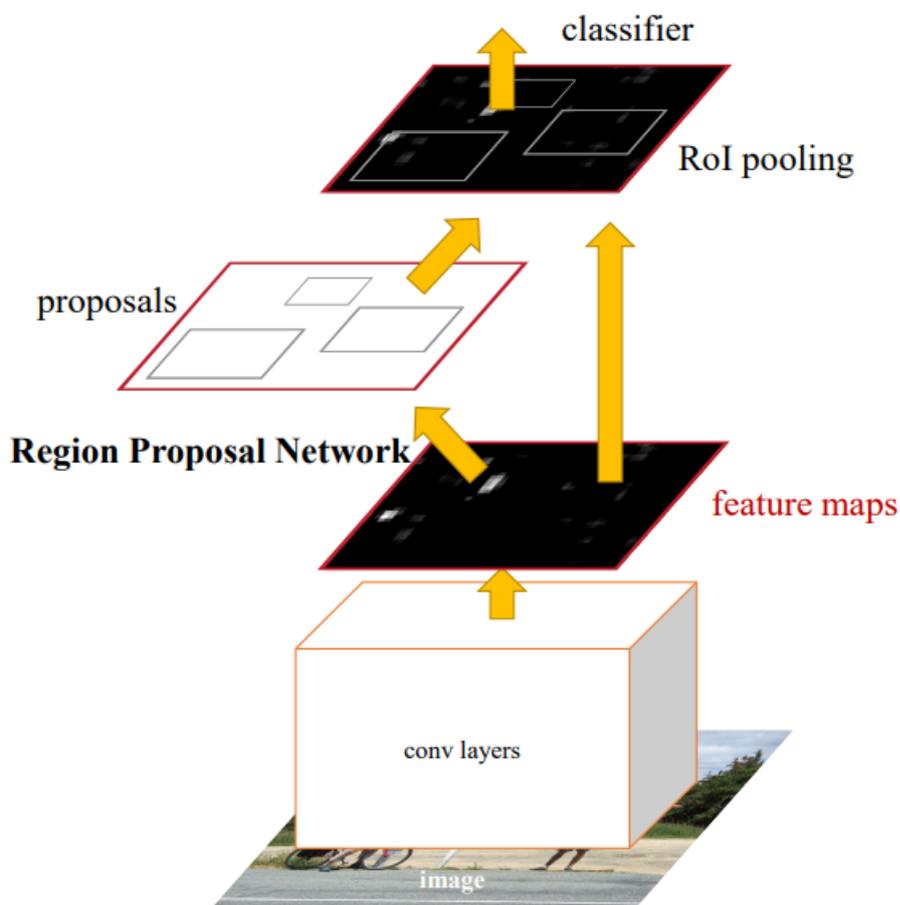


Рисунок 3 – Визуализация принципа действия двухэтапного нейросетевого алгоритма Faster R-CNN (Источник: «Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks» by Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, and Jian Sun [4]. Использование для образовательных целей)

Двухэтапный алгоритм **Faster R-CNN** помимо сверточной нейронной сети имеет в своем составе второй основной компонент – Region Proposal Network (RPN), который предсказывает положение объекта основываясь на признаках. Для этого вначале на изображении задаются так называемые анкеры – ограничивающие рамки различных размеров. Разный размер анкоров помогает обнаруживать объекты разного размера на одном изображении. Следующим

этапом является анализ признаков, которые содержит каждый анкор. На основе признаков делается предположение о наличии объекта в пределах ограничивающей рамки – это предположение представляется в форме вероятности, на основании которой в дальнейшем отфильтровываются ложные анкеры. Так же происходит изменение координат рамок для обеспечения лучшего захвата предполагаемого объекта (рисунок 3).

После обработки данных с помощью RPN производится операция объединения имеющихся областей, чтобы исключить случаи перекрывания и дублирования. Использование RPN позволяет сократить количество вычислений в процессе обработки изображения и повысить скорость работы всего алгоритма ввиду отсутствия необходимости классификации всего изображения.

В исследовании Жао и др. (2018 г.) была достигнута точность обнаружения судов в 92.4 %, но при этом скорость обработки видеоряда составляла 7 fps (frame per second). Такой низкий показатель скорости обработки может помешать обнаружить быстро перемещающиеся объекты на водной поверхности. Это является основным недостатком данного алгоритма. С другой стороны, если источником данных будут выступать снимки с камеры, через фиксированные промежутки времени – будет нивелирована проблема скорости обнаружения, а показатель точности выходного результата будет превосходить другие алгоритмы.

Вторым алгоритмом является одноэтапный **Single-shot multibox detector (SSD)**. Вначале входное изображение так же проходит через сверточную нейронную сеть. При прохождении каждой ступени признаков, которые еще называют абстракциями, нейросеть делает предсказания о том, какие объекты находятся на изображении, и где они находятся. Для этого используются наборы ограничивающих рамок (bounding boxes) разных размеров и соотношений сторон, которые представляют возможные местоположения объектов. В контексте обработки изображений и сверточных нейронных сетей, уровни абстракции относятся к различным уровням представления признаков, извлекаемых из входных данных на разных слоях сети. Чем глубже слой, тем более абстрактные и высокоуровневые признаки он извлекает. Уровни абстракции обычно обозначаются как «низкий», «средний» и «высокий».

Давайте разберемся, что представляют собой уровни абстракции на примере изображений:

#### 1. Низкий уровень абстракции:

- На низком уровне абстракции извлекаются простые и локальные признаки, такие как грани, углы, текстуры и цветовые особенности.
- Примеры низкоуровневых признаков включают линии, края, цветовые пятна и т. д.
- Эти признаки обнаруживаются на более ранних слоях сверточной нейронной сети, ближе к входным данным.

## 2. Средний уровень абстракции:

- На среднем уровне абстракции извлекаются более сложные особенности и объектные составляющие, такие как части объектов, поверхности и текстуры.
- Примеры среднеуровневых признаков включают формы, контуры объектов и группы низкоуровневых признаков, объединенные в более сложные структуры.
- Эти признаки обнаруживаются на более глубоких слоях сверточной нейронной сети, после нескольких слоев свертки и подвыборки (выбора лишь части данных для уменьшения общего анализируемого объема с сохранением всех признаков).

## 3. Высокий уровень абстракции:

- На высоком уровне абстракции извлекаются более абстрактные концепции и объектные классы, такие как типы объектов, сцены, общие формы и категории.
- Примеры высокоуровневых признаков включают объекты, обнаруженные в изображении, и их отношения, контекст.
- Эти признаки обнаруживаются на самых глубоких слоях сверточной нейронной сети, ближе к выходу модели.

Уровни абстракции в сверточных нейронных сетях играют ключевую роль в процессе извлечения информации из изображений, обеспечивая постепенное увеличение уровня абстракции и сложности признаков, что позволяет модели эффективно анализировать и классифицировать объекты на изображениях.

После получения предсказаний происходит их объединение. Это позволяет получить полный список объектов и их местоположения на изображении. Следующим шагом является фильтрация результатов – применяются некоторые фильтры, чтобы убрать ненужные или маловероятные результаты. Например, удаляются объекты с низкой уверенностью (вероятностью) или объекты, которые слишком сильно пересекаются с другими. Последним шагом будет выведение результатов обнаружения – список объектов на изображении и их координаты (рисунок 4). В дальнейшем эти данные могут быть использованы для задач идентификации и сопровождения.

В том же исследовании Жао и др. (2018 г.) достигли показателя средней точности в 86.73%, однако fps так же был крайне невысоким и имел значение 5. Увеличения скорости обнаружения можно добиться путем совершенствования аппаратных средств, а также разработкой другого метода расстановки анкоров на изображении. Данный алгоритм может быть перспективным ввиду постоянного технического совершенствования процессоров, но в настоящий момент его применение для работы в реальном времени нерационально. Увеличение скорости обнаружения также возможно при использовании алгоритма обнаружения **YOLO**.

Алгоритм обнаружения **YOLO (You Only Look Once)** имеет основное отличие от описанного ранее алгоритма SSD, хотя, как и предыдущий является одноэтапным – предсказание о положении объектов выполняется сразу для всего

изображения, а не для каждого уровня абстракции, т. е. после получения сложных признаков сверточной нейронной сетью. Такой подход уменьшает время вычисления из-за снижения объема операций. Алгоритм YOLO (рисунок 5) на данный момент является наиболее перспективным для использования в торговом флоте.

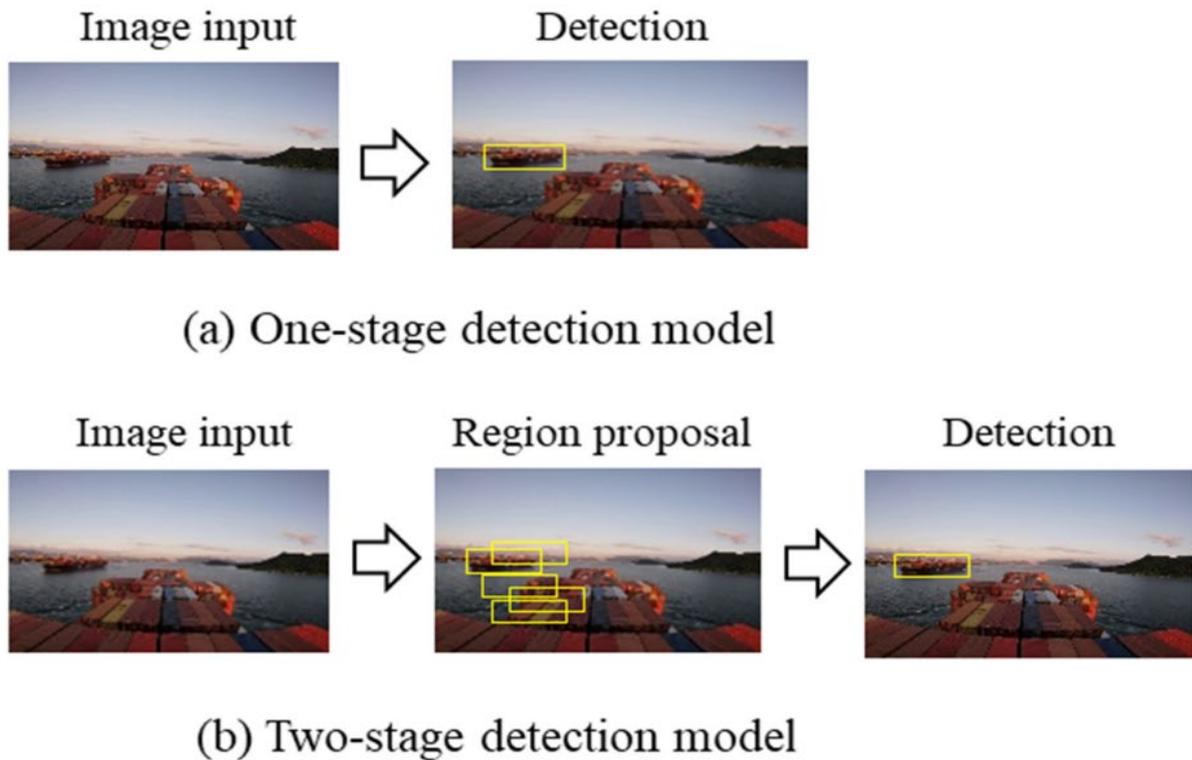


Рисунок 4 – Последовательность действий при обнаружении одноэтапными и двухэтапными нейросетевыми алгоритмами. (Источник: Detection and tracking for the awareness of surroundings of a ship based on deep learning – Won-Jae Lee, Myung-II Roh, Hye-Won Lee, Jisang Ha, Yeong-Min Cho, Sung-Jun Lee and Nam-Sun Son. Использование для образовательных целей [5])



Рисунок 5 – Использование алгоритма YOLO v3 предварительно обученного на виртуальной базе данных. (Источник: Detection and tracking for the awareness of surroundings of a ship based on deep learning – Won-Jae Lee, Myung-II Roh, Hye-Won Lee, Jisang Ha, Yeong-Min Cho, Sung-Jun Lee and Nam-Sun Son. Использование для образовательных целей [5])

В своем исследовании Вон-Дже Ли и др. (2021 г.) использовали улучшенную модель YOLO v3 смогли добиться точности обнаружения 91.72 %. Важно отметить, что в процессе своей работы они пришли к важному выводу о процессе обучения алгоритма YOLO – использование искусственно сгенерированного набора изображений в значительной степени улучшает точность при тестировании на реальных кадрах.

В процессе вышеупомянутого исследования проводились попытки использовать полученную от алгоритма информацию для отслеживания позиции объекта относительно судна-наблюдателя и вычисление параметров его движения – скорости и курса относительно грунта. Были получены весьма точные результаты, погрешность позиции в среднем составляла 15 м, погрешности курса и скорости: 23° и 2 узла соответственно. Однако, алгоритм медленно реагировал на изменение параметров движения – при повороте или изменении скорости цели алгоритму требовалось время на обновление данных. Уменьшение времени реакции и повышение точности алгоритма – основные задачи для проведения будущих научных работ в этом направлении.

Стоит также упомянуть работу Хао Ли и др. (2021 г.), в которой использовался упрощенный алгоритм YOLO v3 tiny. В данном исследовании была произведена работа по повышению скорости распознавания без существенного увеличения нагрузки на технические средства. Точность была увеличена на 9.6 % по сравнению с базовой версией YOLO v3 tiny, при этом потеря fps является приемлемой и составила 53; полученное значение fps – 133. В этом исследовании так же изучалась возможность использования алгоритма при условии жесткой фиксации камеры на борту судна, т. е. подверженности изображения влиянию волнения. Результаты показали уверенное обнаружение объектов при наклоне до 30°.

Сравнивая настоящее состояние развития каждого из вышеупомянутых алгоритмов – YOLO является наиболее удачным вариантом для использования в составе алгоритма обнаружения и сопровождения объектов на морской поверхности. Описанные алгоритмы могут использоваться с различными типами камер – например, инфракрасными, что повысит эффективность такого наблюдения в темное время суток.

### **2.3 Возможности использования систем визуального обнаружения на современных торговых судах. Перспективы дальнейшего развития и использования в автономном судоходстве.**

Основной задачей, требующей решения для внедрения системы видеонаблюдения с использованием нейросетевых алгоритмов, является поиск оптимального соотношения между показателями эффективности самой системы (скоростью и точностью обнаружения) и экономической составляющей. В перспективе достижения этой цели подобная система, состоящая из различных типов камер, может эффективно дублировать функции наблюдателя. Также возможен вариант включения системы в состав интегрированного мостика.

Следующим шагом будет создание алгоритма, который сможет анализировать ситуацию, на основе данных о положении объекта относительно

судна и/или его параметров движения. Такой алгоритм может быть использован на безэкипажном судне для обеспечения осведомленности управляющей системы об окружающей обстановке.

### **Заключение**

Таким образом уже сейчас нейросетевые алгоритмы приблизились к достижению достаточных показателей точности и быстродействия для использования в торговом флоте. При этом существует еще ряд задач, которые необходимо решить перед полноценным использованием подобных систем. Исследования в области нейросетевого обнаружения объектов на морской поверхности являются перспективным направлением из-за возможности использования на судах, управляемых экипажем. Создание дублирующей системы визуального наблюдения сможет повысить навигационную безопасность судна в районах интенсивного трафика.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Конференция Организации Объединенных Наций по торговле и развитию «Обзор морского транспорта, 2023 год» [Электронный ресурс]. – режим доступа: [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023overview\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023overview_ru.pdf) (дата обращения 20.03.2024)
2. В. И. Дмитриев – Обеспечение безопасности плавания – М.: Академкнига, 2005 – 274 с.
3. Каллан Роберт. «Основные концепции нейронных сетей.»: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 287 с.: ил.
4. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks – Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun, Cornell University Service – arXiv, 2016 [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf> (дата обращения 20.03.2024).
5. Detection and tracking for the awareness of surroundings of a ship based on deep learning – Won-Jae Lee, Myung-Il Roh, Hye-Won Lee, Jisang Ha, Yeong-Min Cho, Sung-Jun Lee and Nam-Sun Son; Journal of Computational Design and Engineering, 2021, 8(5), 1407–1430 pp.

УДК 004:629.5.01

## **СОВРЕМЕННЫЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ И ПОИСКОВЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ**

**Д. О. Буров**, аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

Рассмотрены современные оптимизационные и поисковые методы решения задач проектирования судов. Обзор включает в себя краткое введение в классические методы оптимизации из области математического программирования, которые, несмотря на свою эффективность, имеют ограничения, особенно при решении сложных и многокритериальных задач. В качестве современных методов были выбраны следующие методы: методы, использующие генетические алгоритмы, оптимизацию с помощью роя частиц и методы машинного обучения, в частности, искусственные нейронные сети. Эти методы предлагают новые подходы к решению задач оптимизации и поиска, позволяя обрабатывать большие объемы данных и учитывать множество переменных.

**Ключевые слова:** проектирование судов, оптимизационные методы, генетический алгоритм, оптимизация с использованием роя частиц, машинное обучение.

### ***Введение. Постановка проблемы оптимизации в области проектирования судов***

В эпоху глобализации транспортные суда стали неотъемлемой частью мировой торговли и логистики, вопросы оптимизации элементов и характеристик судов, а также самого процесса их проектирования приобретают особую актуальность. Проектирование судна представляет собой процесс решения таких основных вопросов как: вопросы нагрузки, определение водоизмещения и главных размерений, вместимости, формы, обеспечение запаса плавучести, величины надводного борта, ходкости, необходимых характеристик остойчивости и плавности качки. Его сложность заключается в поиске оптимального компромисса в условиях конфликта интересов между отдельными подсистемами и компонентами.

Одним из родоначальников дисциплины, занимающейся вопросами оптимизации судов, является И. Г. Бубнов. В своем докладе, прочитанном в 1916 году в обществе морских инженеров, он предложил метод определения основных элементов судна, представляющий метод оптимизации, хотя и в линейной формулировке. Во второй половине XX века наряду с активным развитием ЭВМ становится возможным внедрение и применение новых методов,

таких как: метод вариаций, метод Хука-Дживса, покоординатно-аппроксимационный метод, предложенный М. Н. Рейновым, и других.

За последние 15-20 лет мощности ЭВМ достигли таких значений, при которых стала возможной реализация концептуально новых методов, основы которых были заложены учеными в середине прошлого столетия, а именно генетических алгоритмов, принцип функционирования которых имитирует развитие биологических популяций и особей, а также машинных алгоритмов и методов оптимизации с использованием роя частиц. Они открывают новые возможности для решения задач проектирования сложных технических объектов. Современные оптимизационные и поисковые методы уже успешно применяются в таких областях как: медицина, логистика, маркетинг, страхование, финансы и др.

Несмотря на значительный прогресс в этой области, применение вышеназванных методов в теории проектировании судов все еще является предметом активных исследований и дискуссий.

### ***1. Обзор применяемых параметрических оптимизационных методов***

Задачу проектирования судна можно сформулировать как задачу оптимизации, т. е. поиска экстремума целевой функции, которая в данном случае не является непрерывной в условиях ограничений, заданных набором линейных и нелинейных равенств и неравенств.

Формулировка задачи проектирования судна как оптимизационной приведена в работе А. И. Гайковича [1].

$$\begin{aligned}
 & C(c_1, \dots, c_p); X(x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_N); & (1) \\
 & (x_i)_{min} \leq x_i \leq (x_i)_{max}, i = 1, \dots, n; \\
 & x_i = \|x_{is}\|, i = n + 1, \dots, N, s = 1, \dots, S; \\
 & G_j(X, C) \geq A_j(C), j = 1, \dots, m; \\
 & G_j(X, C) = A_j(C), j = m, \dots, M; \\
 & q_r(X, C) \otimes Q_r(C) = y_r, r = 1, \dots, R; \\
 & y_r = \begin{cases} 1; \\ 0; \end{cases} \\
 & extrZ(X, C),
 \end{aligned}$$

где  $C$  – вектор технического задания, содержащий количественные и качественные требования к судну,  $X$  – вектор оптимизируемых параметров судна, содержащий  $n$  непрерывных и  $N - n$  дискретных элементов, матрица  $\|x_{is}\|$  – таблица допустимых значений для дискретных оптимизируемых переменных, функции  $G_j$  и  $q_r$  – характеристики системы, функции  $A_j$  и  $Q_r$  – требования к системе,  $y_r$  – индикатор выполнения логических условий, имеющий 2 значения «истина» (1) и «ложь» (0), а  $Z$  – критерий эффективности, который должен достигать экстремального значения (минимума или максимума, в зависимости от физической природы критерия) в наилучшем варианте.

Формализовав задачу оптимизации, перейдем непосредственно к методам. На сегодняшний день методы, применяемые при проектировании судна, можно разделить на две основные группы: традиционные и современные (state-of-art).

### ***1.1 Традиционные методы параметрической оптимизации***

Методы, применяемые для оптимизации сложных математических моделей проектирования судна, относятся к нелинейному программированию.

Суть методов нелинейного программирования сводится к замене первоначального вектора оптимизируемых переменных  $X_0$  вектором  $X_1$ , далее происходит проверка выполнения ограничений, проверка эффективности модели согласно соответствующему критерию и сравнение с предыдущим результатом. Замена вектора  $X_i$  вектором  $X_{i+1}$  происходит до тех пор, пока не будет получен допустимый наилучший вариант по экстремальному значению принятого критерия.

К традиционным методам оптимизации, применяемым при обосновании технических решений, в частности относятся:

- Сеточные алгоритмы (метод вариаций);
- Релаксационные алгоритмы (алгоритм Хука-Дживса);
- Алгоритмы случайного поиска (метод Монте-Карло);
- Покоординатно-аппроксимационный метод М. Н. Рейнова;
- Симплекс-метод;
- Метод «Пауэлл»;
- Метод множителей Лагранжа и др.
- Описание вышеупомянутых методов приводится в работах [1, 2, 3, 4].

### ***1.2 Современные оптимизационные методы***

Рассмотрим 3 основных класса современных методов, ссылки на которые наиболее часто встречаются в периодической литературе, посвященной применению поисковых и оптимизационных методов в судостроении за последние 3 года:

- Методы с использованием генетических алгоритмов;
- Методы с использованием роя частиц;
- Методы с использованием алгоритмов машинного обучения.

#### ***1.2.1 Методы с использованием генетических алгоритмов***

Генетический алгоритм представляет собой поисковый метод, основанный на механизмах естественного отбора и наследования, а также отражающий естественную эволюцию методов решения проблем, и в первую очередь задач оптимизации.

Основная идея генетических алгоритмов заключается в имитации эволюционного процесса в популяциях, состоящих из хромосом, с использованием таких генетических операторов, как селекция, мутация и

репродукция. Генетический алгоритм осуществляет поиск «хорошей» хромосомы без использования информации о решаемой задаче. В алгоритмах данного типа используется оценка приспособленности каждой хромосомы. Более подробное описание алгоритмов приведено в работе [5].

Классический генетический алгоритм, представленный на рисунке 1, состоит из следующих этапов:

- выбор исходной популяции хромосом;
- оценка приспособленности хромосом в популяции;
- проверка условия останова алгоритма;
- селекция хромосом;
- применение генетических операторов скрещивания и мутации;
- формирование новой популяции;
- выбор «наилучшей» хромосомы.

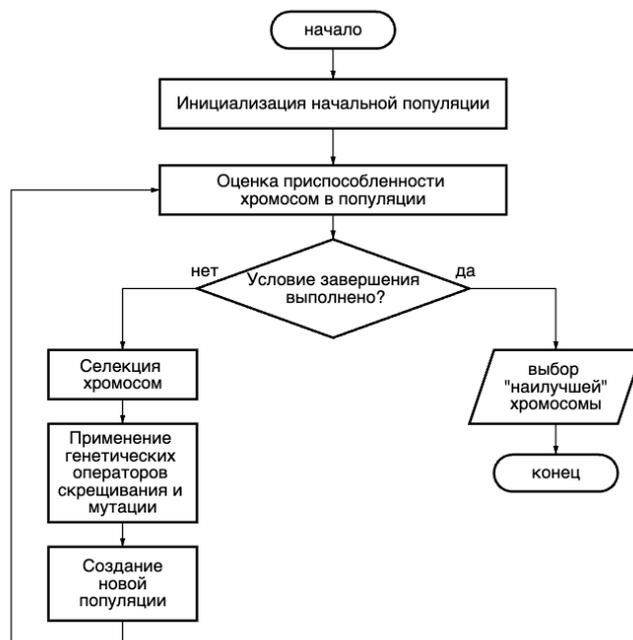


Рисунок 1 – Блок-схема классического генетического алгоритма

### 1.2.2 Методы с использованием роя частиц

Оптимизация с использованием роя частиц (англ. – Particle Swarm Optimization, PSO) представляет собой метод поиска, который базируется на понятии популяции и моделирует поведение птиц в стае и косяков рыб [6].

Базовый PSO-метод, блок-схема которого приведена на рисунке 2, состоит из следующих изменяемых параметров: размер роя  $n_s$ , количество связей между частицами, количество итераций и коэффициенты ускорения (доверительные веса)  $c_1$  и  $c_2$ .

Стратегия поведения частицы в рое состоит в том, чтобы превзойти достижения соседних частиц и улучшить собственные. Выбор траектории движения осуществляется частицей на основе личного «опыта», а также «опыта»

ее соседей. Позиция частицы  $x_i$  в момент времени  $t+1$  определяется по следующей формуле:

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t + 1), \quad (2)$$

где  $x_i$  – позиция частицы в момент времени  $t$ ,  $v_i$  – скорость частицы, с добавлением которой можно добиться изменения позиции частицы:

$$v_i(t + 1) = v_i(t) + c_1 r_1 [y_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [y_i^*(t) - x_i(t)], \quad (3)$$

где  $v_i$  – скорость частицы в момент времени  $t$ ,  $r_1$  и  $r_2$  – случайные значения из диапазона  $[0, 1]$ , которые используются для привнесения стохастического элемента в работу метода.

Характеристикой наилучшей достигнутой позиции частицы роя является  $y_i(t)$ , а глобальным оптимумом –  $y_i^*(t)$

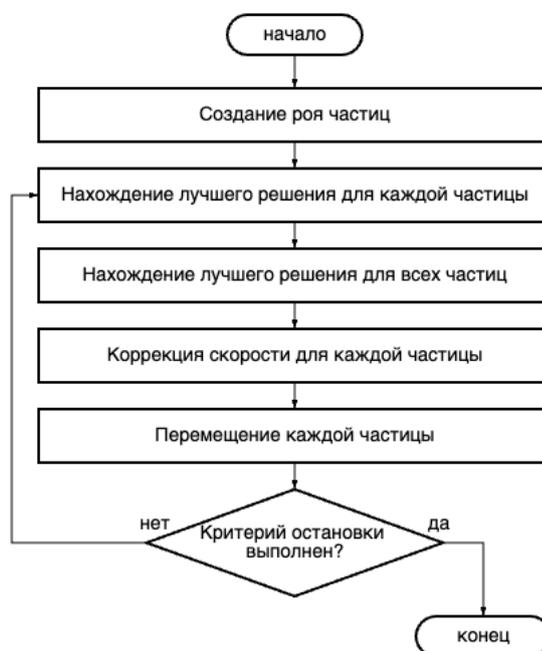


Рисунок 2 – Блок-схема базового PSO-метода

### 1.2.3 Методы с использованием алгоритмов машинного обучения

«Машинное обучение» (англ. – Machine Learning, ML) – это раздел теории искусственного интеллекта, предметом которого является поиск методов решения задач путем обучения в процессе решения сходных задач. Для построения таких методов используются средства алгебры, математической статистики, дискретной математики, теории оптимизации, численных методов, и других разделов математики. [7]

Индикатором активной фазы исследований применения алгоритмов машинного обучения в области проектирования судов и судоходства в целом является значительное увеличение количества публикаций научных статей, приходящееся на период после 2018 года, приведенное на рисунке 3.

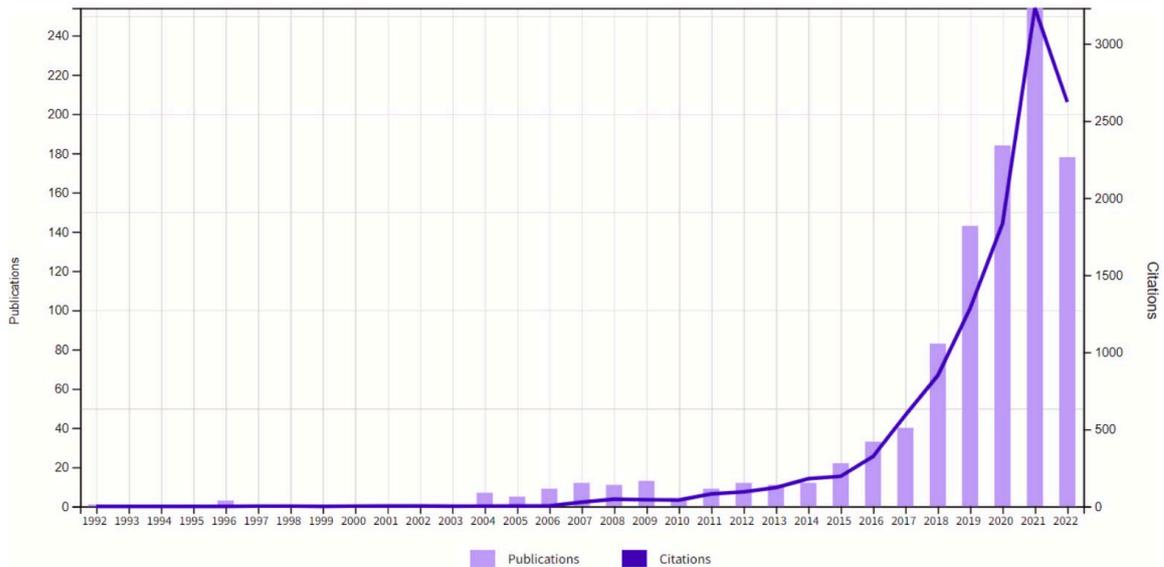


Рисунок 3 – Распределение литературы, посвященной исследованиям применения машинного обучения в области проектирования судов и судоходстве [8]

Главным отличием алгоритмов машинного обучения от методов, базирующихся на традиционных параметрических детерминированных моделях, является отсутствие жестко заданного набора правил, установленных разработчиками. Алгоритмы машинного обучения могут определять набор правил для решения задач без участия разработчика, а только на базе наличия так называемого тренировочного набора данных.

Процесс решения поисковых задач с помощью машинного обучения состоит из нескольких этапов:

- сбор и предобработка тренировочного набора данных для обучения модели;
- выбор модели;
- обучение модели;
- оценка модели;
- настройка гиперпараметров (например, количество слоев и нейронов в слое в многослойной искусственной нейронной сети);
- применение модели с выдачей решения поставленной задачи.

Классификация методов машинного обучения по способам обучения приведена на рисунке 4:

- Обучение с учителем (Supervised learning);
- Обучение без учителя (Unsupervised learning);
- Обучение с частичным привлечением учителя (Semi-supervised learning);
- Обучение с подкреплением (Reinforcement learning).



Рисунок 4 – Классификация методов машинного обучения

Основными методами машинного обучения являются:

- Линейная регрессия (Linear regression)
- Цель линейной регрессии заключается в моделировании взаимоотношения между одним или множеством признаков и непрерывной целевой переменной. Регрессионный анализ направлен на прогнозирование выходов с непрерывным масштабом, а не категориальных меток классов.
- Логистическая регрессия (Logistic regression)
- Логистическая регрессия оценивает вероятность наступления события, например, проголосовать или не проголосовать, на основе заданного набора независимых переменных. Этот тип статистической модели часто используется для классификации и прогнозирования. Поскольку результат является вероятностью, зависимая переменная ограничена между 0 и 1. В логистической регрессии к шансам применяется логит-преобразование, то есть вероятность успеха делится на вероятность неудачи.
- Метод опорных векторов (Support vector machine, SVM)
- Метод опорных векторов – метод машинного обучения с учителем, который классифицирует данные, находя оптимальную линию или гиперплоскость, максимизирующую расстояние между каждым классом в N-мерном пространстве.
- Метод k-ближайших соседей (k-nearest neighbors, KNN)
- KNN в обучающем наборе данных, состоящим из k образцов, находит ближайших (наиболее похожих) «соседей» к точке, которую необходимо классифицировать. Затем метка класса для точки данных определяется на основе мажоритарного голосования (т. е. решение принимается большинством «голосов») среди ее k ближайших соседей.
- Деревья решений (Decision trees)
- Дерево решений представляет собой иерархическую древовидную структуру, состоящую из правила вида «Если ..., то ...». За счет обучающего множества правила генерируются автоматически в процессе обучения. В отличие от нейронных сетей, деревья как аналитические модели проще, потому что правила генерируются на естественном языке.

- Метод случайного леса (Random forests)
- Случайный лес можно рассматривать как набор деревьев принятия решений. В основе метода случайного леса заложена идея усреднения множества (глубоких) деревьев принятия решений, которые по отдельности характеризуются высокой дисперсией, с целью построения более надежной модели, обладающей большей эффективностью обобщения и меньшей восприимчивостью к переобучению.
- Искусственные нейронные сети (ИНС)
- Вышеупомянутые методы в основном применяются для классификации, кластеризации, регрессионного анализа и прогнозирования данных. Подробное описание методов приводится в работе [9].

Рассмотрим метод машинного обучения при реализации его с использованием ИНС подробнее.

Искусственные нейронные сети (ИНС) строятся по принципам организации и функционирования их биологических аналогов. Они как бы моделируют работу мозга человека.

ИНС применяются для решения следующих задач:

- принятие решений и управление;
- прогнозирование;
- аппроксимация функций;
- категоризация;
- классификация образов.

Ключевыми элементами нейронной сети являются искусственные нейроны и связи между ними (синапсы).

Искусственный нейрон – вычислительный элемент, состоящий из 3-х элементов: умножителей, сумматора и нелинейного преобразователя, представлен на рисунке 5 (а).

Поступающий на вход нейрона сигнал ( $x_i$ ) умножается на величину, характеризующую силу связи  $\omega_i$  (вес синапса) и прибавляется заданное значение смещения, представляющее собой постоянное значение, снижающее чувствительность нейронов к входным данным и позволяющее отделять качественные сигналы от шумов. Сумматор выполняет сложение поступивших сигналов. Нелинейный преобразователь производит выполнение нелинейной функции одного аргумента –  $f$ . Данная функция называется функцией активации. Выход  $u$  определяется видом функции активации.

При построении нейронных сетей отдельные нейроны объединяются в слои. Связи между нейронами и слоями определяются архитектурным типом ИНС.

В качестве примера для рассмотрения основных принципов построения и функционирования нейронной сети выбрана многослойная (трехслойная) сеть с последовательными связями прямого распространения, приведена на рисунке 5 (б).

Основными составляющими МПС являются 3 слоя:

- *слой входных нейронов*, на который подается вектор, представляющий собой исходную информацию, в них, как правило не осуществляются вычислительные процедуры;
- *слой промежуточных (скрытых) нейронов*, составляющий основу нейронной сети;
- *слой выходных нейронов*, представляющий выходные значения, являющиеся выходами из нейронной сети.

Математическая модель нейрона:

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \omega_i + b \quad (4)$$

$$y = f(s),$$

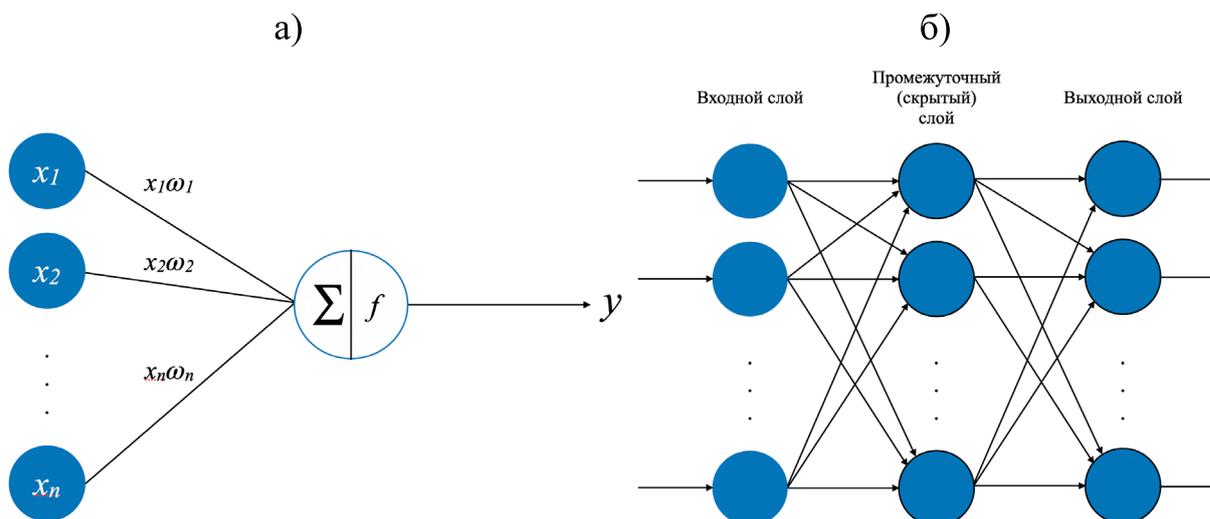


Рисунок 5 – Концептуальная структура нейронной сети: а) нейрон; б) трехслойная сеть прямого распространения

## **2. Применение современных оптимизационных и поисковых методов в процессе решения различных задач проектирования**

Наиболее наглядным примером применения современных оптимизационных и поисковых методов является европейский исследовательский проект H2020-HOLISHIP-Holistic Optimisation of Ship Design and Operation for Life Cycle (2016-2020). Перед участниками была поставлена задача адаптировать методы теории проектирования судов к текущим условиям и проблемам проектно-конструкторской деятельности. Этот инновационный подход к проектированию, реализованный в интегрированной программной платформе, учитывает все соответствующие аспекты проектирования судов, а именно: энергоэффективность, безопасность, экологический критерий, особенности технологии судостроения и стоимость жизненного цикла.

Основные направления использования современных методов оптимизации и поиска в инструментах данного проекта приведены в таблице 1.

Таблица 1

Инструмент	Область применения	Методы	Описание
CAESES®	Концептуальная и предконтрактная стадии проектирования	Ген. алг.: – Non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II)	Оптимизация проектных характеристик судна (главные размерения, коэффициент общей полноты и т. д.) с целью уменьшения чистой приведенной суммы инвестиций
		Замещающие модели: – Artificial Neural Network (ANN)	Замещение ресурсозатратного моделирования прогнозными моделями
	Гидродинамика	Метод-PSO: – PSO with a line search-based derivative-free method (LS-DF_PSO) – Multi-objective deterministic PSO (MODPSO);	Оптимизация формы корпуса с целью уменьшения сопротивления
modeFrontier®	Конструктивные элементы корпуса	Ген. алг.: Multi-objective genetic algorithm (MOGA)	Оптимизация конструктивных элементов корпуса судна с целью уменьшения их веса

Подробное описание данных методов и примеры их применения приведены в работах под редакцией А. Papanikolaou [10, 11].

В работе *S M Rashidul Hasan и др.* [12] приведен сравнительный анализ применения таких методов машинного обучения, как нейронная сеть и регрессионный метод случайного леса, для прогнозирования мощности судовой энергетической установки и последующей оптимизации главных размерений для снижения конструктивного индекса энергоэффективности судна. *Roy de Winter и др.*

др. в своем труде [13] продемонстрировали применение метода случайного леса и генетического алгоритма NSGA-II для оптимизации главных размерений судна по экономическому критерию. В работе *Yoo-Chul Kim и др.* [14] предложены две модели прогнозирования на основе методов машинного обучения для оценки гидродинамических свойств корпуса судна, а именно: коэффициента остаточного сопротивления, коэффициента попутного потока и коэффициента засасывания. Отличительной особенностью данного труда является использование в качестве входных параметров для сверточной нейронной сети, помимо главных размерений, стандартизированных изображений набора поперечных сечений корпуса судна. В исследовании *Li Zhou и др.* [15] объединены две проблемы: сопротивление корпуса при движении судна во льдах и требуемая мощность энергетической установки для судов ледового плавания, а основное внимание уделено разработке модели искусственной нейронной сети для прогнозирования мощности энергетической установки судов ледового плавания. Для выбора подходящих входных характеристик и обучающего набора данных используются традиционные требования различных классификационных обществ к мощности судовой энергетической установки, а также данные испытаний моделей судов и натурных испытаний.

### ***Заключение***

Для решения задач проектирования судна используются следующие современные методы: методы с использованием генетических алгоритмов и методы с использованием роя частиц, которые применяются для оптимизации главных размерений, коэффициентов полноты при различных целевых критериях и ограничениях, а также методы с использованием алгоритмов машинного обучения, которые показали свою эффективность при использовании в качестве прогнозных моделей на ранних стадиях проектирования, в частности, применяемые для определения сопротивления корпуса судна и требуемой мощности судовой энергетической установки в зависимости от главных размерений и формы корпуса.

Результаты применения методов с использованием алгоритмов машинного обучения в настоящее время недостаточно обоснованы и требуют дополнительных исследований, касающихся применения и валидации подобных моделей.

Предметом дальнейших исследований также может стать интеграция вышеупомянутых оптимизационных и поисковых алгоритмов в существующее программное обеспечение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гайкович А. И. Основы теории проектирования сложных технических систем. – СПб.: НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001. – 432 с.
2. Гайкович А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 2. Анализ и синтез системы «Корабль». – СПб.: изд. НИЦ «МОРИНТЕХ», 2014. – 872 с.
3. Пашин В. М. Оптимизация судов. – Л.: изд. Судостроение, 1983 – 296 с.
4. Вашедченко А. Н. Автоматизированное проектирование судов: Учебное пособие. – Л.: изд. Судостроение, 1985 – 164 с.
5. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. / Под ред. В. М. Курейчика. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: изд. ФИЗМАТЛИТ, 2010 – 368 с.
6. Еременко Ю. И. Интеллектуальные системы принятия решений и управления: учебное пособие / Ю. И. Еременко. – Старый Оскол: изд. ТНТ, 2015 – 404 с.
7. Миронов А. М. Машинное обучение часть 1. – М.: изд. ООО «МАКС Пресс», 2018 – 90 с.
8. Luofeng Huang, Blanca Pena, Yuanchang Liu, Enrico Anderlini. Machine learning in sustainable ship design and operation: A review // Ocean Engineering. 2022. Vol. 266 p.2
9. Рашка Себастьян, Мирджалили Вахид. Python и машинное обучение: машинное и глубокое обучение с использованием Python, scikit-learn и TensorFlow 2, 3-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: изд. ООО «Диалектика», 2020. – 848 с.
10. Apostolos Papanikolaou. A Holistic Approach to Ship Design. Volume 1: Optimization of Ship Design and Operation of Life Cycle. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2019
11. Apostolos Papanikolaou. A Holistic Approach to Ship Design. Volume 2: Application Case Studies. Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2021
12. S M Rashidul Hasan, Md. Shariful Islam, Zobair Ibn Awal. Optimizing prediction of efficient ship design particulars through advanced machine learning approaches. // ResearchGate [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/377925622\\_Optimizing\\_Prediction\\_of\\_Efficient\\_Ship\\_Design\\_Particulars\\_through\\_Advanced\\_Machine\\_Learning\\_Approaches\\_2](https://www.researchgate.net/publication/377925622_Optimizing_Prediction_of_Efficient_Ship_Design_Particulars_through_Advanced_Machine_Learning_Approaches_2) (Дата обращения 15.03.2024)
13. Roy de Winter, Bas van Stein, Thomas Back, Thijs Muller. Ship Design Performance and Cost Optimization with Machine Learning // ResearchGate [Электронный ресурс] URL: [https://www.researchgate.net/publication/353737763\\_Ship\\_Design\\_Performance\\_and\\_Cost\\_Optimization\\_with\\_Machine\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/353737763_Ship_Design_Performance_and_Cost_Optimization_with_Machine_Learning) (Дата обращения 15.03.2024)
14. Yoo-Chul Kim, Kwang-Soo Kim, Seongmo Yeon, Young-Yeon Lee, Gun-Do Kim and Myoungsoo Kim. Power Prediction Method for Ships Using Data Regression Models // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11
15. Li Zhou, Qianyang Sun, Shifeng Ding, Sen Han and Aimin Wang. A Machine-Learning-Based Method for Ship Propulsion Power Prediction in Ice // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11

УДК 656.6; 629.5.01:629.561.5

## **КОНЦЕПЦИЯ ЛЕДОКОЛЬНОГО СУДНА СНАБЖЕНИЯ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК**

**М. В. Осипов**, ассистент кафедры океанотехники и морских технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

**С. Л. Карлинский**, канд. техн. наук, доцент кафедры океанотехники и морских технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

Разведка, добыча нефти и газа в морских условиях не может быть осуществлена без доставки на буровые платформы необходимых расходных материалов, а также выполнения различных морских операций. В статье приводятся результаты проектирования ледокольного судна снабжения плавучих буровых установок, основной функцией которого является доставка персонала и грузов на морские нефтегазовые сооружения, а также хранение и переработка отработанных буровых растворов с целью их повторного использования и рециркуляции. Из-за высокой стоимости транспортировки и больших объемов использования бурового раствора, повторное использование потенциально может значительно снизить общие затраты на разработку месторождений континентального шельфа.

**Ключевые слова:** судно снабжения, буровые установки, буровой раствор, шельф, Арктика, транспортировка персонала.

### **Введение**

Одним из путей увеличения объема добываемых на морских промыслах углеводородов является ускоренная разработка арктических месторождений. По мнению специалистов, не менее 13% мировых вероятных запасов нефти и 30% природного газа находится в Арктике [1]. Основным отличием процесса транспортного обслуживания арктических месторождений по сравнению с аналогичными работами в умеренных широтах является необходимость в неизмеримо больших материальных затратах для обеспечения заданного уровня ритмичности снабжения. По расчетам специалистов общие затраты на создание и эксплуатацию ледокольно-транспортного комплекса снабжения арктических буровых установок превышают аналогичные затраты на сами установки.

Это объясняется значительной удаленностью арктических месторождений от традиционных баз снабжения, крайне неблагоприятными для функционирования технических средств погодными условиями, длительным наличием ледового покрова особенно в зимне-осенний период. Перечисленные неблагоприятные факторы затрудняют использование традиционных средств

снабжения морских месторождений. Дополнительные сложности вызывает отсутствие в арктических районах необходимой инфраструктуры (баз снабжения, складов, портов, взлетно-посадочных площадок для вертолетов и т. д.), создание которой требует больших дополнительных затрат.

Все перечисленное является значительным стимулом для проведения широких научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с разработкой технических средств, способных обеспечить надежное снабжение арктических морских месторождений. Наибольшую роль в обеспечении арктических нефтегазопромыслов играют специальные ледокольные суда-снабженцы.

Ледокольные суда получили наибольшее распространение в Канаде и активно эксплуатировались в месторождениях в море Бофорта. При проектировании этих ледоколов основное внимание уделялось разработке такой формы обводов, которая позволяла бы с максимальной эффективностью при наименьших энергетических затратах преодолевать арктический лед.

Основными отличительными признаками новой формы обводов канадских ледокольных судов снабжения является ложкообразная носовая оконечность с большим развалом бортов, смещение максимальной ширины в нос от миделя, большая протяженность цилиндрической вставки с вертикальными или близкими к ним бортами, наличие сломов судовой поверхности.

Российский ледокольный флот недавно пополнился четырьмя ледокольными судами снабженцами проекта Aker ARC 121, которые, в настоящий момент, обеспечивают работу добычных платформ в Охотском море [2].

### **Концепция судна**

Разведка, добыча нефти и газа в морских условиях не может быть осуществлена без доставки на буровые платформы необходимых расходных материалов, а также выполнения различных морских операций. Во время бурения требуются большие объемы бурового раствора и зачастую сроки его поставок отклоняются от первоначального графика. Кроме того, пространство на палубе большинства буровых платформ ограничено. Для обеспечения функционирования одной полупогружной плавучей буровой установки (ППБУ), например, требуется обычно два – три специальных судна снабжения. Чтобы представить себе объемы необходимых работ такого рода, можно отметить, что только одна ППБУ потребляет ежегодно 15 – 20 тыс. тонн расходных запасов.

Основная идея концепции – проектирование судна, которое может эксплуатироваться в точке бурения и перерабатывать буровой раствор для повторного использования, не отправляя его на берег. Таким образом, основными задачами проектируемого судна являются:

- транспортировка персонала и грузов на буровые платформы;
- перевозка, переработка и хранение бурового раствора;
- выполнение роли stand-by судна.

Основываясь на мировом опыте, считается, что использование таких судов будет способствовать снижению общего использования судовых перевозок во время буровых работ, тем самым способствуя общему снижению стоимости морского бурения.

### Система хранения и переработки бурового раствора

Сегодня обычная цепочка поставок бурового раствора относительно проста. Буровой раствор предварительно изготавливается на суше и транспортируется на платформу для использования [3]. На платформе применяются присадки и оборудование для контроля содержания твердых частиц, чтобы поддерживать буровую основу в нужном состоянии. После использования буровой раствор транспортируется обратно на берег, где он многократно перерабатывается для новой работы, и его можно использовать при новой операции бурения, как показано в верхней части рисунка 1.



Рисунок 1 – Стандартная и предлагаемая схема транспортировки бурового раствора

Вместо того, чтобы транспортировать буровой раствор обратно на берег для переработки, переработка бурового раствора может проводиться в открытом море на судне, данный технологический вариант представлен в нижней части рисунка 1. Таким образом, основной функцией судна является переработка, хранение и доставка бурового раствора.

Для реализации предлагаемой концепции, на судне снабжения предусмотрена циркуляционная система. Загрязненный буровой раствор поступает на судно по грузовым шлангам с буровой платформы. Эти шланги подсоединяются к резервуарам для хранения бурового раствора, которые находятся на 2-ой палубе. Буровые растворы, доставляемые на судно, имеют различную плотность, и их объемы сильно варьируются. Для обеспечения устойчивости и посадки судна, в следствие неравномерного заполнения цистерн с буровым раствором, на судне предусмотрены дифференциальные цистерны. Общая вместимость резервуаров для хранения бурового раствора составляет 1 500 м<sup>3</sup>, а

конструкция резервуаров позволяет использовать одни и те же емкости для хранения чистых и загрязненных буровых растворов одновременно.

Как видно на рисунке 2, использованный буровой раствор с платформы попадает через шланги в модуль очистки, его качество определяет дальнейшую процедуру. Если буровой раствор загрязнен и его качество низкое, то он отправляется в слоп танки. Если качество хорошее и не требует обслуживания, жидкость отправляется прямо в резервуары для хранения. Если качество бурового раствора достаточно хорошее, но требует обслуживания система управления отправляет его в модуль для контроля содержания твердых частиц. Затем очищенный буровой раствор направляется в модуль смешивания бурового раствора, где, при необходимости, используют специальные добавки. После полного цикла переработки готовый буровой раствор отправляется в танки для хранения [4].

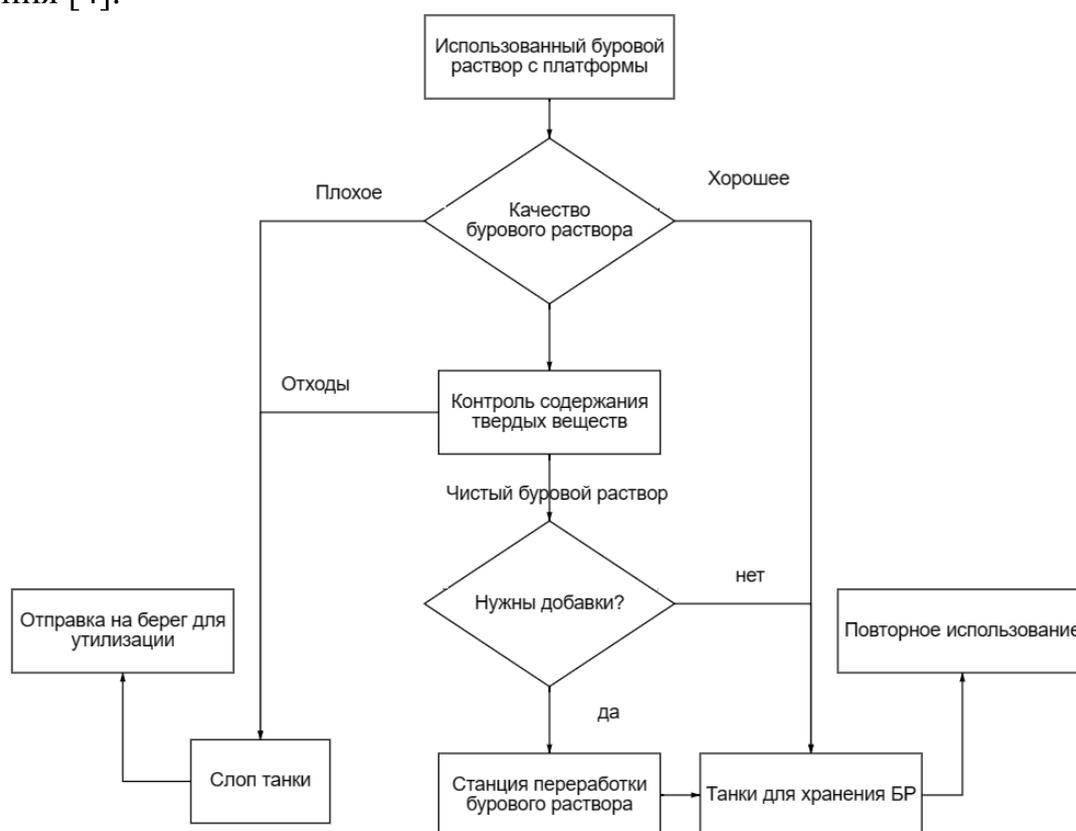


Рисунок 2 – Схема работы циркуляционной системы

Таким образом, циркуляционная система предназначена для приготовления, очистки, химической обработки, хранения бурового раствора и транспортировки его с платформы на судно снабжения.

Комплект оборудования циркуляционной системы размещается в трюме судна и включает:

- 1) Станцию для переработки, которая состоит из блока переработки бурового раствора (рисунок 3), работа которого осуществляется при помощи пульта управления, и трех компактных блоков очистки;

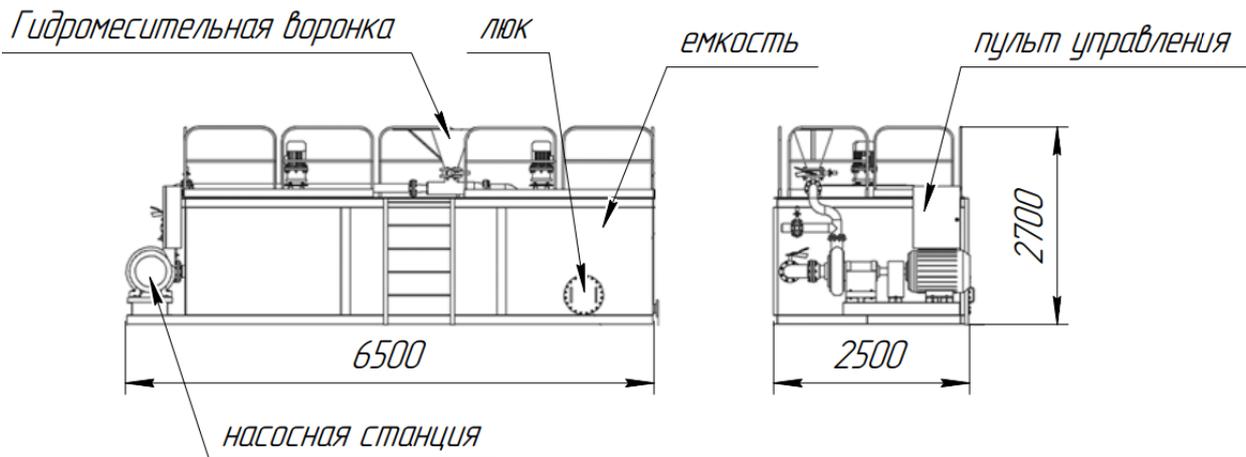


Рисунок 3 – Станция переработки бурового раствора

2) Блок очистки бурового раствора объемом емкостей 50 м<sup>3</sup> включая, осушительное вибросито, транзитную емкость для бурового шлама, насосную станцию, вакуумный дегазатор, центрифугу и контейнер для бурового шлама. Центрифуга (рисунок 4) предназначена для отфильтровывания твердых частиц с низкой плотностью, которые не могут быть очищены блоками очистки;

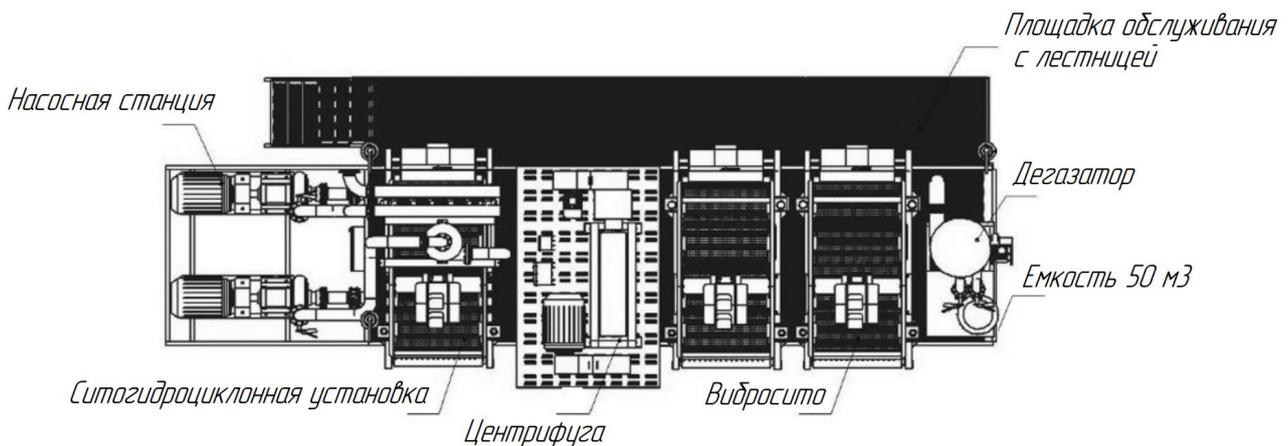


Рисунок 4 – Модули очистки бурового раствора

3) Емкость долива с центробежным насосом объемом 15 м<sup>3</sup>, гидравлический перемешиватель бурового раствора, агрегат электронасосный центробежный для емкости долива мощностью 0,4 МПа. В кормовой части судна снабжения размещена цистерна запаса пресной технологической воды для приготовления бурового раствора и цементного раствора общим объемом 400 м<sup>3</sup>.

Кроме того, резервуары для хранения бурового раствора оборудованы системой, предотвращающей оседание добавок к буровому раствору на дне резервуара. Для перекачки бурового раствора из танков для хранения обратно на платформу необходимо разместить насосную станцию.

Вся система транспортировки требует много места и потребляет существенные мощности, в дополнение к судовым системам на борту судна. На рисунке 5 схематично изображена циркуляционная система бурового раствора на судне.

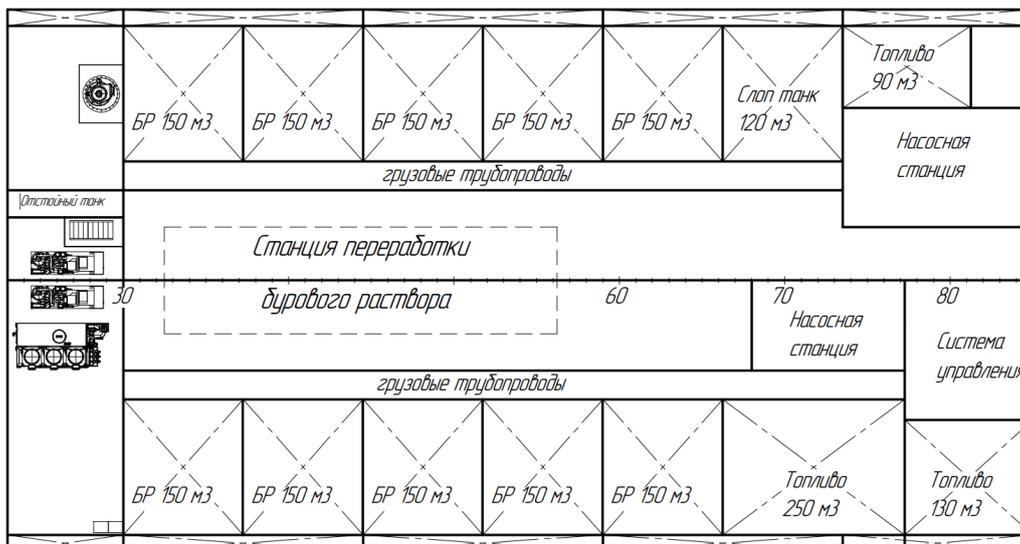


Рисунок 5 – Вид сверху на участок 2 палубы с оборудованием циркуляционной системы

### Система транспортировки персонала

Для выполнения операций по переработке бурового раствора, а также для обслуживания высокотехнологичных систем персоналу судна снабжения необходимо постоянно перемещаться с судна на платформу и обратно. Доступ к платформе с судна всегда вызывает определенные трудности, основной проблемой при перемещении персонала и грузов является относительное перемещение судна и сооружения, возникающее в следствии морского волнения. К современным средствам пересадки персонала с судна на платформу можно отнести системы переходных мостов [5] и транспортировочные корзины (рисунок 6).

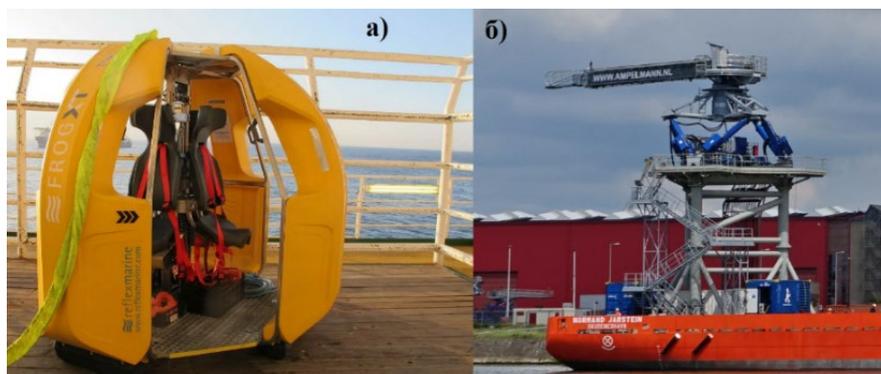


Рисунок 6 – а) Пересадочная корзина б) Переходной мост

Общими недостатками корзин является возможность падения человека при перемещении и риск получения травм при ошибках крановщика, ударах, неправильном ходе с корзин и т.п. Переходные мосты занимают большое пространство на палубе, что отрицательно сказывается на эксплуатационных и мореходных качествах судна.

В рамках настоящей концепции предполагается использование крановой системы Offshore personal transfer system (OPTS) для пересадки персонала и доставки малогабаритных грузов от компании Palfinger (рисунок 7).



Рисунок 7 – Крановая система OPTS для пересадки персонала от компании Palfinger

Крановая система представляет собой кран-манипулятор с закрепленной на конце стрелы корзиной на 6 человек. Поворотное устройство корзины позволяет ей поворачиваться и изменять угол наклона относительно горизонта. Корзина оснащена аналоговыми ультразвуковыми датчиками для определения наличия неподвижных предметов рядом с корзиной. Это действует как система защиты от столкновений, поэтому корзина автоматически удаляется от обнаруженных объектов, если они приближаются достаточно близко, что предотвращает контакт с конструкциями при подъеме к сооружениям.

На кране установлена система компенсации качки, разработанная и подготовленная для компенсации морского волнения до 2,5 м. OPTS устанавливается на палубе судна и имеет вес 15 тонн при размере опорного основания 4 на 4 м. [6].

### **Главные размеры судна**

Расчет главных размеров судна осуществлялся, основываясь на статистических данных по существующим судам снабжения, методом последовательных приближений. Определяющим критериям стали требования по размещению дополнительного оборудования и резервуара для хранения бурового раствора. Основные характеристики судна представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика		Значение
Водоизмещение полное		9 670
Дедвейт		6 295 т
Вместимость резервуаров для бурового раствора		1 500 м <sup>3</sup>
Длина	Наибольшая	92 м
	По КВЛ	88,2 м
Ширина	Наибольшая	20,5 м
	По КВЛ	20,5 м
Осадка		6,9 м
Высота борта	Полная	8,5 м
	Надводного	2,8 м
Коэффициент общей полноты		0,77
Автономность		40 суток
Численность экипажа		10 чел
Мощность двигателей		8 700 кВт
Эксплуатационная скорость		14 узл.

Общее расположение судна (рисунок 8) выбиралось из учета необходимости размещения оборудования для переработки и хранения бурового раствора.

Вид сбоку

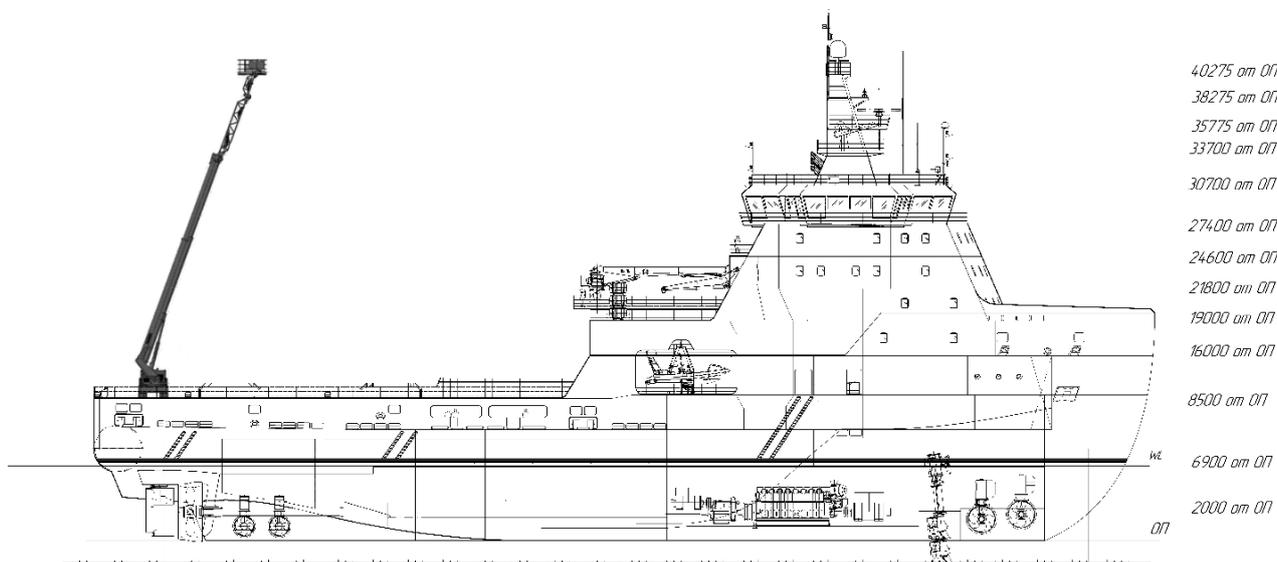


Рисунок 8 – Общее расположение судна

## Заключение

В работе рассмотрен проект ледокольного судна снабжения буровых платформ, основная функция которого – доставка, переработка, хранение бурового раствора, транспортировка персонала и грузов на буровые платформы.

Концепция проектируемого судна имеет сходство с обычными судами снабжения. Однако основное отличие заключается в том, что на обычных судах снабжения устанавливаются цистерны для перевозки сыпучих материалов, предназначенные для перевозки цемента, барита и бентонита. Вместо установки цистерн для сыпучих материалов на концептуальном судне установлена циркуляционная система бурового раствора.

Дальнейшее развитие проекта требует уточнения условий работы судна, параметров устанавливаемого на нем оборудования и формулирования точного круга возлагаемых задач. В ходе дальнейшей работы может быть рассмотрена концепция судна модульного типа. Один модуль с системой резервуаров для сыпучих материалов и один модуль с циркуляционной системой бурового раствора. Таким образом, обеспечивается гибкость системы, позволяющая изменять ее в зависимости от потребностей рынка.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аналитический обзор «Вершина айсберга: реальные перспективы экономики Арктики» [Электронный ресурс] // институт изучения мировых рынков: [сайт]. URL: <https://worldmarketstudies.ru/article/versina-ajsberga-realnye-perspektivy-ekonomiki-arktiki/> (Дата обращения 25.03.2024)
2. Aker ARC 121 Суда снабжения в проекте «Сахалин-2» [Электронный ресурс] // журнал Neftegaz.ru: [сайт]. URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/sudostroenie/654777-aker-arc-121-suda-snabzheniya-v-proekte-sakhalin-2/?ysclid=luu9414qlb909430066> (Дата обращения 25.03.2024)
3. Caenn R., Darley H. C. H., Gray R. G. Chapter 14. Drilling and drilling fluids waste management // Composition and properties of drilling and completion fluids (7th ed.). – Cambridge: Gulf Professional Publishing, 2017. – P. 597–636.
4. Идентификация отходов бурения и их использование / А. А. Третьяк, Е. А. Яценко, С. А. Онофриенко, Е. В. Карельская // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 2. – С. 36–43.
5. Ampelmann systems [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: <https://www.ampelmann.nl/systems> (Дата обращения 25.03.2024)
6. Offshore passenger transfer system (OPTS) [Электронный ресурс] // [сайт]. URL: <https://www.palfingermarine.com/en/deck-equipment/offshore-passenger-transfer-system> (Дата обращения 25.03.2024)

УДК 629.5:624.04

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ СВЕСА ОКОНЕЧНОСТЕЙ ДОКУЕМОГО СУДНА НА ВЕЛИЧИНЫ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА И ПЕРЕЗЫВАЮЩЕЙ СИЛЫ В КОНЦЕВЫХ СЕЧЕНИЯХ ПОНТОНА МОНОЛИТНОГО ПЛАВУЧЕГО ДОКА

Е. Г. Петров, студент кафедры проектирования судов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

В процессе эксплуатации судна неизбежно возникает необходимость постановки судна в док с целью проведения ремонтных работ корпусных конструкций, винто-рулевого комплекса, а также систем и устройств судна. В некоторых случаях габаритная длина судна превышает длину стапель-палубы дока, что приводит к появлению свешивающихся частей кормовой и/или носовой оконечностей судна. Корректная оценка прочности системы «Док-Судно» требует учета их влияния на напряженно-деформированное состояние. В статье настоящей работе выполнена оценка влияния длины свеса оконечностей докуемого судна на величины изгибающего момента и перерезывающей силы в концевых сечениях понтона монолитного плавучего дока.

**Ключевые слова:** плавучий док, строительная механика, нормирование, прочность.

### Формулировка задачи изгиба корпуса судна при постановке в плавучий док

Рассмотрим формулировку задачи изгиба корпуса судна при постановке в док в классическом варианте [1, 2]. Корпус судна, поставленного на килевую дорожку, рассматривается как балка, лежащая на сплошном упругом основании (рисунок 1).

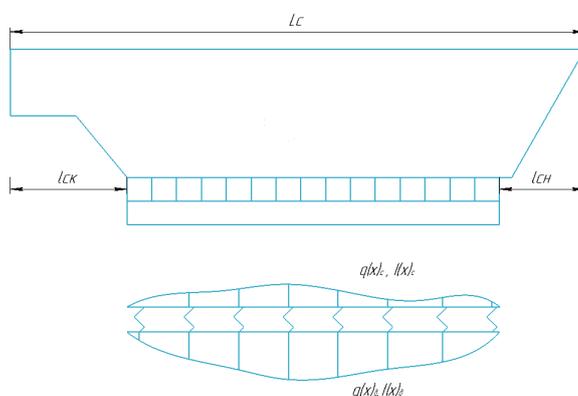


Рисунок 1 – Расчетная схема системы «Док-Судно»

Наиболее распространенный способ постановки судна в док – постановка на один, реже два или три ряда кильблоков, в зависимости от размеров судна, наличия продольных переборок, состояния связей корпуса и т. д.

Кильблоки представим в виде деревянных опор, набранных из брусьев. Обжатие кильблоков в предположении, что усилие, сжимающее кильблоки, равномерно распределяется по опорной поверхности, определяют по формуле:

$$F = \frac{R}{bc} \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{E_i} \quad (1)$$

где  $N$  – число брусьев, образующих кильблок;  $h_i$  и  $E_i$  – высота отдельных брусьев кильблока и их модуль упругости, соответственно;  $b$  и  $c$  – длина и ширина брусьев кильблока соответственно.

Коэффициент жесткости кильблока определяется как реакция  $R$  при единичном обжатии [3], то есть:

$$K = R_{F=1} = \frac{bc}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{E_i}} \quad (2)$$

Погонный коэффициент жесткости упругой килевой дорожки:

$$k_1 = \frac{K}{a} = \frac{bc}{a \sum_{i=1}^N \frac{h_i}{E_i}} \quad (3)$$

где  $a$  – расстояние между осями кильблоков. Если постановка осуществляется в два или три ряда кильблоков, погонный коэффициент жесткости дорожки должен быть увеличен в два или три раза.

Постановка судна на килевую дорожку сопровождается деформацией днищевого набора корпуса. При определении изгиба судна в доке определяют смещение нейтральной оси корпуса, поэтому податливость днища – это дополнительная податливость основания, на котором покоится балка-корпус.

Обозначим жесткость днищевых перекрытий при приложении реакций кильблоков как  $k_2$ . Из схожих соображений введем коэффициент жесткости поперечных конструкций дока  $k_3$ . Тогда коэффициент жесткости упругого основания  $k$  при постановке судна в док можно определить следующей зависимостью:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} \quad (4)$$

Отсюда,

$$k = \frac{k_1 k_2 k_3}{k_2 k_3 + k_1 k_3 + k_1 k_2} \quad (5)$$

При учете податливости днища корпуса и поперечных конструкций коэффициенты жесткости  $k_2$ ,  $k_3$ , а следовательно, и  $k$  являются переменными по длине судна. Полный расчет прочности судна при постановке в док с учетом податливости днищевых конструкций судна и поперечных конструкций достаточно трудоемок. Поэтому, в качестве допущения, примем  $k$  постоянной величиной, определяя  $k_2$  как среднюю величину для отсеков корпуса,

расположенных на килевой дорожке, а  $k_3$  как среднюю величину для поперечных конструкций дока по всей длине килевой дорожки.

Нагрузка балки-корпуса  $q_c(x)$  определяется весовой нагрузкой судна, заданной в общем случае в виде таблицы для двадцати теоретических шпаций. Стоит отметить, что при постановке судна в док имеет место дополнительная нагрузка, возникающая вследствие наличия начальной строительной погиби корпуса, прогибов из-за неравномерного нагрева и пр. В общем случае, между килевой линией судна и верхними кромками кильблоков существует технологический зазор  $\Delta(x)$ .

При наличии начального зазора реакции упругого основания определяются по следующей формуле:

$$r(x) = k(x)[w_c(x) - w_d(x) + w_k(x) - f - \Delta x] \quad (6)$$

где  $w_c(x)$  – стрелка прогиба судна,  $w_d(x)$  – стрелка прогиба дока,  $w_k(x)$  – стрелка прогиба килея судна,  $f$  – стрелка прогиба ферм дока.

Искомые стрелки прогиба судна и дока определяются из системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} (E_c I(x)_c w(x)_c'')'' = q(x)_c - r(x) \\ (E_d I(x)_d w(x)_d'')'' = -q(x)_d + r(x) \end{cases} \quad (7)$$

где  $I(x)_c, I(x)_d$  – моменты инерции поперечного сечения судна и дока, соответственно. Учитывая выражение (6), получим:

$$\begin{cases} (E_c I(x)_c w(x)_c'')'' = q(x)_c - k(x)[w_c(x) - w_d(x) + w_k(x) - f - \Delta x] \\ (E_d I(x)_d w(x)_d'')'' = -q(x)_d + k(x)[w_c(x) - w_d(x) + w_k(x) - f - \Delta x] \end{cases} \quad (8)$$

Начало координат примем в середине длины дока.

Граничные условия для системы дифференциальных уравнений (8)

При  $x = -0.5l$

$$\begin{cases} E_c I(x)_c w(x)_c'' = L_1 \\ E_d I(x)_d w(x)_d'' = -H_1 \\ (E_c I(x)_c w(x)_c'')' = P_1 \\ (E_d I(x)_d w(x)_d'')' = -Q_1 \end{cases} \quad (9)$$

При  $x = 0.5l$

$$\begin{cases} E_c I(x)_c w(x)_c'' = L_2 \\ E_d I(x)_d w(x)_d'' = -H_2 \\ (E_c I(x)_c w(x)_c'')' = P_2 \\ (E_d I(x)_d w(x)_d'')' = -Q_2 \end{cases} \quad (10)$$

где  $l$  – длина килевой линии судна, прилегающей к кильблокам.

Особый интерес представляет собой определение реакций, обусловленных свешивающимися оконечностями корпуса судна, так как их величина при существенных значениях длин свеса может привести к недопустимым деформациям концевых участков понтона монолитного дока и корпуса судна.

### Идеализация свешивающихся частей корпуса судна

Рассмотрим модель свешивающейся части корпуса судна, в виде жестко заделанной в опорном сечении консольной балки, нагруженной весовой нагрузкой  $q(x)$  (рисунок 2).

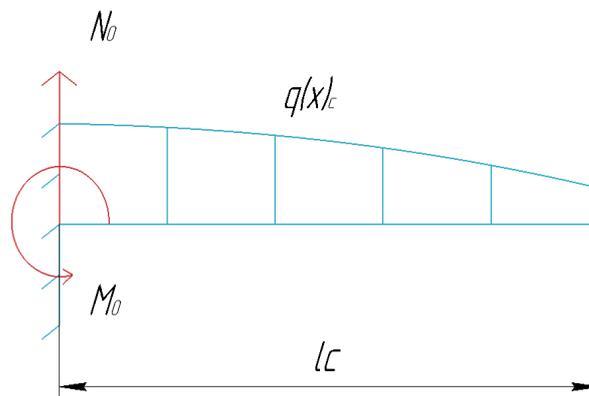


Рисунок 2 – Схема балочной идеализации свешивающейся части корпуса судна

В настоящей работе вид функции весовой нагрузки принят в соответствии с Правилами Российского морского регистра судоходства [4].

$$q(x) = \frac{\Delta_c g}{\varphi_c L_c} \left( 1 - 3 \left( 1 - \varphi_c \right) \left( \frac{2x}{L_c} \right)^2 \right) \quad (11)$$

где  $\varphi_c$  – коэффициент полноты эпюры доковой массы судна,  $L_c$  – длина судна. В случае, если функция  $q(x)$  задана иным выражением, ход решения остается таким же.

Отстояние сечения начала свеса от мидель-шпангоута может быть определено следующим образом:

$$L_M^c = \frac{L_c}{2} - l_c = \frac{L_c}{2} \left( 1 - 2 \frac{l_c}{L_c} \right) = \frac{L_c}{2} \gamma \quad (12)$$

где  $l_c$  – длина свешивающейся оконечности,  $\gamma$  – параметр, характеризующий относительную длину свешивающейся оконечности.

### Определение функций влияния от свешивающихся оконечностей корпуса судна

Неизвестные реакции в заделке определяются последовательным интегрированием функции весовой нагрузки судна, константы интегрирования являются искомыми реакциями:

$$\begin{cases} N(x) = \int_{\frac{L_c}{2}\gamma}^{\frac{L_c}{2}} q(x)dx + N_0 \\ M(x) = \iint_{\frac{L_c}{2}\gamma}^{\frac{L_c}{2}} q(x)dx^2 + N_0x + M_0 \end{cases} \quad (13)$$

Граничные условия при  $x = \frac{L_c}{2}$ :

$$N\left(\frac{L_c}{2}\right) = 0; \quad M\left(\frac{L_c}{2}\right) = 0 \quad (14)$$

Решив систему уравнений (12), получим следующие выражения:

$$N_0 = \frac{-\Delta_c g}{2} \left(1 - \frac{\gamma}{\varphi_c} - \gamma^3 \left(1 - \frac{1}{\varphi_c}\right)\right) \quad (15)$$

$$M_0 = \frac{\Delta_c g L_c}{8} (1 - \gamma) \left(1 - \frac{\gamma}{\varphi_c} - \gamma^3 \left(1 - \frac{1}{\varphi_c}\right)\right) \quad (16)$$

Введем следующие обозначения:

$$\psi^N(\gamma, \varphi_c) = \left(1 - \frac{\gamma}{\varphi_c} - \gamma^3 \left(1 - \frac{1}{\varphi_c}\right)\right) \quad (17)$$

$$\psi^M(\gamma, \varphi_c) = (1 - \gamma) \left(1 - \frac{\gamma}{\varphi_c} - \gamma^3 \left(1 - \frac{1}{\varphi_c}\right)\right) \quad (18)$$

где,  $\psi^N(\gamma, \varphi_c), \psi^M(\gamma, \varphi_c)$  – функции влияния, зависящие от коэффициента полноты эпюры веса судна  $\varphi_c$  и параметра  $\gamma$ . Приведем вид этих функций при фиксированных значениях  $\varphi_c$  и варьировании параметра  $\gamma$ , а также общий вид поверхностей  $\psi^N(\gamma, \varphi_c), \psi^M(\gamma, \varphi_c)$  (рисунки 3, 4, 5, 6).

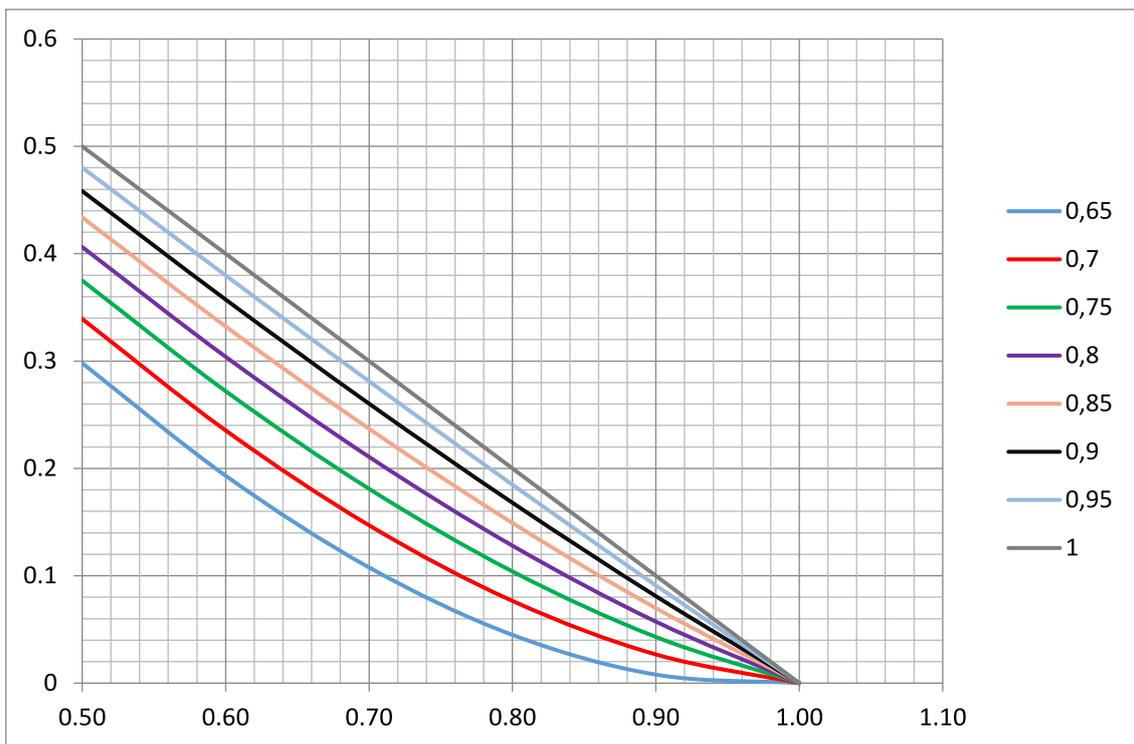


Рисунок 3 – Вид функций  $\psi^N(\gamma, \varphi_c)$  при различных фиксированных значениях  $\varphi_c$

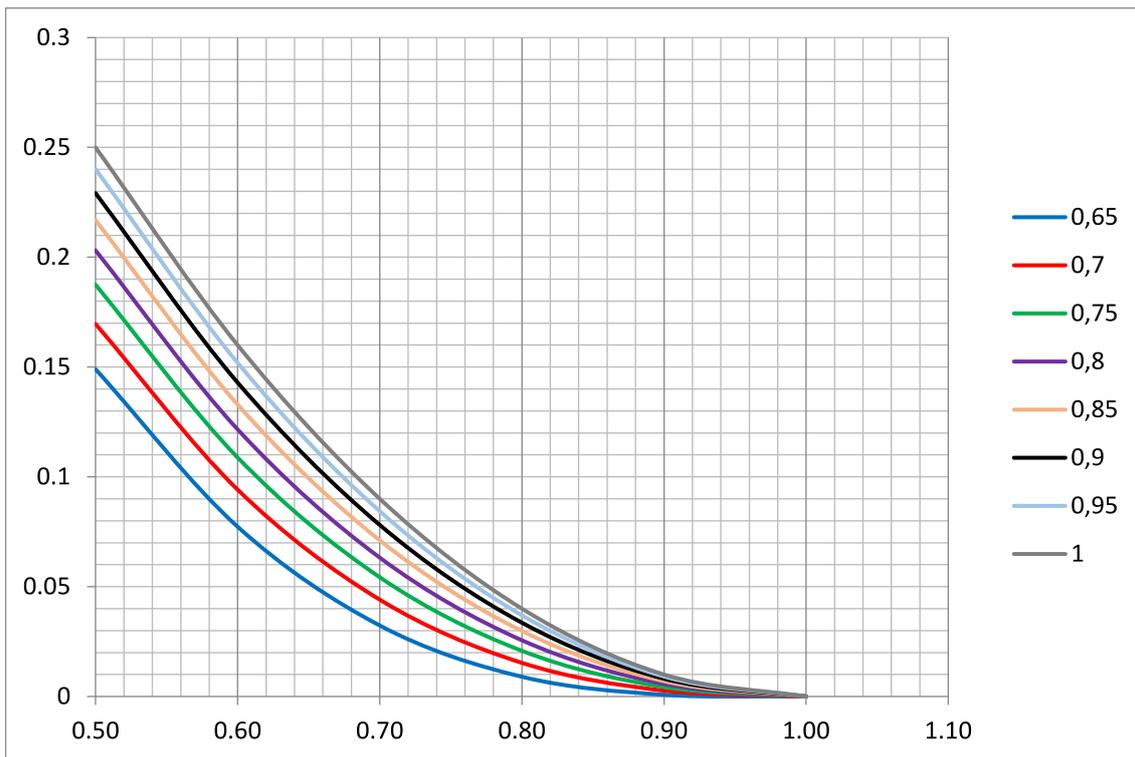


Рисунок 4 – Вид функций  $\psi^M(\gamma, \varphi_c)$  при различных фиксированных значениях  $\varphi_c$

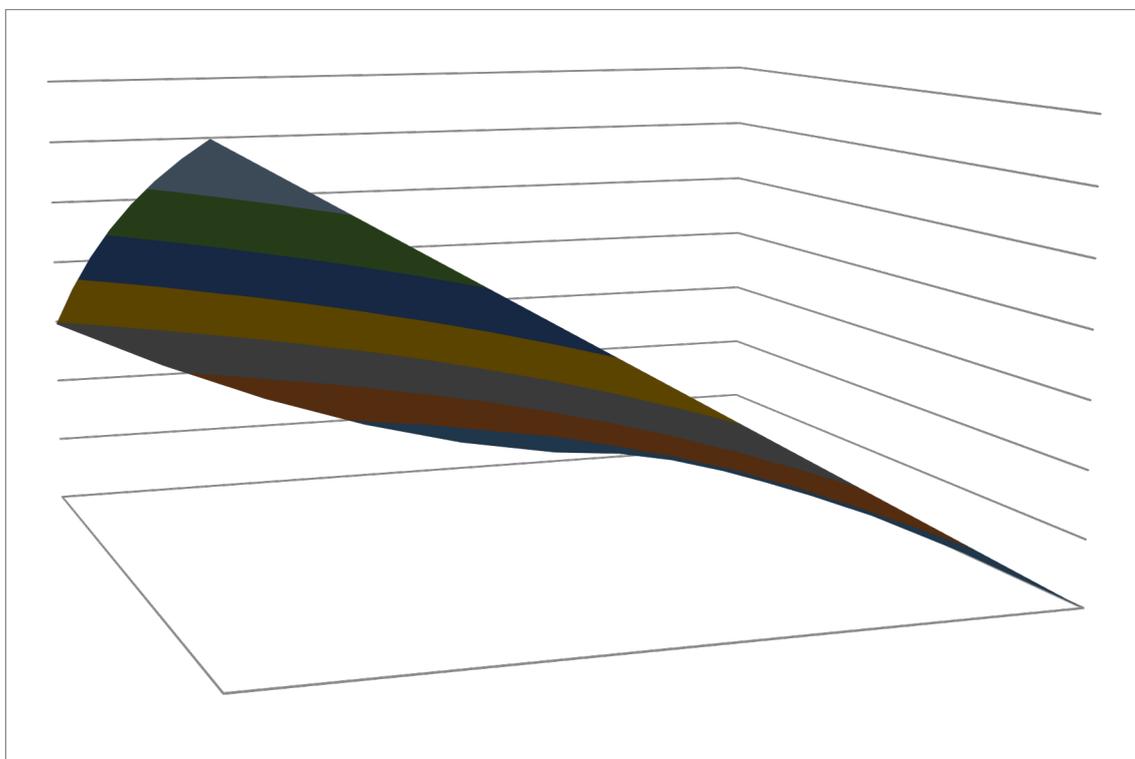


Рисунок 5 – Общий вид поверхности  $\psi^N(\gamma, \varphi_c)$

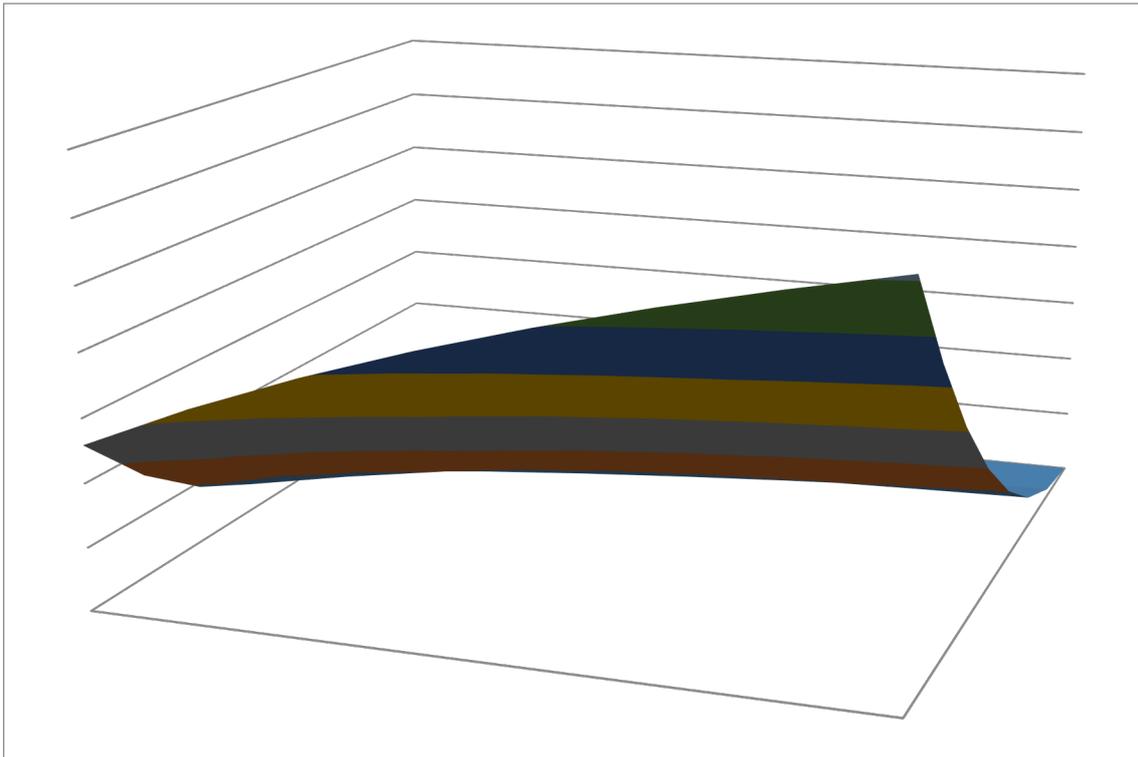


Рисунок 6 – Общий вид поверхности  $\psi^M(\gamma, \varphi_c)$

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ю. А. Шиманский. Справочник по строительной механике корабля. Том 3 // Ленинград: Судпромгиз, 1960. 799 с.
2. В. А. Постнов, Д. М. Ростовцев, В. П. Сулов, Ю. П. Кочанов. Строительная механика корабля и теория упругости. Том 2 // Ленинград: Судостроение, 1987. 415 с.
3. Ю. А. Шиманский. Справочник по строительной механике корабля. Том 1 // Ленинград: Судпромгиз, 1958. 677 с.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. II. Корпус / Российский морской регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2023. 333 с.

УДК 620.17; 621.793:629.5.083.5

## **СПОСОБ ПООПЕРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НАПЛАВКИ В СУДОРЕМОНТЕ**

**Е. А. Давыдов**, аспирант, начальник научно-технического отдела  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»<sup>1</sup>  
**К. О. Каразанов**, аспирант, инженер научно-технического отдела  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Рассмотрены различные способы нанесения многослойной наплавки и пути их развития в области судоремонта. Указаны основные особенности состава, структуры и свойств формируемого наплавленного слоя при различных способах нанесения многослойной наплавки. Обозначены основные шаги по созданию комплексного метода восстановления деталей многослойной наплавкой с пооперационным контролем.

**Ключевые слова:** многослойная наплавка, лазерная наплавка, плазменная наплавка, микроструктура, неразрушающий контроль.

### ***Введение***

Использование многослойной наплавки в промышленности имеет два главенствующих направления. Первый – это технический способ получения слоев материала с заданными свойствами для создания новых деталей [1, 2]. Второй представляет собой ремонтную технологию для восстановления геометрических параметров изношенных или поврежденных деталей [3]. В данной статье рассматривается технология восстановления деталей судовых машин и механизмов на примере валопроводов и пальцев, где зачастую происходит наплавка на ранее наплавленный слой, оставшийся после эксплуатации.

### ***Состав, структура и свойства многослойной наплавки***

Наиболее широко используемыми в машиностроении и машиноремонте способами нанесения многослойной наплавки являются: ацетиленкислородная наплавка [4], плазменное напыление самофлюсующихся порошков [5], плазменная наплавка [6, 7], наплавка порошковой проволокой [3, 8], многоэлектродная наплавка [9], лазерная наплавка [10, 11, 12]. Описание процесса нанесения наплавленного слоя при помощи лазерного излучения

---

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»

наиболее часто встречается в зарубежных источниках. Каждый из видов наплавки или напыления имеет свои преимущества и недостатки, границы применимости и результирующее действие на структуру и свойства основного материала.

Нанесение слоя наплавки при помощи ацетиленкислородной сварки выгодно отличается от других методов за счет низкой стоимости оборудования и качественного сплавления с материалом основы. В некоторых случаях наблюдается наличие крупных пор и прочих дефектов, которые, тем не менее, устранимы при использовании достаточной толщины подслоя. Износостойкие свойства подобных покрытий во многом определяются размером и формой частиц второй фазы (например, карбидами) [4].

Плазменное напыление и плазменная наплавка являются перспективными методами нанесения покрытий различного назначения и состава [5, 6, 7]. Технология обеспечивает получение плотного слоя без внутренних дефектов, высокую точность, минимальное наличие неметаллических включений и небольшую остаточную пористость. Плазменное напыление многослойных защитных покрытий может быть успешно применено для деталей судовых машин и механизмов, наиболее часто подвергающихся изнашиванию. Каждый из слоев в данном случае несет определенную функцию. Например, авторы [5] сообщают о предназначении слоев для обеспечения износостойкости, стойкости к окислению при повышенных температурах и осуществления плавного перехода свойств между металлическими слоями и слоями, содержащими оксиды. Тем не менее, распространенность оборудования для плазменного напыления и плазменной наплавки существенно ниже, чем у традиционных технологий наплавки электродом или порошковой проволокой.

Многослойная лазерная наплавка, описанная, в частности, в [10, 11, 12], ярко отражает влияние химического состава наплавочных материалов на геометрию покрытия, эволюцию микроструктуры и механические свойства полученного слоя. Некоторые сплавы демонстрируют массивное мартенситное превращение при наплавке, которое приводит к возникновению сжимающих механических напряжений и подавляет возможное растрескивание и отслоение нанесенного слоя. Процесс наплавления снижает твердость ранее наплавленных слоев, но использование легирующих элементов значительно увеличивает общую твердость покрытия. Это компенсирует снижение твердости за счет упрочнения мартенситной матрицы. При этом авторы [10, 11, 12] уточняют, что присутствие мартенсита и твердых карбидов может привести к хрупкому виду разрушения при испытании на растяжение.

### ***Развитие многослойной наплавки в области судоремонта***

На предприятии АО «Борремфлот» для восстановления судовых валов используется утвержденная [13] технология, предполагающая поэтапную многослойную наплавку под флюсом для достижения высокой прочности, стойкости к коррозии и высокой адгезии между слоями. Несмотря на то, что указанная технология является широко распространенной, в ней существуют

области для дальнейших исследований. В частности, количество допустимых наплавочных слоев повторной наплавки в руководящем документе не указано однозначно. Рекомендации не учитывают возможные дефекты внутри детали после эксплуатации.

Сущность разрабатываемого нами подхода состоит в ультразвуковом изучении поверхности наплавленной и обработанной детали. Неразрушающий ультразвуковой контроль сосредоточен на исследовании спектрального состава сигнала. Микроструктурные исследования направлены на оценку физико-механических параметров: микротвердость, равноосность зерен и однородность их распределения по размерам, степень адгезии слоев друг к другу, объемная доля пор, наличие и размеры трещин. При измерении параметров формируется браковочный критерий: отклонения в спектре зондирующей ультразвуковой волны связываются с повышенной твердостью и дефектами в микроструктуре. В дальнейшем, при ультразвуковом контроле значительные отклонения в спектре сигнала могут быть расценены как состояние так называемого «преддефекта». Соответственно, направлением исследования выступает *формирование комплексного метода восстановления деталей многослойной наплавкой с пооперационным контролем.*

Комплексный метод был апробирован на образцах стали 10ХСНД, которая имеет широкое применение, в том числе и в судостроении. Образцы с известным уровнем пластической деформации проходили процедуры неразрушающего ультразвукового и разрушающего металлографического контроля. Непрерывное излучение ультразвука и изучение спектра сигнала осуществлялось с помощью генератора Tektronix Function Generator с использованием частоты 5МГц. Образцы подготовлены при помощи металлографического шлифовально-полировального станка MetaPol 1250S, карбидокремниевой шлифовальной бумаги и полировальной алмазной суспензии, после чего протравлены спиртовым 5%-раствором азотной кислоты. Фотографии микроструктуры были получены при помощи оптического светового микроскопа БиОптик СМІ-400.

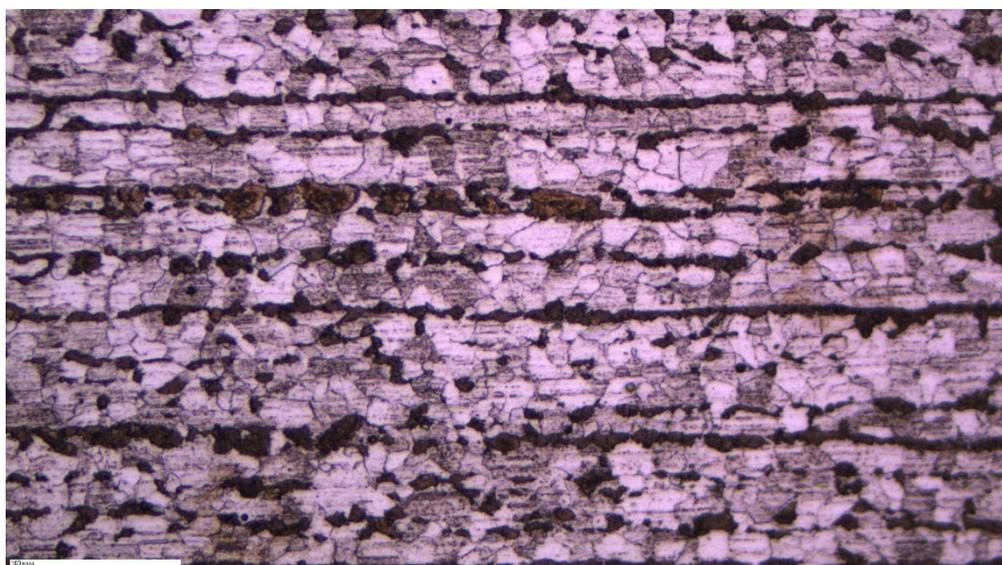


Рисунок 1 – Микроструктура стали 10ХСНД без деформации, увеличение x200

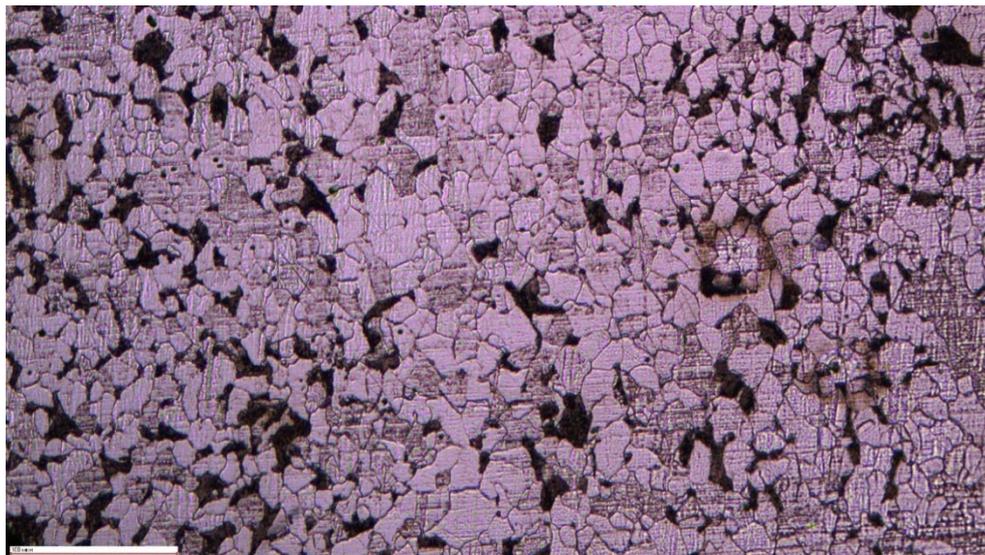


Рисунок 2 – Микроструктура стали 10XCHД при деформации ~10%, увеличение x200

Наблюдаемое разрушение перлитно-ферритной полосчатости подтверждает наличие пластических деформаций в материале, которые выявляются при неразрушающем контроле. Ультразвуковая диагностика выявила разницу величиной около 20 дБ между гармониками в спектре сигнала, что свидетельствует о чувствительности метода к величине накопленной пластической деформации.

В настоящее время сотрудниками НТТЦ «Механик» совместно с сотрудниками АО «Борремфлот» проводится эксперимент для распространения метода на многослойную наплавку. При помощи неразрушающего контроля и металлографического анализа выносятся предположение о возникновении и перераспределении дефектов в зоне термического влияния при нанесении каждого слоя наплавки. Результаты исследования будут представлены в дальнейших публикациях.

### ***Заключение***

Способ многослойной наплавки позволяет создать функционально-градиентный материал, где каждый из слоев не только несет собственную функцию, но и испытывает температурное и механическое влияние от соседствующих слоев. Последовательная многослойная наплавка создает механические напряжения в структуре нанесенного материала, которые в некоторых случаях приводят к отслоению [12]. Решение о возможности повторной наплавки должно базироваться на браковочном критерии, который выявляет состояние «преддефекта».

Материаловедческое исследование последовательной наплавки детали позволяет оценить степень дефектности материала основы, адгезионные и прочностные свойства переходной зоны. Полученные результаты станут основой для разработки методических рекомендаций для пооперационного контроля при восстановительной наплавке тел вращения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвиенко В. Н., Иванов В. П., Степнов К. К. Получение многослойного композиционного покрытия наплавкой ленточными электродами // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 1998. – №. 6. – С. 201-204.
2. Душина А. Ю. Послойная плазменная наплавка сталей аустенитного класса типа 308LSi для аддитивного производства: дис. – Пермь: автореф. дис. канд. техн. наук, 2022.
3. Корнев А. Б., Каразанов К. О., Давыдов Е. А., Березин Е. К. Материаловедческий анализ восстановительной наплавки пальцев цепи черпакового земснаряда пр. Р-36 // Речной транспорт (XXI век) № 1 – 2023 – С. 52-56
4. Паркин А. А., Жаткин С. С., Минаков Е. А., Семин А. Б. Структура и износостойкость многослойного карбидосодержащего покрытия после ацетиленокислородной наплавки // Известия МГТУ. – 2014. – №4 (22).
5. Пугачева Н. Б., Николин Ю. В., Быкова Т. М., Горулева Л. С. Химический состав, структура и микротвердость многослойных высокотемпературных покрытий // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2022. – Т. 24, № 4. – С. 138–150. – DOI 10.17212/1994-6309-2022-24.4-138-150.
6. Щицын Ю. Д., Терентьев С. А., Неулыбин С. Д., Артемов А. О., Белинин Д. С. Плазменная наплавка разнородных материалов на токе прямой и обратной полярности // Сварка и диагностика: сборник докладов международного форума (Екатеринбург, 25-27 ноября 2014 г.). – Екатеринбург, 2015. – 2015. – С. 182-187.
7. Щицын Ю. Д., Терентьев С. А., Неулыбин С. Д., Артемов А. О., Белинин Д. С. Формирование структуры и свойств стали 04X18H9 при аддитивном производстве заготовок // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 55–62. DOI: 10.15593/2224-9877/2018.3.07
8. Рябцев И. А. и др. Структура многослойных образцов, имитирующих наплавленные инструменты для горячего деформирования металлов // Автоматическая сварка. – 2013. – №. 9. – С. 43-47.
9. Файзибаев Ш. С., Набиев Э. С., Соболева И. Ю. Многослойная наплавка обода колеса грузового вагона // Известия Транссиба. – 2021. – №3 (47).
10. Luo K. Y. et al. Microstructural evolution and characteristics of bonding zone in multilayer laser cladding of Fe-based coating // Journal of Materials Processing Technology. – 2019. – Т. 263. – С. 50-58.
11. Thawari N. et al. Effect of multi-layer laser cladding of Stellite 6 and Inconel 718 materials on clad geometry, microstructure evolution and mechanical properties // Materials Today Communications. – 2021. – Т. 28. – С. 102604.
12. Rahman N. U. et al. Development and characterization of multilayer laser clad high speed steels // Additive Manufacturing. – 2018. – Т. 24. – С. 76-85.
13. РД 31.52.12-88 Судовые гребные валы. Восстановление электродуговой наплавкой перлитными и аустенитными сталями

УДК 656.6:639.2.052.34

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ АВТОНОМНОЙ ФОРМЫ ПРОМЫСЛА К ГИБРИДНОЙ В АТЛАНТИЧЕСКОМ ОКЕАНЕ**

**В. А. Белоусов**, аспирант кафедры ССМТ ФГБОУ ВО «КГТУ»<sup>1</sup>

**Д. Н. Дмитриев**, аспирант кафедры ССМТ ФГБОУ ВО «КГТУ»

**Е. А. Чуреев**, директор научно-исследовательского центра судостроения ФГБОУ ВО «КГТУ»

**С. В. Дятченко**, д.т.н., профессор кафедры ССМТ ФГБОУ ВО «КГТУ»

Атлантический промысел является одним из важнейших видов добычи рыбы для Российской Федерации. Так, еще в СССР, вылов атлантических биоресурсов отечественным рыболовным флотом достигал внушительных объемов. В те времена широко использовалась экспедиционная форма ведения промысла, которая, совместно с научно-исследовательским флотом, позволяла находить перспективные районы промысла и облавливать большую часть выделенных квот. Однако, после событий, связанных с развалом СССР, промысловый флот разделился между коммерческими предприятиями, вследствие чего произошел постепенный переход от экспедиционного промысла к автономному, предполагающему, что большие морозильные рыболовные траулеры (далее БМРТ) сами будут вылавливать рыбу в отдаленных районах промысла, перерабатывать добычу и доставлять готовый продукт в порты. В данной работе рассматривается гипотеза о возможности возвращения к одному из вариантов экспедиционного промысла, при котором крупнотоннажное судно-процессор будет добывать рыбу, а доставкой готовой продукции будет заниматься транспортный рефрижератор. Данный вариант промысла хорошо зарекомендовал себя в промысловых районах Тихого океана, в котором сконцентрирована большая часть транспортного флота. В связи с этим, коллективом Калининградского государственного технического университета был выполнен оценочный расчет основных экономических показателей при автономном промысле одного отечественного БМРТ, а также при обслуживании одним приемно-транспортным судном нескольких БМРТ с аналогичными характеристиками в отдаленных районах промысла Атлантического океана. Данные расчеты выполнялись по основным показателям доходов и расходов обоих видов промысла за один рейс и эксплуатационный период. На основании выполненных оценочных расчетов экономических показателей сформулирована дальнейшая задача на проектирование судов для поиска наилучшего экономического эффекта при промысле в Атлантическом океане.

---

<sup>1</sup> Кафедра судостроения, судоремонта и морской техники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет»

**Ключевые слова:** форма организации промысла, рыболовный флот, транспортный флот, транспортный рефрижератор, большой морозильный рыболовный траулер, судно-процессор, Пулковский меридиан, 50 лет СССР, Атлантический океан, отдаленный промысел.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наиболее известными формами организации промысла (далее ФОРМ), являются автономная и экспедиционная. Первая ФОРМ подразумевает промысел крупнотоннажными судами-процессорами в одиночку, отправляясь в отдаленные районы промысла за непосредственной добычей Атлантических биоресурсов. Вторая ФОРМ – промысел группой судов, как правило, состоящей из одной-двух рыбообрабатывающих и перерабатывающих плавучих баз, рыбодобывающих судов, а также в некоторых случаях и танкеров с топливом.

Экспедиционная ФОРМ потерпела крупные изменения после развала СССР, поскольку большинство плавучих баз были списаны из-за возраста, а также нерентабельности использования. Однако, на сегодняшний день, в районе Дальнего Востока до сих пор эксплуатируется несколько крупных рыбоперерабатывающих плавбаз типа «Всеволод Сибирцев» (проект Р-743Д), «Капитан Ефремов» (проект 13490) и другие. Вместе с тем, их возраст составляет в среднем 30 лет, что означает, что они уже выработали свой эксплуатационный ресурс. Стоит обратить внимание, что на сегодняшний день нет информации об использовании такой формы промысла в отдаленных районах Атлантики, а использование крупных добывающих судов-процессоров в указанном районе, ставит вопрос об эффективности плавбаз.

Автономная же ФОРМ является наиболее используемой формой промысла в Атлантическом океане. Однако здесь необходимо отметить следующие основные отрицательные качества такой формы промысла в отдаленных районах Атлантики, в числе которых:

- 1) большинство крупных добывающих судов-процессоров, эксплуатируемых в отдаленных частях Атлантического океана, имеют средний возраст 25-30 лет;
- 2) эффективность такой формы промысла напрямую зависит от автономности судна;
- 3) нехватка современных автоматизированных добывающих судов негативно сказывается на объеме вылова атлантических биоресурсов и др.

На сегодняшний день, в связи с постоянной борьбой с западными санкциями, бункеровка отечественного флота возможна только у берегов «дружественных» стран, однако и это не всегда представляется экономически оправданным.

Наилучшим вариантом в сложившейся ситуации будет переход к так называемой «гибридной» ФОРМ, предполагающей, что рыбодобывающие крупнотоннажные суда-процессоры будут облавливать, перерабатывать и хранить рыбу на своем борту, а функцию доставки готовой мороженой рыбы,

консервов и прочих продуктов, возьмет на себя универсальный приемно-транспортный рефрижератор. Использование такого судна, должно предполагать бункеровку топливом, провизией, возможность смены экипажа и главное – сбора сточных вод и готовой продукции с промысловых судов.

Таким образом выдвигается гипотеза, об увеличении эффективности промысловых судов в отдаленных районах Атлантики, за счет транспортных рефрижераторов (далее ТР). Их использование позволит добывающим судам больше находиться на промысле, за счет отсутствия необходимости перехода к порту приписки и снабжения ТР, причем, доставка готовой продукции будет обеспечиваться быстрее. Стоит отметить, что в статье [1], также отмечается положительная оценка описанной «гибридной» формы промысла, в Дальневосточном регионе.

## ПРОМЫСЛОВЫЕ РАЙОНЫ

Отечественные предприятия ведут активный промысел рыбы в двух наиболее перспективных районах промысла – это Северо-Восточная и Центрально-Восточная части Атлантики.

Согласно информации АтлантНИРО (Атлантический филиал ФГБНУ «Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии») [2], Российская Федерация имеет межправительственные соглашения со странами Африки в области рыболовства и рыбного хозяйства, действующие на февраль 2024 года и не имеет членства ни в одной из Атлантических промысловых Конвенций, кроме ИККАТ (Международная комиссия по сохранению Атлантических тунцов) [3].

К описанным Африканским регионам относятся 8 стран, среди которых – Марокко, Мавритания, Сенегал, Гвинея-Бисау, Гвинея, Сьерра-Леоне, Ангола и Намибия.

Проанализировав официальные данные по вылову рыбы за период с 2015 по 2023 г. [4], видно, что основной промысел рыбы производился в районе Королевства Марокко и Республики Мавритания. В таблице 1 представлены численные значения добытой рыбы в Центрально-Восточной Атлантике (далее ЦВА). Следует отметить, что в таблице 1 представлены значения по фактически добытой рыбе за расчетный период, без ее разделения на виды/подвиды.

Таблица 1 – Промысел в Центрально-восточной части Атлантического океана

№ п/п	Район промысла	За расчетный период, тонн рыбы/год								
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Марокко	39553	36204	46408	30963	44214	12489	22649	58712	26634
2	Сенегал	-	-	-	-	-	-	-	-	886
3	Гвинея	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Мавритания	89099	96075	62784	100215	60660	74274	43804	45184	30078
5	Ангола	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Гвинея-Бисау	17564	23909	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение Таблицы 1

№ п/п	Район промысла	За расчетный период, тонн рыбы/год								
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
7	Намибия	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Сьера-Леоне	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Итого за год	146216	156188	109192	131178	104874	86763	66453	103356	57598

На рисунке 1, представлена диаграмма по фактически выловленной рыбе за расчетный период 2015-2023 г.

Необходимо отметить, что отсутствие промысла в южной части Африканского континента связано с большим расстоянием от отечественных портов, следовательно, у промысловых судов не хватает автономности, для работы в Юго-Восточной части Атлантики (далее ЮВА). Для этого требуется либо бункеровочная база, которая могла бы обслуживать отечественные суда в указанном районе, либо иметь крупный транспортный флот, способный бесперебойно снабжать добывающие суда на месте.

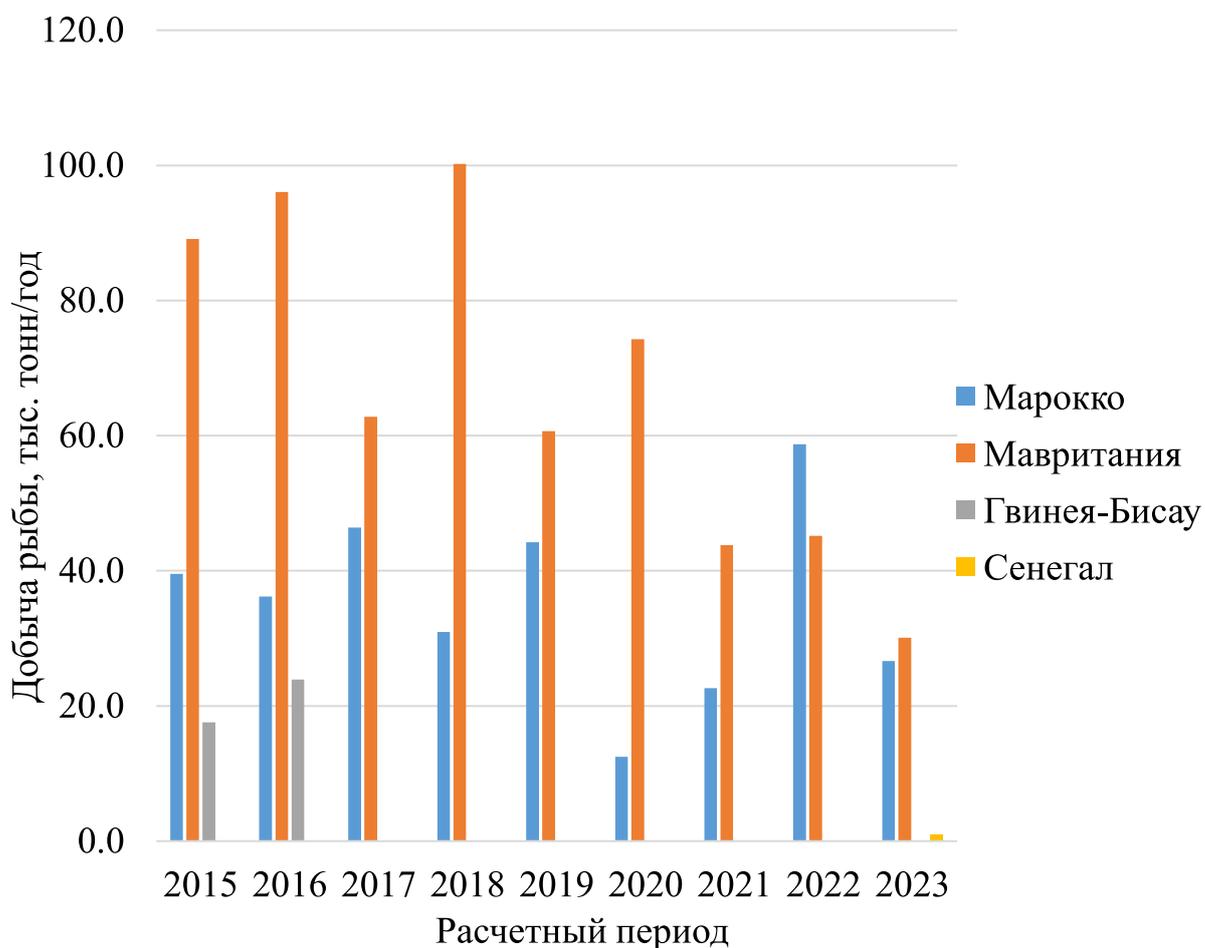


Рисунок 1 – График зависимости добытой рыбы в ЦВА от расчетного периода

Исходя из описанных соображений, а также отсутствия данных по промыслу в ЮВА, данный район рассматриваться не будет.

Оценочные расчеты экономических показателей представляются для наиболее перспективных районов промысла ЦВА. На рисунке 2, представлены районы промысла (А и Б), относящиеся к акваториям Королевства Марокко и Республикам Мавритания, Сенегал и Сьерра-Леоне, а также отечественные порты – города Мурманск (1) и Калининград (2).

Приблизительные расстояния, от рассматриваемых портов до районов промысла представлены в таблице 2.

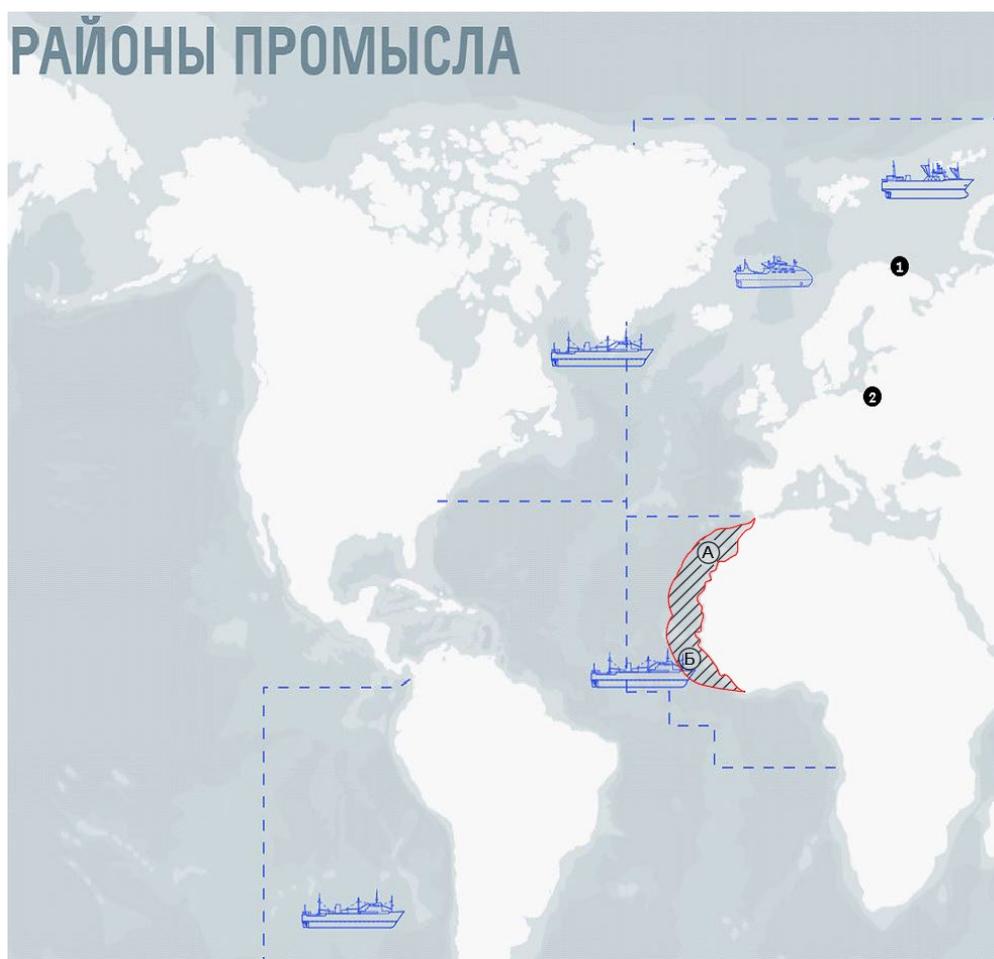


Рисунок 2 – Районы промысла (А, Б) и порты приписки (1, 2)

Таблица 2 – Приблизительные расстояния от портов до районов промысла

№ п/п	Порты приписки	Расстояние до районов промысла, мор. мили	
		А	Б
1	г. Мурманск	3150	4450
2	г. Калининград	2500	3800

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Эффективность использования описанной ФОП зависит от количества одновременно эксплуатирующихся добывающих судов, а также грузоподъемности и скоростных качеств приемно-транспортного судна. В

настоящее время в ЦВА производят промысел порядка 13 и более больших морозильных рыболовных траулеров (далее БМРТ). Наиболее распространенным из них, является БМРТ типа «Пулковский меридиан» [5]. Данное судно будет рассматриваться как при автономном промысле, так и при гибридном.

В качестве универсального приемно-транспортного судна для «гибридной» ФОП, рассматривается ТР промыслового флота типа «50 лет СССР» [5]. Это судно имеет достаточную вместимость и скоростные характеристики, а также неограниченный район плавания, которые необходимы для обслуживания промыслового флота в ЦВА.

Вместе с тем, необходимо отметить, что описанной вместимости ТР типа «50 лет СССР» достаточно для обслуживания пяти аналогичных по характеристикам БМРТ типа «Пулковский меридиан», в связи с чем оценка «гибридной» ФОП выполнена для пяти судов подобных характеристик.

Характеристики обоих описанных судов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики рассматриваемых судов

Наименование обозначение	величины и	БМРТ «Пулковский меридиан»	ТР «50 лет СССР»
Длина наибольшая $L$ , м		103,7	172,03
Ширина $B$ , м		16,0	23,0
Средняя осадка $T$ , м		5,87	8,09
Высота борта $H$ , м		10,2	13,7
Водоизмещение $D$ , т		5720	19600
Общий объем трюмов и твиндеков $V$ , м <sup>3</sup>		2826	15887
Численность экипажа $n$ , чел		94	91
Скорость хода $v_s$ , уз		14,3	18,9
Мощность главного двигателя $N_e$ , кВт		5160	8530
Автономность плавания по запасам топлива (рейсовая) $A$ , сут.		70	90
Удельный расход топлива $\bar{g}_e$ , г/кВт·ч		204	212
Расход топлива $g_e$ , л/ч		1224	2103
Грузоподъемность $Q_{гр}$ , т		1364	10028
Среднесуточный вылов рыбы $q_c$ , т/сут.,		~ 110	–
Дизельное топливо $R_d$ , т		96	3278
Тяжелое топливо $R_m$ , т		1035	3183
Пресная вода $R_v$ , т		90	840

Необходимо отметить, что выбор указанных судов произведен без учета портовых требований, поскольку основная идея заключается в оценке экономической эффективности двух форм промысла.

Авторами была разработана расчетная модель для оценки экономической эффективности при переходе от автономной ФОП к «гибридной». Описанный эффект выражается в разности между фактическим доходом от пойманной рыбы

и фактическими расходами на провизию, топливо, заработную плату экипажа и т. д.

Продолжительность рейса при автономной ФОП – есть сумма составляющих времени перехода к районам промысла и обратно, промыслового времени, межрейсовых стоянок, а также непроизводственного времени в связи с метеорологическими условиями [6] и [7].

Описанная характеристика для «гибридной» ФОП вместо промыслового времени включает погрузочно-разгрузочные работы и переход к судам [8].

Производительность рыболовного судна определяется среднесуточным выловом и грузоместимостью, а также мощностью рыбоперерабатывающих линий. Доход от рыбы определяется оптовыми ценами [9]. В данном случае принято, что половину улова составляет сельдь, а вторую половину – треска.

К эксплуатационным затратам относятся основные показатели, в числе которых:

- заработная плата экипажа;
- отчисления во внебюджетные фонды
- расходы на питание экипажа;
- затраты на покупку квот;
- затраты на топливо;
- затраты на общесудовое снабжение;
- затраты на текущий ремонт;
- общехозяйственные расходы;
- затраты на разгрузочные работы.

Затраты на топливо приняты согласно актуальным ценам на дизельное топливо и флотский мазут [10]. Затраты на погрузочно-разгрузочные работы приняты как средняя стоимость данных работ в портах г. Мурманска и г. Калининграда.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты экономических показателей по двум ФОП, представлены в табличной форме. Оценочные данные по автономной ФОП описаны в таблице 4, а по «гибридной» ФОП в таблице 5.

Таблица 4 – Оценочные расчеты экономических показателей автономной ФОП

Наименование	От порта Мурманск, морские мили		От порта Калининград, морские мили	
	А	Б	А	Б
	3150	4450	2500	3800
Длительность рейса, сут.	43,0	51,3	38,8	47,2
Время хода в район промысла и обратно, сут.	18,36	25,9	14,6	22,1
Время промысла, сут.	12,4		12,4	
Время в порту, сут.	8,34		8,34	
Число рейсов в год	7	6	8	7

Продолжение Таблицы 4

Наименование	От порта Мурманск, морские мили		От порта Калининград, морские мили	
	А	Б	А	Б
	3150	4450	2500	3800
<b>Производительность</b>				
Производительность за рейс, т	1364		1364	
Производительность за год, т	9990	8369	11062	9108
Цена за тонну, руб/т	202500		202500	
<b>Стоимость продукции за год, млрд руб</b>	<b>2,02</b>	<b>1,69</b>	<b>2,24</b>	<b>1,84</b>
<b>Эксплуатационные затраты, млрд руб</b>				
Заработная плата экипажа	0,405	0,339	0,448	0,369
Отчисления	0,121	0,102	0,134	0,111
Питание экипажа	0,03		0,03	
Затрата на покупку квот (25%)	0,206	0,174	0,227	0,188
Ремонт орудий лова	0,015	0,013	0,017	0,014
Топливо	0,234	0,196	0,259	0,214
Общесудовое снабжение	0,019	0,016	0,021	0,017
Текущий ремонт (5%)	0,041	0,035	0,045	0,038
Общехозяйственные расходы (3%)	0,025	0,021	0,027	0,023
<b>Сумма эксплуатационных расходов, млрд руб</b>	<b>1,10</b>	<b>0,92</b>	<b>1,21</b>	<b>1,00</b>
<b>Разница между доходами и расходами, млрд руб</b>	<b>0,92</b>	<b>0,77</b>	<b>1,03</b>	<b>0,84</b>

Таблица 5 – Оценка эффективности «гибридной» ФОП

Наименование	От порта Мурманск, морские мили		От порта Калининград, морские мили	
	А	Б	А	Б
	3150	4450	2500	3800
Длительность рейса (5 БМРТ), сут.	61,0	67,3	57,9	64,2
Время хода ТР в район промысла и обратно, сут	15,25	21,55	12,11	18,40
Погрузочные работы в море, сут	17,8		17,8	
Переход к другим судам, сут	1		1	
Стоянки ТР в порту, сут	27		27	
Ежегодное освидетельствование, сут.	14		14	
Число рейсов в год	5	5	6	5
<b>Производительность</b>				
Производительность 5 БМРТ за год, т	49950	41843	55308	45538
Цена за тонну, руб/т	202500		202500	
<b>Стоимость вылова за год, млрд руб</b>	<b>50,6</b>	<b>42,4</b>	<b>67,2</b>	<b>46,1</b>
<b>Эксплуатационные затраты на пять БМРТ и один ТР, млрд руб.</b>				
Заработная плата экипажа	10,1	8,47	13,4	9,22
Отчисления	3,03	2,54	4,03	2,77
Питание экипажа	0,177		0,177	
Затраты на покупку квот	3,76	3,23	4,93	3,47
Топливо	1,62	1,62	1,94	1,62

Продолжение Таблицы 5

Наименование	От порта Мурманск, морские мили		От порта Калининград, морские мили	
	А	Б	А	Б
	3150	4450	2500	3800
Общесудовое снабжение	0,081	0,081	0,097	0,081
Затраты на погрузочно-разгрузочные работы	0,027		0,027	
Текущий ремонт	1,96	1,68	2,56	1,81
<b>Сумма эксплуатационных расходов, млрд руб</b>	<b>20,8</b>	<b>17,8</b>	<b>27,2</b>	<b>19,2</b>
<b>Разница между доходами и расходами, млрд руб</b>	<b>29,8</b>	<b>24,6</b>	<b>40,0</b>	<b>26,9</b>

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена оценка основных экономических показателей работы промыслового флота при автономной и «гибридной» ФОП. Сводные данные по экономическому эффекту рассматриваемых форм промысла представлена в таблице 6.

Полученные результаты оценки экономических показателей показывают, что «гибридная» ФОП превосходит автономную форму за расчетный период.

При грамотном планировании промысла и работы транспортного судна, эффективность «гибридной» формы промысла в значительной мере достигается за счет большего времени нахождения промыслового флота на добыче, а также снижения времени перехода между портом и районом промысла рыболовных судов при автономной ФОП.

Таблица 6 – Сводные данные по эффективности двух форм промысла

Наименование	От порта Мурманск, морские мили		От порта Калининград, морские мили	
	А	Б	А	Б
	3150	4450	2500	3800
<b>Автономная ФОП при работе БМРТ типа «Пулковский меридиан»</b>				
Стоимость продукции за год одним БМРТ, млрд руб	2,02	1,69	2,24	1,84
Сумма эксплуатационных расходов одного БМРТ, млрд руб	1,10	0,92	1,21	1,00
Стоимость продукции за год пяти БМРТ, млрд руб	10,1	8,45	11,2	9,20
Сумма эксплуатационных расходов пяти БМРТ, млрд руб	5,50	4,60	6,05	5,00
Разница между доходами и расходами пяти БМРТ, млрд. руб	4,60	3,85	5,15	4,20
<b>«Гибридная» ФОП – 1 ТР типа «50 лет СССР» и 5 ед. БМРТ типа «Пулковский Меридиан»</b>				
Стоимость вылова за год, млрд руб	50,6	42,4	67,2	46,1
Сумма эксплуатационных расходов, млрд руб	20,8	17,8	27,2	19,2
Разница между доходами и расходами, млрд руб	29,8	24,6	40,0	26,9

В связи с описанными соображениями авторы работы ставят перед собой задачу разработать современное судно-процессор и транспортный рефрижератор, способные обеспечить максимальный экономический эффект при совместной работе в заданном районе Атлантики.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волков А. Н. Особенности организации рыбного промысла в современных условиях // Транспортные системы. 2022. №2 (24). С 22-31.
2. Письмо №11/221 от 16 февраля 2024 года «О межправительственных соглашениях Российской Федерации со странами Африки в области рыболовства и рыбного хозяйства». АтлантНИРО, 2024. 2 с.
3. The International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas. Fishery Rules. URL: <https://www.iccat.int/en/iccatmanual.html> (дата обращения 05.03.2024);
4. Статистика и аналитика добычи (вылова) водных биологических ресурсов. Сведения об улове рыбы и добычи других водных биоресурсов. URL: <https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/> (дата обращения 05.03.2024);
5. Флот рыбной промышленности: справочник типовых судов / под ред. Б. А. Антипова. М.: Транспорт, 1990. 381 с.
6. Иванов В. П. Оптимизационное проектирование рыболовных судов: учеб. пособие. Калининград: Издательство КГТУ, 2005. 190 с.
7. Иванов В. П. Техничко-экономические основы создания рыболовных судов: учебник. Калининград: Издательство БГАРФ, 2010. 275 с.
8. Бронников А. В. Проектирование транспортных судов: учебник. Ленинград: Судостроение, 1991. 320 с.
9. ГКУ КК «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр». Обзор мирового и российского рынков рыбы и морепродукции по состоянию на 05.03.2023 год. URL: <http://www.kaicc.ru/ceny-na-myaso-i-moloko/obzor-rynka-guby-po-47> (дата обращения: 05.03.2024).
10. Судовое топливо. Каталог. URL: <https://toplivo777.ru/katalog> (дата обращения: 05.03.2024).

УДК 656.6

## ОБЗОР ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ МОРСКОЙ ЛОГИСТИКИ

**А. Н. Гончарова**, научный сотрудник отдела развития морского транспорта АО «ЦНИИМФ»

Морская логистика является важной частью мировой системы транспортировки товаров. Современные тенденции морской логистики формируют новые требования к рынку морских перевозок. Вопросы поиска оптимальных и безопасных вариантов доставки грузов морским транспортом и инструменты стратегического планирования для их решения наиболее актуальны в настоящее время.

**Ключевые слова:** морская логистика, санкции, Арктика, морская транспортировка грузов, логистическая схема.

В условиях быстрой трансформации экономических процессов во всем мире логистика становится одной из наиболее значимых сфер экономической деятельности. Современная морская логистика, как часть мирового транспортно-логистического комплекса, занимает важную роль в мировой экономике, обеспечивая эффективную транспортировку товаров между странами и континентами.

Морской транспорт продолжает развиваться в условиях тенденций, сформировавшихся после пандемии COVID-19, последствий сбоев в глобальных производственно-сбытовых цепочках в 2021–2022 гг., ухудшения конъюнктуры на рынке контейнерных перевозок и сдвигов в структуре морских перевозок и торговли, вызванных СВО на Украине [1]. На фоне СВО морская логистика РФ столкнулась также с санкционными ограничениями (рисунок 1).

На сегодняшний день на изменение мировых морских транспортных потоков особенно повлиял «кризис Красного моря», вызванный геополитической напряженностью на традиционных южных судоходных маршрутах. Крупные контейнерные линии (*CMA CGM, MSC, Maersk и Hapag-Lloyd*) отказались от использования Суэцкого канала как транспортного коридора из-за атак йеменских хуситов на торговые суда.

Данное событие повлекло за собой ряд последствий:

- уменьшение трафика судов по каналу (в феврале 2024 года трафик прохода судов упал почти в два раза по сравнению с 2023 годом – до 41 судна в день согласно данным платформы *Port Watch IMF*);

- возросшая интенсивность судоходства на альтернативном маршруте через мыс Доброй Надежды, что отразилось на росте цены на бункерное топливо рынков Западной Африки (цены на бункерное топливо с низким содержанием серы в порту Кейптауна увеличились на 15% за последние два месяца [2]);



Рисунок 1 – Морской транспорт сегодня

- увеличение ставок морского фрахта (на 30% из Азии в Северную Европу и на 20% обратно [2]);
- увеличение размера страховых сборов из-за военных рисков при проходе через Суэцкий канал (300 долл./TEU в зависимости от порта назначения [2]).

В 2022 году традиционные логистические маршруты в России начали меняться: Западный транспортный коридор оказался для страны фактически закрыт, а Восточное и Азово-Черноморское направления – перегружены.

«Фокус» логистики РФ сегодня – переориентация международного экономического сотрудничества на большой Восток.

Согласно данным интернет-портала «Российской газеты» [3], если до начала СВО по перевалке грузов лидировали порты Балтийского бассейна, то сейчас 53,8% всех грузов обрабатывается на противоположном конце страны – в портах Дальнего Востока.

Существенной проблемой для морских перевозок на Дальнем Востоке стали ограничения железнодорожной инфраструктуры – из-за недостаточной пропускной способности железных дорог на Восточном полигоне контейнеры задерживаются в портах, в которых перегружаются [4].

Сдвиг в грузопотоках связан с уходом из российского рынка западных компаний, осуществляющих контейнерные перевозки (в первую очередь *Maersk* и *MSC*). Однако, в портах Балтийского бассейна активно начал развиваться сервис доставки грузов в контейнерах на рынки Востока за счет замещения российскими и азиатскими компаниями.

Так, в середине марта 2023 года группа *FESCO* сообщила о запуске прямого морского сервиса из портов Китая в Санкт-Петербург через Суэцкий канал без перегрузки в портах Европы.

Также с середины марта китайская транспортная компания *Hainan Yangpu Newnew Shipping* (группа *Torgmoll*) наладила регулярные перевозки пятью контейнеровозами (2,5 тыс. *TEU* каждый) между «Первым контейнерным терминалом» БМПСПб, контролируемым группой «Дело», и китайскими портами Циндао, Шанхай и Гуанчжоу.

В сложных трансформационных условиях с целью перераспределения и оптимизации грузопотоков, уменьшения логистических затрат при поставках продукции на рынки сбыта РФ развивает альтернативные маршруты доставки грузов на рынки: Северный морской путь и международный коридор «Север-Юг».

Северный морской путь – один из вариантов обхода ограничений пропускной способности Восточного полигона. План развития Северного морского пути был продлен до 2035-го, а также была запущена программа субсидирования каботажных перевозок через СМП в летне-осенний период между портами Северо-Запада России и Дальнего Востока. В 2022 г. было выполнено 2 круговых рейса, в 2023г. – 3 рейса, в 2024 г. – запланировано 3 круговых рейса [5]. Рейсы осуществляются в рамках федерального проекта «Развитие Северного морского пути», входящего в Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры. Кроме того, перспективы использования Северного морского пути обеспечиваются наращиванием добычи полезных ископаемых и СПГ в Арктике, а также возможностью перенаправления поставок нефти из Балтийского бассейна на Северный морской путь [3]. В июле 2023 года китайская судоходная компания *Newnew Shipping Line* открыла регулярную контейнерную линию между Китаем и портами Архангельск, Большой порт Санкт-Петербург и Калининград по Северному морскому пути, транзитное время по маршруту составляет 25 дней [6].

Отдельно стоит отметить, что РФ активно развивает потенциал портов на севере страны и арктического региона, прежде всего Мурманска. Северные порты России имеют прямой выход в Мировой океан – и в этом их главное преимущество, которое в современных условиях сложно переоценить. Порт Мурманск имеет наибольший ряд преимуществ: выгодное географическое положение, естественные глубины и отсутствие льда в зимнее время года. К 2027 году планируется увеличение грузооборота порта до более 110 млн т/г (к существующим мощностям добавятся угольный терминал «Порт Лавна» п.м. 18

млн т/г, контейнерный терминал «Русатом Карго» п.м. 11 млн т/г, и терминал «Тулома» п.м. 4-6 млн т балкерных грузов в год) [7].

Международный коридор «Север-Юг» является основным маршрутом для перевозки грузов из Индии, Юго-Восточной Азии, Африки и стран Ближнего Востока в Европу и обратно, минуя Суэцкий канал. Для его развития и функционирования возводится много инфраструктурных проектов союзными странами, в т. ч. и Россией. В Астраханской области сформирован Каспийский кластер, в который вошли две особые экономические зоны: промышленно-производственного типа «Лотос» и портовая. На территории портовой зоны уже реализуются два проекта: строительства современного контейнерного терминала и терминала для обработки зерновых культур и растительного масла. На астраханских судоверфях заложено четыре сухогруза-контейнеровоза для работы в Каспии. Планируется модернизация транспортно-логистического комплекса Дагестана [8].

В дополнение необходимо добавить, что современная морская логистика должна соответствовать современным мировым тенденциям развития бизнеса: следовать «трендам» зеленой логистики и внедрять технологии в области цифровизации и искусственного интеллекта.

Отдельный приоритет в структуре российской логистики в нынешних реалиях имеет освоение и развитие проектов российской Арктики.

Современная логистика доставки грузов в Арктике развивается с учетом четырех основных предпосылок:

- планы развития существующих и новых арктических проектов;
- смещение акцентов в направлении перевозок на азиатские целевые рынки;
- задача формирования устойчивой транспортно-логистической системы круглогодичного вывоза грузов по трассам СМП;
- периодические пакеты санкций западных и части азиатских стран.

Указанные предпосылки в конечном итоге формируют новые требования к российскому рынку морских перевозок.

К основным изменениям морской арктической логистики можно отнести:

- увеличение роли рейдовых и береговых перевалочных комплексов с целью снижения потребности в дорогостоящих судах высокого ледового класса;
- увеличение дедвейта/вместимости неледовых конвенционных судов для вывоза груза с РПК до конечного потребителя;
- обеспечение российскими компаниями всей цепочки поставки груза с использованием собственного и зафрахтованного флота;
- угрозы судоходства на традиционных маршрутах, что привело к увеличению доли перевозок в азиатский регион с использованием Суэцкого канала и маршрута вокруг мыса Доброй Надежды.

Определение оптимальных и экономически целесообразных вариантов транспортировки грузов морским транспортом по трассам СМП из арктических

регионов с учетом мировых и российских тенденций в логистике является актуальной и востребованной задачей по сей день.

Одним из инструментов стратегического планирования для определения оптимальных вариантов доставки груза морским транспортом в условиях «маршрутной неопределенности» является выполнение технико-экономического обоснования, включающего формирование логистической модели работы судна на базе многофакторных критериев выбора сценариев транспортировки грузов.

Для создания логистической модели используется объектный подход к моделированию исходя из задач реализуемого проекта, основной единицей которого является логистическая схема.

Логистическая схема включает следующие взаимосвязанные базовые элементы:

- груз;
- расчетные суда;
- порты погрузки/выгрузки, промежуточные пункты перевалки и стоянки судов;
- маршрут транспортировки груза.

Каждый из перечисленных элементов накладывает ограничения на транспортно-логистическую систему: груз – на типоразмер судна и способ его перевалки («борт-борт», через терминал), порты – на маршрут транспортировки, маршрут транспортировки (навигационные, гидрометеорологические и ледовые условия плавания) – на суда (рисунок 2). Все ограничения должны быть выявлены и учтены при выполнении эксплуатационно-экономических расчетов.



Рисунок 2 – Структура логистической схемы

Опыт моделирования морских транспортных систем позволяет выделить 3 основных типа логистических схем: прямые, схемы с перевалкой и сезонные схемы (таблица 1).

Таблица 1 – Сущность логистических схем

Тип логистической схемы	Сущность
Прямая	Позволяют сократить затраты времени и средств на перевалку, но требуют больших капиталовложений в ледовый флот
С перевалкой	Позволяют сократить потребность в строительстве арктического флота за счет привлечения свободных судов неледového класса на участке маршрута, где не требуется ледовый класс. Разные мореходные качества у ледовых и неледových судов позволяют использовать их наиболее эффективно и безопасно в разных навигационных условиях.
Сезонные	Имеют преимущества схем с перевалкой и предусматривают в зимне-весенний период работу флота через традиционные южные маршруты, что позволяет сократить затраты на ледокольную проводку.

Логистические схемы транспортировки жидких углеводородов с арктических месторождений чаще всего включают перевалку груза с судов ледового класса на суда без ледовых усилений, что в настоящий момент является наиболее эффективным вариантом реализации проекта вывоза грузов, если не предусмотрены иные условия.

На основании сформированных логистических схем осуществляется математическое моделирование работы судна на расчетных направлениях и осуществляется расчет и анализ эксплуатационных и экономических показателей работы судна, что позволяет выбрать оптимальную логистическую схему.

В ряде случаев при решении прогнозных задач на основе результатов математического моделирования дальнейшим этапом проработки является имитационное моделирование как инструмент учета при операционной деятельности судов детерминированных и вероятностных процессов.

Таким образом, в современных реалиях поиск оптимальных вариантов доставки грузов морским транспортом невозможно представить без средств математического и имитационного моделирования т. к. мировое судоходство по-прежнему сталкивается с многочисленными вызовами, включая усиление напряженности в торговой политике и геополитических трений, пытаюсь адаптироваться к изменениям в моделях глобализации. Кроме того, морской отрасли следует переориентироваться в будущем на более экологически устойчивые модели, сократить выбросы углерода и внедрять цифровые технологии. От того, насколько морской отрасли удастся обеспечить учет всех этих взаимосвязанных факторов, будет зависеть то, каким образом она сможет адаптироваться к меняющейся операционной и нормативно-правовой среде, продолжая в тоже время эффективно удовлетворять потребности международной торговли.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обзор морского транспорта 2023 г. ЮНКТАД. [Электронный ресурс]. – URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023overview\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023overview_ru.pdf) (дата обращения 01.04.2024).
2. Суэцкий канал и Красное море: обходные маневры // Интернет-издание «Логирус.ру». – URL: [https://logirus.ru/articles/solution/suetskiy\\_kanal\\_i\\_krasnoe\\_more\\_obkhodnye\\_manevry.html](https://logirus.ru/articles/solution/suetskiy_kanal_i_krasnoe_more_obkhodnye_manevry.html) (дата обращения 01.04.2024).
3. Российские компании увеличили объемы контейнерных перевозок за 2023 год // Интернет-издание «Российской газеты». – URL: <https://rg.ru/2023/11/14/reg-urfo/gruz-dostaviat-v-srok.html> (дата обращения 29.03.2024).
4. Транспорт и логистика: переориентация направлений и изменения в структуре // Официальный сайт кредитного рейтингового агентства «Эксперт РА». – URL: [https://raexpert.ru/researches/traffic\\_2023/](https://raexpert.ru/researches/traffic_2023/) (дата обращения 29.03.2024).
5. Определены график и география субсидируемых каботажных рейсов по Севморпути на 2024 г. // Официальный сайт интернет-издания «Морские вести России». – URL: <https://morvesti.ru/news/1679/109783/> (дата обращения 19.06.2024).
6. NewNew Shipping Line поставит еще 8-10 контейнеровозов на линию по СМП в 2024 году // Официальный сайт ИАА «ПортНьюс». – URL: <https://portnews.ru/news/353172/> (дата обращения 29.03.2024).
7. Чернов Виталий. Слияние северных гаваней. Журнал «Порт Ньюс» 1(49)/2024.
8. Началось расширение Международного транспортного коридора «Север – Юг» // Интернет-издание «Российской газеты». – URL: <https://rg.ru/2023/05/11/reg-skfo/nachalos-rasshirenje-mezhdunarodnogo-transportnogo-koridora-sever-iug.html> (дата обращения 27.03.2024).

УДК 338.28

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОСУДАРСТВА И БИЗНЕСА ПО АКТИВИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В СУДОСТРОЕНИИ**

**А. А. Буянова**, техник 1-й категории отдела развития морского транспорта АО «ЦНИИМФ»

Проведен анализ взаимодействия государства и бизнеса в контексте импортозамещения в российской судостроительной отрасли. Рассмотрены особенности судостроения, как отрасли с высокой стоимостью производства, длительными сроками строительства и зависимостью от импортных компонентов. Рассмотрены задачи Программы импортозамещения в судостроении, проанализированы результаты ее реализации, на основе которых разработаны предложения по развитию механизма импортозамещения в отрасли в условиях санкционных ограничений.

**Ключевые слова:** судостроение, импортозамещение, государственное управление, санкции, бизнес.

История рыночных отношений в экономике многих стран свидетельствует о чередовании периодов либо усиления рыночного механизма, либо государственного регулирования. Человечество отказалось от экстремальных состояний экономики: стихийного рынка и государственной командной системы. Государство и бизнес заинтересованы в эффективном взаимодействии, где каждая сторона ответственно выполняет свои функции. Государство формирует благоприятные условия функционирования и развития бизнеса (разгосударствление, приватизация, протекционизм, финансовая помощь, гарантии и др.), вырабатывает экономическую политику, регулирует денежное обращение и др. Бизнес развивает предпринимательство, выполняет государственные заказы, содействует выполнению социальных программ и др. При этом рамки партнерства между государством и бизнесом зависят от внешних и внутренних факторов, от уровня социально-экономического развития страны.

В последние годы рыночная экономика в России развивается в условиях санкций со стороны США и западных стран. До 24 февраля 2022 года на Россию было наложено 2 695 санкций. К концу 2023 года их количество возросло более чем в три раза [1]. К наиболее значимым направлениям санкций относятся: блокировка валютных резервов Банка России и многих российских банков; запрет импорта в Россию по многим позициям; эмбарго на нефть и нефтепродукты, уголь, золото и др. Особенно сложная ситуация сложилась в

отраслях, где большое количество комплектующих закупается за рубежом. Одной из таких отраслей является судостроительная.

Судостроение – это отрасль тяжелой промышленности, которая характеризуется высоким производственным, научно-техническим потенциалом и большими объемами государственного финансирования. Кроме того, в 2007 году государство объединило разрозненные судостроительные предприятия в Объединенную судостроительную корпорацию (ОСК), выполняющую роль системного интегратора отрасли (контролирует 80% производственных мощностей отрасли).

Продукция отрасли – суда гражданского водного транспорта и военного морского флота, которые обеспечивают национальную безопасность страны.

К 2018 году зависимость от импортных поставок в гражданском судостроении доходила от 30 до 70% в зависимости от судна [2]. Все технологически сложные изделия, такие как двигатели, силовые установки, системы навигации и связи, ввозятся из-за границы.

Для достижения независимости отрасли от импорта руководством страны были приняты действенные меры. В этой ситуации большое значение имеет конструктивная и прозрачная система отношений между государством и бизнесом.

Модель взаимодействия государства и бизнеса определяет: достижение социально-экономических показателей; скорость и качество реализации государственных программ; уровень и качество жизни населения; скорость внедрения инноваций в хозяйственную деятельность. На рисунке 1 представлены наиболее распространенные модели взаимодействия государства и бизнеса.



Рисунок 1 – Модели взаимодействия государства и бизнеса  
Источник: составлено автором по [3]

При любой модели взаимодействия государства и бизнеса конструктивный диалог реализуется через эффективные формы взаимодействия, позволяющие обеспечить экономическую выгоду обеих сторон.

Одной из действенных форм взаимодействия государства и бизнеса в условиях дефицита бюджета ресурсов является институт государственно-частного партнерства в различных его формах (государственно-частные предприятия, концессии, лизинг, соглашение о разделе продукции, особые экономические зоны).

Специфические особенности судостроительной отрасли (высокая стоимость судов; длительные сроки строительства; большое количество судовых комплектующих, производимых многими предприятиями и др.) и дополнительные трудности, связанные с экономическими санкциями, обуславливают необходимость активной позиции государства и его финансовой поддержки судостроительного бизнеса.

Необходимость государственной поддержки судостроительного бизнеса подтверждается современным состоянием судостроительной отрасли и проблем, тормозящих ее развитие, которые представлены в форме SWOT-анализа российской судостроительной отрасли (таблица 1).

Таблица 1 – SWOT-анализ российской гражданской судостроительной отрасли

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<p>Большое число предприятий, входящих в судостроительную отрасль. Наличие ОСК. Многолетний опыт строительства судов. Наличие успешных партнерских связей. Государственная поддержка для развития и конкурентоспособности российской судостроительной промышленности. Высокое качество продукции по отдельным сегментам строительства (атомные ледоколы, суда «река-море» плавания и др.). Наличие отечественной проектной школы. Потенциальные перспективы освоения производства инновационных видов продукции.</p>	<p>Технико-технологическое отставание от ведущих судостроительных держав (Китай, Корея, Япония). Сильная зависимость от импортного судового комплектующего оборудования. Долгие сроки и высокая стоимость строительства судов. Дефицит квалифицированного персонала. Недостаточно развитая логистика поставок судового комплектующего оборудования. Военно-морская направленность.</p>
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
<p>Оптимизация структуры управления в отрасли. Потенциал для реализации Программы импортозамещения. Потенциал преодоления технико-технологического отставания отдельных верфей по строительству судов от ведущих судостроительных держав (ССЗ «Звезда»). Повышение производительности труда на всех этапах жизненного цикла судна.</p>	<p>Наличие санкционных ограничений к судостроительным предприятиям приводит к уменьшению активности инвесторов. Снижение конкурентоспособности продукции отрасли. Обесценивание денег и увеличение стоимости иностранной валюты. Увеличение стоимости ресурсов для производства.</p>

Продолжение Таблицы 1

Совершенствование технологий, стремление к новаторству и созданию собственных разработок. Возможность получения господдержки в форме субсидий, дотаций и грантов. Реализация мероприятий, изложенных в Государственной программе развития судостроения на период до 2035 года	Снижение количества поставок оборудования, комплектующих из-за введенных санкций. Отсутствие престижности судостроительных специальностей приводит к дефициту кадров в отрасли.
---	--

Введенные экономические санкции усилили существующие проблемы в отрасли из-за большой доли импортного судового комплектующего оборудования (СКО) в конструкции судна. Были усилены меры господдержки и разработан согласно Распоряжению Правительства РФ от 27.01.2015 г. №98-р отраслевой План мероприятий по импортозамещению.

Основные задачи политики импортозамещения: стимулирование развития отечественного производства; создание благоприятных условий для развития малого и среднего бизнеса; повышение конкурентоспособности отечественных товаров на внутреннем и международном рынках; сокращение зависимости отечественного производства от импортных поставок; сокращение дефицита внешнеторгового баланса и улучшение платежного баланса страны; создание новых рабочих мест и снижение уровня безработицы; развитие научно-технического потенциала и инноваций.

Тем не менее, при разработке комплекса мероприятий следует учитывать, что реализация политики импортозамещения требует значительных финансовых вложений, что снижает финансовую устойчивость страны. Кроме того, при такой защите отечественного производителя: снижается конкуренция на рынке, что может привести к снижению качества товаров при повышении цены; у потребителя продукции сужается выбор; возможна потеря рынка экспортных товаров.

В Плате импортозамещения по конкретным объектам судостроения (крупнотоннажные транспортные суда, рыбопромысловые суда, судоремонт, главные двигатели и др.) на дату реализации Плана установлена доля импортного СКО. По результатам мониторинга реализации Плана документ был актуализирован в 2019 и 2021 гг.

Государство имеет достаточно широкий инструментарий для реализации принятого Плана импортозамещения, который можно представить, как механизм импортозамещения, состоящий из трех блоков: нормативно-правового, экономико-финансового и организационно-технологического.

В нормативно-правовой блок входят все нормативные правовые акты (НПА), регулирующие реализацию политики импортозамещения.

В таблице 2 в систематизированном виде представлен состав основных нормативно правовых актов этого блока.

Таблица 2 – Состав нормативно-правового блока механизма импортозамещения в судостроении [4]

Признак классификации	Название нормативно-правового акта
I группа – НПА содержат стимулирующие финансовые меры, направленные на повышение спроса на продукцию судостроения	Государственная программа РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений» – ФЗ от 06.12.21 № 390-ФЗ. Постановление Правительства РФ от 22.05.2008 г. № 383 (компенсация 2/3 ключевой ставки по кредитам и лизингу). Постановление Правительства РФ от 27.04.2017 г. № 502 (утилизационный грант). Постановление Правительства РФ от 04.12.2019 г. № 1584 (субсидии на крупнотоннажные суда). Постановление Правительства РФ от 27.12.2019 г. № 1917 (субсидии на рыбопромысловые суда) Постановление Правительства РФ от 29.07.2020 г. № 1138 (субсидии на строительство судов-краболовов на верфях ДФО) Постановление Правительства РФ от 20.10.2022 г. № 1872 (субсидии на выполнение проектов по созданию СКО).
II группа – НПА содержат стимулирующие организационные меры, направленные на локализацию продукции судостроения	Постановление Правительства РФ от 30.04.2020 г. № 616 (запрет на закупку иностранных товаров). Приказ Минпромторга России от 21.01.2021 г. № 103 (типовые условия контрактов). Приказ Минпромторга России от 02.08.2021 г. № 2916 (план мероприятий по импортозамещению).
III группа – НПА содержат регламентирующие нефинансовые меры, направленные на регулирование деятельности по импортозамещению	ФЗ от 26.05.2021 г. № 142-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс торгового мореплавания РФ»; (виды деятельности, осуществление которых возможно с использованием судов, построенных в России). Постановление Правительства РФ от 17.07.2015 г. № 719 (требования к промышленной продукции РФ). Решение Совета ЕЭК от 23.11.2020 г. № 105 (требования к промышленной продукции ЕАЭС). Постановление Правительства РФ от 28.08.2019 г. № 1112 (требования к краболовным судам). Постановление Правительства РФ от 29.08.2001 г. № 633 (требования к объектам инвестиций и инвестиционным проектам в области рыболовства).

Экономико-финансовый блок содержит меры, направленные на формирование благоприятных инвестиционно-инновационных условий реализации мероприятий плана импортозамещения: субсидии на лизинговые платежи и проценты по кредитам на приобретение гражданских судов; утилизационный грант; субсидии на строительство крупнотоннажных судов, рыбопромысловых судов, судов-краболовов на верфях ДФО; субсидии на выполнение комплексных проектов по разработке, созданию и внедрению в серийное производство СКО; специальный инвестиционный контракт; таможенно-тарифное регулирование поставок. Нормативно-правовые

документы, определяющие условия предоставления вышеуказанных мер государственной поддержки, приведены в I группе нормативно-правового блока.

Организационно-технологический блок механизма импортозамещения содержит меры увеличения уровня локализации при строительстве судов и привлечения заказов на отечественные верфи, а также меры, повышающие эффективность процесса импортозамещения. К таким мерам можно отнести следующие: разработка Программы импортозамещения; запрет на допуск промышленных товаров, происходящих из иностранных государств (за исключением государств – членов Евразийского экономического союза); разработка балльной системы для определения уровня локализации продукции; создание Центра импортозамещения и локализации СКО; создание отраслевого портала Центра СКО; предоставление преференций российским производителям в государственных и муниципальных закупках и др.; информационное и научно-техническое обеспечение. Нормативно-правовые документы, определяющие условия предоставления вышеуказанных мер государственной поддержки, приведены в III группе нормативно-правового блока.

Выполненный мониторинг реализации Плана по импортозамещению в судостроении позволяет сделать вывод, что импортозамещение в отрасли имеет комплекс проблем, характерных для всех отраслей, и специфических, характерных для судостроения:

- увеличивается уровень государственного регулирования деятельности судостроительной промышленности, так как импортозамещение – это политика государства, а не естественный экономический процесс, возникающий в условиях свободного рынка. Отсюда начинают проявляться недостатки: рост бюджетных расходов, ограничение конкуренции, избыточная бюрократия др.
- возможное снижение качества и повышение стоимости отдельных видов продукции из-за замены иностранных СКО на отечественные;
- снижение конкуренции из-за отсутствия на рынке СКО иностранных производителей, что может привести к снижению качества и удорожанию продукции;
- необходимо создавать новые или модернизировать существующие производства, выпускающие комплектующие взамен иностранных, что требует дополнительных инвестиций;
- создание новых производств требует новых квалифицированных кадров;
- недостаточные запреты на использование импортных СКО;
- малые объемы выпуска отечественных аналогов СКО, и как следствие, их удорожание;
- нежелание судостроителей и заказчиков продукции переходить на отечественные СКО (высокая стоимость, низкое качество, проблемы с гарантийным обслуживанием и их заменой в иностранных портах, снижение безопасности эксплуатации);

- отсутствие номенклатуры СКО и отдельных типов судов (суда снабжения, научно-исследовательские суда, комплектующее оборудование) в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности, что вызывает существенные проблемы при осуществлении закупок и развитии нормативно-правовой базы для судостроительной отрасли;
- есть класс электронно-компонентной базы судна, у которого пока отсутствуют отечественные аналоги (например, универсальные широкополосные приемо-передающие тракты, современные микросхемы памяти, высокопроизводительные универсальные процессоры);
- необходимость перепроектирования строящихся серийных заказов на суда по замещению заложенного в проектах импортного оборудования привела к увеличению сроков строительства и стоимости;
- в РФ существуют высокие ввозные пошлины на комплектующие для СКО (5–10%) и низкие ввозные пошлины на готовое СКО (0–5%) (по состоянию на конец 2023 года). Минпромторг прорабатывает вопрос о мерах по поэтапному увеличению таможенных пошлин на импорт готового СКО и уменьшению пошлин вплоть до 0% для комплектующих изделий.

Решение этих проблем, по мнению экспертов отрасли, требует объединения усилий как самих судостроителей, так и всех разработчиков/производителей соответствующих материалов, комплектующих, агрегатов и механизмов при обязательной консолидирующей роли государства.

Анализ результатов мониторинга мероприятий Плана импортозамещения и существующих проблем в ее реализации позволил сформулировать предложения по развитию механизма импортозамещения в судостроении в условиях санкционных ограничений.

Сформулируем эти предложения по блокам механизма импортозамещения.

### **Нормативно-правовой блок**

1. Продлить действия Постановлений Правительства, касающихся выделения субсидий, грантов, дотаций с обоснованием объемов выделенных средств на срок 3-5 лет. Такое решение позволит судовладельцам с меньшими финансовыми рисками осуществлять заказы на строительство судов. Возможно, это позволит увеличить серийность строительства, что приведет к снижению стоимости судов.

2. Обосновать целесообразность использования средств судового утилизационного гранта на проектирование и строительство балкеров и контейнеровозов. Суды названных назначений практически отсутствуют в России, либо их срок службы превышает нормативный. С 2020 по 2022 год на это выделяется по 0,5 млрд рублей ежегодных ассигнований. До настоящего

времени судовым утилизационным грантом воспользовались при строительстве 10 судов [5].

3. Принять закон о прямом резервировании российских внешнеторговых грузов за судами под отечественным флагом. Если в 1992 г. Отечественные судовладельцы перевозили 34% российских внешнеторговых грузов, то в 2022 г. Лишь 2%, что существенно снижает экономическую независимость России. Иностранные информационные источники позволяют констатировать, что во многих странах давно действует закон о закреплении грузовой базы за национальным флотом. Так, закон США о грузовых преференциях 1954 года требует, чтобы не менее 50% всех правительственных генеральных грузов перевозились судами частных американских компаний, зарегистрированных под американским флагом. Во Франции закон 1928 года с поправкой 1970 года предусматривает, что 2/3 импорта нефти должны перевозиться на французских или зафрахтованных судах. В России противники такой кардинальной меры государственного протекционизма считают, что резервирование перевозок ограничивает свободную конкуренцию на транспортном рынке и не вполне отвечает принципам Генерального соглашения по торговле товарами [6]. Но введение нескольких пакетов экономических санкций в отношении деятельности морского транспорта убедили Минтранс России подготовить законопроект, предусматривающий приоритетное использование судов под флагом РФ для вывоза грузов из российских морских портов. Данный документ внесен Правительством РФ в октябре 2023 года для рассмотрения в Государственную Думу. Комитет Госдумы по транспорту одобрил ко второму чтению законопроект, который устанавливает приоритетное использование судов под российским флагом для вывоза грузов из российских морских портов. В новой редакции сказано, что норма вступит в силу с 1 сентября 2027 года, в то время как ранее предполагалось, что с 1 марта 2025 года.

Принятие такого закона позволит российским судовладельцам иметь гарантированную грузовую базу, что приведет к росту инвестиций для строительства нового флота.

1. Рассмотреть меры государственной поддержки на пополнение оборотных средств малых и средних предприятий, выпускающих судовое комплектующее оборудование.

### **Экономико-финансовый блок и организационно-технологический блок**

1. Актуализация Плана по импортозамещению в судостроительной отрасли по результатам ежегодного мониторинга его реализации.

2. Актуализация системы распределения баллов по типам судов для подтверждения локализации его строительства по результатам мониторинга доступного рынка судового отечественного комплектующего оборудования.

3. Рассмотреть вопрос территориального приближения предприятий, производящих СКО, к судостроительным верфям, что позволит оптимизировать логистические цепочки поставок.

4. Создание особых экономических зон со спецификой судостроения.

5. Разработать систему подготовки квалифицированных кадров для ликвидации дефицита работников разных уровней. Численность работающих в организациях судостроительной промышленности оценивается на уровне 200 тыс. человек. Серьезной кадровой проблемой, снижающей эффективность производства, является профессионально-квалификационный дисбаланс, вызванный несоответствием компетенций работников квалификационным требованиям [7].

Выполненная систематизация инструментов механизма импортозамещения в отрасли позволила проанализировать реализуемость мер государственной поддержки импортозамещения в судостроении и разработать направления по развитию дальнейшего взаимодействия государства и бизнеса с целью активизации процесса импортозамещения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белый К. Финансово-экономические итоги 2022 года в России // Финансовый гений. 2022. 30 дек. [Электронный ресурс]. – URL: <https://fingeniy.com/finansovo-ekonomicheskie-itogi-2022-goda-v-rossii/> (дата обращения: 14.03.2024)
2. Ульянов Н. Большое плавание // Русский бизнес. Судостроение. 2018. Эксперт № 3. [Электронный ресурс]. – URL: <https://expert.ekiosk.pro/616797> (дата обращения: 14.03.2024)
3. Бутова Т. В., Дунаева А. И., Удачин Н. О. Модели взаимодействия власти и бизнеса в Российской Федерации // Вестник университета. 2014. С. 23-26.
4. Стоянов Д. О. Реализация программы импортозамещения в судостроении в существующих условиях [Электронный ресурс]: презентация // АНО Судпром. 2022. URL: [https://anosudprom.ru/wp-content/uploads/2022/06/Презентация-для-Н.Н\\_07.06.20221.pdf](https://anosudprom.ru/wp-content/uploads/2022/06/Презентация-для-Н.Н_07.06.20221.pdf) (дата обращения: 14.03.2024)
5. Интервью руководителя АНО «Судпром» Дмитрия Стоянова // Автономная некоммерческая организация развития судостроительной отрасли «Консорциум производителей судового оборудования». [Электронный ресурс]. – URL: <https://anosudprom.ru/intervyu-rukovoditelya-ano-sudprom-dmitriya-stoyanova/> (дата обращения: 14.03.2024)
6. Doolittle D. What Are the Contract Rates for Freight in 2023? // ShipSigma. 2023. [сайт]. – URL: <https://shipsigma.com/blog/what-are-the-contract-rates-for-freight-in-2023>
7. Об утверждении Стратегии развития судостроительной промышленности на период до 2035 года: Постановление Правительства Российской Федерации от 28 октября 2019 г. № 2553-р. Гарант: информационно-правовой портал [Официальный Сайт]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72831068/?ysclid=ltqzosoms0532701856> (дата обращения: 14.03.2024)

УДК 656:341.655

## **НАПРАВЛЕНИЯ И СУЩНОСТЬ АДАПТАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА К УСЛОВИЯМ САНКЦИЙ**

**Э. С. Жданова**, студент направления подготовки «Экономика» ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова»

Выполнен анализ направлений и сущности адаптации транспортного комплекса России к условиям санкций. Рассмотрено значение адаптации транспортной инфраструктуры для обеспечения безопасности и эффективности работы транспортного комплекса страны. Особое внимание уделено анализу альтернативного транспортно-логистического маршрута – международного транспортного коридора «Север-Юг». Рассмотрены основные преимущества и возможности использования данного транспортного маршрута, а также их влияние на экономику и транспортную инфраструктуру России.

**Ключевые слова:** международный транспортный коридор, транспортный комплекс, адаптация, санкции, МТК «Север-Юг».

Современный мир стал свидетелем сложной международной ситуации, включающей в себя использование санкционного давления на Россию. Таким образом, транспортный комплекс нашей страны столкнулся с серьезными запретами и ограничениями, которые нарушают его обычное функционирование.

В рамках рассматриваемой проблемы, прежде всего, следует отметить ограничение доступа к новейшим технологиям и оборудованию, производимым в странах, вводящих санкции. В результате развитие современных систем транспортной логистики и улучшение качества предоставляемых услуг российскими транспортными компаниями было затруднено. Производство и внедрение новых транспортных средств, таких как автомобили, самолеты и железнодорожное оборудование, также было заторможено, что способствовало повышению уровня износа и устареванию существующего парка и флота.

Еще одним негативным следствием действия санкций для транспортного комплекса России стало ограничение доступа российским транспортным компаниям к международным рынкам и потеря ими конкурентных позиций. Санкции усложняют осуществление экспорта и импорта грузов, что приводит к сокращению объемов перевозок на ранее действующих маршрутах, и способствуют изменению географической структуры внешнеторгового оборота.

Таким образом, в условиях санкций, представляющих собой экономические и политические ограничения для функционирования и развития секторов и отраслей экономики России, стратегическая трансформация транспортного комплекса становится необходимостью. Это вызвано не только потребностью в минимизации влияния санкционного давления, но и предпосылками к созданию более устойчивой и эффективной системы транспортировки товаров и услуг.

Параллельный импорт является одним из примеров адаптации транспортного комплекса нашей страны к новым условиям. Чтобы минимизировать дефицит товаров, правительство России легализовало ввоз зарубежных товаров в страну без разрешения правообладателя. С этой целью были налажены новые каналы поставок через дружественные страны, например, через Беларусь и Казахстан [1].

Также в связи с тем, что санкции ограничивают доступ к западным товарам, российский рынок все больше ориентируется на азиатские страны, в частности, на Китай. Например, китайские автопроизводители быстро набрали популярность, а их доля на российском рынке стабильно росла. Таким образом, китайские автомобили обеспечили достаточный выбор для потребителей, чем помогли в определенной степени стабилизировать ситуацию на авторынке в условиях санкций. Доля автопроизводителей из КНР по оценкам «Автостат» составляет половину рынка – 52%. Российские бренды заняли 31%, а остальные 17% делят между собой продажи американских, европейских, японских, корейских машин, поставляемых по схемам параллельного импорта [2].

Перерегистрация судов под флаги дружественных или нейтральных стран позволила продолжать международные перевозки, минуя ограничения доступа к некоторым международным водам и портам.

Одним из ключевых аспектов адаптации и стратегической трансформации транспортного комплекса России является развитие альтернативных маршрутов и транспортных связей. Транспортно-логистическая отрасль была поставлена перед необходимостью поиска новых путей доставки товаров и активного задействования транспортных коридоров, которые оказались не затронутыми санкциями.

Так, например, международный транспортный коридор (далее МТК) «Север-Юг» – мультимодальный маршрут транспортировки пассажиров и грузов, общей протяженностью от Санкт-Петербурга до порта Мумбаи (Бомбей) 7200 км. МТК был создан для привлечения транзитных грузопотоков из Индии, Ирана и других стран Персидского залива на российскую территорию (через Каспийское море), и далее в Северную и Западную Европу [3]. В настоящее время, благодаря своему местоположению, которое обеспечивает удобные и эффективные транзитные пути для международной торговли, МТК «Север-Юг» является одним из ключевых проектов развития транспортной инфраструктуры в России.

Основная цель МТК «Север-Юг» заключается в сокращении времени транспортировки грузов между Россией и Индией, а также в создании более

короткого и удобного маршрута, который мог бы заменить Суэцкий канал в качестве альтернативы. Так, срок доставки товаров из Мумбаи в Санкт-Петербург через Суэцкий канал составляет примерно 30–45 дней, а по коридору «Север-Юг» доставка из Индии в Россию по сухопутному маршруту занимает всего 15–24 дня. Доставка же грузов по Восточной ветви коридора, проходящей через Казахстан и Туркмению, займет 15–18 дней. Сокращение сроков доставки является критически важным фактором для целого ряда товаров – продовольствия, изделий из текстиля, бытовой техники, электроники. Однако транспортный коридор «Север-Юг» проигрывает в стоимости транспортировки, которая пока существенно дороже, нежели через Суэц [4].

Транспортный коридор «Север-Юг» состоит из трех маршрутов (рисунок 1). Первый по железной дороге проходит по западному берегу Каспийского моря, затем через Азербайджан и Иран с выходом к портам Персидского залива. Второй, тоже по железной дороге, проходит по восточному побережью Каспия через Казахстан, Туркменистан и Иран (есть ответвление через Узбекистан). Третий – Транскаспийский – обеспечивает взаимосвязь российских портов с портами прикаспийских государств и с портами Ирана в Персидском заливе [5].



Рисунок 1 – Схема маршрутов транспортного коридора «Север-Юг» [5]

Особо перспективным для России может стать Транскаспийский маршрут с доставкой грузов в/из портов Каспийского моря по железной дороге напрямую в Иран, минуя транзитные страны. Этот маршрут включает различные виды транспорта, такие как железнодорожные, автомобильные и морские пути, обеспечивая мультимодальную транспортную связь. Однако, сухопутная территория Ирана недостаточно обеспечена современной железнодорожной сетью. За счет модернизации иранских портов, постройки и электрификации

иранских железнодорожных путей время доставки грузов в рассматриваемом направлении может сократиться в полтора раза [5, 6].

Одним из основных преимуществ МТК «Север-Юг» является возможность быстрой и эффективной доставки грузов от северных портов к южным регионам и наоборот. Благодаря этому, в регионе происходит активное развитие торговли и логистики, возникают новые рабочие места и расширяются возможности бизнеса. Например, порт Оля объявлен особой экономической зоной с целью активизации бизнеса и привлечения дополнительных инвестиций.

Транскаспийский маршрут способствует укреплению экономических связей России со странами Средней Азии, Кавказа, Персидского залива и Ближнего Востока, что приводит к расширению торгово-экономического сотрудничества.

Также для создания нового торгового флота для перевозок в Каспийском бассейне планируется развивать судостроение. С этой целью Россия ведет переговоры с партнерами о совместных проектах по строительству судов. Предполагается задействовать судостроительные мощности России, Туркменистана и Азербайджана.

Инвестиции в развитие и модернизацию инфраструктуры МТК «Север-Юг» способствуют повышению его эффективности, а также устойчивости к колебаниям экономической и политической конъюнктуры.

Таким образом, инвестиции всех государств-участников в развитие МТК «Север-Юг» должны достаточно быстро окупиться. Но главное в сложившейся ситуации – это то, что для России эффект от функционирования коридора может оказаться намного более значимым, поскольку МТК «Север-Юг» дает стране возможность не только усилить кооперацию с прикаспийскими государствами, но и через Иран напрямую выйти на рынки юга Евразийского континента и далее по всему миру [5].

В заключение можно сказать, что стратегическая трансформация транспортного комплекса является необходимым шагом в условиях санкций. Она позволяет обеспечить стабильность и надежность функционирования транспортной инфраструктуры, а также преодолеть проблемы, связанные с ограничениями, обусловленными введенными санкциями.

В процессе стратегической трансформации необходимо уделить особое внимание развитию альтернативных маршрутов, модернизации и развитию транспортной инфраструктуры, расширению провозных возможностей и пропускной способности элементов транспортного комплекса, развитию машиностроительной отрасли.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Параллельный импорт: что это и как работает // РБК Тренды. – URL <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/6285e79c9a7947bcff6e7dfc> (дата обращения 19.03.2024)
2. Авторынок России – 2023: изменения, китайские автомобили, цены // РБК. –

- URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/6526c0349a7947040b60ee18> (дата обращения 19.03.2024)
3. Международный транспортный коридор «Север– Юг» России. МИД России. [Официальный Сайт]. – URL: [https://www.mid.ru/ru/foreign\\_policy/economic\\_diplomacy/1537456/](https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/economic_diplomacy/1537456/) (дата обращения 12.03.2024)
  4. «Север-Юг»: строительство транспортного каркаса Евразии. URL <https://ru.valdaiclub.com/a/highlights/sever-yug-stroitelstvo-transportnogo-karkasa-evrazii/> (дата обращения 19.03.2024)
  5. Как запустить МТК «Север-Юг» – Морские вести России. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1691/100135/> (дата обращения 16.03.2024)
  6. Главные риски новых маршрутов – Морские вести России. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1691/106536/> (дата обращения 12.03.2024)

УДК 33:656.6

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

**С. А. Рубайло,** студент направления подготовки «Экономика»  
ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала  
С. О. Макарова»

Рассмотрена сущность инвестиционной привлекательности организации, в том числе для морских логистических компаний. В исследовании выявлены основные аспекты, влияющие на инвестиционную привлекательность. На основе анализа статистических данных и экспертных оценок были выделены наиболее актуальные факторы функционирования морского транспорта в современных условиях. Среди них выделяются: технологическое развитие и инновации, конкурентное положение на рынке, а также эффективность управления и финансовая прозрачность деятельности.

**Ключевые слова:** инвестиции, инвестиционная привлекательность, водный транспорт.

Морская отрасль представляет собой важное звено в мировой и отечественной экономике. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, грузооборот морского транспорта занимает четвертое и последнее место, уступая при этом внутреннему водному, автомобильному и железнодорожному транспорту [1]. Графическое изображение представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 составлен на основании статистических данных Федеральной службы государственной статистики («Росстата») о грузообороте Российской Федерации (РФ) по видам транспорта по состоянию на декабрь 2023 г. [1]. На графике нет информации о трубопроводном транспорте, а также статистических данных о грузообороте в новых республиках и областях.

За последние пять лет российская морская логистика столкнулась с множеством негативных факторов: экономический кризис, ухудшение геополитической обстановки, разрыв партнерских отношений с рядом стран, перестройка логистических маршрутов, поиск новых партнеров и т. Д. В такой агрессивной внешней среде не каждая компания может оставаться конкурентоспособной. Конкурентоспособность – это не только способность компании удерживать свое положение на рынке и функционировать в штатном режиме, но и оставаться привлекательным для инвестиций объектом.

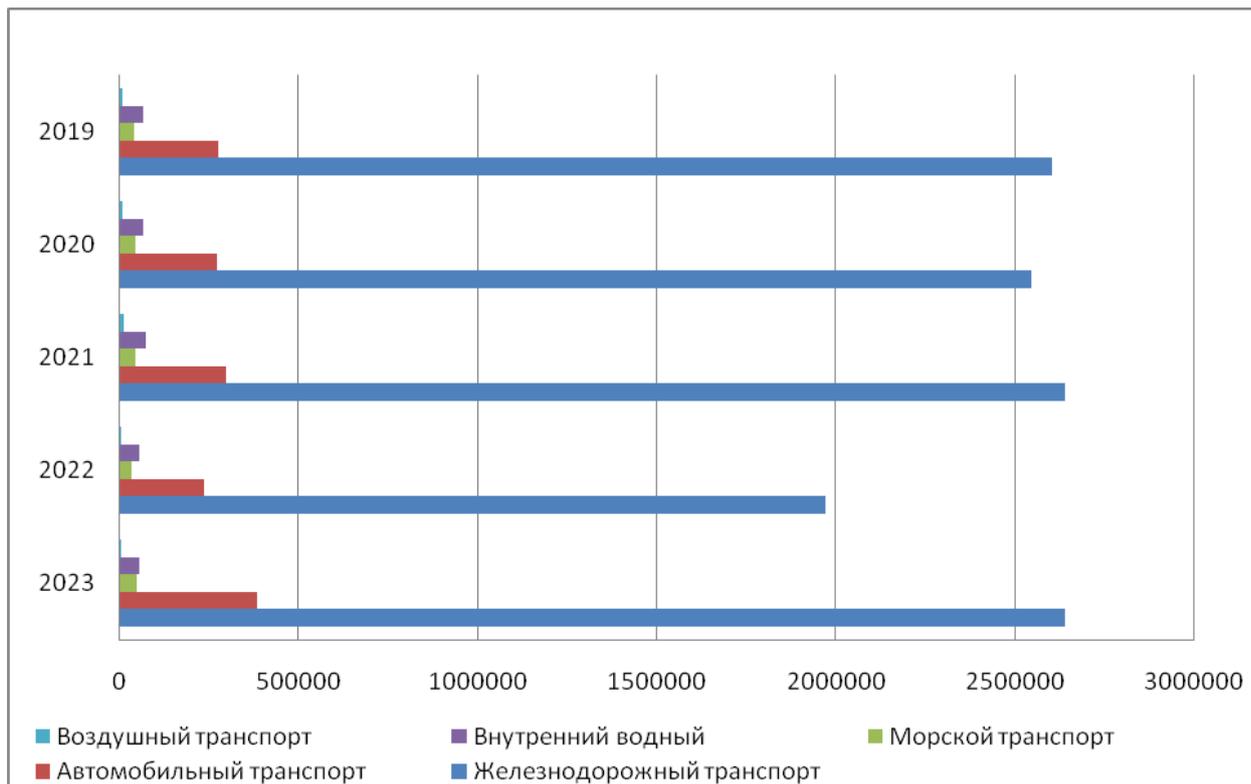


Рисунок 1 – Грузооборот по видам транспорта Российской Федерации за период с 2019 по 2023 год, млн. т·км

В целом, под инвестиционной привлекательностью организации понимается оценка эффективности использования собственного и заемного капитала, анализ платежеспособности и ликвидности, формирование объективной целенаправленной информации для принятия инвестиционного решения.

Высокая инвестиционная привлекательность облегчает привлечение средств в судоходные компании, которые могут их использовать для роста, расширения, компенсации износа основных фондов, внедрения инноваций. Более того компании, привлекательные для инвесторов, более устойчивы к экономическим потрясениям, поскольку имеют доступ к финансовым ресурсам для преодоления трудностей.

С целью оценки инвестиционной привлекательности компании могут применяться различные методические подходы. Поэтому инвесторы проводят комплексный анализ, чтобы понять, окажется ли вложение денежных средств в конечном итоге прибыльным или нет. Необходимо изучить объект вложения средств: историю компании, ее конкурентное положение на рынке, определить ее текущее состояние и перспективы развития. Затем необходимо оценить перспективы отрасли: ее текущее состояние, технологические тенденции. Возвращаясь к анализу компании необходимо изучить ее финансовую отчетность для оценки финансовых показателей и эффективности бизнеса. Определение потенциала компании через призму роста ее финансовых показателей. Также можно применить сравнительный анализ (PEST-анализ), а

также сравнение инвестиционной привлекательности данной компании с другими альтернативными вариантами объектами для инвестирования. Провести анализ ситуации по вопросу: «Насколько инвестиция в данную компанию соответствует инвестиционной стратегии, рискам и целям инвестора». Стоит обратить внимание на репутацию руководства компании, прозрачность в управлении, опыт и компетенции исполнительного персонала. Учет и анализ всех этих компонентов позволяет инвесторам принимать обоснованные решения о вложении средств, минимизируя риски и максимизируя потенциальную доходность инвестиций.

В целом, решение о вложении капитала в судоходную компанию зависит от совокупности многих факторов. В настоящее время можно выделить следующие факторы, которые в большей степени влияют на инвестиционную привлекательность помимо традиционно используемых (опыт работы компании, оценка рыночных трендов, оценка рисков инвестиций):

– **геополитический фактор.** Начиная с 2014 года, Евросоюзом и США неоднократно вводились санкционные ограничения, затрагивающие практически все отрасли, что не могло не отразиться на логистике страны. 23 февраля 2024 года Евросоюз и США утвердили очередной пакет ограничительных мер в отношении России. Так, например, в санкционный список морских транспортных компаний были включены такие транспортные компании как ПАО «Трансконтейнер» (МОЕХ:TRCN) (входит в группу «Дело»), ПАО «Совкомфлот». Кроме того, под санкции попал контейнерный терминал GlobalPorts в Приморье – ООО «Восточная стивидорная компания» (ВСК, Находка). В транспортно-логистическом секторе под санкции также попали ООО «Облтранстерминал» (ТЛЦ «Электроугли» в Московской области) и логистическая компания «ИнстарЛогистикс» (Москва). Ограничения были введены против судоходной компании «Ладога» (Астрахань) [2]. АО «Морской порт Санкт-Петербурга» находится под санкциями с 2022 года. Грузооборот Большого порта Санкт-Петербург (БПСПб) по итогам 2023 г. Составил 49,6 млн т. По сравнению с показателем прошлого года он вырос на 28%, следует из опубликованных данных Ассоциации морских торговых портов (АСОП). [3]. Ожидается развитие Северного морского пути в качестве ключевого направления как для экспорта российских товаров, так и транзита товаров из Китая в Европу. Что касается западных иностранных инвесторов, то с ухудшением геополитической обстановки инвестиции в российские судоходные компании для них сопряжены с существенными рисками. Поэтому компании заинтересованы в привлечении капитала как от отечественных инвесторов, так и от инвесторов из дружественных России стран, от новых партнеров (Азия, Ближний Восток).

– **демографический или социальный фактор.** Согласно данным социологического опроса, проведенного исследовательским центром «SuperJob», о кадровом голоде чаще всего говорили транспортно-логистические компании: в дефиците водители и складские рабочие [4]. Данная проблема не

основополагающая для морских перевозок, однако, любой компании необходимо «обновление» кадров. В тоже время у молодых специалистов отмечается недостаток опыта, в то время как не все компании готовы создавать собственный кадровый резерв. Сложившаяся на отраслевом рынке труда ситуация обусловлена демографической проблемой (снижением доли трудоспособного населения), квалификационной ямой (квалификация кандидатов не всегда соответствует требованиям работодателей), низкой заработной платой.

– **технологическое развитие и инновации.** Инновации играют важную роль в развитии любой организации, так как они способствуют улучшению качества товаров и услуг, а также способствуют оптимизации процессов производства, что в перспективе должно привести к усилению конкурентных преимуществ компании и росту ее прибыли. Внедрение инноваций позволяет компаниям адаптироваться к изменяющимся условиям на рынке и создавать новые рыночные возможности.

На практике инновации могут проявляться в различных формах, начиная от технологических разработок и заканчивая разработкой новых продуктов и услуг. Залог успеха при применении инноваций – это постоянство. Данный фактор позволит организации не только удержаться на рынке в кризисные периоды, но и получить возможность стать лидером в мирное время.

Влияние инноваций на морскую транспортную деятельность может проявляться следующим образом:

- технологические решения: внедрение автоматизированных систем управления судном, дистанционное управление, использование облачных технологий и др.;
- экологические инновации: снижение вредного воздействия на окружающую среду, поиск экологически чистого топлива, применение новых более экологически чистых материалов и технологий и др.;
- логистические инновации: разработка новых методов управления грузоперевозками, оптимизация маршрутов и др.;
- инновации в управлении: внедрение современных систем управления и контроля, к примеру, Internet of Things (IoT) в совокупности с аналитикой данных и системы мониторинга позволяют улучшить контроль за исполнением транспортных операций и обеспечить дополнительную прозрачность в деятельности компании.

Внедрение инноваций в организацию морских перевозок позволяет операторам оперативно управлять процессами грузоперевозки и конкурировать на рынке за счет новых технологий. Так, ключевое значение в развитии транспорта играют процессы оптимизации и цифровизации. За счет применения искусственного интеллекта стало возможным обрабатывать большие объемы информации, оптимизировать маршруты и эксплуатационные расходы. Технология 5G обеспечивает более высокую скорость передачи данных и низкий

уровень задержки сигнала, что особенно важно для навигационной деятельности. Автоматизация судов в будущем позволит отправлять суда в плавание полностью на дистанционном управлении с берега. В настоящее время более всего распространены суда с частичной автоматизацией в управлении. Более того сочетание технологий 5G и автоматизации воплощается в инновацию – Iot (Internet of Things). Данная технология позволяет обеспечить устройства с низким энергопотреблением стабильным и надежным подключением к сети Интернет. Иными словами, обеспечить бесперебойную работу измерительных устройств, сенсоров, датчиков и других устройств, необходимых для отслеживания состояния судна и его технических характеристик в режиме реального времени.

– **конкурентное положение на рынке.** Существуют определенные барьеры для входа на рынок морских перевозок: высокие капиталовложения, необходимость доступа к транспортно-логистической инфраструктуре (портам, железнодорожным путям), зависимость от информационных технологий, законодательные требования, наличие сильных игроков на рынке. Последний фактор нередко является решающим для потенциальных участников рынка. Компании, долго и успешно функционирующие на рынке, связаны с клиентами, если не долгосрочными контрактами, то многолетним опытом сотрудничества. Поэтому, когда дело касается инвестиционной привлекательности, инвесторы предпочтут вложить свои средства в проверенных участников рынка, в случае выбора молодых игроков риск вложений значительно возрастает.

– **гибкая организационная структура управления.** В настоящее время внешняя среда по отношению к организациям водного транспорта стала более агрессивной, поэтому для адаптации к быстро изменяющимся условиям необходимо применять гибкие системы управления, например, проектную структуру для каждой отдельно взятой инициативы. Это позволит эффективно управлять сложными проектами, разбивая их на фазы, устанавливая достижимые цели и ответственность за исполнение задач. Проектная структура позволит судоходным компаниям быстро реагировать на изменения и перераспределять ресурсы в соответствии с новыми условиями работы. Более того, данная структура позволит собрать для реализации проекта наиболее подходящие для этого кадры. Также проектная деятельность в виду своей гибкости управления позволит создать условия для внедрения инноваций. Стоит отметить, что на практике более оптимальным решением будет сочетание гибких структур с классическими (линейная, функциональная, линейно-функциональная), что позволит повысить адаптивность компании.

– **финансовая прозрачность.** Данный фактор позволяет оценить риски и потенциал инвестиций, в том случае, если компания предоставляет свою отчетность в открытом доступе. Ежеквартально инвесторы и аналитики изучают финансовые показатели компаний, представленные в отчетности. Эти документы задают тон котировкам на бирже и становятся решающим фактором в принятии решений об инвестициях [5]. В марте 2022 года правительство

разрешило не раскрывать информацию, которую компании должны раскрывать в соответствии с законами «Об акционерных обществах» и «О рынке ценных бумаг», если эта информация может нести санкционные риски для компании или ее руководства [5]. Исходя из этого, инвесторам сложнее ориентироваться, какие ценные бумаги стоит приобретать. Они могут оценивать перспективы финансирования только по косвенным признакам: тенденции в отрасли, развитие клиентской базы компании, размер и срок выплаты дивидендов. Последний признак (выплата дивидендов в нестабильных внешних условиях) может являться индикатором более-менее устойчивого финансового положения компании.

Стоит отметить, что каждый представленный выше фактор можно отнести к конкретной среде, то есть к макро или микросреде. Так, факторы микросреды представлены: стратегией организации, структурой управления, маркетинговой кампанией, репутацией организации, финансовой стратегией управления. Все это находится под управлением самой организации, может корректироваться и изменяться. В то время как факторы макросреды (неуправляемые факторы) находятся вне зоны контроля организации. В качестве примера можно привести: экономическую ситуацию в стране, социальные и культурные особенности, технологическое развитие и т. Д. Для того чтобы оценить, как дополнительные факторы влияют на принятие решения о вложении инвестиций в судоходные компании, был проведен опрос среди работников логистической сферы. Основной фокус был сделан на дополнительные факторы, а не на основополагающие: опыт работы компании, ее репутация, финансовая отчетность и стоимость акций. Вышеуказанные факторы являются базой, без которой невозможно оценить инвестиционную привлекательность любой организации. Однако такие факторы как геополитические или технологические также могут быть важны для инвесторов. Перечень всех факторов представлен в таблице 1.

В качестве экспертов выступили представители следующих организаций: ООО «Транспортно-логистический центр», ООО «Кредо-Инвест», ООО «Фарко», а также преподаватели кафедры экономики водного транспорта Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. Эксперты оценивали значимость каждого фактора, в качестве дополнения к базовым факторам (опыт работы компании, ее репутация, финансовая отчетность и стоимость акций) от 0 до 10. Причем эксперты оценивали факторы, примеряя на себя роль инвесторов.

*Таблица 1 – Экспертная оценка значимости факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность организаций водного транспорта*

Название фактора	Экспертная оценка							Средняя оценка
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Геополитический фактор</b>	9	7	5	10	9	8	8	8

Продолжение Таблицы 1

Название фактора	Экспертная оценка							Средняя оценка
	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Демографический или социальный фактор</b>	6	4	2	5	6	7	1	4,42
<b>Технологическое развитие и инновации</b>	7	8	9	8	8	7	10	8,14
<b>Конкурентное положение на рынке</b>	8	10	6	10	10	9	10	9
<b>Гибкая организационная структура управления</b>	6	9	6	9	9	10	10	8,42
<b>Финансовая прозрачность</b>	7	8	4	8	7	9	7	7,14

Таким образом, в результате экспертной оценки ключевое влияние помимо базисных факторов (опыт работы компании, ее репутация, финансовая отчетность и стоимость, и количество акций в обращении) добавочное значение имеют факторы:

2. конкурентного положения на рынке;
3. гибкая организационная структура управления;
4. технологического развития и инноваций.

Итоговая оценка представлена на диаграмме – рисунок 2.

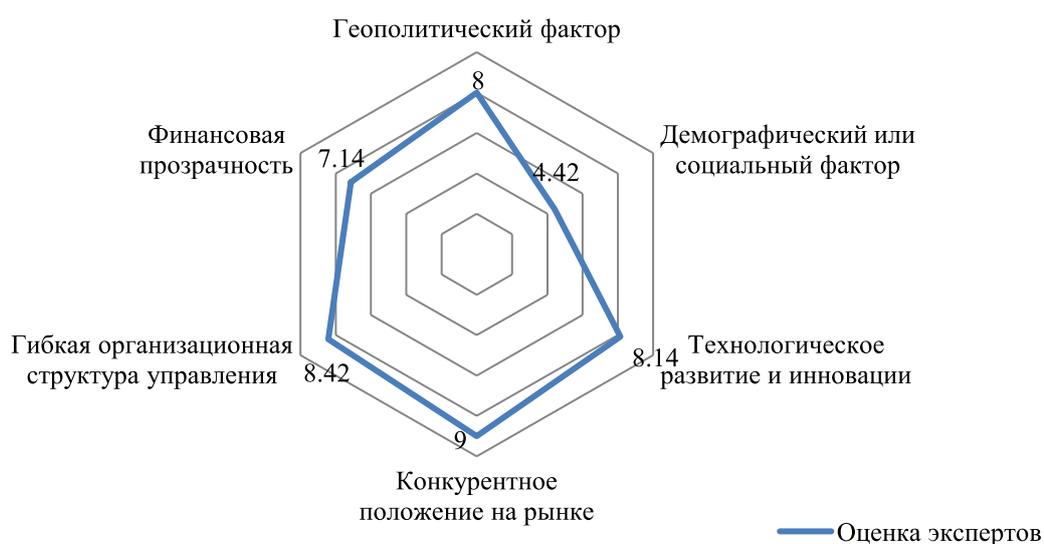


Рисунок 2 – Экспертная оценка значимости факторов, влияющих на инвестиционную привлекательность организаций водного транспорта

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грузооборот по видам транспорта по Российской Федерации 2023 / Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. // URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 27.02.2024)
2. США включили в санкционный список «Трансконтейнер» и терминал GlobalPorts в Приморье / Интерфакс – информационное агентство [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.interfax-russia.ru/rossiya-i-mir/ssha-vklyuchili-v-sankcionnyu-spisok-transkonteyner-i-terminal-global-ports-v-primore> (дата обращения 27.02.2024)
3. Грузооборот Большого порта Санкт-Петербург в 2023 г. Вырос на 28% / Ведомости [Электронный ресурс]. // URL: <https://spb.vedomosti.ru/economics/articles/2024/01/19/1015883-gruzooborot-bolshogo-porta-sankt-peterburg> (дата обращения 27.02.2024)
4. Кадровый голод чаще всего испытывают транспортные и производственные предприятия / Исследовательский центр «SuperJob», [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.superjob.ru/research/articles/114440/kadrovyy-golod-chasche-vsego-isytyvayut-transportnye-i-proizvodstvennye-predpriyatiya/> (дата обращения 27.02.2024)
5. Финансовый отчет: почему для инвестора это самый важный документ / РБК – информационное агентство [Электронный ресурс]. // URL: <https://quote.rbc.ru/news/training/5dcd0b0d9a79472a216c74ad> (дата обращения 27.02.2024)

УДК 622.279.04; 629.563.2

## **ПРЕДЛОЖЕНИЕ ВАРИАНТОВ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ШЕЛЬФОВОГО КЛАСТЕРА ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ**

**С. А. Казьмин**, магистрант кафедры конструкций и технической эксплуатации судов, магистрант кафедры экономики судостроительной промышленности ФГБОУ ВО СПбГМТУ<sup>1</sup>, инженер-конструктор АО «ЦКБ «Коралл»

**С. В. Вербицкий**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой океанотехники и морских технологий ФГБОУ ВО СПбГМТУ

**А. В. Лобанов**, канд. техн. наук, начальник отдела обеспечения морской деятельности и судостроения и эксплуатации морской техники ПАО «Газпром»

Рассмотрены вопросы освоения кластера месторождений, входящих в Ямальский центр газодобычи, располагающихся на западном побережье полуострова Ямал. Описаны часть участков и природно-климатические характеристики регионов, произведен анализ различных вариантов обустройства морских месторождений из широкой мировой практики. В результате качественного сравнения был сделан выбор конкретных типов технологий, наиболее подходящих для будущей бесперебойной и круглогодичной добычи соответствующих газовых и газоконденсатных месторождений.

**Ключевые слова:** шельфовые месторождения, Карское море, полуостров Ямал, морская ледостойкая стационарная платформа, ледостойкий блок-кондуктор, арктический шельф.

### **Освоение арктического шельфа Российской Федерации**

Исследования показали, что мировой арктический шельф является регионом с самым высоким неразведанным углеводородным потенциалом в мире, ведь именно здесь содержатся поистине неисчерпаемые запасы, а именно 22% от мировых неразведанных запасов, из которых более чем половина находится в российском секторе. Вектор освоения российского района Арктики направлен с запада на восток. На протяжении многих лет в акваториях Баренцева, Печорского и Карского морей проводились исследования и подготовка ресурсов к промышленному освоению, и уже сейчас в этих регионах ведется добыча. В результате того, что основные объемы работ были

---

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

сконцентрированы на шельфе Западной Арктики, проведенные до 2000 г. Сейсмические исследования и бурение более 60 скважин в морях позволили открыть 16 месторождений, включая уникальные газоконденсатные Штокмановское, Русановское и Ленинградское с суммарными запасами и ресурсами газа около 10 трлн куб. м. Согласно данным геологоразведочных работ на континентальном шельфе Западной Арктики прогнозируется около 75% ресурсов всех акваторий Российской Федерации. Но если посмотреть на северо-восточную часть континентального шельфа России, то ситуация не располагает к разработке месторождений, так как на данный момент в море Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях преобладают не только суровый арктический климат, но и круглогодичные льды, что является серьезной проблемой для освоения, так как современные технологии не позволяют работать в подобных условиях.

### **Природно-климатическая характеристика района**

Продолжительность навигационного периода в Карском море составляет от 92 до 117 дней [1]. Толщина льда достигает 1,5 м. В открытой юго-западной акватории моря распространены дрейфующие льды, зачастую однолетние местного происхождения с максимальной толщиной 1,5-2 м. Для региона характерно образование мощных гряд торосов и стамух, образующихся в результате активных динамических процессов, таких как дрейф и приливы, особенно много стамух образуется в Байдарацкой губе из льда местного происхождения, преобладающая осадка которых составляет 8-12 м. Вдоль западного побережья полуострова Ямал располагается район припайного льда, являющийся самой мелководной зоной с глубинами от 5 до 25 м, здесь межледовый период составляет менее 4 месяцев в году и сопровождается устойчивыми ледовыми условиями, максимальной толщиной припая в 2,5 м. Мелководное центральное Карское плато с глубинами до 50 м характеризуется дном, покрытым песками и песчанистым илом. Важно отметить, что под воздействием водных масс происходит разрушение многомерзлотных пород береговой линии, иными словами – интенсивная термоабразия по всей протяженности берега.

### **Перспективные участки региона**

В таблице 1 приведены основные данные по месторождениям, представленные в открытых источниках, геологические запасы по категориям С1+С2, а также глубина моря и количество пробуренных скважин. На обозреваемых структурах проводились сейсморазведочные работы МОГТ<sup>1</sup>-3Д. Рассматриваемую ресурсную базу можно подразделить на три категории участков.

---

<sup>1</sup> Метод общей глубинной точки

Таблица 1 – Характеристика месторождений Ямальской шельфовой группы [3]

Месторождение	Год открытия	Глубина моря, м	Запасы		Количество пробуренных скважин, шт.
			Сухой газ (СВ+ГШ <sup>1</sup> ), млрд куб. м (С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub> )	Конденсат (геол.+извл.), млн т (С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub> )	
Нярмейское ГМ	2019	10-120	120,8	-	1
Ленинградское ГKM	1990	80-160	1947	10,5	5
Русановское ГKM	1989	50-230	779	14,8	2
Им. В.А. Динкова ГKM	2019	50-230	390,7	7,6	1
Харасавэйское <sup>2</sup> ГKM	1974	15	2106,6	127,6	1
Крузенштернское <sup>3</sup> ГKM	1976	<1-7	2002,385	11,6	1
75 лет победы ГМ	2020	0-90	202,5	-	3

Первая – акваториальные части материковых месторождений, входящих в Бованенковскую группу. Стоит отметить, что у Харасавэйского ГKM (газоконденсатного месторождения) преимущественная часть расположена на суше, но участок «Харасавэй-море» находится в акватории Карского моря с глубиной около 15 м. 61% площади Крузенштернского месторождения располагается в прибрежной акватории Байдарацкой Губы залива Шарапов Шар, от оставшейся части участка в 39% на суше – 16% находятся в дельтах рек.

Вторая – Няремейско-Скуратовская группа, участки которой располагаются в мелководных акваториях вблизи материка. На западе перспективной площади глубина моря достигает 120 м, а на востоке – от 10 м [2]. В пределах участка недр ГМ (газового месторождения) «75 лет Победы», располагающегося в 5 км от северо-западного побережья п-ва Ямал, глубина составляет от 0 до 90 м.

Третья – Ленинградско-Русановская группа, обладающая наибольшим ресурсным потенциалом, но в то же время являющаяся наиболее удаленной и глубоководной структурой, где преобладает самое узкое навигационное окно в 2,5 месяца в году. Месторождение им. Динкова удалено на 113 км к северо-западу от побережья.

<sup>1</sup> СВ + ГШ – свободный, газовая шапка.

<sup>2</sup> Морская часть месторождения, основная часть которого располагается на суше.

## **Отечественный опыт реализации арктических шельфовых проектов**

На сегодняшний день имеются наработанные компетенции в области реализации морских сооружений для освоения шельфовых месторождений Арктики: СМЛОП (стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал) Варандейский нефтяной терминал и МЛСП (морская ледостойкая стационарная платформа) Приразломная. К подобному опыту также можно отнести проект освоения Киринского ГКМ, включающего оборудование ПДК (подводного добычного комплекса). А также ЛСП (ледостойкая стационарная платформа) Каменномысская – уникальный и технически сложный проект, строится отдельными строительными-монтажными единицами методом распределенной верфи на различных предприятиях судостроительной отрасли в Астрахани, Северодвинске, Калининграде, Екатеринбурге, Тюмени.

### **ЛСП «Каменномысская»**

В опорном основании кессонного типа платформы размещены различные производственные помещения, технологическое оборудование отечественного производства, емкостной парк, системы трубопроводов. Верхнее строение платформы включает различные функциональные модули:

- жилой, обеспечивающий каютное размещение 120 чел. Персонала;
- энергетический, предусматривающий работу на дизельном топливе для строительства первой добычной скважины (далее работа энергетической установки предусмотрена на добываемом природном газе);
- эксплуатационный;
- основной и вспомогательный буровые модули;
- две стрелы сжигания;
- вертолетную площадку и резерв площади для будущего размещения ДКС (дожимной компрессорной станции) – с девятнадцатого года эксплуатации месторождения [4].

Автономность ЛСП составляет от 30 до 60 суток исходя из различных запасов и отходов.

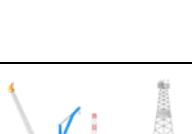
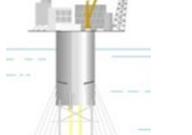
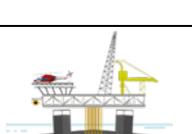
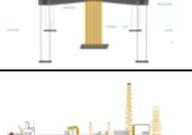
Мировая практика показала, что у ЛСП с кессонным опорным основанием присутствуют скопления льда возле основания, что препятствует осуществлению судоходства на объекте. Подобные ЛСП имеют большую площадь контакта со льдом в районе ледового пояса и существенные затраты на металлоконструкции, чего нельзя сказать о стальном опорном основании колонного типа. Отмеченные выше обстоятельства будут учтены при проектировании ЛСП для освоения следующего по очереди месторождения в акватории Обской Губы – Северо-Каменномысского.

### **Предложение вариантов по обустройству участков**

В таблице 2 представлено качественное сравнение вариантов обустройств, как для глубоководных, так и для мелководных месторождений шельфа. Техника

и технологии подбирались, опираясь на различные исходные данные эксплуатационных условий, учитывая глубину установки и толщину ледяного покрова. Предполагается, что стационарные сооружения, имеют опорное основание гравитационного типа как из стали, так и из железобетона.

Таблица 2– Сравнение технических средств обустройства месторождений [6]

Тип эксплуатационной платформы	Технический облик	Глубина моря, м	Максимальная толщина ледовых полей, м, ледовые образования	Рекомендуемые акватории России	Мировой опыт
Гравитационная (железобетон) (ГП, ЛСП)		до 50 м	2,5 м многолетний лед, айсберги	Участки глубиной до 100 м морей: Баренцева, Печорского, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Охотского.	Hibernia, Tarsut, CIDS, Orlan, Lun-A, Piltun-B
		до 100 м	1,5 м, айсберги		
Гравитационная (сталь) (ГП, ЛСП)		до 50 м	2,5 м, многолетний лед	Мелководные участки морей: Баренцева, Печорского, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Охотского, Балтийского	Приразломная, Moliqpak
Искусственный остров		до 20 м	2,5 м, многолетний лед	Мелководные (до 20 м) участки морей: Баренцева, Печорского, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Охотского	Ooguruk, Natserk, Arnak, Kannerk, Isserk, Issungnak, Adgo, Ikattok, Ynark, Pullen, Pell, др.
Платформы с подводным основанием цилиндрического типа (SPAR)		от 300 м	1,2 м, многолетний лед, айсберги	Глубоководные участки морей: Черного, Баренцева, Печорского, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Охотского	-
Платформы с натяжным вертикальным якорным креплением (TLP)		от 100 м	1,2 м, многолетний лед, айсберги	То же	-
Плавучая установка для добычи, хранения и отгрузки сырья (FPSO)		от 100 м	1,5 м, многолетний лед, айсберги	То же	-
Подводные добычные системы		от 100 м	- айсберги	То же	Ormen Lange

Общеизвестный факт, что на полуострове Ямал имеется уже достаточно развитая инфраструктура, так как именно здесь находится центр газодобычи мирового уровня, и уже проложен «путь» в единую систему газоснабжения России. Железную дорогу, автодорогу, ВЖК (вахтовые жилые комплексы) и др., а также порт Харасавэй необходимо использовать для дальнейшего освоения полуострова и прилегающих акваторий в северном направлении. Аналогичные подходы реализуются в текущем проекте компании ООО «Газпром добыча Ямбург» по освоению акваторий Обской и Тазовской Губ применительно к использованию уже имеющейся инфраструктуры в существующих центрах газодобычи – п. Ямбург и Бованенково [5].

Первоочередными в освоении будут транзитные лицензионные участки суша-море, акваториальные части Крузенштернского и Харасавэйского месторождений, с суммарными запасами 1,7 трлн куб. м газа, так как они находятся в непосредственной близости Бованенковского НГКМ (нефтегазоконденсатного месторождения). В дельтах рек и вблизи берега есть возможность установки ЛБК (ледостойких блок-кондукторов), насыпи искусственных островов, а также возможности разбуривания с берега.

Следующий этап – освоение кластера газонефтедобычи второй очереди, а именно: Нярмейского месторождения и «75 лет Победы», запасы группы составляют 322,5 млрд куб. м., при этом ресурсный потенциал невоскрываемым бурением пластов достигает более 1,7 трлн куб. м. На участках уже были произведены работы с СПБУ (самоподъемных буровых установок), и согласно техническим отчетам о выполнении инженерных изысканий на объектах преобладают песчаные грунты, а небольшие глубины от 10 до 50 м и ледовая обстановка позволяют осваивать объекты с помощью ЛБК и ГП (гравитационных платформ).

Разработка залежей Ленинградского и Русановского лицензионных участков на данном технологическом этапе является труднодоступной, поэтому их разработка будет осуществляться позднее. С учетом больших глубин, существенной удаленности от берега и сложностей морского судоходства предполагается осваивать с помощью системы подводной добычи. На этих участках производились испытания разведочным бурением с ППБУ (полупогружных плавучих буровых установок).

При этом существует комплекс проблем, с учетом которых технологически невозможно на сегодняшний день реализовать проект. Необходима компрессия (в т. ч. Подводные ДКС (дожимные компрессорные станции) и МКУ (модульные компрессорные установки)) и подготовка газа, что влечет за собой создание дополнительной платформы под данные нужды или полномасштабные подводные технологии.

### **Перспективы развития**

Хотелось бы подчеркнуть текущие потребности отрасли в области разведки и доразведки шельфовых месторождений, а также перечислить, что необходимо сделать для оптимизации упомянутого процесса, для ввода участков

в степень готовности к промышленному освоению. На данный момент возможно использовать практики «последовательного» разведочного бурения двух скважин с одной плавучей буровой установки и «параллельного» разведочного бурения в разных акваториях в один буровой сезон, а также решения по «ликвидации» ледовых угроз способом буксировки айсбергов. Отрасли требуется унификация и «популяризация» ледостойких сооружений, и конкретно – ледостойких блок-кондукторов, создание собственной базы плавучих технических средств, включая научно-исследовательский флот, суда для проведения геофизических исследований, полупогружных и самоподъемных плавучих буровых установок, а также разработка нормативно-правовой базы для технологий, и самих технологий для подводной добычи, включая высокотехнологичное оборудование подготовки и компрессии газа, которое доступно, пока что для производства только зарубежным странам. Но все вышеперечисленное может быть реализовано только при полной заинтересованности государства, что должно быть подкреплено соответствующими нормативными документами и включено в федеральные программы. При выполнении подобных задач мы можем перейти к более продвинутым технологиям. Появится возможность создания ледостойких средств океанотехники для продления бурового сезона и сооружений, функционирующих, как автономные структуры. Развивая подобные технологии, отечественная добывающая отрасль будет решать более сложные задачи, которые ставит перед нами суровый арктический климат и рост уровня экономических потребностей для освоения углеводородных месторождений континентального шельфа Российской Федерации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дзюбло А. Д. Геолого-геофизические исследования и модели природных резервуаров Баренцево-Карского региона с целью наращивания ресурсной базы углеводородов. Специальность: 25.00.12 – «Геология, поиски и разведка горючих ископаемых» // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва 2009. URL: [https://new-disser.ru/\\_avtoreferats/01004498028.pdf?ysclid=1wqce0oydob640155829](https://new-disser.ru/_avtoreferats/01004498028.pdf?ysclid=1wqce0oydob640155829) (Дата обращения: 15.03.2023).
2. Официальный сайт: «Российский федеральный геологический фонд». Информация об объекте учета государственного кадастра месторождений. Нярмейское. URL: <https://rfgf.ru/gkm/itemview.php?id=59898> (Дата обращения: 15.03.2023).
3. Концепция технико-технологического развития в области поиска и разведки углеводородов во внутренних морских водах и континентальном шельфе Российской Федерации // Кейс разработан ООО «Газпром ВНИИГАЗ» специально для Молодежной сессии V Международной выставки и конференции по судостроению и развитию инфраструктуры континентального шельфа Offshore Marintec Russia 2022.
4. Агеев А. Л., Большаков А. В., Домрачев А. И., Сборнов И. В., Хасанов Н. Ю. Особенности обустройства и организации эксплуатации газового месторождения

Каменномысское-море // Научный журнал Российского газового общества. 2024. № 3(45).

5. Официальный сайт ПАО «Газпром». Мегапроект Ямал. URL: <https://www.gazprom.ru/projects/yamal/>. (Дата обращения: 15.03.2024).
6. Сочнев О. Я. Техническая доступность российского шельфа для освоения в современных условиях / О. Я. Сочнев, Е. А. Жуковская // Арктика: экология и экономика. – 2013. – № 2(10). – С. 48–61.

Научно-практическая конференция молодых специалистов,  
организованная в рамках  
XI Международной конференции «Российское судостроение 2024»  
и приуроченная к 95-летию АО «ЦНИИМФ»  
«Актуальные вопросы проектирования и эксплуатации морского флота:  
молодежный взгляд».

Сборник статей.

Редактор: В. В. Кошкина  
Компьютерная верстка: И. В. Калиничева

---

Подписано к печати 06.11.2024 Формат 60×84/16  
Усл. печ. л. 5,52. Тираж 50 экз. Заказ № 24/02/24

---

Акционерное общество «Центральный ордена Трудового Красного  
Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский  
институт морского флота» (АО «ЦНИИМФ»)

191015, Санкт-Петербург, Кавалергардская улица, д. 6, лит. А

Отпечатано в типографии «СатисЪ»  
Санкт-Петербург, 6-я линия, д. 63, тел. (812) 305-25-85  
satisspb.ru