



Конференция и выставка по судостроению и разработке  
высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики  
и континентального шельфа  
International Offshore and Maritime Exhibition and Conference

# СУДОСТРОЕНИЕ ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ ШЕЛЬФ

## ТРУДЫ | PROCEEDINGS

Санкт-Петербург | 2020 | St.Petersburg

УДК 338.45(985):004.89  
ББК 65.30(21):32.813  
Т 78

Т 78

Труды Международной конференции и выставки по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения континентального шельфа OMR – 2020. 6–9 октября 2020 года, Санкт-Петербург — М.: Издательство Перо, 2020 — 158 с.

ISBN 978-5-00171-533-7

В сборник включены доклады Международной конференции и выставки по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения континентального шельфа OMR – 2020 (6–9 октября 2020 года, Санкт-Петербург), направленные участниками мероприятия в Секретариат. Вся ответственность за правильность и достоверность представленной информации лежит на авторах.

The Proceedings of the International Offshore and Maritime Conference and Exhibition OMR 2020 are compiled on the basis of the papers submitted to the Secretariat by the speakers who are responsible for fidelity and authenticity of the presented information.

Редакционная коллегия: академик РАН Конторович А.Э., д.т.н., проф. Мирзоев Д.А., д.т.н., Кузнецов В.П.

ISBN 978-5-00171-533-7

© Секретариат OMR  
© ООО «ВО «РЕСТЭК», 2020

## **ПРИ ПОДДЕРЖКЕ / OFFICIAL SUPPORT BY**

ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

GOVERNMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF ENERGY OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT  
OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION

МИНИСТЕРСТВА ИНОСТРАННЫХ ДЕЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS OF THE RUSSIAN FEDERATION

ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

FEDERAL SUBSOIL RESOURCES MANAGEMENT AGENCY

НАУЧНОГО СОВЕТА РАН ПО ГЕОЛОГИИ И РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES RESEARCH COUNCIL FOR GEOLOGY,  
OFFSHORE DEVELOPMENT AND RESERVOIR ENGINEERING

ПАО «ГАЗПРОМ»

GAZPROM

РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

KURCHATOV INSTITUTE RUSSIAN RESEARCH CENTRE

ПРАВИТЕЛЬСТВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

GOVERNMENT OF ST. PETERSBURG

## **ПОД ПАТРОНАТОМ / UNDER THE AUSPICES**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ

ST. PETERSBURG CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY

ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТНОЙ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ

THE LENINGRAD REGION CHAMBER OF COMMERCE AND INDUSTRY

## **ОРГАНИЗАТОР / ORGANISER**

ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «РЕСТЭК®»

RESTEC® EXHIBITION COMPANY

**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР**  
**GENERAL SPONSOR**



**ПАРТНЁР**  
**PARTNER**



**СПОНСОР КРУГЛОГО СТОЛА**  
**«ИННОВАЦИОННЫЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ ПРОЕКТЫ НА ШЕЛЬФЕ МИРОВОГО ОКЕАНА»**  
**SPONSOR OF A CONFERENCE SESSION**  
**«INNOVATIVE OIL AND GAS PROJECTS ON THE WORLD OCEAN SHELF»**



**СПОНСОР МОЛОДЁЖНОЙ СЕССИИ**  
**SPONSOR OF YOUNG SESSION**



**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ ПАРТНЁР**  
**GENERAL INDUSTRY PARTNER**



**ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОТРАСЛЕВОЙ ПАРТЁР**  
**OFFICIAL INDUSTRY PARTNER**



**ОТРАСЛЕВЫЕ МЕДИАПАРТНЁРЫ**  
**INDUSTRY MEDIA SPONSORS**



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЁРЫ MEDIA PARTNERS

**Коммерсантъ**

**РЖД ПАРТНЕР**

**МОРСКОЙ ПЕТЕРБУРГ**  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗДАТЕЛЬСКАЯ КОМПАНИЯ

**Гидротехника**  
НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

**OilGasCom.com**

**СПЕЦТЕХНИКА**  
И НЕФТЕГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ПОСТАВЩИКИ МАШИН  
И ОБОРУДОВАНИЯ

**ТОЧКА ОПОРЫ**  
РОССИЙСКИЙ ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ

**PortNews**  
НА ИНФОРМАЦИОННОЙ ВОЛНЕ!

**GIS profi**

**PRO-ARCTIC**

**expoclub**

**КОРАБЕЛ.РУ**  
МОРСКОЕ И СУДОВОЕ

**Rational Enterprise Management**

**WikiProm**

**ROGTEC**  
РОССИЙСКИЕ НЕФТЕГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Каталог Минералов.Ру**  
www.catalogminerals.ru

**СУДПРОМ.РУ**  
Судостроительная промышленность  
Российской Федерации

**СФЕРА**  
РЕГИСТРАЦИЯ

**INFO Line**

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ДЕЛОВОЙ ЖУРНАЛ  
**ТСР**  
ТРЕНДЫ | СОБЫТИЯ | РЫНКИ

**ЭНЕРГЕТИКА  
И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ  
РОССИИ**

**СтартНефтьГаз**

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОРТАЛ  
**PROMRF.RU**  
промышленность и инновации

**elec.ru**

СУДОВОЕ СНАБЖЕНИЕ  
И ОБСЛУЖИВАНИЕ  
SHIP SUPPLY & SERVICES

ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ  
ПОТЕНЦИАЛ

**ВПриоритете**  
Выбор в Вашу пользу

**ПРОМЫШЛЕННЫЙ ВЕСТНИК**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ИТ в нефтегазовой  
области**

**Кабель.РФ**

**Sea News**

**ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЁР ДЕЛОВОЙ СЕССИИ «КАБЕЛЬНЫЙ БИЗНЕС – 2020»**  
**INFORMATION PARTNER OF «CABLE BUSINESS – 2020» SESSION**

**RusCable.Ru**  
Энергетика, Электротехника, Связь,  
Первое отраслевое электронное СМИ № ФС77-70160





От имени Правительства Российской Федерации приветствую организаторов, участников и гостей 4-й Международной конференции и выставки по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения континентального шельфа Offshore Marintec Russia (OMR 2020)!

Комплексное развитие инфраструктуры Арктики и российского континентального шельфа сохраняет свое стратегическое значение в обеспечении безопасности нашей страны, ее дальнейшего устойчивого развития. Для реализации наших интересов в Арктике в полной мере необходимы конструктивное межведомственное взаимодействие, создание новых стимулов для освоения перспективных территорий, поддержка инновационного сектора, укрепление внутриотраслевых связей и партнерства.

Важно синхронизировать планы по развитию Арктического региона с возможностями судостроительной отрасли и машиностроения, наладить в России выпуск самого широкого спектра оборудования, необходимого для арктических изысканий и добычи углеводородов в северных акваториях.

Уже сегодня в рамках стратегии импортозамещения нефтегазодобывающие предприятия заключают соглашения с отечественными разработчиками технологий и оборудования по освоению континентального шельфа. Дальнейшая интенсификация такого сотрудничества, обмен информацией, консультации и деловые встречи, я уверен, принесут еще большие плоды.

Проведение очередной конференции и выставки Offshore Marintec Russia – важное событие. Силами организаторов и участников этих мероприятий продолжается интеграция между сферами судостроения и судоходства, морской нефте- и газодобычи, инновационных разработок, информационных технологий, защиты окружающей среды. Надеюсь, это позволит принять новые качественные решения по вопросам дальнейшего освоения Арктики и континентального шельфа.

Желаю Вам успешной работы и решения поставленных задач!

Заместитель Председателя  
Правительства Российской Федерации  
Ю.И. Борисов

On behalf of the Government of the Russian Federation, I am pleased to welcome the managers, participants and guests of the 4-th International Exhibition and Conference for Shipbuilding and Equipment and Technologies for Development of the Arctic and Continental Shelf — Offshore Marintec Russia (OMR 2020)!

The comprehensive development of the Arctic and the Russian continental shelf infrastructure remains the strategic task in terms of ensuring the security of our country and its further sustainable development. The pursuit of our Arctic goals requires the meaningful cooperation between agencies, creation of new incentives for the development of promising territories, support for the innovation sector, and strengthening of intra-sectoral ties and partnerships.

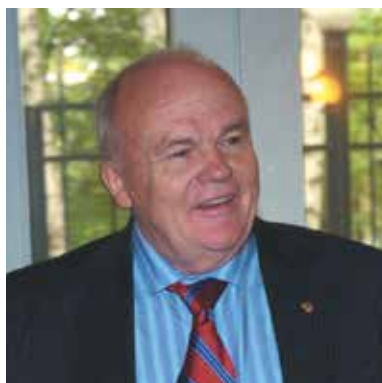
It is important to align the plans for the development of the Arctic region with the capacities of the shipbuilding industry and mechanical engineering, to launch the Russian production of the widest range of equipment required for the Arctic exploration and for the production of hydrocarbons in the northern waters.

Today within the framework of the import substitution strategy oil and gas companies sign contracts with Russian companies that provide technologies and equipment for the development of the continental shelf. I'm sure that further intensification of such cooperation, information sharing, as well as consultations and business meetings will bring even greater results.

The next conference and exhibition Offshore Marintec Russia is an important event. The efforts of the managers and participants of these events facilitate integration between the spheres of shipbuilding and shipping, offshore oil and gas production, innovative developments, information technology, and environmental protection. I hope this will support making new high-quality decisions on further development of the Arctic and the continental shelf.

I wish you successful work and solving the challenges!

Deputy Prime Minister  
of the Russian Federation  
Yury Borisov



Уважаемые участники и организаторы Международной конференции и выставки по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения шельфа – Форум Offshore Marintec Russia OMR 2020!

Наше мероприятие проводится по Распоряжению Правительства Российской Федерации, что подчеркивает возрастающую роль Арктики в жизни России.

Стратегия развития Арктической зоны предполагает до 2035 года увеличение доли арктической нефти до 22% от общего объема извлечения нефти в стране; к 2035 году этот показатель должен вырасти до 25%. Долю природного газа к этому году предполагается нарастить до 92%, а объем производства сжиженного природного газа (СПГ) довести до 120 млн тонн в год.

Для обеспечения транспортировки углеводородных ресурсов предполагается строительство не менее пяти универсальных атомных ледоколов проекта 22220 и трех сверхмощных атомных ледоколов «Лидер», что позволит обеспечить рост перевозок по Северному морскому пути к 2024 году до 80 млн тонн, к 2030 году – до 120 млн тонн, к 2035 – до 160 млн тонн в год.

Для реализации намеченных планов необходимо интенсифицировать научно-технические исследования с целью создания новых подводно-подледных нефтегазовых технологий, развития арктической транспортной сети, обеспечения контроля экологического баланса на задействованных акваториях. Эти и другие вопросы включены в обширную деловую программу Форума OMR 2020.

Поставленные задачи определяют необходимость международного сотрудничества в освоении Арктического шельфа, укрепления деловых связей между отраслями промышленности, задействованными на этом направлении.

Выражаю уверенность, что в ходе работы Форума участники смогут обмениваться компетентными мнениями, сформировать актуальные суждения и разработать практические рекомендации по всем важным аспектам освоения Арктического шельфа, как это с 1993 года традиционно происходит на наших арктических шельфовых выставках и конференциях.

Желаю участникам и организаторам Форума OMR 2020 плодотворной работы, благополучия и успехов в решении грандиозных задач, стоящих перед Россией в Арктике!

Почетный сопредседатель  
Организационного комитета Форума OMR,  
Почетный президент НИЦ «Курчатовский институт»,  
Академик РАН  
Е.П. ВЕЛИХОВ

Dear managers and participants of the International Exhibition and Conference for Shipbuilding and Equipment and Technologies for Development of the Arctic and Continental Shelf — Offshore Marintec Russia OMR 2020!

Our event is held under authority of the Government of the Russian Federation, which emphasizes the growing role of the Arctic in the life of Russia.

The Arctic zone development strategy envisages an increase in the share of the Arctic oil to 22% of the total oil production in the country by 2035; by 2035 this figure should rise to 25%. This year we expect to rise the share of natural gas to 92%, and the volume of liquefied natural gas (LNG) production will be increased to 120 million tons per year.

To facilitate the transportation of hydrocarbons the plan is to build at least five universal nuclear icebreakers of project 22220 and three super-powerful nuclear icebreakers “Leader”, which will ensure the growth of the annual traffic along the Northern Sea Route up to 80 million tons by 2024, and up to 120 million tons by 2030 and up to 160 million tons by 2035.

To implement the plans, we need to foster the scientific and technical research in order to create new subsea/subice oil and gas technologies, develop the Arctic transport network, and ensure control of the environmental balance in the involved water areas. These and other issues are included in the vast business agenda of the OMR 2020 Forum.

The pursued tasks require the international cooperation in the development of the Arctic shelf, and strengthening of the business ties between the involved industries.

I am confident that in the course of the Forum the participants will be able to exchange competent opinions, form up-to-date judgments and develop practical recommendations on all important aspects of the development of the Arctic shelf, as has traditionally been the case since 1993 at our Arctic shelf exhibitions and conferences.

I wish the participants and managers of the OMR 2020 Forum had fruitful work, prosperity and success in solving the daunting challenges facing Russia in the Arctic!

Evgeny P. VELIKHOV,  
Honorary Co-Chairman of the OMR Forum Organizing  
Committee,  
Honorary President of NRC “Kurchatov Institute”,  
member of the Russian Academy of Sciences

**Уважаемые коллеги!**

От имени Министерства энергетики Российской Федерации приветствую организаторов, участников и гостей 4-й международной выставки и конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для развития шельфа OMR 2020.

Освоение углеводородного потенциала континентального шельфа арктических морей и северных территорий – важнейший геополитический и технологический вызов для нефтегазового комплекса России.

Усилия государства постепенно конвертируются в видимый результат – из года в год увеличивается добыча углеводородов в Арктике, создается необходимое отечественное оборудование и технологии, развивается кадровый потенциал. За последние несколько лет удалось существенно повысить инвестиционную привлекательность нефтегазодобычи в регионе.

Важным условием развития Арктики является надежная транспортировка грузов, в том числе для нужд ТЭК. В этой связи идёт активное развитие самой северной транспортной артерии в мире – Северного морского пути (СМП). Этот транспортный коридор – единственная на сегодняшний день альтернатива маршрутам через Суэцкий и Панамский каналы – позволяет значительно сократить сроки доставки, а также отличается высокой степенью надежности.

Уверен, что Форум OMR 2020 будет способствовать всестороннему экспертному обсуждению вопросов судостроения, развития СМП, разработки и внедрения высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа.

Желаю участникам Форума результативной работы, интересных дискуссий, успехов в реализации намеченных планов.

Министр энергетики  
Российской Федерации  
А.В. Новак

**Dear colleagues,**

On behalf of the Ministry of Energy of the Russian Federation I am pleased to welcome participants and guests of OMR 2020 – the 4th International Offshore and Maritime Exhibition and Conference.

Development of oil & gas resources of the Arctic shelf and northern territories is one of the most important geopolitical and technological challenges of the Russian energy industry.

The efforts of the country are gradually becoming visible – from year to year hydrocarbon production in the Arctic is increasing, the necessary domestic equipment and technologies are being created, and human resources are developing. Over the past few years, the investment attractiveness of oil and gas production in the region has been significantly increased.

Safe and reliable transportation of goods, including for the needs of the energy industry, is an important factor for the development of the Arctic. That is why the Northern Sea Route, the northernmost transport artery in the world, is being actively developed. This transport corridor is currently the only alternative to routes through the Suez and Panama Canals, which significantly reduces delivery times and is also highly reliable.

I am sure that OMR 2020 Forum will contribute to a comprehensive expert discussion of shipbuilding, the development of the Northern Sea Route, the creation and implementation of high-tech equipment for the exploration of the Arctic and the continental shelf.

I wish the Forum participants productive work, interesting discussions, and success in the realization of their plans.

Alexander Novak  
Minister of Energy  
of the Russian Federation





### Дорогие друзья!

Рад приветствовать участников Международной выставки-конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа – OMR 2020!

Петербург по праву называют крупнейшим центром судостроения России. Сегодня у нас работают более 40 организаций отрасли. Ледоколы и танкеры, построенные нашими корабелями, известны во всем мире. В Северной столице разрабатывается и производится уникальная морская техника, энергоблоки и платформы для полярных широт и добычи нефтегазовых ресурсов на побережье Северного Ледовитого океана.

За последние годы Петербург утвердился в статусе ведущей площадки для обсуждения и продвижения отечественных и международных инициатив по развитию Арктической зоны.

Уверен, что проведение OMR 2020 будет способствовать заключению новых соглашений и запуску крупных инвестиционных проектов.

Желаю всем участникам форума успешной и плодотворной работы и самых приятных впечатлений от нашего прекрасного города!

Губернатор Санкт-Петербурга  
А.Д. Беглов

### Dear friends!

I am pleased to welcome the participants of the International Exhibition and Conference for Shipbuilding and Equipment and Technologies for Development of the Arctic and Continental Shelf — OMR 2020!

St Petersburg is deservedly called the major shipbuilding center of Russia. Today, our city hosts more than 40 industry organizations. Icebreakers and tanker ships manufactured by our shipbuilders are well-known all over the world. St Petersburg, also called the North Capital, designs and manufactures unique marine facilities, power units and platforms for the polar service as well as for oil and gas extraction at the shore of the Arctic Ocean.

In recent years St Petersburg has reinforced its role as the leading site for discussion and promotion of the Russian and international initiatives aimed at the polar zone development.

I'm sure that OMR 2020 will promote new contracts and new investment projects.

I wish that all the participants have successful and fruitful experience and gather the most pleasant impressions from our city.

Alexander Beglov,  
Governor of St. Petersburg

**Уважаемые коллеги!**

Рад приветствовать участников, организаторов и гостей выставки-конференции по судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа OMR-2020.

Поздравляю вас с возможностью встретиться в онлайн режиме и обсудить вопросы, связанные с состоянием, перспективами и комплексным развитием инфраструктуры Арктической зоны.

Сегодня на площадке OMR, демонстрирующей потенциал российской и мировой индустрии судостроения, вниманию ключевых экспертов, представителей бизнеса и власти представлен передовой опыт морского и транспортного строительства.

И это особо важно в преддверии председательства России в Арктическом совете на период 2021-23 годов. В повестку, которую планирует реализовать Россия в этой авторитетной международной организации, будут включены вопросы использования Северного морского пути для международного арктического судоходства, включая трансконтинентальные перевозки грузов, развития его инфраструктуры, создания благоприятных экономических и правовых условий для транзита.

Уверен, что работа такой масштабной конгрессно-выставочной площадки имеет большое значение для устойчивого развития российской Арктики.

Желаю гостям и участникам мероприятия здоровья, интересных и полезных встреч, успешного развития бизнеса!

Председатель Совета СПб ТПП,  
Депутат Государственной Думы ФС РФ  
В.И. Катенев

**Dear colleagues!**

I am pleased to welcome the participants, managers and guests of the Shipbuilding and Designing of High-Tech Equipment for the Arctic and Continental Shelf Development Exhibition and Conference OMR-2020.

I congratulate you on this opportunity to meet online and discuss issues related to the current state, prospects and comprehensive development of the Arctic zone infrastructure.

Today, at the OMR site that demonstrates the potential of the Russian and global shipbuilding industry, the best practices of marine and transport construction are presented to the attention of the key experts, business and government representatives.

And this is especially important on the eve of Russia's chairmanship in the Arctic Council in 2021-23. The agenda that Russia plans to implement in this influential international organization will include the use of the Northern Sea Route for international Arctic shipping, including transcontinental cargo transportation, the development of its infrastructure, and the creation of favorable economic and legal conditions for transit.

I am sure that the work of such a large-scale congress and exhibition platform is of great importance for the sustainable development of the Russian Arctic region.

I wish the guests and participants of the event to stay healthy, to have interesting and fruitful meetings, and successful business development!

Chairman of the Board  
of the St. Petersburg CCI,  
State Duma of Russian Federation Deputy  
V.I. Katenev

**Уважаемые коллеги!**

От имени Ленинградской областной торгово-промышленной палаты рад приветствовать участников и гостей международной специализированной выставки и конференции Offshore Marintec Russia!

Налаживание профессиональных и деловых контактов между специалистами, внедрение в производство инновационных технологий, повышение конкурентоспособности российских компаний способствуют укреплению экономики и улучшению инвестиционного климата. Немаловажную роль в этом процессе играют специализированные деловые международные площадки, к которым на протяжении нескольких лет относится Offshore Marintec Russia.

Исторически сложилось, что именно в Северо-Западном регионе сосредоточены основные мощности отечественного судостроения. Примечательно, что конференция традиционно проходит в Санкт-Петербурге – признанном научно-исследовательском и промышленном центре и объединяет представителей Арктических регионов России.

Уверен, что вместе мы сможем найти ответы на актуальные вопросы развития нашей промышленности и на те вызовы, которые стоят перед нашей страной, а совместные усилия организаторов и участников форума приведут к решению основных задач освоения арктических широт, развитию инфраструктуры континентального шельфа, созданию инновационных конкурентоспособных продуктов и заключению взаимовыгодных контрактов.

Желаю успехов, благополучия и плодотворной работы.

Президент  
Ленинградской областной  
торгово-промышленной палаты  
Ю.М. Васильев

**Dear colleagues!**

On behalf of the Leningrad Regional Chamber of Commerce and Industry, I am glad to welcome the participants and guests of the international specialized exhibition and conference Offshore Marintec Russia!

Establishing professional and business contacts between specialists, introducing innovative technologies into production, increasing the competitiveness of Russian companies contribute to strengthening the economy and the investment climate improvement. An important role in this process is played by specialized international business platforms, including Offshore Marintec Russia in the recent years.

Historically, the main capacities of the Russian shipbuilding are concentrated in the North-West region. It is noteworthy that the conference is traditionally held in St. Petersburg being a recognized research and industrial center, and brings together the representatives of the Arctic regions of Russia.

I am sure that together we will be able to find answers to topical issues of the industry development and to the challenges that our country faces, and the joint efforts of the managers and participants of the forum will facilitate the solution of the key tasks aimed at the development of the Arctic latitudes, infrastructure of the continental shelf, creation of innovative competitive products and the conclusion of mutually beneficial contracts.

I wish you success, prosperity and fruitful work.

President  
of the Leningrad Regional  
Chamber of Commerce and Industry  
Y.M. Vasilyev

**Уважаемые коллеги, партнеры, друзья!**

Выставочное объединение «РЕСТЭК» приветствует вас в Санкт-Петербурге – на 4-й международной выставке и конференции, посвященной судостроению и разработке высокотехнологичного оборудования для освоения Арктики и континентального шельфа – OMR 2020!

OMR – это уникальный для российского выставочного рынка проект, который является концептуальным продолжением самого известного национального форума по освоению шельфа RAO/CIS Offshore, который ВО «РЕСТЭК» проводится на протяжении 25 лет.

Раз в два года ведущие игроки судостроительного рынка и ТЭК, представители органов власти и ведущие учёные собираются на площадке OMR для демонстрации новаций и обсуждения актуальных проблем и перспектив освоения Арктики и нефтегазовых ресурсов континентального шельфа.

С каждым годом наша компания старается поднимать уровень мероприятия и делать его более значим для индустрии и интересным для посетителей.

В этом сложном году мы хотим выразить огромную признательность всем тем, кто поддержал проведение OMR 2020 своим участием в проекте. Более 200 компаний стали участниками конференционной программы, 65 – выставочной экспозиции.

Мы благодарим всех партнеров за весомый вклад в организацию деловой программы, которая в этом году чрезвычайно насыщена и актуальна. Коллеги, для нас большая честь – быть вашим деловым партнером, помогать продвигать на выставках ваши идеи, способствуя их реализации.

Мы искренне желаем участникам и посетителям OMR 2020 результативных встреч, новых совместных проектов и плодотворной работы!

Генеральный директор  
ВО «РЕСТЭК»  
Д.А. Никитин

**Dear colleagues and partners, dear friends!**

On behalf of RESTEC Exhibition Association I am pleased to welcome you to the 4-th International Shipbuilding and Designing of High-Tech Equipment for the Arctic and Continental Shelf Development Exhibition and Conference – OMR 2020 held in St. Petersburg!

OMR is a unique project for the Russian exhibition market, it is a conceptual follow-up of the most famous national shelf development forum RAO/CIS Offshore that has been arranged by our company for 20 years.

Every two years, representatives of the oil and gas industry, shipbuilding market, government authorities and leading researchers gather at the OMR platform to demonstrate the latest innovations and discuss current problems and prospects for the extraction of oil and gas resources in the Arctic and the continental shelf.

Year after year our company strives to raise the level of the event, realizing the importance of this industry for the economic system of our country.

This year more than 200 organizations took part in the congress and 65 companies presented their expositions.

We express our profound gratitude to everyone who supported OMR 2020 with their participation in this challenging year.

We thank all partners for their significant contribution to the development of the tight business agenda for this year's exhibition. It is a great honor for us to work together with you, to help promote your ideas and achievements at RESTEC events, contributing to their implementation.

I sincerely wish all OMR 2020 exhibitors and visitors productive work, fruitful meetings and new perspectives!

Director General  
of RESTEC Exhibition Company  
Dmitry Nikitin



**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР ФОРУМА**



ВПЕРВЫЕ В РОССИИ

**ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск»** –  
100% дочернее предприятие ПАО «Газпром».  
С 2014 года ведет промышленную эксплуатацию  
Кириного газоконденсатного месторождения  
на шельфе о.Сахалин.  
Здесь впервые в истории газовой отрасли России  
добыча углеводородного сырья осуществляется  
с помощью подводного добычного комплекса.





УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ

БОЛЕЕ 20 ЛЕТ СТРОИТЕЛЬСТВА  
МОРСКИХ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ  
И ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА  
ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА



реклама

Новое многофункциональное судно «ЭВЕРЕСТ»  
ледового класса 1А SUPER с системой динамического позиционирования DP3 специально  
спроектировано для непрерывного выполнения широкого спектра подводных операций  
в тяжелых погодных условиях при низких температурах.

Москва, Херсонская улица, 43, корпус 3, +7 (499) 754 2021, [www.mrts.ru](http://www.mrts.ru)



# В АРКТИКЕ С 1920



# В АНТАРКТИКЕ С 1956

Государственный научный центр  
Арктический и антарктический научно-исследовательский  
институт – лидер полярных исследований

Учёные ААНИИ проводят весь цикл работ в высоких широтах: занимаются фундаментальными и прикладными исследованиями климата, процессов в атмосфере, ближнем космосе, морской среде и ледяном покрове.

Мы выполняем комплексный мониторинг природной среды на базе обсерваторий и ежегодных экспедиций в высокие широты.

Проводим опыты для определения ледовых нагрузок на сооружения и суда в ледовом бассейне.

Предоставляем оперативное гидрометеорологическое обеспечение для безопасного судоходства на трассе Северного морского пути.



**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА  
ПО СУДОСТРОЕНИЮ И РАЗРАБОТКЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ  
И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА OMR 2020**

**INTERNATIONAL OFFSHORE AND MARITIME EXHIBITION AND CONFERENCE  
OMR 2020**



***ТРУДЫ***  
***PROCEEDINGS***

*Санкт-Петербург  
2020*

## СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

### СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ МОРСКИХ НЕДР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.Л. Устьянцев, О.В. Калиниченко, С.Ю. Лукьянов, Н.Е. Шумейкина  
(Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд», Геленджик) ..... 24

#### STATE OF KNOWLEDGE OF THE RUSSIAN FEDERATION'S MARINE RESOURCES

V.L. Ustyantsev, O.V. Kalinichenko, S.Yu. Lukyanova, N.E. Shumeikina  
(Marine branch of Rosgeolfond, Gelendzhik) ..... 24

### О СОЗДАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ И БУРОВЫХ СУДОВ

Виктор Александрович ШУРЫГИН, Валерий Анатольевич СЕРОВ, Игорь Викторович КОВШОВ,  
Сергей Анатольевич УСТИНОВ, Владимир Борисович ТИТАРЕНКО (АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады»),  
Константин Вольдемарович МЕГРЕЦКИЙ, Вячеслав Валерьевич МОВШУК (АО «ЦКБ «МТ «Рубин») ..... 32

#### ON THE DESIGN OF TECHNICAL MEANS FOR STAFF MOVEMENT AND EVACUATION FOR OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES AND DRILLING VESSELS

Viktor A. SHURYGIN, Valeriy A. SEROV, Igor V. KOVSHOV, Sergey A. USTINOV,  
Vladimir B. TITARENKO (JSC «Federal Scientific and Production Centre «Titan-Barricady»),  
Konstantin V. MEGRETSKIY, Viacheslav V. MOVSHUK  
(JSC «Central Design Bureau for Marine Engineering «Rubin») ..... 32

### ТЕХНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА ЗА ОБЪЕКТАМИ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА РОССИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ

Авдонкин А.С. (ФАУ «Российский морской регистр судоходства») ..... 37

#### TECHNICAL SUPERVISION OF THE RUSSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING OF DEVELOPMENT FACILITIES ON THE RUSSIAN SHELF

A. Avdonkin (FAU «Russian Maritime Register of Shipping») ..... 37

### ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Рафаэль Рафкатович УСМАНОВ, Алексей Александрович ЛЯПИН (ООО «ССПЭБ») ..... 38

### РАЗРАБОТКА РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТЬЮ ОСЕВОГО ТИПА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ СОЗДАНИЯ

Елена Асановна Куличкова, к.т.н. (АО «Центр технологии судостроения и судоремонта») ..... 39

#### DEVELOPMENT AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF CONTROL VALVES WITH HIGH-EFFICIENCY FLOW-THROUGH COMPONENTS OF AXIAL TYPE INTENDED FOR CONTINENTAL-SHELF FACILITIES

Elena Kulichkova, JSC Shipbuilding and Shiprepair Technology Center, St. Petersburg ..... 39

### ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ ВО ЛЬДУ И ШУГЕ

Гай В.А., Казаков В.А., ООО «СоюзФлот Порт», Приморск ..... 43

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ

Г.А. Туричин, Е.А. Валдайцева, И.А. Цибульский, Е.В. Земляков, К.Д. Бабкин  
(Санкт-Петербургский Государственный морской технический университет) ..... 44

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИИ

Алексей Евгеньевич БАРАНОВ, Михаил Александрович ЕРОХИН, Наталья Николаевна КАЗАНЦЕВА,  
Ольга Александровна ПОДЫМОВА (ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша») ..... 48

#### EQUIPMENT FOR WASTEWATER TREATMENT IN RELATION TO THE ARCTIC REGION CONDITIONS AND THE CONTINENTAL SHELF OF RUSSIA

Alexey E. BARANOV, Mikhail A. EROKHIN, Natalia N. KAZANTSEVA, Olga A. PODYMOVA  
(SSC Keldysh Research Centre) ..... 48

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОХОДСТВА

Ирина Анатольевна БЫЧКОВА, Владимир Григорьевич СМЕРНОВ, Наталья Юрьевна ЗАХВАТКИНА,  
Светлана Витальевна МИХАЛЬЦЕВА (ФГБУ «ААНИИ») ..... 53

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>DETERMINATION OF ICE COVER CHARACTERISTICS IN THE ARCTIC USING SATELLITE AND CONTACT MEASUREMENTS FOR HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF NAVIGATION</b><br>Irina A. Bychkova, Vladimir G. Smirnov, Natalia Yu. Zakhvatkina, Svetlana V. Mihal'tseva (AARI).....                                              | 53 |
| <b>ОПЕРАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИЕЙ О СОСТОЯНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ</b><br>Александр Петрович Кузьмичев, Владимир Григорьевич СМЕРНОВ (ФГБУ «ААНИИ»).....                                                      | 59 |
| <b>OPERATIONAL PROVISION OF CONSUMERS WITH INFORMATION ABOUT THE STATE OF THE ARCTIC ICE COVER USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS FOR DATA COLLECTION AND TRANSMISSION</b><br>Alexander Petrovich Kuzmichev, Vladimir Grigoryevich Smirnov (AARI).....                                                   | 59 |
| <b>СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА «ЭЛЕКТРОСИЛА»</b><br>Митин Ф.В. (ПАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ», Санкт-Петербург) .....                                                                                                                                      | 63 |
| <b>MODERN AUTOMATIC EXCITATION REGULATORS FOR GENERATORS OF PRODUCTION OF ELECTROSILA</b><br>Mitin F.V. (PJSC «POWER MACHINES», Saint-Petersburg) .....                                                                                                                                                     | 63 |
| <b>ДОСТИЖЕНИЯ ПАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ» В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ</b><br>Константин Викторович КОРНЕЕВ, АО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ», Санкт-Петербург .....                                                                                                                         | 64 |
| <b>ACHIEVEMENTS OF PJSC «POWER MACHINES» IN ELECTROMECHANICAL ENGINEERING OF SHIPBUILDINGS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT</b><br>Konstantin Korneyev JSC «POWER MACHINES», Saint-Petersburg.....                                                                                                              | 64 |
| <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВ КАК СПОСОБ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ МОРСКИХ СУДОВ, ЛЕДОСТОЙКИХ ПЛАТФОРМ И БЕРЕГОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ, ТРАПОВ, ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПЛОЩАДОК</b><br>Струпинский М.Л., Постников А.В., Смирнов О.В. («ССТЭНЕРГОМОНТАЖ», МОСКВА) .....                                          | 70 |
| <b>ELECTRIC HEATING AS A WAY TO CONTROL ICING OF SHIPS, ICE-RESISTANT RIGS AND COASTAL STRUCTURES, EVACUATION ROUTES, GANGWAYS, RUNWAYS</b><br>Michael Strupinskiy, Anton Postnikov, Oleg Smirnov (SST ENERGMONTAZH, MOSCOW).....                                                                           | 70 |
| <b>СПУТНИКОВЫЕ РЕШЕНИЯ РТКОММ ДЛЯ ОФИСА НА МОРЕ</b><br>Ратиев С.Ю. (АО «РТКомм.РУ», Москва) .....                                                                                                                                                                                                           | 71 |
| <b>RTCOMM SATELLITE SOLUTIONS FOR OFFICE AT THE SEA</b><br>S. Yu. Ratiev (RTCOMM, Moscow).....                                                                                                                                                                                                              | 71 |
| <b>СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СУДОВЫХ ЭМР</b><br>Любовь Ивановна ДЕГТЯРЕВА, Юрий Владимирович ДУШКИН, Андрей Васильевич ГОРБУНОВ<br>(АО «СПО «Арктика»)<br>Вероника Алексеевна АНТИПКИНА<br>(филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)..... | 72 |
| <b>CREATION OF MODERN SECTORAL PRICING SYSTEM IN THE FIELD OF SHIP WIRING WORKS</b><br>Lyubov I. DEGTAREVA, Yuri V. DUSHKIN, Andrey V. GORBUNOV (JSC "NPA "Arktika")<br>Veronika A. ANTIPKINA (branch of the FSUE "Krylov state scientific center") .....                                                   | 72 |
| <b>КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ АО «СПО «АРКТИКА»)</b><br>Олег Геннадьевич ЛОГИНОВ, Юрий Владимирович ДУШКИН, Любовь Ивановна ДЕГТЯРЁВА<br>(АО «СПО «Арктика»).....                                     | 77 |
| <b>INTEGRATED APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF WIRING WORKS AT THE FACILITIES INTENDED FOR DEVELOPMENT OF ARCTIC TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF JSC "NPA ARKTIKA")</b><br>Oleg G. LOGINOV, Yuri V. DUSHKIN, Lyubov I. DEGTAREVA (JSC NPA "Arktika").....                                                   | 77 |
| <b>АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СУДОВ</b><br>Ханухов В. К., начальник отдела инновационного развития, АО «Балтийский завод».....                                                                                                                                            | 82 |



|                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ANALYSIS OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF MODERN RESEARCH VESSELS</b><br>Khanukhov V. K., head of shipyard facilities development department, Baltic shipyard .....                                                                                 | 82  |
| <b>ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА<br/>СОВРЕМЕННОГО АРКТИЧЕСКОГО ФЛОТА И ОФШОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ</b><br>Сыч О.В., Хлусова Е.И., Ильин А.В. (НИЦ «Курчатовский институт»-ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург).....   | 89  |
| <b>INNOVATIVE STRUCTURAL MATERIALS FOR THE CONSTRUCTION OF MODERN ARCTIC SHIPS<br/>AND OFFSHORE STRUCTURES</b><br>O.V. Sych, E.I. Khlusova, A.V. Ilyin (NRC "Kurchatov Institute" – CRISM "Prometey", St. Petersburg).....                             | 89  |
| <b>ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАВАНИЯ ГАЗОВОЗОВ ПО СМП</b><br>Бресткин С.В., Афанасьева Е.В., Девятаев О.С., Соколова Ю.В., Титова Ю.М. (ГНЦ РФ «ААНИИ», Санкт-Петербург).....                                                                | 90  |
| <b>HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT FOR THE NAVIGATION OF LNGC ALONG<br/>THE NORTHERN SEA ROUTE</b><br>Brestkin S.V., Afanasyeva E.V., Devyatayev O.S., Sokolova Yu.V., Titova Yu.M. (SRC RF "AARI", Saint-Petersburg).....                                 | 90  |
| <b>ПРОЕКТ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА<br/>ДЛЯ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ</b><br>Апполонов Евгений Михайлович, Петров Анатолий Сергеевич (АО «ЦКБ «Лазурит») .....                                            | 93  |
| <b>DESIGN OF A MULTIPURPOSE RESEARCH VESSEL FOR THE MINISTRY<br/>OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF RUSSIA</b><br>Evgeny M. Appolonov, Anatoly S. Petrov (JSC "CDB "Lazurit").....                                                                     | 93  |
| <b>СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКАЧКИ БУРОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ<br/>В ПЛАСТЫ ГОРНЫХ ПОРОД</b><br>Блюс Д. В. (ООО «АКРОС», Москва).....                                                                                                            | 99  |
| <b>NEW TECHNOLOGY OF INJECTING DRILLING AND INDUSTRIAL WASTE INTO FORMATION</b><br>Blyus D.V. (AKROS LLC, Moscow).....                                                                                                                                 | 99  |
| <b>ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ<br/>МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ</b><br>Николай Александрович ВАЛЬДМАН, Нина Леонидовна МАЛЫАРЕНКО<br>(ФГУП «Крыловский государственный научный центр») ..... | 100 |
| <b>APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING PROCEDURE TO ENSURE SAFETY<br/>OF OFFSHORE OIL &amp; GAS FACILITIES</b><br>Nikolay A. VALDMAN, Nina L. MALYARENKO (Krylov State Research Centre) .....                                             | 100 |
| <b>КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ПЛАВУЧЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ<br/>НА СПГ МОЩНОСТЬЮ 50-60 МВт</b><br>Бережной К.Г., Вербицкий С.В., Исхаков А.С., Коваль М.Г., Малыгин В.Е., Пяткин В.А.<br>(ФГУП «Крыловский государственный научный центр») .....         | 101 |
| <b>CONCEPTUAL DESIGN OF LNG FLOATING THERMAL POWER PLANT OF 50-60 MW</b><br>Berezhnoy K.G., Verbitskiy S.V., Iskhakov A.S., Koval M.G., Malygin V.E., Pyatkin V.A.<br>(Krylov State Research Centre) .....                                             | 101 |
| <b>ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ<br/>И ОПЕРАТИВНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЧС</b><br>Кукушкин А.В. (ООО «Транзас Навигатор»).....                                                                                                         | 102 |
| <b>ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ООО «ГАЗПРОМ ФЛОТ»<br/>НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ</b><br>Иванов В.М., Мазуров И.Н., Лубенский В.В. (ООО «Газпром флот», Санкт-Петербург).....                                                      | 103 |
| <b>HEALTHCARE ON ARCTIC OFFSHORE FACILITIES OF GAZPROM FLOT LLC</b><br>Valery M. Ivanov, Igor N. Mazurov, Vitaliy V. Lubenskiy (Gazprom flot LLC, Saint Petersburg).....                                                                               | 103 |
| <b>НОВЫЕ ВИДЫ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА И ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА<br/>ПРОИЗВОДСТВА ГРУППЫ КОМПАНИЙ СЕВЕРСТАЛЬ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА ШЕЛЬФОВЫХ<br/>МЕСТОРОЖДЕНИЙ</b><br>Михеев В.В. (ПАО «Северсталь», Череповец).....                                          | 104 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>SEVERSTAL OFFERS NEW PLATES AND LARGE DIAMETER PIPES<br/>FOR OFFSHORE FIELD INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT</b><br>Mikheev V.V. (PAO Severstal, Cherepovets).....                                                                                                                                                                    | 104        |
| <b>ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ» ЛИСТОВОГО ПРОКАТА<br/>ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ АРКТИЧЕСКИХ МАРОК СТАЛЕЙ</b><br>Попков А.Г. (ПАО «Северсталь», Санкт-Петербург).....                                                                                                                              | 105        |
| <b>CAPABILITIES TO PRODUCE FLAT STEEL PRODUCTS FOR SHIPBUILDING,<br/>INCLUDING ARCTIC STEEL GRADES, AT PAO SEVERSTAL FACILITIES</b><br>Popkov A. G. (PAO Severstal, St. Petersburg).....                                                                                                                                           | 105        |
| <b>АРКТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ – ИМПУЛЬС ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТНОЙ<br/>ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b><br>Смирнов С.В. (Ассоциация поставщиков нефтегазовой промышленности «Созвездие»,<br>Судостроительный кластер Архангельской области, Архангельск).....                                    | 106        |
| <b>ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЭВАКУАЦИИ<br/>ПЕРСОНАЛА С МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.</b><br>С.И.Космин, В.И. Таровик (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»).....<br>В.И.Димитров, С.М.Синяков, П.А. Утямишев (ПАО «Газпром»).....                                            | 107<br>107 |
| <b>PROBLEMATIC ISSUES OF USING TECHNICAL MEANS FOR COLLECTIVE EVACUATION<br/>OF PERSONNEL FROM OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES</b><br>S. I. Kosmin, V. I. Tarovik (FSUE Krylov State Research Center).....<br>V.I.Dimitrov, S.M.Sinyakov, P.A.Utyamishev (PJSC Gazprom).....                                                       | 107<br>107 |
| <b>СОЗДАНИЕ ПОДВОДНО-ПОДЛЕДНОЙ МАСШТАБИРУЕМОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ<br/>НА БАЗЕ СВЕРХТЯЖЕЛОГО АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА БОЛЬШОЙ<br/>АВТОНОМНОСТИ</b><br>Апполонов Е.М., Бачурин А.А., Киселев Н.К., Умяров С.Х., АО «ЦКБ «Лазурит».....                                                                     | 108        |
| <b>SCALABLE SUB-ICE TECHNOLOGY PLATFORM BASED ON A SUPER-HEAVY AUTONOMOUS<br/>UNMANNED UNDERWATER VEHICLE</b><br>E. Appolonov, A. Bachurin, N. Kiselev, S.Umyarov, Lazurit CDB JSC.....                                                                                                                                            | 108        |
| <b>СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ</b><br>Шиченков А.Ю. (ОО «Транзас Навигатор»).....                                                                                                                                                                                                                  | 111        |
| <b>ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ БУРОВЫХ РАБОТ<br/>НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ</b><br>В.В. Чугунов, ООО «Арктические Морские Технологии» (АМТ), Москва, .....<br>И.В. Щербаков, ПКБ «Петробалт», Санкт-Петербург .....                                                                                      | 112<br>112 |
| <b>НАТУРНЫЕ ЛЕДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕДОКОЛОВ И СУДОВ: ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ</b><br>Алексей Валерьевич Чернов, Анна Владимировна Савицкая, Полина Владимировна Максимова,<br>Иван Андреевич Свистунов, Владимир Алексеевич Лихоманов, Нина Артуровна Крупина (все ФГБУ «ААНИИ»)....                                                | 113        |
| <b>ICE TRIALS OF MODERN ICEBREAKERS AND VESSELS: EXPERIENCE AND PROBLEMS</b><br>Alexey Chernov, Anna Savitskaya, Polina Maksimova, Ivan Svistunov, Vladimir Likhomanov,<br>Nina Krupina (all FSBI AARI, Saint-Petersburg).....                                                                                                     | 113        |
| <b>ИДЕОЛОГИЯ ЛЕДОВОГО ПАСПОРТА – НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ РАЗРАБОТКИ<br/>"НАСТАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ"</b><br>Нина Артуровна Крупина, Анна Владимировна Савицкая, Полина Владимировна Максимова,<br>Иван Андреевич Свистунов, Владимир Алексеевич Лихоманов, Алексей Валерьевич Чернов<br>(все ФГБУ «ААНИИ»)..... | 118        |
| <b>THE IDEOLOGY OF THE ICE PASSPORT AS AN INTEGRAL PART OF THE DEVELOPMENT<br/>OF THE POLAR WATER OPERATIONS MANUAL (PWOM)</b><br>Nina Krupina, Anna Savitskaya, Polina Maksimova, Ivan Svistunov, Vladimir Likhomanov,<br>Alexey Chernov (all FSBI "AARI").....                                                                   | 118        |
| <b>ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ БУКСИРОВОЧНЫХ<br/>ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ</b><br>А.В. Баруев (ООО «ГАЗПРОМ ФЛОТ», Санкт-Петербург).....                                                                                                                                                   | 124        |

## **FEATURES OF HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF COMPLEX TOWING OPERATIONS IN THE ARCTIC SEAS**

A.V. Baruev (LLC "GAZPROM FLOT", Saint-Petersburg) ..... 124

## **ВОЗМОЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СУДОСТРОЕНИЯ В СОЗДАНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Волков В. А. (АО «ЦКБ «Монолит», Городец)..... 125

### **THE POSSIBILITIES OF REINFORCED CONCRETE SHIPBUILDING IN CREATION OF THE INFRASTRUCTURE IN THE ARCTIC REGION**

Vladimir A. Volkov (JSC "CDB "Monolit", Gorodets) ..... 125

## **ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ОСНОВАНИЙ ЛЕДОСТОЙКИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА**

Благовидова И.Л., Носков В.В. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)..... 126

### **EXPERIENCE IN DESIGNING SUBSTRUCTURES OF ICE-RESISTANT PLATFORMS FOR ARCTIC SHELF DEVELOPMENT**

I.L. Blagovidova, V.V. Noskov (CDB Corall JSC, Sevastopol)..... 126

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВУЧИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА СПГ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ АРКТИКИ**

Ковалев М.В., Носков В.В. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь) ..... 127

### **FLOATING LNG-OPERATED POWER PLANT APPLICATIONS TO SUPPLY POWER TO INFRASTRUCTURAL FACILITIES IN ARCTIC REGION**

M.V. Kovalyov, V.V. Noskov (CDB Corall JSC, Sevastopol) ..... 127

## **СОЗДАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Алексашин А.А. (АО «ОСК», Санкт-Петербург)

Тимофеев О.Я. (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет», Санкт-Петербург)

Волков В.А. (АО «ЦКБ «Монолит», Городец)

Ковалев М.В., Ленский В.Ф. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)..... 128

### **CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES FOR ARCTIC REGIONS WITH THE USE OF SHIPBUILDING TECHNOLOGIES**

A.A. Aleksashin (JSC "USC", Saint-Petersburg)

O. Ya. Timofeyev (FSBEI of HE "Saint-Petersburg State Marine Technical University", Saint-Petersburg)

V.A. Volkov (CDB Monolit JSC, Gorodets)

M.V. Kovalyov, V.F. Lensky (CDB Corall JSC, Sevastopol) ..... 128

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДКАХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

Антипов С.А., Скобельский А.В., Бадмаева Э.Р., Карпов А.Б. (ООО «Центр корпоративной медицины», Томск) ..... 129

### **HEALTH-SAVING MANAGEMENT SYSTEM AT INDUSTRIAL SITES LOCATED IN THE ARCTIC ZONE**

Antipov S.A., Skobelskiy A.V., Badaeva E.R., Karpov A.B. (CCM LLC, Tomsk)..... 129

## **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КЛАСТЕР ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА, В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРКТИКИ И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

Мудрик И.В. ООО «ТГЕ Газ Инжиниринг Рус» ..... 130

### **PRODUCTION CLUSTER FOR THE MANUFACTURE OF REINFORCED CONCRETE GRAVITY-BASED STRUCTURES, AS A PART OF THE ARCTIC AND THE NORTHERN SEA ROUTE INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT**

Mudrik I.V. "TGE Gas Engineering Rus"..... 130

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Каминский В.Д., Черных А.А., Медведева Т.Ю., Суворова Е.Б., Минина М.В. (ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург)..... 135

## **STATUS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDY AND PROSPECTIVE AREAS OF WORK ON THE RUSSIAN ARCTIC SHELF**

Kaminskiy V.D., Chernykh A.A., Suvorova E.B., Medvedeva T.Y., Minina M.V.

(FSBI "VNIIOkeangeologia", Saint-Petersburg) ..... 135

## **ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНОЙ ПЕРЕБОРКИ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА**

Марина Викторовна Гравит, к.т.н., доцент, доцент, Иван Игоревич Дмитриев, магистрант ВШПГидС ИСИ

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого ..... 136

## **FIRE RESISTANCE OF STEEL BULKHEAD UNDER HYDROCARBON FIRE CONDITIONS**

Marina Gravit, PhD, associate professor, Ivan Dmitriev, master student,

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University..... 136

## **ПРОИЗВОДСТВО ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Амосова Н.В., Благовидова И.Л. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)

Коньгин А.Е. (ООО «Газпром нефть шельф»)

Николаева М.В. (АО «Морнефтегазпроект») ..... 142

## **THE PERFORMANCE OF PROSPECTING AND EXPLORATION OPERATIONS IN ARCTIC ENVIRONMENT**

N. V. Amosova, I.L. Blagovidova (CDB Corall JSC, Sevastopol)

A. Ye. Konygin (PJSC "Gazprom Neft Shelf")

M.V. Nikolayeva ("Morneftegazproject" JSC)..... 142

## **ЗДОРОВЬЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ МОРЯКОВ ПРИ РАБОТЕ В АРКТИЧЕСКИХ ЗОНАХ**

Денисенко И.В. (Международная Ассоциация Морского Здравоохранения АНО ДПО Морская Медицина) ..... 143

## **HEALTH AND WELL-BEING OF SEAFARERS WORKING IN THE ARCTIC ZONES**

Dr. Ilona Denisenko (International Maritime Health Association(IMHA) ANO DPO Maritime Health) ..... 143

## **ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПДК В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Толочкин О.Ю. (АО "Морнефтегазпроект") ..... 144

## **PROBLEMS OF USING SPS (SUBSEA PRODUCTION SYSTEM) IN ARCTIC CONDITIONS**

Tolochkin O. Yu. (Morneftegazproject JSC)..... 144

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАВУЧИХ БЛОКОВ С ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

Глеб Анатольевич МАКЕЕВ (ПАО «ЦКБ «Айсберг»)..... 145

## **МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ**

Китаева Юлия Сергеевна; Московская государственная академия водного транспорта, Москва ..... 150

## **MEASURES OF STATE SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC SHIPBUILDING**

Kitaeva Julia Sergeevna; MSAWT, Moscow ..... 150

## СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ РЕСУРСОВ МОРСКИХ НЕДР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.Л. Устьянцев, О.В. Калиниченко, С.Ю. Лукьянов, Н.Е. Шумейкина (Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд», Геленджик)

### STATE OF KNOWLEDGE OF THE RUSSIAN FEDERATION'S MARINE RESOURCES

V.L. Ustyantsev, O.V. Kalinichenko, S.Yu. Lukyanova, N.E. Shumeikina (Marine branch of Rosgeolfond, Gelendzhik)

*The Marine branch of Rosgeolfond performs work related to the formation and maintenance of a specialized Fund of geological information (Morgeolfond), the formation and maintenance of a specialized data Bank of primary and interpreted geological information (Morgeobank) on the continental shelf, internal sea waters, territorial sea and adjacent land territory of the Russian Federation, in the Arctic and Antarctic, in the Svalbard archipelago and in the World Ocean.*

В своем нынешнем статусе, как подразделение ФГБУ «Росгеолфонд», Морской филиал существует с 2008 года. Фактически Морской филиал наследует функции предприятий занимавшихся информационно-аналитическим обеспечением морских ГРП с 1970 г. (рис. 1).



Рис. 1 – Основные этапы развития системы информационно-аналитического обеспечения морских ГРП

Наиболее значимым и весомым результатом деятельности ЦМГД-МЦД было создание в 2001 году банка морских геолого-геофизических данных «Моргеобанка МПР России».

Ключевыми направлениями в деятельности Морского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» являются:

1. Ведение специализированного банка данных морской геолого-геофизической информации (Моргеобанк).
2. Ведение специализированного морского геологического фонда (Моргеолфонд).
3. Участие в формировании и наполнении морского сегмента Федеральной государственной информационной системы «Единый фонд геологической информации» (ФГИС «ЕФГИ»).
4. Оказание информационно-аналитических услуг.

Специалисты Морского филиала выполняют сбор, проверку, оценку качества и полноты поступающей информации, а также учёт, пополнение, систематизацию, актуализацию, хранение, защиту, поиск, использование и регламентированное распространение цифровой геологической информации и информационных ресурсов в сфере недропользования.

В настоящее время Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд» является крупнейшим в России хранилищем



геолого-геофизической информации по континентальному шельфу, внутренним морским водам, территориальному морю и сопредельной суше Российской Федерации, в Арктике и Антарктике, на архипелаге Шпицберген и в Мировом океане.

В хранилищах Моргеобанка находится первичная и интерпретированная геологическая информация по морским работам общим объёмом ~3 Пб.

В цифровых архивах Моргеолфонда хранятся 6 055 документов о результатах морских ГРП.

Моргеобанк включает в себя следующие информационные ресурсы:

- сейсморазведочные данные:
  - 2D-данные – 1 473 437 км;
  - 3D-данные – 144 890 кв. км;
- первичные 2D-данные по Мировому океану – 260 851 км;
- данные гравиметрии и магнитометрии – 93 225 769 физ./набл.;
- данные сонарного и многолучевого эхолотирования – 133 объекта;
- геологическое опробование донных грунтов и ВЧР – 152 613 станций;
- материалы геолого-геофизической изученности – 3 348 рейсов НИС/объектов ГРП;
- геофизические исследования морских и прибрежных скважин – 2 150 скважин.

Каталог Моргеобанка содержит 1 168 информационных объектов с результатами исследований по 32 видам геолого-геофизических методов (рис. 2).

Основной объём информации составляют данные сейсморазведочных работ (ОГТ-2D/3D, МПВ, сейсмоакустическое профилирование), данные гравиразведки и магниторазведки.

Хранятся данные гидролокации бокового обзора, многолучевого эхолотирования, батиметрии, каротажа скважин, донного пробоотбора и других видов исследований.

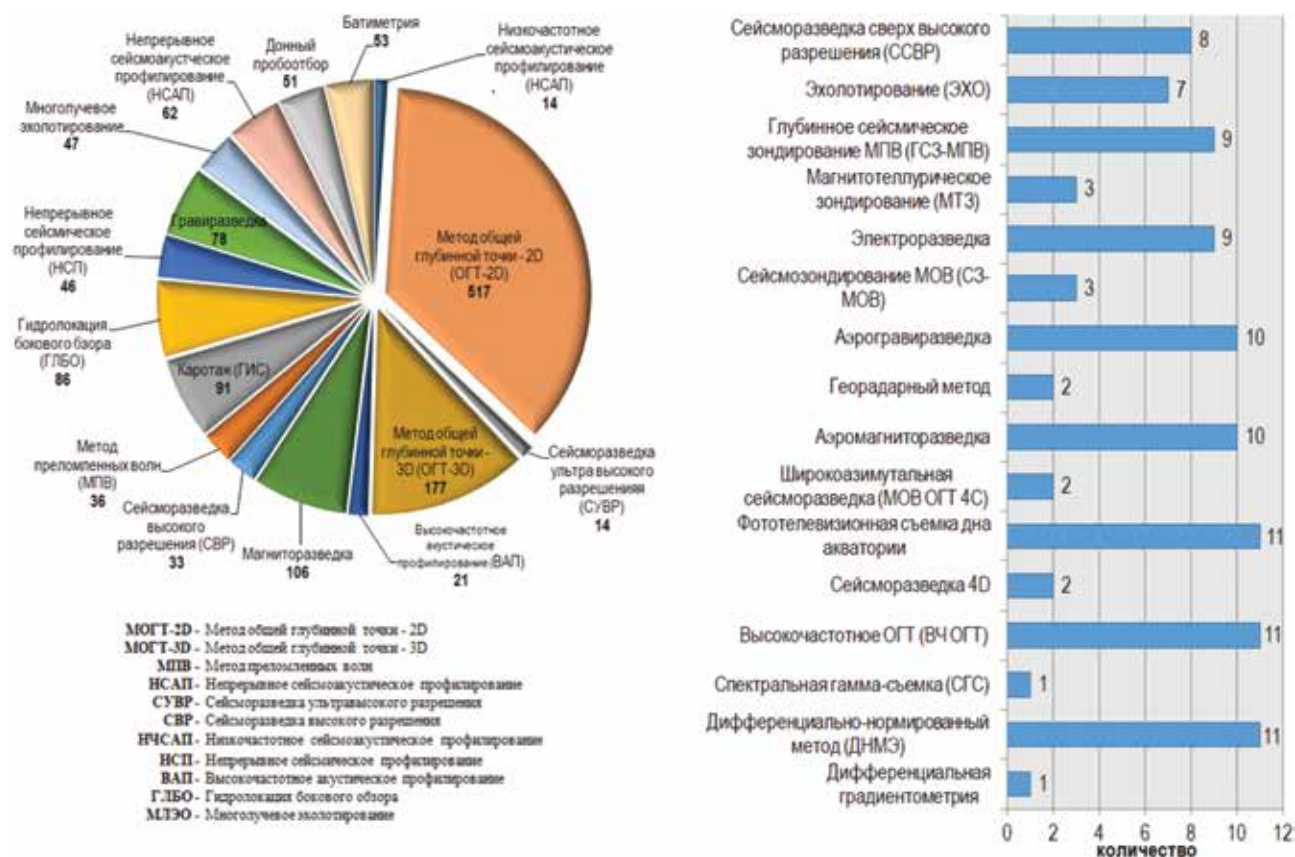


Рис. 2 – Распределение объёмов геологической информации Моргеобанка по методам ГРП

В цифровых архивах Моргеолфонда хранятся 6 055 документов, в том числе 3 473 геологических отчёта о результатах морских ГРП.

В состав информационного фонда Моргеолфонда входят:

- геологические отчёты в цифровом и бумажном виде;
- документы (публикации, карты и др.);

- автоматизированные каталоги Моргеолфонда;
- база данных по изученности шельфа России и Мирового океана рейсами НИС/объектами ГРП (БД «Геология»);
- коллекционные материалы, в том числе:
  - данные фото-телепрофилирования дна Мирового океана,
  - микрофильмы сейсмических разрезов и пр.

Практически все информационные ресурсы Моргеобанка, включая первичные и результирующие данные, переведены на современные носители. В Морском филиале нет первичной информации, представленной на устаревших носителях и в архаичных форматах.

Регулярно выполняется обновление типов архивных носителей, используемых для создания резервных копий Моргеобанка.

В связи с интенсивным информационным обслуживанием недропользователей, связанным с подбором, подготовкой и копированием геолого-геофизических данных, достаточно регулярно выполняется контроль качества сохранения и считывания информации, хранящейся на архивных копиях.

Все данные хранятся в специальных хранилищах, имеющих кондиционирование воздуха и систему пожаротушения. Доступ в хранилища строго регламентирован.

Важнейшей функцией Морского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» является ведение геолого-геофизической изученности морских акваторий Российской Федерации (рис. 3, таблица 1).

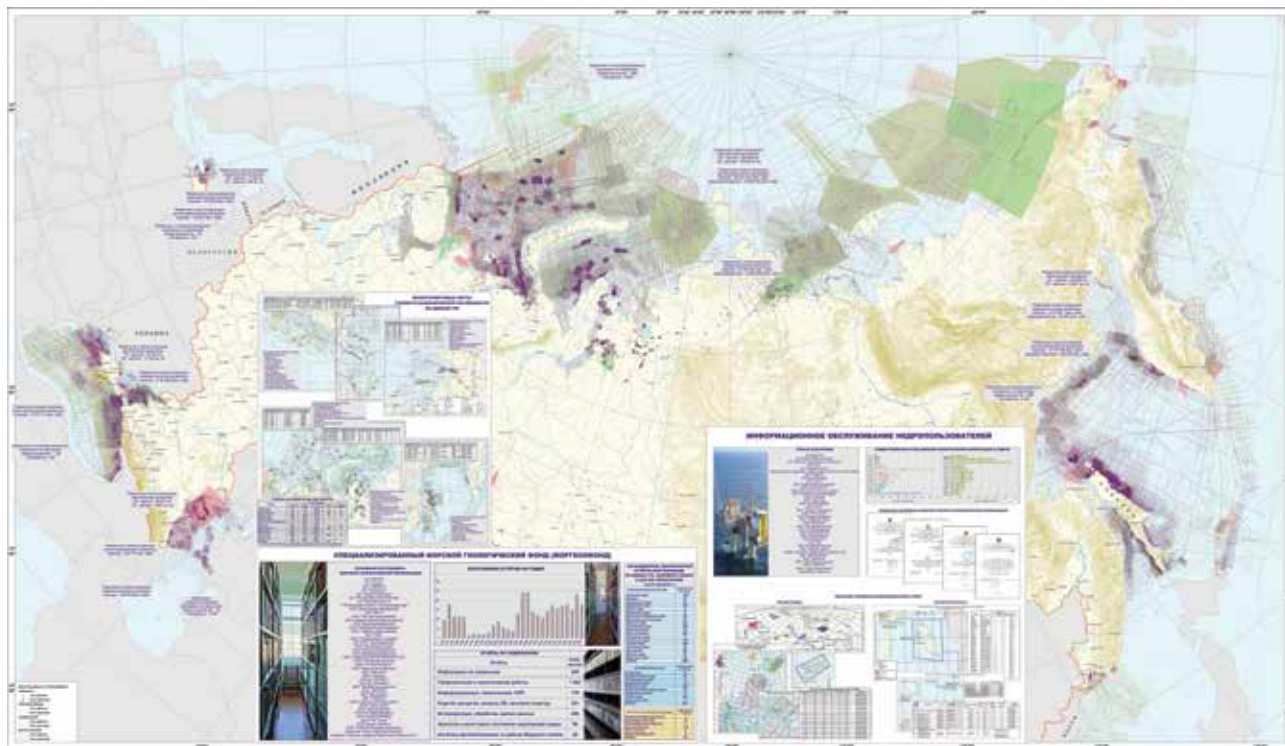


Рис. 3 – Карта состояния геолого-геофизической изученности морских акваторий Российской Федерации

Таблица 1 – Состояние изученности фонда недр морей Российской Федерации

| Море               | Количество |            |          |          |               |
|--------------------|------------|------------|----------|----------|---------------|
|                    | структур   | горизонтов | профилей | скважин* | месторождений |
| Азовское           | 90         | 136        | 4045     | 44       | 5             |
| Балтийское         | 67         | 114        | 2150     | 36       | 6             |
| Баренцево          | 686        | 1496       | 14241    | 71       | 13            |
| Берингово          | 174        | 222        | 1339     | 1        |               |
| Восточно-Сибирское | 141        | 829        | 1122     |          |               |
| Карское            | 733        | 2323       | 13821    | 12       | 21            |
| Каспийское         | 285        | 470        | 8484     | 58       | 12            |
| Лаптевых           | 522        | 930        | 2032     |          |               |
| Охотское           | 653        | 1114       | 20151    | 266      | 18            |

|           |     |     |      |    |  |
|-----------|-----|-----|------|----|--|
| Чукотское | 81  | 153 | 928  |    |  |
| Чёрное    | 158 | 333 | 5403 | 93 |  |

\* – в том числе 443 скв. с данными геофизических исследований

Отдел Моргеолфонд Морского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» в непрерывном режиме осуществляет мониторинг геолого-геофизической изученности шельфа Российской Федерации и Мирового океана. Основой для ведения мониторинга изученности является база данных «Геология» по изученности шельфа Российской Федерации и Мирового океана рейсами НИС/объектами ГРР.

БД «Геология» позволяет проводить мониторинг по следующим видам геолого- геофизической изученности акваторий (рис. 4):

- сейсмическая изученность;
- гравиметрическая изученность;
- магнитометрическая изученность;
- электроразведочная изученность;
- геоакустическая изученность;
- геологическая изученность (станции, пробоотбор).



Рис. 4 – Мониторинговые карты геолого-геофизической изученности

Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд» в установленном порядке представляет в пользование органам государственной власти, органам местного самоуправления, организациям, пользователям недр и гражданам Российской Федерации геологическую информацию о недрах, полученную в результате государственного геологического изучения недр или перешедшую согласно Закону «О недрах» в правообладание Российской Федерации, а также выполняет работы по созданию цифровых мониторинговых карт состояния фонда недр и недропользования, интерактивных карт размещения месторождений и лицензионных участков, схем территориального планирования.

Также Морской филиал от имени ФГБУ «Росгеолфонд» осуществляет в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации следующие виды деятельности (не являющиеся основными) по договорам на возмездной основе с юридическими и физическими лицами (рис. 5-7):

- Оказание справочно-информационных услуг и иных услуг в соответствии со сферой деятельности Учреждения, включая подбор данных по объектам интереса недропользователей и потребителей геологической информации, в том числе с оптимизацией расходов на их копирование.
- Создание карт всех видов геологической изученности по шельфу Российской Федерации.
- Оказание услуг по копированию, сканированию и печати информации о недрах и недропользовании, включая копирование информации на электронные носители.
- Создание, пополнение и обеспечение функционирования баз, банков данных и информационных ресурсов по профилю деятельности Учреждения.



- Оказание услуг по копированию первичной и интерпретированной сейсмической, буровой, грави-магнитометрической и геологической информации на электронные носители при предоставлении информации в пользование.
- Создание цифровых пакетов геолого-геофизической информации для оценки ресурсного потенциала морских недр.
- Подготовка информационно-аналитических материалов по отдельным видам полезных ископаемых.
- Создание цифровых мониторинговых карт состояния фонда морских недр и недропользования, интерактивных карт размещения месторождений, лицензионных участков и схем регионального планирования.
- Выполнение работ, связанных с использованием сведений, составляющих коммерческую и государственную тайну, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

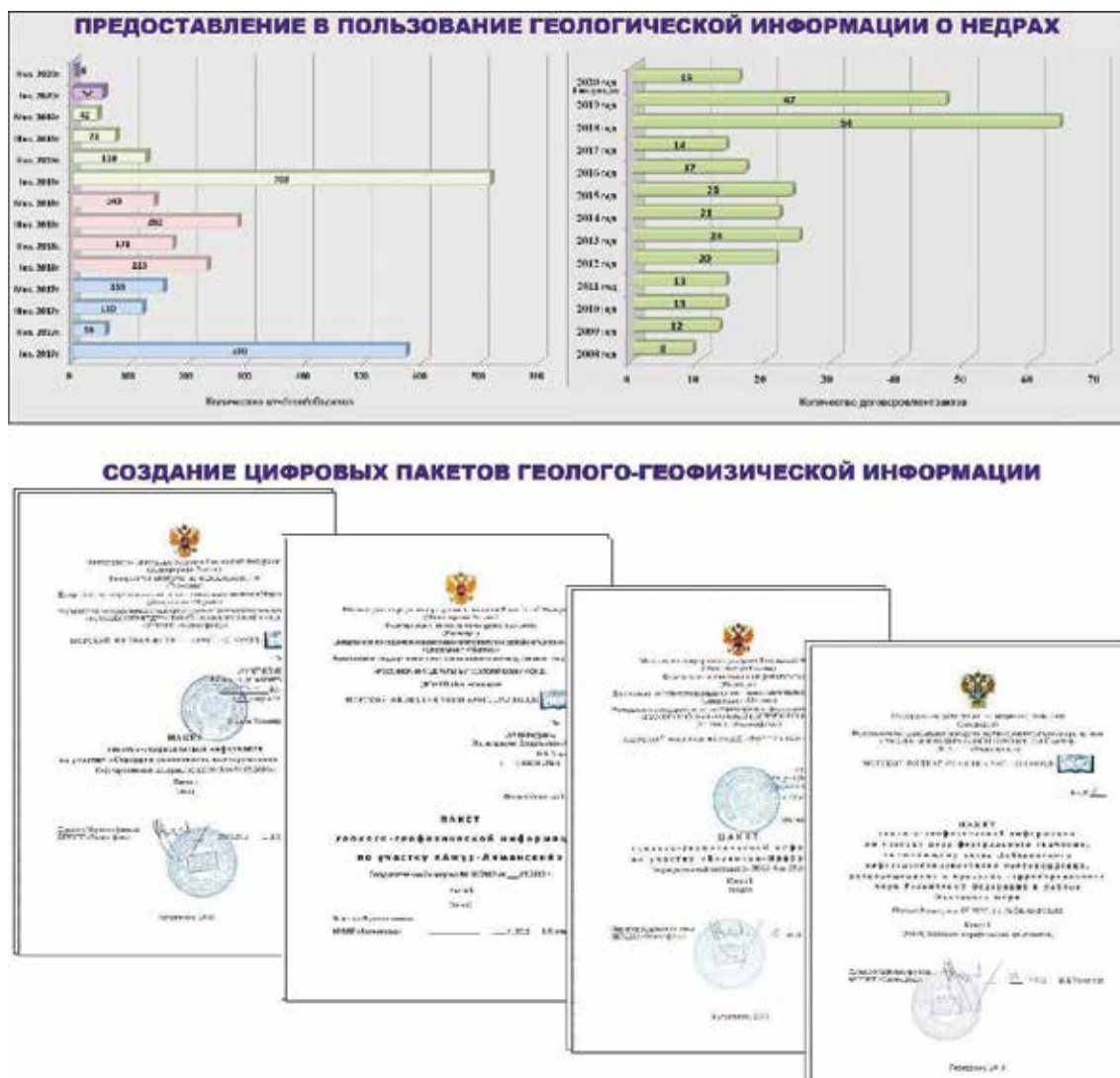


Рис. 5 – Оказание справочно-информационных услуг

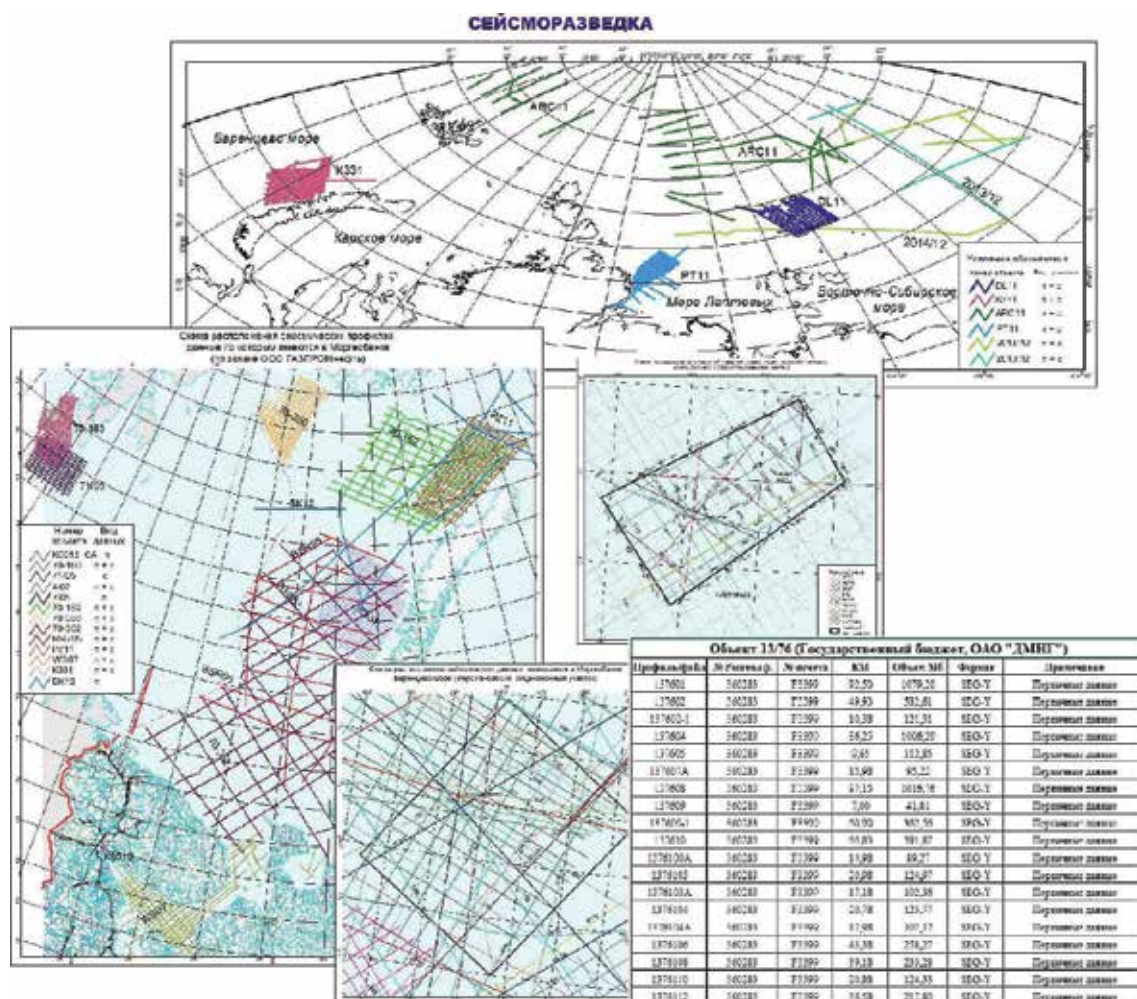


Рис. 6 – Оказание справочно-информационных услуг и предоставление копий геологической информации



Рис. 7 – Организации – основные заказчики информации



На основании Постановления Правительства Российской Федерации № 48 от 30 января 2016 года создана и развивается государственная информационная система «Единый фонд геологической информации о недрах» (ФГИС «ЕФГИ»). Оператором указанной системы является Федеральное агентство по недропользованию.

Целью создания ФГИС «ЕФГИ» информационное обеспечение на федеральном и региональном уровнях управления государственным фондом недр.

ФГИС «ЕФГИ» призвана решать следующие задачи:

- Учёт всей геологической информации о недрах, имеющейся в федеральном фонде геологической информации и его территориальных фондах, фондах геологической информации субъектов Российской Федерации, органах государственной власти субъектов Российской Федерации, организациях, находящихся в ведении указанных органов государственной власти, иных коммерческих и некоммерческих организациях, а также производимой в ходе геологоразведочных работ первичной и интерпретированной геологической информации о недрах.
- Поиск геологической информации о недрах, имеющейся в федеральном фонде геологической информации и его территориальных фондах, фондах геологической информации субъектов Российской Федерации, органах государственной власти субъектов Российской Федерации, организациях, находящихся в ведении указанных органов государственной власти, иных коммерческих и некоммерческих организациях.
- Сбор, накопление и безопасное хранение первичной и интерпретированной геологической информации о недрах, имеющейся в федеральном фонде геологической информации и его территориальных фондах на электронных носителях.
- Предоставление потребителям первичной и интерпретированной геологической информации, имеющейся на электронных носителях в федеральном фонде геологической информации и его территориальных фондах.

Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд» принимал активное участие в работах по созданию ФГИС «ЕФГИ» и проводит текущее наполнение Морского сегмента ФГИС «ЕФГИ» (рис. 8).

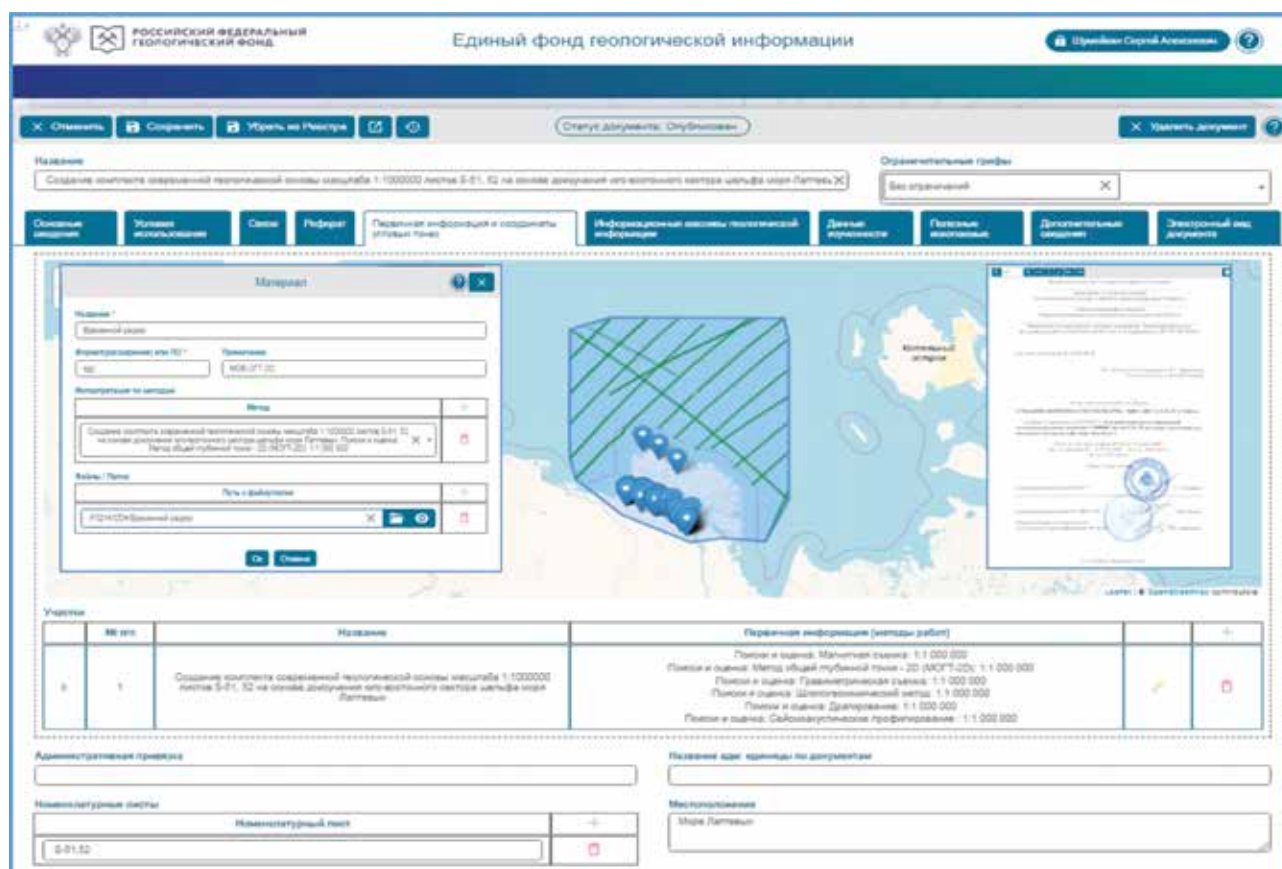


Рис. 8 – Загрузка электронного вида документа в Комплекс хранения информации (КХИ) ФГИС «ЕФГИ»

**Важнейшими результатами работ Морского филиала ФГБУ «Росгеолфонд» являются:**

- Создание и эффективное функционирование Специализированного банка данных морской геолого-геофизической информации (Моргеобанк). В настоящее время Морской филиал ФГБУ «Росгеолфонд»



является крупнейшим в России хранилищем геолого-геофизической информации, полученной на континентальном шельфе Российской Федерации и в Мировом океане.

- Эффективное функционирование Специализированного морского геологического фонда (Моргеолфонд), организация системы сбора, учёта, хранения и использования отчётных материалов о выполненных геологоразведочных и научно-исследовательских работах.
- Обеспечение постоянного учёта изученности континентального шельфа и внутренних морей Российской Федерации. Организована планомерная работа по восстановлению ретрокарточек по всем видам изученности.
- Обеспечение ведения, пополнения и развития банка первичной и интерпретированной отчётной цифровой геолого-геофизической информации. Организована планомерная проверка полноты и качества комплектов первичной и интерпретированной отчётной цифровой геолого-геофизической информации.
- Активное участие в создании и развитии федеральной государственной информационной системы «Единый фонд геологической информации о недрах» (ФГИС «ЕФГИ»).
- Помимо ежегодного выполнения работ в рамках Государственного задания Федерального агентства по недропользованию (Роснедра), поручаемого ФГБУ «Росгеолфонд», Морской филиал с начала своего создания (2008 г.) в установленном порядке на безвозмездной основе выполняет информационное обслуживание государственных органов разного уровня, а также оказывает на возмездной основе регламентированные услуги недропользователям. Суммарный объём таких внебюджетных услуг (работ), выполненных Морским филиалом ФГБУ «Росгеолфонд» за период с января 2008 года по II квартал 2020 года на основе 280 договоров/контрактов, составил сумму более 836 миллионов рублей.

## **О СОЗДАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА МОРСКИХ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ ПЛАТФОРМ И БУРОВЫХ СУДОВ**

Виктор Александрович ШУРЫГИН, Валерий Анатольевич СЕРОВ, Игорь Викторович КОВШОВ, Сергей Анатольевич УСТИНОВ, Владимир Борисович ТИТАРЕНКО (АО «ФНПЦ «Титан-Баррикады»), Константин Вольдемарович МЕГРЕЦКИЙ, Вячеслав Валерьевич МОВШУК (АО «ЦКБ «МТ «Рубин»)

### **ON THE DESIGN OF TECHNICAL MEANS FOR STAFF MOVEMENT AND EVACUATION FOR OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES AND DRILLING VESSELS**

Viktor A. SHURYGIN, Valeriy A. SEROV, Igor V. KOVSHOV, Sergey A. USTINOV, Vladimir B. TITARENKO (JSC «Federal Scientific and Production Centre «Titan-Barricady»), Konstantin V. MEGRETSKIY, Viacheslav V. MOVSHUK (JSC «Central Design Bureau for Marine Engineering «Rubin»)

*The issue of design of technical means for staff movement, evacuation, and rescue in heavy hydrometeorological conditions for offshore oil and gas facilities and drilling vessels are considered. Design solutions to ensure staff relocation to offshore facilities and drilling vessels from support vessels using automatic system for pitching, rolling, and heaving compensation and gangway stabilization, based on platform (manipulator) with parallel kinematics are proposed.*

Одной из актуальных задач при проектировании, строительстве и эксплуатации морских нефтегазовых промышленных сооружений (МНГС) является создание технических средств безопасного перемещения персонала с судов обеспечения и обратно, а также средств эвакуации и спасения персонала при возникновении аварий и аварийно-опасных ситуаций [1].

Тяжелые гидрометеорологические условия Арктического шельфа обуславливают ограничение технических возможностей существующих средств перемещения персонала МНГС (ограничение возможного вылета мостового перехода, снижение пропускной способности и др.).

В рамках совместных работ АО «ЦКБ МТ «Рубин», ФНПЦ «Титан-Баррикады» [2] разработаны концептуальные проектные решения перспективных технических средств перемещения персонала (ТСПП) на МНГС и обратно с судов обеспечения типа «Владислав Стрижов» [3], а также обеспечению эвакуации и спасения персонала в арктических условиях (табл. 1).

Общий вид ТСПП с системой активной компенсации качки и стабилизации перехода на базе платформы (манипулятора) с параллельной кинематикой представлен на рис. 1, основные технические характеристики – в табл. 2.

Таблица 1 – Гидрометеорологические условия при эксплуатации ТСПП

| Параметр                                    | Значение                  |
|---------------------------------------------|---------------------------|
| Допустимая высота волн, не более            | 6,0 м                     |
| Средний период волны                        | 5,0 с                     |
| Максимальная скорость ветра                 | 20 м/с                    |
| Допустимые порывы ветра, не более           | 35 м/с                    |
| Скорость обледенения                        | 0,7...2,0 см/час          |
| Рабочая температура окружающего воздуха, °С | от минус 46 до плюс 37 °С |

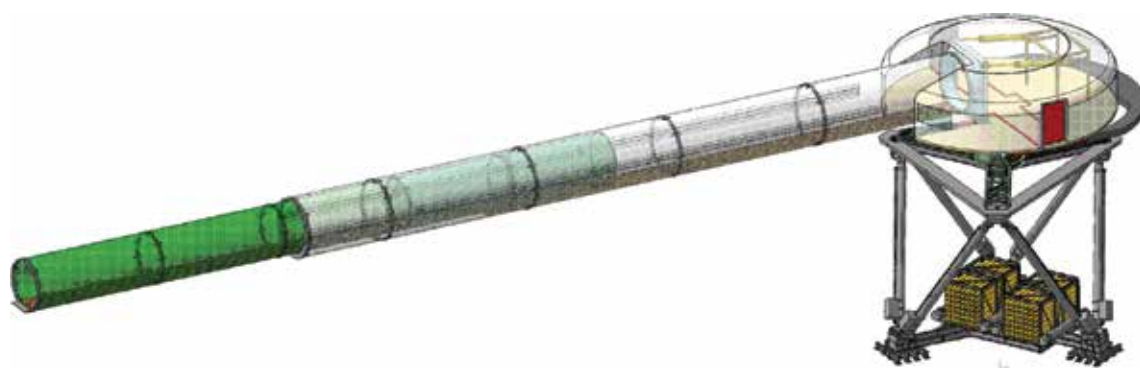


Рис. 1. Общий вид ТСПП

Таблица 2 – Основные технические характеристики ТСПП

| Техническая характеристика                                                                                                                | Значение                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Режим работы:<br>• при перемещении персонала<br>• при высадке аварийной партии                                                            | двухпорный<br>консольный                                           |
| Длина мостового перехода                                                                                                                  | от 32 до 50 м                                                      |
| Расстояние от оси Z ТСПП до борта МНГС                                                                                                    | 45 м                                                               |
| Перепад высот палуб судна обеспечения и МНГС                                                                                              | от -3 до +22 м                                                     |
| Максимальный угол наклона мостового перехода                                                                                              | $\pm 20^{\circ}$                                                   |
| Компенсируемые перемещения судна обеспечения:<br>• по осям X и Y<br>• по оси Z<br>• угол крена и дифферента<br>• изменение курсового угла | $\pm 4,0$ м<br>$\pm 3,5$ м<br>$\pm 8,4^{\circ}$<br>$\pm 3^{\circ}$ |
| Компенсируемые перемещения МНГС:<br>• по осям X и Y<br>• по оси Z                                                                         | $\pm 4,0$ м<br>$\pm 3,5$ м                                         |
| Вместимость приемно-накопительной площадки (без учета оператора)                                                                          | 30 чел.                                                            |
| Пропускная способность мостового перехода                                                                                                 | 70 чел./час                                                        |
| Максимальная потребляемая мощность                                                                                                        | 2000 кВт                                                           |
| Время работы от газо-гидравлических аккумуляторов                                                                                         | 15 мин                                                             |
| Масса                                                                                                                                     | 105000 кг                                                          |
| Занимаемая площадь палубы в транспортном положении                                                                                        | 400 м <sup>2</sup>                                                 |

ТСПП (рис. 2) включает в свой состав:

1. Мостовой переход (МП), содержащий приемно-накопительную площадку основную и телескопическую секции перехода с механизмами телескопирования, угла возвышения (наклона) и поворота, захватное устройство, противовес, гидравлический привод, комплект аппаратуры управления и сигнализации.
2. Система активной компенсации качки (САКК), содержащая механизм компенсации качки, гидравлический привод с распределительным блоком и пневмогидравлическими аккумуляторами, комплект аппаратуры управления и сигнализации.
3. Верхняя платформа с механизмом подъема-опускания и гидравлическим приводом.
4. Нижняя платформа.
5. Комплект морского нефтегазодобывающего сооружения (МНГС), содержащий приемно-накопительную площадку, шарнир узла стыковки, комплект аппаратуры управления и сигнализации.
6. Комплект судна обеспечения (СО) содержащий приемно-накопительную площадку, систему электро-снабжения, комплект аппаратуры управления и сигнализации
7. Комплект средств обеспечения безопасности персонала.

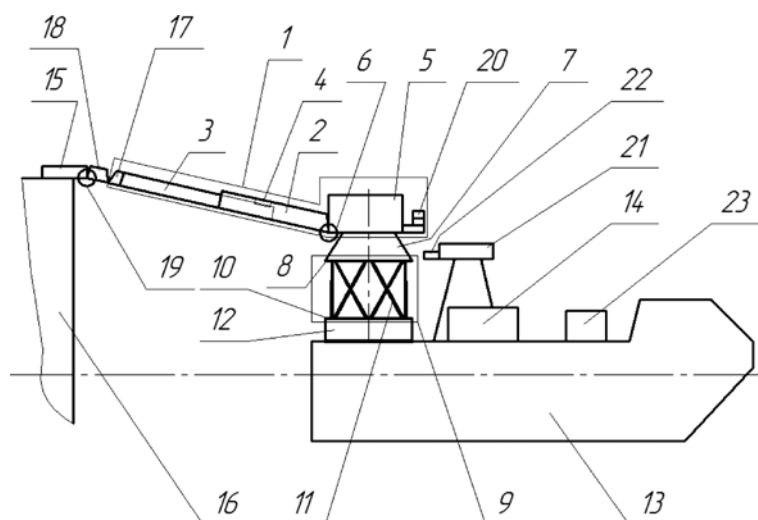


Рис. 2. Компонировочная схема ТСПП: 1 – мостовой переход; 2, 3 – основная и телескопическая секции мостового перехода; 4 – механизм телескопирования; 5 – приемно-накопительная площадка перехода; 6 – механизм угла возвышения; 7 – верхняя платформа; 8 – верхний пояс; 9 – механизм компенсации качки; 10 – нижний пояс; 11 – механизм компенсации качки; 12 – нижняя платформа; 13 – СО; 14 – блок аппаратуры управления и сигнализации; 15 – приемно-накопительная площадка МНГС; 16 – МНГС; 17 – захватное устройство; 18 – узел стыковки; 19 – шарнир узла стыковки; 20 – противовес с приводом; 21 – приемно-накопительная площадка СО; 22 – трап; 23 – система фиксации в транспортном положении.

Мостовой переход 1, состоит из основной 2 и телескопической 3 секций, которые могут перемещаться относительно друг друга по продольной оси мостового перехода с использованием механизма телескопирования 4. Основная секция соединена с приемно-накопительной платформой мостового перехода 5 через механизм угла возвышения 6. Механизм угла возвышения 6 позволяет основной секции вращаться вокруг горизонтальной оси. Приемно-накопительная платформа мостового перехода оборудована механизмом разворота мостового перехода и установлена на верхней платформе 7. Верхняя платформа оборудована механизмом подъема-опускания платформы, также на верхней платформе устанавливается аппаратура управления и сигнализации и гидропривод мостового перехода. Верхняя платформа жестко соединена с верхним поясом 8 механизма компенсации качки 9.

Механизм компенсации качки состоит из верхнего и нижнего 10 пояса, соединенных между собой приводами механизма компенсации качки 11 и представляет собой подвижную платформу (манипулятор) с параллельной кинематикой типа «Платформа Стюарта» с рабочим ходом приводов 7000 мм.

Гидропривод механизма компенсации качки предназначен для приведения в движения приводов механизма по заданному закону движения по сигналам СУС САКК. Нижний пояс механизма компенсации качки жестко соединен с нижней платформой 12, установленной на палубе судна 13. Аппаратура управления и сигнализации системы активной компенсации качки, а также энергетическая установка размещены в блоке 14 на нижней платформе.

Соединение телескопической секции мостового перехода с приемной площадкой 15 на МНГС 16 или судне обеспечения 13 осуществляется с использованием захватного устройства 17 и узла стыковки 18. Механизм захвата установлен на телескопической секции, а узел стыковки установлен на приемно-накопительной платформе МНГС через шарнир 19. Шарнир 19 обеспечивает поворот вокруг вертикальной в горизонтальной плоскости оси и разворот вокруг горизонтальной оси в вертикальной плоскости.

Механизмы телескопирования, угла возвышения и разворота мостового перехода, механизм подъема-опускания платформы, механизм захвата имеют собственные приводы. Для обеспечения устойчивости платформы, на верхней платформе установлен противовес с механизмом его перемещения.

Комплект судна обеспечения включает приемно-накопительную площадку 21, оборудованную убираемым трапом 22, оборудование фиксации технических средств в транспортном положении 23, аппаратуру управления и сигнализации 14, а также оборудования обеспечения работоспособности и подготовки ТСПП к работе (обогрева, хранения сжатого газа, питание ТСПП сжатым газом (азотом) высокого давления и др. необходимыми энергоносителями).

Перемещение персонала с судна обеспечения на МНГС осуществляется с задействованием САКК для обеспечения неподвижного положения приемно-накопительной платформы ТСПП относительно судна обеспечения (за счет изменения длин приводов механизма компенсации качки). Мостовой переход при этом состыкован с МНГС посредством механизма захвата. Таким образом перемещение МНГС относительно судна обеспечения компенсируется изменением длины мостового перехода, углов возвышения и





- 2.2 Разворот мостового перехода в направлении приемно-накопительной площадки МНГС с одновременным задействованием механизмов разворота и угла возвышения мостового перехода и механизма подъема платформы.
  - 2.3 Перемещение ТСПП в исходное положения для запуска системы активной компенсации качки (подъем верхней платформы за счет синхронного выдвижения приводов механизма компенсации качки)
  - 2.4 Запуск системы активной компенсации качки, выдвижение-втягивание приводов механизма компенсации качки по управляющим сигналам системы управления и сигнализации, формируемым с использованием инерциального измерительного блока (ИИБ) ТСПП. При этом обеспечивается постоянное положение в пространстве верхней платформы.
  - 2.5 Подвод мостового перехода к приемно-накопительной площадкой МНГС с задействованием механизмов разворота, угла возвышения и телескопирования мостового перехода
  - 2.6 Стыковка мостового перехода к МНГС, с задействованием механизма захвата.
  - 2.7 Стабилизация положения мостового перехода (система активной компенсации качки обеспечивает постоянное положение верхней платформы ТСПП, независимо от изменения положения судна обеспечения, а механизмы разворота, угла возвышения и телескопирования мостового перехода компенсируют перемещение МНГС относительно судна обеспечения, при этом мостовой переход совершает колебательные движение с амплитудой и ускорением, не превышающими допустимые).
  - 2.8 Переход персонала по мостовому переходу с обеспечением мер безопасности, на установленной дистанции и скорости.
  - 2.9 Отвод мостового перехода от приемно-накопительной площадки МНГС с задействованием механизмов разворота, угла возвышения и телескопирования мостового перехода
  - 2.10 Остановка (отключение) системы активной компенсации качки.
3. Перемещение ТСПП в транспортное положение.
  4. Подготовка к транспортированию ТСПП.

Перемещение (высадка) аварийной партии на МНГС при спасательных операциях осуществляется в аналогичной последовательности, за исключением операции стыковки мостового перехода и МНГС. Мостовой переход в этом случае находится в консольном положении на заданном расстоянии над точкой высадки.

В результате проведенного численного моделирования:

- подтверждена возможность компенсации перемещений МНГС относительно судна обеспечения при заданных условиях волнения;
- подтверждена возможность компенсирования перемещений судна обеспечения, вызванных качкой с обеспечением стабилизации верхней платформы и мостового перехода с использованием системы активной компенсации качки на базе механизма параллельной кинематики с рабочим ходом приводов 7000 мм.
- установлено, что величины скоростей и ускорений в любой точке мостового перехода, включая приемно-накопительную площадку не превышают допустимых значений, а также значений скоростей и ускорений в точках установки ТСПП на судне и в точке стыковки МНГС с переходом.

Предложенная концепция ТСПП позволяет производить безопасное перемещение персонала, а также высадку аварийной партии с судна обеспечения на МНГС (ледостойкую стационарную морскую платформу, плавучую буровую установку, буровое судно) в арктических условиях [4].

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. ГОСТ Р 54483-2011 Нефтяная и газовая промышленность Платформы морские для нефтегазодобычи. Общие требования – Москва: Стандартинформ, 2012. – 24 с.
2. Шурыгин В. А. Титан-Баррикады» – диверсификация и импортозамещение / В. А. Шурыгин, И. В. Ковшов // Газовая промышленность – 2019. – № 10 (791). – С. 42-44.
3. Многофункциональное ледокольное судно «Владислав Стрижов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flot.gazprom.ru/fleet/mnogofunktsionalnoe-ledokolno/>, свободный – (18.08.2020).
4. ГОСТ Р 55311-2012 Нефтяная и газовая промышленность Сооружения нефтегазопромысловые морские. Термины и определения. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 8 с.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОХОДСТВА ЗА ОБЪЕКТАМИ ОБУСТРОЙСТВА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА РОССИЙСКОМ ШЕЛЬФЕ**

Авдонкин А.С. (ФАУ «Российский морской регистр судоходства»)

### **TECHNICAL SUPERVISION OF THE RUSSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING OF DEVELOPMENT FACILITIES ON THE RUSSIAN SHELVE**

A. Avdonkin (FAU "Russian Maritime Register of Shipping")

*Since the 1960s, the Russian Maritime Register of Shipping (Register, RS) has been providing technical supervision during the design, construction and operation of offshore oil and gas facilities in the development of fields on the Russian continental shelf and the Caspian Sea shelf. The RS-classed offshore oil and gas facilities include: various types of mobile offshore drilling units, fixed offshore platforms of various types and purposes, floating oil storage facilities and subsea pipeline (SP) systems. When providing technical supervision services during SP construction and operation, the Register uses the Rules for the Classification and Construction of Subsea Pipelines which are the basis for the Register to review projects and technical documentation for SPs, to supervise the manufacture of materials and products, as well as the construction of SPs, and to carry out technical supervision during operation. Currently, there are 17 operating RS-classed SPs of various purpose with a total length of more than 650 km, located in the Caspian and Black Seas, the Ob Bay.*

Начиная с 1960-х годов ФАУ «Российский морской регистр судоходства» (Регистр, РС) осуществляет техническое наблюдение за проектированием, постройкой и эксплуатацией морских нефтегазовых сооружений при обустройстве месторождений на российском континентальном шельфе и шельфе Каспийского моря. В число морских нефтегазовых сооружений, находящихся в классе Регистра входят: разнообразные типы плавучих буровых установок, морские стационарные платформы различных типов и назначений, плавучие нефтехранилища и системы морских подводных трубопроводов (МПТ). При оказании услуг по техническому наблюдению за постройкой и эксплуатацией МПТ Регистр использует Правила классификации и постройки МПТ, на основании которых Регистром рассматриваются проекты и техническая документация МПТ, осуществляется наблюдение за изготовлением материалов и изделий, а также за постройкой МПТ и ведется техническое наблюдение в эксплуатации. В настоящее время в классе РС эксплуатируется 17 МПТ различного назначения общей протяженностью более 650 км, расположенные в Каспийском и Черном морях, Обской губе.

## **ПЕРСПЕКТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Рафаэль Рафкатович УСМАНОВ, Алексей Александрович ЛЯПИН (ООО «ССПЭБ»)*

Выход нефтегазовой отрасли на море является одной из приоритетных задач развития отрасли, решение которой вскрывает несовершенство действующей в стране системы государственного регулирования, экспертизы и надзора за безопасностью нефтегазовых объектов на море, которая изначально не была ориентирована на применение в отношении таких объектов. Уникальные характеристики шельфовых месторождений требуют принципиальной смены подхода государства к регулированию безопасности МНГО, в котором главенствующую роль в государственном регулировании обеспечения безопасной эксплуатации данных объектов должно строиться на комплексном целеустанавливающем и риск-ориентированном подходе.

Для решения данной проблемы в сотрудничестве с ведущими экспертными и научными организациями, в тесном взаимодействии с профильными ФОИВ в рамках специализированной рабочей группы при Минэнерго России разработан проект федерального закона «О морских нефтегазовых объектах» и сформирована целостная система подзаконных актов, в которых устанавливаются правовые основы государственного регулирования безопасности при осуществлении морской нефтегазовой деятельности, включая деятельность по проектированию, изготовлению и строительству, вводу в эксплуатацию, эксплуатации, реконструкции, техническому перевооружению, модернизации, ремонту, консервации и ликвидации МНГО.

# РАЗРАБОТКА РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТЬЮ ОСЕВОГО ТИПА ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ СОЗДАНИЯ

Елена Асановна Куличкова, к.т.н. (АО «Центр технологии судостроения и судоремонта»)

## DEVELOPMENT AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF CONTROL VALVES WITH HIGH-EFFICIENCY FLOW-THROUGH COMPONENTS OF AXIAL TYPE INTENDED FOR CONTINENTAL-SHELF FACILITIES

Elena Kulichkova, JSC Shipbuilding and Shiprepair Technology Center, St. Petersburg

Presently-used designs of controlling elements of valves contribute to intensive vortex formation in flow-through components of valves and in pipelines. Hydrodynamic analysis has proved that axial-type designs of control valves are the most effective for reducing the deformation of the flow. Traditional technologies for designing valves are based on engineering methods of calculations, and they presume sequential completion of stages for designing of each product: creation of 3D model, carrying-out of calculations, analysis of results, and development of design documents. JSC SSTC has developed an automated designing technology which takes into account the influence of all initial data on geometric parameters and technical specifications of valves.

Регулирующая трубопроводная арматура (ТПА) предназначена для регулирования параметров рабочей среды посредством изменения расхода. Изменение проходного сечения и, соответственно, расхода осуществляется путем перемещения регулирующего элемента. Разнообразие параметров и условий функционирования трубопроводных систем ведет к многообразию типов и конструктивных форм регулирующей арматуры и регулирующих элементов.

Основной гидравлической характеристикой регулирующей арматуры является пропускная способность, характеризующая совершенство ее проточной части. Чем лучше гидродинамические характеристики элементов проточной части, тем ниже интенсивность вихреобразования при обтекании их скоростным потоком, слабее колебательные и кавитационные процессы в арматуре и трубопроводных системах. Кроме того, низкая точность регулирования приводит к забросам давления, что в свою очередь ведет к ложным срабатываниям средств автоматического управления и измерения, возникновению автоколебаний систем и оборудования, гидравлическим ударам.

Учитывая, что повышенная вибрация, пульсации давления и кавитация часто возникают в диапазоне нагрузок, определяемом малой и средней степенью открытия арматуры, формирование акустически оптимальной проточной части с высокой точностью регулирования является важной задачей. Использование при этом численных методов моделирования течения жидкости, существенно сокращает материальные и временные затраты на разработку новых конструкций.

Работа направлена для эффективного решения задач по проектированию, инженерным расчетам, подготовке производства, изготовлению и испытаниям регулирующей арматуры осевого типа и основана на автоматизации и внедрении научно-обоснованных методов выполнения, как основных, так и вспомогательных работ; обеспечивает повышение технического уровня и эффективности всех стадий создания проточных частей регулирующей арматуры. Алгоритм разработки регулирующей арматуры с высокоэффективной проточной частью осевого типа на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм разработки регулирующей арматуры осевого типа

Основными конструктивными элементами, определяющими гидро-аэродинамические характеристики и совершенство проточной части регулирующей арматуры являются корпус и регулирующий элемент. Для достижения высокой пропускной способности, максимального коэффициента расхода и минимального гидравлического сопротивления клапана (в полностью открытом положении) необходимо обеспечить его полнопроходность, а также отсутствие в проточной части конструктивных элементов, деформирующих поток или изменяющих его направление. Наиболее эффективным типом регулирующей арматуры, исключающим деформацию потока, обеспечивающим высокую пропускную способность, минимальное гидравлическое сопротивление в открытом положении и высокую точность регулирования, является осевой тип арматуры. Структурная схема регулирующего клапана, определенная по результатам анализа российской и зарубежной информации о видах и конструктивных исполнениях, опыте ее эксплуатации и тенденциях развития регулирующей арматуры осевого типа, представлена на рисунке 2. Основными функциональными элементами регулирующего клапана осевого типа являются: корпус, шток, трим, рейка, и шестерня.

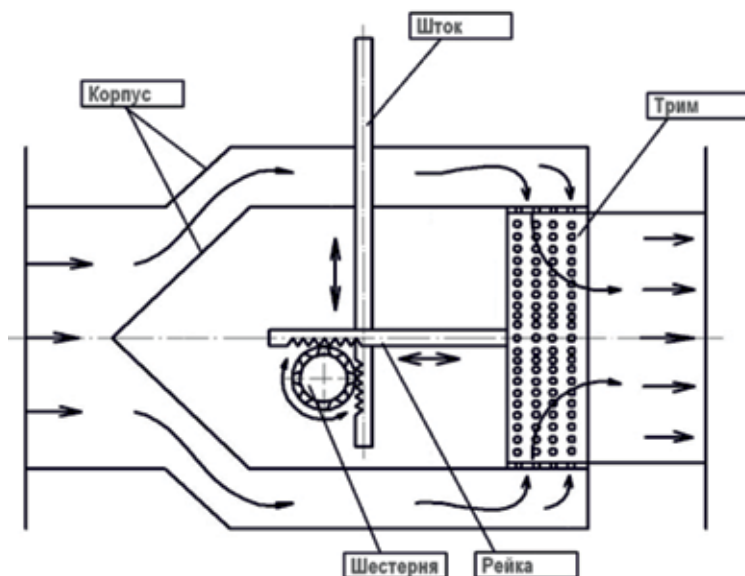


Рисунок 2 – Структурная схема регулирующей арматуры осевого типа

На основании структурной схемы при проектировании определяются основные характеристики проточной части: габаритные размеры, конструктивное исполнение и материал деталей, конструктивное исполнение трима, ход и усилие для перемещения регулирующего элемента и др. Характеристики зависят от исходных данных, рисунок 3: номинальное давление среды, номинальный диаметр, проводимая среда, перепад давлений, расходные характеристики, показатели долговечности, виброакустические характеристики.

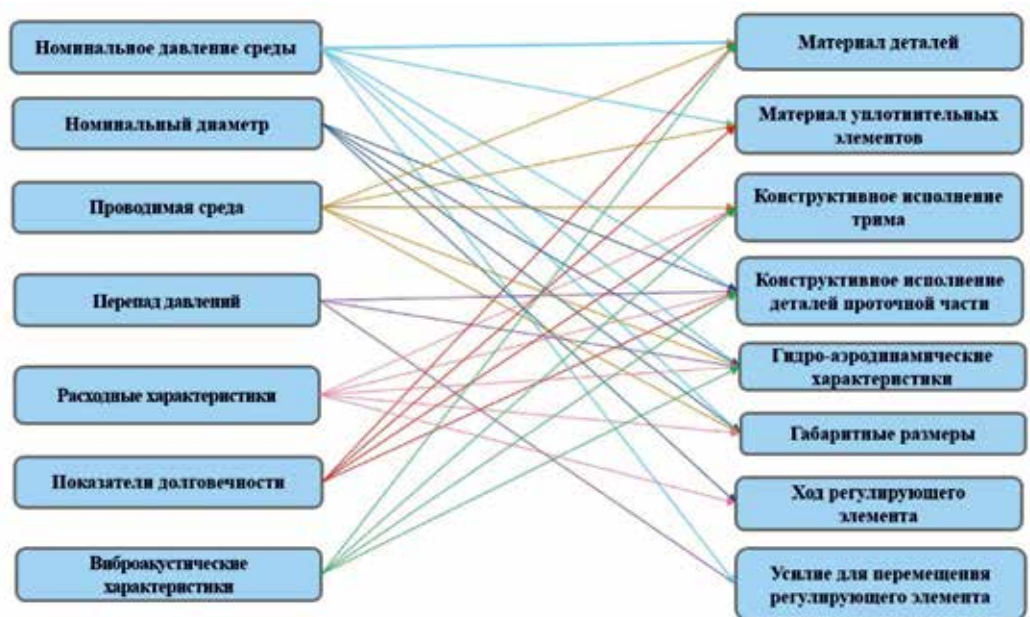


Рисунок 3 – Влияние исходных данных на основные характеристики проточной части



Основные геометрические характеристики проточной части могут быть параметризованы, рисунок 4. При параметрическом моделировании геометрия каждого параметрического объекта меняется в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных. Тем самым при проектировании нескольких проточных частей различных DN (типоряда) сокращается время, затрачиваемое на построение и оптимизацию 3D моделей каждого разрабатываемого изделия.

Таким образом, при проектировании типоряда изменяются геометрические параметры всех деталей проточной части. Основным и наиболее сложным элементом, определяющим форму проточной части, и как следствие наиболее подверженным изменению в процессе проектирования для достижения заданных требований является корпус. В общем случае, при параметризации проточной части, все размеры должны быть параметризованы. Далее при решении задачи оптимизации все размеры делятся на две группы: фиксированные и варьируемые. Фиксированные размеры – геометрические параметры, значение которых однозначно определяется исходными данными и не меняется в ходе параметризации. Основными фиксированными размерами корпуса регулирующего клапана являются диаметр и общая длина. Варьируемые размеры – остальные геометрические параметры проточной части, значение которых может изменяться в определенном диапазоне с целью обеспечения заданных требований.

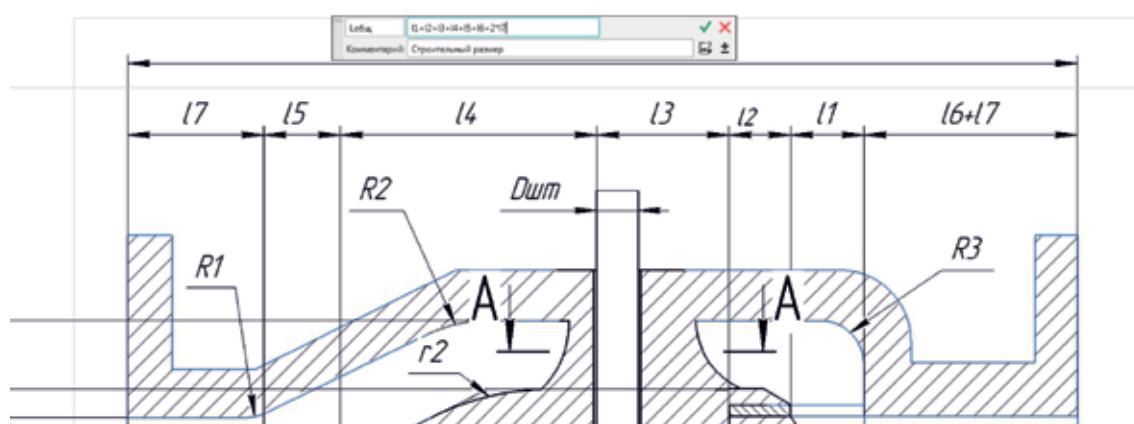


Рисунок 4 – Основные геометрические размеры проточной части

Для верификации данной технологии, а также подтверждения и проверки конструктивно-схемных, технологических и технических решений была разработана РКД и изготовлены опытные образцы типоряда регулирующей арматуры DN 100, 200, 500 номинальным давлением PN 100-250, рисунок 5.

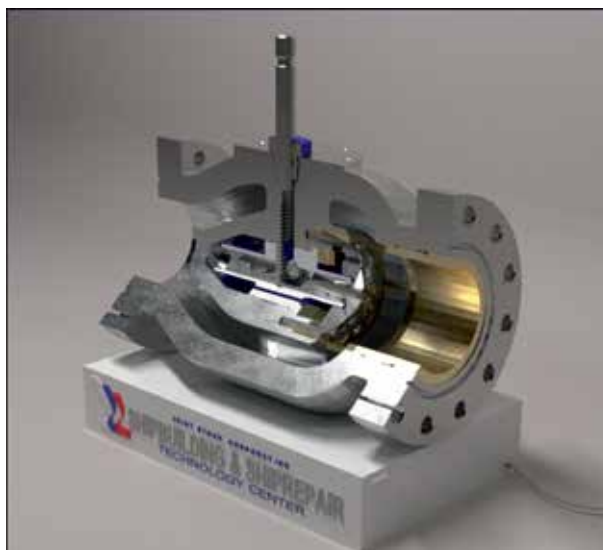
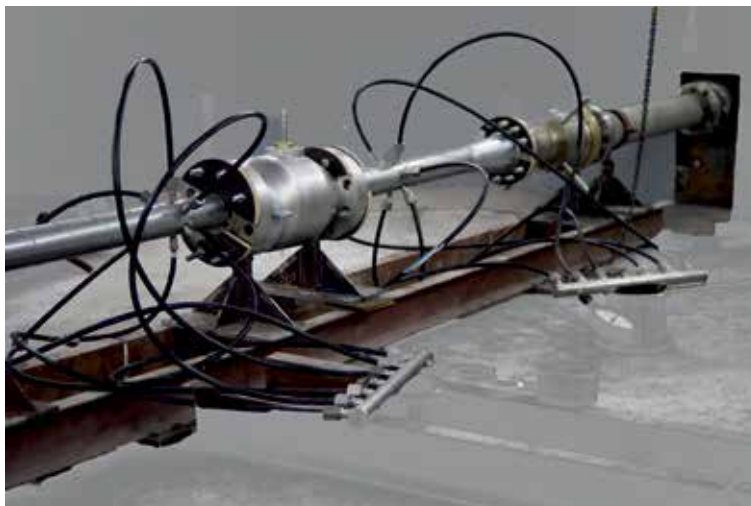


Рисунок 5 – Проточная часть регулирующего клапана осевого типа DN 200

Проведены приемочные испытания опытных образцов (рисунок 6), которые подтвердили соответствие технических и эксплуатационных характеристик опытных образцов клапанов требованиям. На основании решения приемочной комиссии РКД присвоена литера «О1». Получено одобрение российского морского регистра судоходства.



*Рисунок 6 –Испытания опытного образца регулирующего клапана осевого типа DN 100*

Преимуществами разработанных клапанов являются: минимальная деформация потока, минимальное гидравлическое сопротивление, минимальные энергозатраты, минимальные уровни шума и вибрации, максимальный коэффициент расхода, увеличенный диапазон и точность регулирования, интеллектуальный привод, возможность выбора расходной характеристики.

Кроме того, у разработанных клапанов широкая область применения:

- судовые системы (осушительная, балластная система, охлаждающая, паропроводная, система регулирования расхода питательной воды, система обогрева жидкостей, система регулирования, управления и защиты главных турбогенераторов);
- газопроводные системы (газопроводы высокого давления, оборудование промысловых и газосборных пунктов, газоперерабатывающих заводов, подземных хранилищ газа, линейной части магистральных газопроводов, технологических обвязок компрессорных, дожимных, газораспределительных и газоизмерительных станций);
- нефтепроводные системы (линейные части нефтепроводов и нефтепродуктопроводов, на выходе магистральных насосных станций, технологические системы перекачивающих станций, на входе в резервуарные парки, на выходе из резервуарных парков при наливке танкеров в нефтяных терминалах).

## **ПРОБЛЕМЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ ВО ЛЬДУ И ШУГЕ**

*Гай В.А., Казаков В.А., ООО «СоюзФлот Порт», Приморск*

С 2001 года по настоящее время в морском порту Приморск осуществляется перевалка нефти и нефтепродуктов. Все это время аварийно спасательные формирования, в число которых входит и буксирная компания «СоюзФлот Порт» решает вопросы экологической безопасности при проведении рабочих процессов перевалки нефти и нефтепродуктов. При этом внимание мы уделяем в основном вопросам локализации и ликвидации аварийных разливов. Главным при этом и пока нерешенным остается частный вопрос локализации и ликвидации аварийных разливов нефти во льду и шуге. До последнего времени вопрос решался методом механической уборки замазученной шуги и НВС щеточными скимерами, которые замерзали на морозе и заклинивались. Применялись решетчатые скимеры с вибромеханизмами, которые до конца не решали задачу очистки шуги от нефти.

В 2018-2020 годах начали применять жесткие стальные боны для буксировки замазученной шуги двумя буксирами к берегу для последующего подъема шуги из ордера экскаватором в самосвалы и размещением в береговых амбарах до весны с последующим естественным растапливанием и разделением на воду и нефть в амбарах.

Мы предлагаем другой способ локализации и ликвидации аварийных разливов нефти во льду и шуге. Для этого на дооборудованное или вновь построенное нефтесборное судно устанавливается плавильная установка, кран с грейфером, сепаратор, отстойные танки, скимеры, соответствующие этому оборудованию электростанция и паропроизводящая установка. При этом локализация и ликвидация аварийного разлива нефти осуществляется в месте разлива без его перемещения по акватории и дополнительного загрязнения площадей. Сдача НВС может осуществляться на берег (без очищения – если близко, либо с сепарированием НВС если берег далеко) непосредственно судном сборщиком, либо через другие суда.

В докладе будут рассмотрены случаи:

1. переоборудования судна;
2. дооборудования судна;
3. строительство нового судна.

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АРКТИЧЕСКОГО СУДОСТРОЕНИЯ**

Г.А. Туричин, Е.А. Валдайцева, И.А. Цибульский, Е.В. Земляков, К.Д. Бабкин  
(Санкт-Петербургский Государственный морской технический университет)

Широкое использование материалов нового поколения для арктических применений (высокопрочные и нержавеющие стали, хладостойкие стали, сплавы специального назначения) при изготовлении крупногабаритных высокоточных конструкций требует разработки новых сварочных технологий и оборудования. Одними из самых перспективных по совокупности технико-экономических факторов являются лазерная и лазерно-дуговая сварка, позволяющие за счет взаимного дополнения лазерного и дугового источников нагрева получить равнопрочное соединение с заданными характеристиками металла сварного шва [1].

Впервые совместное использование лазерного излучения и электрической дуги для сварки, когда оба источника нагрева объединяются в пределах одной сварочной ванны, было предложено более 30 лет назад англичанином Стином, но только в последние годы, с появлением иттербиевых волоконных лазеров мощностью до 30 кВт, гибридная сварка вышла на стадию реального промышленного внедрения. Гибридная лазерно-дуговая сварка в различных вариантах (laser-MIG, laser-MAG, laser-TIG) является на сегодняшний день одной из наиболее перспективных технологий для соединения толстостенных крупногабаритных деталей для судостроения, производства труб, секций мостов и строительства зданий. Основное преимущество гибридной сварки – это возможность сваривать за один проход материалы толщиной до 20 мм, включая новые высокопрочные стали и современные сплавы. Гибридные процессы позволяют повысить производительность сварки и качество изделий, обеспечить свариваемость, уменьшить сварочные деформации по сравнению с дуговой сваркой в несколько раз. Однако использование этой технологии в случае реального производства ограничено высокой сложностью процесса [2, 3] и появлением пористости, трещин, формированием хампинга и корневых пиков в сварном шве, особенно при сварке легированных сталей.

Институт Лазерных и Сварочных Технологий СПбГМТУ проводит разработки лазерных и лазерно-дуговых технологий, проектирование, изготовление и внедрение технологических автоматизированных комплексов (ЛДТК) в производство современной спецтехники. Разработанные оборудование и технологии позволяют при минимальных сварочных деформациях надежно сваривать корпусные конструкции кораблей и судов, элементы объектов морской техники с высокой производительностью, обеспечивающей кратное, в разы, повышение экономической эффективности производства.

Крайне важными для эксплуатации судов и объектов морской техники в условиях Арктики являются технологии ремонта. Разработанные в СПбГМТУ технологии прямого лазерного выращивания и объемной наплавки крупногабаритных изделий позволяют прямо на месте в короткие сроки как производить ремонт компонентов судовых двигателей и изделий судового машиностроения, так и, при необходимости, изготавливать их заново. Таким образом, комплекс современных промышленных лазерных технологий, таких как сварка, наплавка и прямое выращивание, позволяют значительно повысить эффективность создания и использования судов и объектов морской техники.



Рис. 1. Портальная система для гибридной лазерно-дуговой сварки, разработанная ИЛИСТ

Другой пример реализации разработанного в ИЛИСТ модульного подхода к построению технологических машин – гибридная установка на основе робота, разработанная ИЛИСТ в кооперации с Центром технологии

судостроения и судоремонта (ЦТСС). Использование робота в качестве сварочного манипулятора требует снижения веса лазерно-дугового модуля, использования специально разработанной для робота системы подачи сварочной проволоки с датчиком удара и улучшением системы слежения за швом до уровня технического зрения. Конструкция и реализация этой установки представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Гибридная лазерно-дуговая установка на базе антропоморфного робота.

В связи с необходимостью сваривать детали толщиной до 20мм в один проход, установка включает в себя оптоволоконный лазер с мощностью 25 кВт и зеркальную фокусирующую оптическую систему производства Scansonic. Примеры сваренных соединений показаны на рис 3, 4.



Рис.3. Однопроходный сварной шов (слева) и трехпроходный (в центре – корневой проход, справа – корневой и два заполняющих прохода) шов. Глубина 15 мм слева и 24 мм в центра и справа. Материал – трубная сталь класса X80.

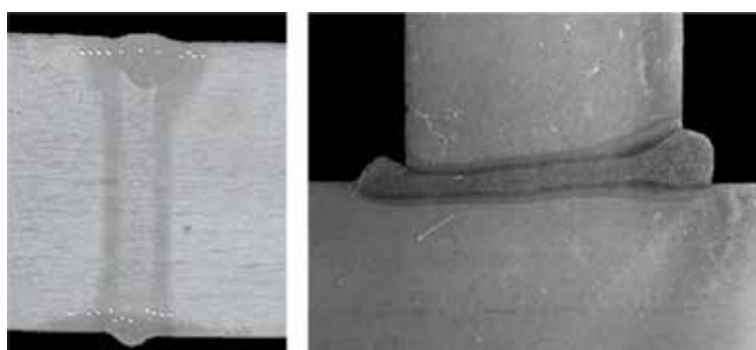


Рис. 4. Однопроходный стыковой шов глубиной 20 мм и тавровое соединение толщиной 16 мм на судокорпусной стали.

Разработанные технологии сварки пригодны для разных диапазонов толщин свариваемых деталей. Использование гибридной схемы процесса позволяет также снизить требования к точности сборки и подготовки изделий под сварку. Как проиллюстрировано на рис. 5, эта технология может обеспечить требуемое качество формирования шва даже в случае наличия зазора до 2 и более мм.





*Рис. 5. Обратное формирование при корневом проходе.  
Орбитальная лазерно-дуговая сварка по зазору 2 мм при смещении кромок 3 мм.*

Интенсивное развитие аддитивных технологий в последние годы позволяет значительно усовершенствовать методы изготовления и обработки изделий, а также их ремонта. Технологии выращивания приходят на смену классическим методам литья и последующей механической обработки, в процессе которой может удаляться до 90 % материала. Замена технологий литья и механической обработки на выращивание позволяет значительно снизить себестоимость детали, что особенно актуально в таких отраслях, как газотурбинное двигателестроение, авиация, космонавтика.

Основной проблемой в развитии аддитивных технологий является необходимость существенного увеличения их производительности при сохранении требуемого качества выращиваемого изделия.

Наиболее перспективной технологией высокоскоростного изготовления изделий является прямое лазерное выращивание [4], когда изделие формируется из порошка, подаваемого сжатой газопорошковой струей непосредственно в зону выращивания, причем газопорошковая струя может быть как коаксиальной, так и не коаксиальной сфокусированному лазерному лучу, обеспечивающему нагрев и частичное плавление порошка и подогрев подложки. При этом возможно вводить в подающую струю смеси порошков, и изменять состав подаваемых порошков непосредственно в ходе процесса выращивания, обеспечивая высокоскоростное формирование изделий с градиентными свойствами.



*Рис. 6. Технологическая установка прямого лазерного выращивания ИЛИСТ-L,  
разработанная и серийно выпускаемая ИЛИСТ СПбГМУ.*

Результаты проведенных исследований показали, что разработанная технология прямого лазерного выращивания, несмотря на свою технологическую сложность, может заменить используемые ныне технологии, обеспечив многократное повышение производительности и экономию материала. Изделия, изготовленные методом прямого лазерного выращивания, не требуют дополнительного изостатического прессования или термической обработки, что существенно сокращает время их изготовления в сравнении как с SLS/SLM – технологиями, так и с технологиями, основанными на литье и последующей термической и механической обработке. В ИЛИСТ разработан и серийно выпускается типоразмерный ряд технологических установок прямого лазерного выращивания, модульность и мобильность которых позволяет использовать их для изготовления и ремонта металлических деталей габаритами до 2 м, в том числе на борту кораблей. Особенно такие машины и технологии могут быть востребованы в Арктике и других труднодоступных регионах, обеспечивая текущий ремонт сложной техники непосредственно в местах ее применения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Г.А. Туричин, ИА. Цибульский, Е.А. Валдайцева, А.В. Лопота, Гибридная лазерно-дуговая сварка металлов больших толщин, Сварка и диагностика, 2009, № 3. с. 16-23
2. Туричин Г.А., Григорьев А.М., Земляков Е.В., Валдайцева Е.А., Дилтей У., Гуменюк А., Особенности формирования плазменного факела при гибридной лазерно-дуговой сварке, Теплофизика высоких температур. 2006. Т. 44. № 5. С. 655-663.
3. Туричин Г.А., Валдайцева Е.А., Поздеева Е.Ю., Земляков Е.В., Гуменюк А.В., Моделирование динамического поведения сварочной ванны при лазерной и гибридной сварке с глубоким проплавлением, Автоматическая сварка. 2008. № 7. с. 15.
4. Туричин Г.А., Бабкин К.Д., Земляков Е.В., Валдайцева Е.А., Климова-Корсмик О.Г., Колодяжный Д.Ю., Развитие теории и технологии прямого лазерного выращивания крупногабаритных изделий для различных применений. В сборнике: BEAM TECHNOLOGIES & LASER APPLICATION. Proceedings of the International scientific and technical Conference. 2016. С. 268-284.

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА И КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА РОССИИ**

Алексей Евгеньевич БАРАНОВ, Михаил Александрович ЕРОХИН, Наталья Николаевна КАЗАНЦЕВА, Ольга Александровна ПОДЫМОВА (ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»)

### **EQUIPMENT FOR WASTEWATER TREATMENT IN RELATION TO THE ARCTIC REGION CONDITIONS AND THE CONTINENTAL SHELF OF RUSSIA**

Alexey E. BARANOV, Mikhail A. EROKHIN, Natalia N. KAZANTSEVA, Olga A. PODYMOVA (ISSC Keldysh Research Centre)

*The main focus of our work is improving the efficiency of domestic and industrial wastewater treatment technology in order to reduce the level of environmental pollution in the Arctic region. In most cases a waste water is considered as an unnecessary flow that needs to be discharged at a minimal cost. As a rule, wastewater is mostly discharged directly into environment without any proper treatment or insufficiently treated. We offer a deep treatment of domestic waste water using Zero Liquide Discharge. In this case, the level of water purification may exceed the level purification of drinking water. This technology has also been developed for recycling of industrial effluents (drilling mud), but such technologies are very energy-consuming and expensive. Solid waste can be used for adding to the building mixes. Our system for drilling muds utilization based on the ZLD principle has been tested and implemented at the North Khosedayu.*

В современных условиях Арктика является важнейшим регионом не только для Российской Федерации, но и целого ряда других стран. Ее роль в связи с колоссальными запасами природных ископаемых и выгодным стратегическим положением неуклонно возрастает. Сегодня Арктика может эффективно и интенсивно осваиваться только на основе использования результатов фундаментальных исследований и прикладной науки, новейших инновационных технологий. В свою очередь, решение задач освоения Арктики будет стимулировать прогресс науки и технологий, инновационные процессы [1].

Освоение Арктики связано в первую очередь с освоением природных ресурсов. При этом хозяйственная деятельность, как правило, ведется без учета особенностей функционирования природных систем, специфических природоохранных требований и научно обоснованного регионального нормирования уровней загрязнения и критических нагрузок на окружающую среду [2].

Природа на Крайнем Севере чрезвычайно ранима и трудновосстановима. Долговременное многофакторное антропогенное воздействие, включая промышленное загрязнение, нарушение естественных гидрологических режимов и биогеохимических циклов элементов, привело к дефициту качественных пресных вод. Под угрозой находятся ценные виды гидробионтов, в том числе промысловые виды рыб. Большинство причин деградации водных ресурсов АЗРФ имеет социально-экономическую основу, определяемую существующими экономическими моделями и сохраняющимся стереотипом, гласящим, что вода неисчерпаемый и бесплатный ресурс. Среди основных факторов, определяющих снижение ресурсного потенциала поверхностных вод, можно отметить: неадекватное управление, не обеспечивающее устойчивого развития региона; недостаток научных знаний, информации и понимания процессов, протекающих в природных системах Арктики; устаревшие технические и технологические решения; нехватку законодательных и нормативных актов, учитывающих региональные экологические особенности; некачественную правовую экспертизу в области природоохранного права и управления [2].

Сточные воды являются результатом многих видов деятельности человека, и их объём растет с каждым годом. Случаются ситуации, когда отходы не подвергаются никакой очистке, кроме механической. Сточные воды в АЗРФ, как и везде, представлены хозяйственно-бытовыми стоками, образующимися в результате бытовой жизнедеятельности, и промышленными стоками, представляющими в основном сбросные воды нефтедобывающих предприятий и горнодобывающей промышленности, ведущей разработку полезных ископаемых с применением азотсодержащих взрывчатых веществ.

Во всем мире ступенью рационального расходования воды является повторное использование сточных вод. Повторное использование сточных вод можно разделить на несколько категорий (по степени очистки воды и по назначению).

1. Техническое водоснабжение и орошение. Здесь используются городские (бытовые) стоки, прошедшие полную биологическую очистку и упрощенную доочистку. Схема доочистки обычно включает механические решетки с мелкими прозорами, скорые фильтры и обеззараживание.
2. Хозяйственное водоснабжение (уборка, полив, помыть машин, смыть туалетов и т. п.). Для этих целей удобно использовать так называемые «серые стоки» – от ванн и умывальников. В этом случае их обработка производится по упрощенной схеме, включающей механическую очистку (удаление сора и

осветление) и обеззараживание. Для общего бытового стока необходима полная биологическая очистка, дополненная третичной очисткой.

3. Питьевое водоснабжение. Делится в свою очередь на не прямое (пополнение запасов природных вод в источниках питьевого водоснабжения) и прямое. Здесь требуется полная биологическая очистка и глубокая третичная очистка, обычно включающая на последних стадиях обратный осмос [3].

Для решения проблем экологической безопасности, и возможности повторного использования сточных вод, специалистами Центра Келдыша разработаны технологии очистки и утилизации отработанных буровых растворов по технологии Zero Liquid Discharge (см. рис.1). При этом возможно извлечение компонентов, являющихся самостоятельным продуктом.

При очистке буровых растворов, в результате комплекса очистных мероприятий, получается твердая смесь, состоящая из песка, бентонита и нефтепродуктов, которую можно добавлять в строительные смеси, а также вода, высокой степени очистки, которая может либо использоваться повторно на предприятии, например, для приготовления растворов реагентов и хозяйственных целей, либо сбрасываться в водоемы рыбо-хозяйственного назначения; нормируемое содержание вредных компонентов гораздо ниже требований. При необходимости эту же технологию можно применить и для опреснения речной и морской воды. Поскольку на конечной стадии очистки присутствуют термические испарители и кристаллизаторы, все технологии ZLD энергозатратны, и оправдывают себя при наличии дешевых источников тепла.



Рис. 1. Реализация технологии нулевого жидкого сброса, применительно к утилизации отработанных буровых растворов и опреснению морской или речной воды

Основные этапы очистки показаны на рис. 2. На этапе центрифугирования отделяются крупные взвеси, далее в зависимости от состава раствора, применяются различные методы дестабилизации коллоидной системы. Практически любые загрязнения твердыми взвесями удаляются совмещенным методом электрокоагуляции-электрофлотации. При повышенных концентрациях органики в воде и неспособности электрокоагуляции справиться с ними, может подключаться электроокисление. В совокупности это позволяет полностью убрать цветность воды, содержание взвесей и органических веществ, значительно снизить, либо полностью исключить бактерицидную составляющую. В результате комплекса предварительной очистки качество раствора становится достаточным для его подачи на модули обратноосмотического обессоливания, где применяются мембраны Fouling Resistance со специальным покрытием, обеспечивающим защиту от высокого содержания органики.

Наибольший интерес представляет подготовка раствора перед его подачей на обратный осмос. Как известно буровые растворы представляют собой устойчивые высокоминерализованные суспензии с высоким содержанием коллоидной твердой фазы. Причем в растворе присутствует значительное количество органических составляющих – диспергаторов и других добавок, не позволяющих оседать взвесям. В настоящее время растворы подвергаются осветлению по широко распространенной схеме, построенной на основе реагентной коагуляции и отстаивания, которая не обеспечивает достаточный уровень очистки для применения последующей стадии обратного осмоса.

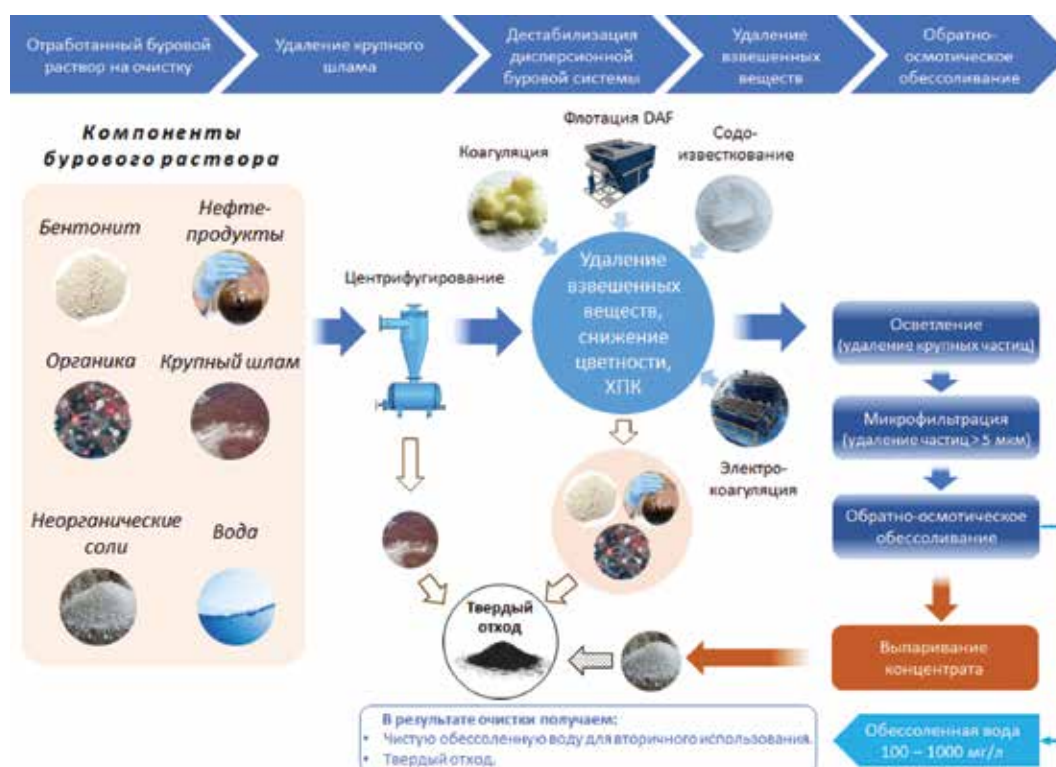


Рис. 2. Основные этапы очистки отработанного бурового раствора

Проведение лабораторной электрокоагуляции на алюминиевых электродах бурового раствора из амбара (месторождение Восточной Сибири), имеющем исходные показатели качества: электропроводность 5,94 мСм/см, pH 6,9, мутность 3,3 NTU, цветность (Cr-Co) 51,5, ХПК 347 мгО<sub>2</sub>/л при плотности тока 24 мА/см<sup>2</sup> в течение 30 мин, и дальнейшего отстаивания в течение 3 часов показало возможность снижения этих параметров до следующих значений: электропроводность 4,86 мСм/см, pH 8,3, мутность 1,1 NTU, цветность (Cr-Co) 14,5, ХПК 57,6 мгО<sub>2</sub>/л. (см. рис. 3). Дополнительное электроокисление на графитовых электродах привело к снижению ХПК и органического углерода еще на 15 %. Полученный раствор после прохождения осветлительных фильтров и микрофильтров пригоден для подачи на обратноосмотическое обессоливание.



Рис. 3. Отработанный буровой раствор после электрокоагуляции. Материал электродов: Al-Al, расстояние между электродами 5 мм, плотность тока 24 мА/см<sup>2</sup>, продолжительность электрокоагуляции: 30 мин., продолжительность отстаивания: 3 часа

Как показали лабораторные тесты, проведенные в 2011 г. (см. рис. 4, 5), применение сульфата алюминия в качестве коагулянта обеспечивает значимый эффект осветления лишь при дозах от 200 мг/л по Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> и выше, в оптимальной области pH 5,0 – 7,5. При дозах ниже 100 мг/л коагуляция не эффективна: мутность раствора снижалась с 50 до 20 ед. NTU (после фильтрования пробы). При этом раствор оставался мутноватого желтого цвета. Использование доз выше 200 мг/л приводит к интенсивному образованию хлопьев, которые в течение 5-10 минут практически полностью оседают на дно. Минимальная достигаемая мутность осветленного раствора при дозе Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 400 мг/л составила 0,71 NTU (после фильтрования



пробы), визуально раствор выглядел полностью прозрачным. Однако содержание остаточного алюминия в коагулированном растворе доходило до 26 мг/л, что недопустимо, так как подача такого раствора на обратноосмотическое обессоливание неизбежно приводит к отложению осадка гидроксида алюминия на поверхности мембран.

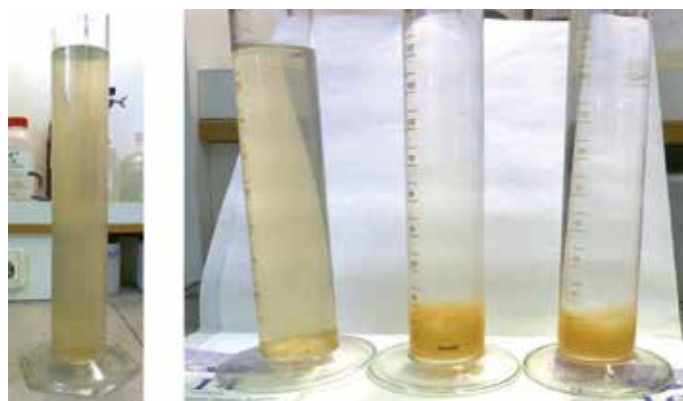


Рис. 4. Коагуляция отработанного бурового раствора (месторождение Северное Хоседаю, Ненецкий АО) сульфатом алюминия. Доза  $Al_2(SO_4)_3$  (слева направо): 0 мг/л, 50 мг/л, 200 мг/л, 400 мг/л. Продолжительность отстаивания: 1 час

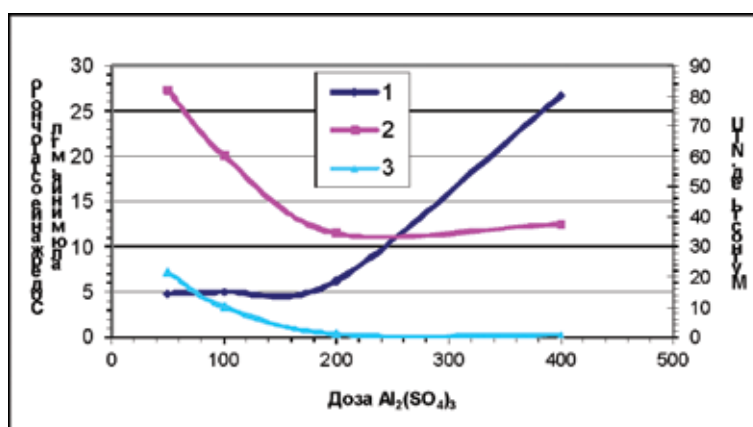


Рис. 5. Параметры коагулированного раствора при разных дозах коагулянта  $Al_2(SO_4)_3$

1. Остаточное содержание алюминия
2. Мутность нефiltrованного раствора через 5 мин после коагуляции
3. Мутность отфильтрованного раствора через 5 мин после коагуляции

Неэффективность низких доз коагулянта в данном случае обуславливается присутствием в буровом растворе сложного комплекса органических соединений, обладающих диспергирующими свойствами, которые не позволяют провести полное осаждение мелкодисперсной фазы. Именно этот фактор и создает основные трудности при предварительной подготовке, которая должна обеспечить качество воды, соответствующее требованиям к последующему обратноосмотическому обессоливанию. Так, отстаивание необработанного реагентами бурового раствора в течение двух недель привело лишь к выпадению тяжелой части нефтяных фракций в первые минуты отстаивания. Далее никаких изменений цветности и мутности раствора не наблюдалось.

Применение электрохимических методов позволяет полностью исключить использование реагентов и систем приготовления и дозирования реагентов, сделать оборудование более компактным для размещения в контейнерах. В отличие от реагентных методов очистки, не создается вторичное загрязнение, привносимое анионами коагулятов. Также за счет интенсивного выделения водорода осуществляется одновременная флотация, что повышает эффективность разделения фаз. При достижении сравнимых показателей мутности при реагентной коагуляции 0,71 NTU и электрокоагуляции 1,1 NTU, содержание остаточного алюминия после электрокоагуляции ниже, и составляет 3 мг/л, после реагентной коагуляции до 26 мг/л.

Работа наших установок на нефтедобывающем комплексе в Северном Хоседаю (Ненецкий АО) доказала высокую эффективность электрокоагуляции. Концентрация взвешенных веществ снижалась с 3000 до 0,5 мг/л, нефтепродуктов с 5,0 до 2,0 мг/л. Оставшиеся количества и их повышение, при колебаниях состава бурового раствора, легко удалялись на стадии грубого фiltrования и микрофiltrации.

Вместе с последующими стадиями глубокого обратноосмотического обессоливания (Recovery 75%) и выпаривания концентрата реализуется технология ZLD (см. рис. 6). Получаемый пермеат с содержанием до 300 мг/л возвращается на вторичное использование. Концентрат с содержанием до 75 г/л циркулирует в выпарной системе с периодическим удалением твердых солей.



Рис. 6. а-модуль обратноосмотического опреснения, б- испарительный модуль, в-циркуляция концентрата в испарительной камере

Эксплуатация комплекса в течение трех месяцев подтвердила ее заявленную высокую эффективность и производительность. Так, при подаче раствора на обработку в количестве 60 м<sup>3</sup>/сутки объем очищенной воды составил 37,5 м<sup>3</sup>/сутки, а упаренного концентрата 6 м<sup>3</sup>/сутки. Таким образом, степень концентрирования бурового раствора по жидкой фазе составила ~ 90 %. Данные по основным показателям качества бурового раствора на разных стадиях переработки представлены в таблице 1. Часть полученного пермеата с проводимостью ~ 300 – 500 мкСм/см использовалась повторно для приготовления растворов реагентов.

Таблица 1 – Основные показатели качества бурового раствора на различных стадиях утилизации

| Наименование показателя       | Значение показателя                           |                        |                        |                      |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
|                               | Буровой раствор после осветлительных фильтров | Фильтрат микрофильтров | Обратноосм. концентрат | Упаренный концентрат |
| Водородный показатель, ед. рН | 3.5 – 4.4                                     | 3.5 – 4.4              | 4.0 – 4.5              | 3.7 – 4.2            |
| Электропроводность, мСм/см    | 17.2 – 27.1                                   | 17.2 – 27.1            | 74.4 – 82.2            | 111.5 – 113.2        |
| Общая минерализация, мг/л     | 10 762                                        | 10 762                 | 47 160                 | 74 433               |
| Мутность, NTU                 | 3.0 – 6.0                                     | 0.05 – 0.1             | -                      | -                    |
| Нефтепродукты, мг/л           | 1.1                                           | 0.005                  | 0.17                   | 0.06                 |
| Сульфаты                      | 791.2                                         | 791.2                  | 3 919                  | 6 209                |
| Хлориды                       | 4420                                          | 4420                   | 18 803                 | 30 430               |
| Кальций                       | 218.1                                         | 218.1                  | 713.9                  | 952.3                |
| Магний                        | 9.10                                          | 9.10                   | 30.3                   | 53.41                |
| Натрий                        | 501.2                                         | 501.2                  | 1997.6                 | 3361.9               |
| Калий                         | 4102                                          | 4012                   | 16 783                 | 28 067               |

Надо отметить, что эффективность очистки очень сильно зависит от конкретного состава бурового раствора. Для каждого конкретного месторождения требуется проведение комплекса исследований с выработкой рекомендаций и их корректировкой на реальном объекте. На сегодняшний день продолжаются исследования по оптимизации технологии очистки жидкой фазы буровых отходов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кижаева А.В. Проблема обеспечения экологической безопасности арктического региона как важный вектор российской политики. // Актуальные проблемы современных международных отношений. 2016, № 7, с. 53-60.
2. Кашулин Н.А., Скуфына Т.П., Даувальтер В.А., Котельников В.А., Устойчивое водопользование в Арктике. Новые подходы и решения // Арктика. Экология и экономика. 2018, № 4, с. 15-29.
3. Водо и энергосбережение в городском хозяйстве. Применение современных мембранных технологий – Электронный ресурс: <http://gk-nni.ru/catalog/adm/71/>

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ И КОНТАКТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОХОДСТВА

Ирина Анатольевна БЫЧКОВА, Владимир Григорьевич СМЕРНОВ, Наталья Юрьевна ЗАХВАТКИНА, Светлана Витальевна МИХАЛЬЦЕВА (ФГБУ «ААНИИ»)

## DETERMINATION OF ICE COVER CHARACTERISTICS IN THE ARCTIC USING SATELLITE AND CONTACT MEASUREMENTS FOR HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF NAVIGATION

Irina A. Bychkova, Vladimir G. Smirnov, Natalia Yu. Zakhvatkina, Svetlana V. Mihal'tseva (AARI)

AARI has developed specialized software designed to automatically determine the age and concentration of the ice cover using satellite data. The neural networks method was used to estimate the age of the ice cover using radar images. The total concentration of the ice cover is determined using satellite data of the optical spectral range and by radar data. Partial concentration is determined by radar data. The results of verification of the methods used to determine the age and concentration of the ice cover are presented.

Спрос на гидрометеорологическое обеспечение судоходства в тяжелых ледовых условиях Арктики в последние годы заметно вырос, что обусловлено увеличением грузопотока по Севморпути, активизацией работ по освоению арктического шельфа, связанных, в частности, с бурением, эксплуатацией открытых месторождений углеводородов. Потребители гидрометинформации заинтересованы в получении оперативных данных о ледяном покрове в конкретном районе. Такая информация должна содержать данные с сплоченности ледяного покрова и видах льда. В настоящее время сплоченность льда, одна из основных характеристик ледяного покрова, определяется ледовыми экспертами на основе визуального анализа спутниковых снимков и данных береговых гидрометстанций. Оценка ледовым экспертом сплоченности льда является субъективной, зависит от квалификации эксперта и может содержать существенные ошибки. Для повышения качества гидрометобеспечения судов необходимо разработать автоматизированные методы определения сплоченности и возраста льдов.

### ОЦЕНКА ОБЩЕЙ СПЛОЧЕННОСТИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

В ААНИИ разработан метод объективной оценки общей сплоченности морских льдов, базирующийся на разделении пикселей изображения, содержащих лед и открытую воду, по квадратам регулярной сетки. Сегментация изображения морских льдов в оптическом диапазоне на зоны различной сплоченности ледяного покрова производится в два этапа. На первом этапе происходит пороговая классификация, при которой каждый пиксель морской поверхности ассоциируется либо с ярким объектом (морской лед), либо с темным фоном (вода), т.е. выполняется бинаризация файла изображения.

Территория суши исключается из рассмотрения с помощью наложения маски в виде шейп-файла суши. Участки, занятые облачностью и туманом, также исключаются из анализа. Для подготовки шейп-файла облачности используется информация нескольких оптических спектральных каналов. Для бинаризации изображений был использован метод Отсу (Otsu) [5]. Данный метод считается наиболее эффективным среди методов глобальной бинаризации. Метод основан на построении по изображению гистограммы двумерного поля яркости и последующем расчете порога  $t$ . Метод применим для снимков, гистограмма которых имеет два четко выделяющихся класса. Нахождение порога между классами сводится к минимизации внутриклассовой дисперсии, которая определяется как взвешенная сумма дисперсий двух классов:

$$\sigma_w^2(t) = \omega_1(t)\sigma_1^2(t) + \omega_2(t)\sigma_2^2(t), \quad (1)$$

где  $\omega_1$  и  $\omega_2$  – вероятности первого и второго классов соответственно, а  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$  – дисперсии этих классов.

Отсу показал, что минимизация внутриклассовой дисперсии эквивалентна максимизации межклассовой дисперсии, которая равна:

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = \omega_1(t) \cdot \omega_2(t) [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2, \quad (2)$$

где  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – средние арифметические значения этих двух классов. Применение такого метода к спутниковым изображениям морских льдов не всегда позволяет выделить мелкие объекты (льдины), размером менее пикселя, из-за уменьшения яркости пикселя при частичном попадании в него водной поверхности, имеющей меньшую яркость по сравнению со льдом.

На втором этапе обработки изображения морских льдов выполняется расчет сплоченности льдов по квадратам регулярной сетки. Метод расчета сплоченности основан на определении основных параметров ледяного покрова в узловых точках расчетной сетки. Все пиксели с величиной яркости выше пороговой классифицируются как лед и закрашиваются белым цветом, а остальные пиксели рассматриваются как

вода и закрашиваются черным цветом.

Описанный алгоритм был применен при создании специализированного программного обеспечения, предназначенного для автоматизированного определения сплоченности ледяного покрова по спутниковым данным.

Для практического использования методов автоматизированного определения сплоченности ледяного покрова в интересах обеспечения безопасности навигации требуется, как правило, информация о ледовых условиях на региональном масштабе. Один спутниковый кадр, достаточного для решения этой задачи пространственного разрешения, не позволяет охватить весь регион, поэтому для анализа применяется композиция из нескольких снимков, полученных в течение суток.

На рис. 1 приведен пример автоматизированного определения общей сплоченности морского ледяного покрова с использованием композиции снимков радиометра MODIS IC3 Terra за 16 апреля 2020 г. Исходное изображение, полученное с MODIS, дано на рис. 1а. На рис. 1б показан обработанный вариант изображения рис. 1а, где удалена облачность (с использованием данных СВЧ-радиометра AMSR), а затем проведена бинаризация по пороговому методу. На рис. 1г представлены результаты расчета общей сплоченности по снимку 1б, полученные для квадратов регулярной сетки 25×25 км. Для сравнения на рис. 1в приведен фрагмент обзорной ледовой карты ААНИИ, показывающий распространение отдельных видов льда на ближайшую к анализируемым спутниковым данным дату – 14 апреля 2020 г.

Сопоставление результатов автоматизированного картирования общей сплоченности по спутниковым данным с ледовыми картами, составленными ледовыми экспертами, позволяет сделать вывод, что положение кромки ледяного покрова на рис. 1г согласуется с положением кромки на ледовой карте. Спутниковая технология определения общей сплоченности ледяного покрова предоставляет пользователям информацию о сплоченности, представленную не в виде символов, заключенных в овальную форму, а в виде цветокодированного изображения. Такая выходная продукция более удобна для восприятия пользователем, снижает риск неверного прочтения балла сплоченности в овалах и может быть востребована при прокладке маршрутов судов, уточнении климатических расчетов и пр.

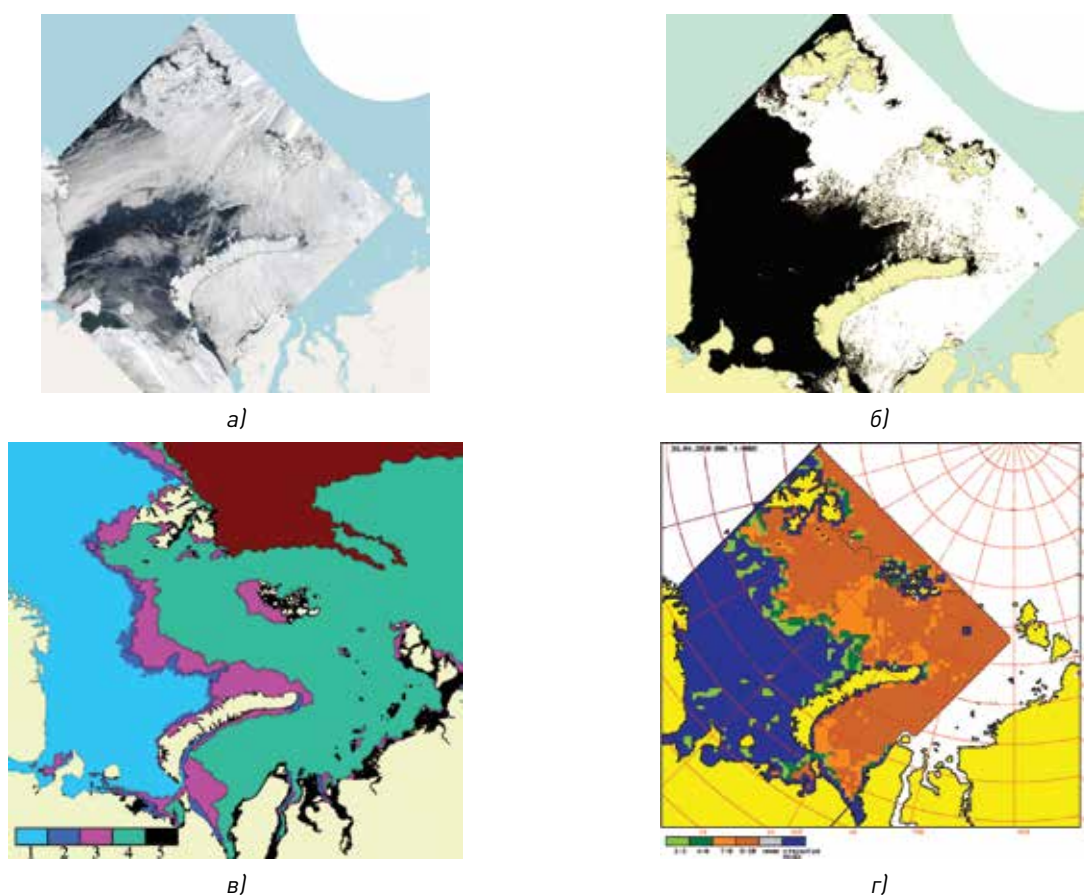


Рис. 1. Пример автоматизированного определения общей сплоченности ледяного покрова с использованием композиции снимков IC3 Terra.

а) композиция снимков IC3 TERRA (MODIS) 16 апреля 2020 г.; б) бинарное композитное изображение; в) ближайшая обзорная ледовая карта ААНИИ за 14 апреля 2020 г.: 1 – открытая вода, 2 – нилас, 3 – молодой лед, 4 – однолетний лед, 5 – припай (г); г) общая сплоченность морского ледяного покрова, определенная в по данным MODIS за 16 апреля 2020 г. с использованием метода бинаризации Оцу.

## ОЦЕНКА ВОЗРАСТА ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

В ААНИИ для определения возраста льда по радиолокационным спутниковым снимкам разработана процедура использования метода нейронных сетей (НС), позволяющего минимизировать роль субъективного фактора при построении ледовых карт [8]. Снимки, полученные с радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), проходят предварительную обработку, включающую подавление спекл-шума и теплового шума, фильтрацию и улучшение контрастности.

Сигнал, поступающий на РСА от морского льда, измеряется величиной удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) и зависит от физико-химических свойств поверхности льда, поляризации сигнала, угла падения. УЭПР начальных, молодых, однолетних и многолетних льдов имеет большую изменчивость и простая связь между значениями УЭПР и типом льда отсутствует. Поэтому кроме яркости еще одним дешифровочным признаком при классификации радиолокационных изображений различных видов льда является текстура. Текстура выражается с помощью так называемых текстурных признаков или характеристик [3,4,6].

Текстурные характеристики (ТХ) вычисляются на основе статистик, полученных с помощью матрицы совместной встречаемости (или матрицы смежности тонов) уровней яркости (МСВ). По МСВ можно получить набор из 18 текстурных признаков по известным формулам [2].

В ААНИИ получен успешный опыт применения PCA Sentinel-1 для классификации ледяного покрова по видам льда методом НС с обратным распространением ошибки. Обучение НС проводилось с использованием визуальных оценок ледового эксперта 16 зимних сцен Sentinel-1 за 2018 и 2019 гг. При расчетах использовались статистические характеристики изображения на НН- и НV-поляризациях (с оптимальным набором ТХ). Оптимальными выбираются те ТХ, средние значения которых для каждого класса находятся на наибольшем расстоянии друг от друга.

По тренировочным изображениям был определен оптимальный набор текстурных признаков, с заданными параметрами, позволяющий выделить четыре градации морского льда. Оптимальный набор ТХ включал для НН –поляризации следующие характеристики: – энергия, инерция, дисперсия, обратный момент разности (гомогенность), среднее по суммам, дисперсия по суммам, энтропия, разность дисперсий, коэффициент максимальной корреляции; для НV -поляризации – дисперсия, обратный момент разности, энтропия по суммам, энтропия по разности, информационная мера корреляции. Экспериментально были определены следующие параметры НС: 14 нейронов на входном слое, соответствующие выбранному набору ТХ для двух поляризаций, один скрытый слой с 9 нейронами и выходной слой с 4 нейронами, соответствующий определяемым классам — молодой лед, однолетний тонкий, однолетний средний (или толстый) и старый лед. Количество обучающих векторов составило 45000, количество тестовых векторов – 31500.

## СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ И ПОДСПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Использование подспутниковых измерений – необходимый элемент технологий автоматизированной классификации морского ледяного покрова на основе спутниковых изображений. В нейросетевых классификаторах морского льда подспутниковые измерения используются на этапе обучения нейронных сетей. По архивным данным за предшествующие годы для каждого моря выявляют все возможные виды ледяного покрова, зарегистрированные здесь когда-либо. Одновременно подбираются архивные спутниковые изображения по изучаемому региону, полученные в зимний период. Для каждого спутникового снимка собирается имеющаяся информация *in situ* о ледяном покрове и архивные ледовые карты, построенные опытными ледовыми экспертами.

Создание репрезентативных выборок подспутниковых измерений (наблюдений) характеристик ледяного покрова достигается за счет использования метода типической выборки, предполагающей, что генеральная совокупность сначала делится на группы по какому-либо типическому признаку (в данном случае на возрастные стадии льда), а затем внутри каждой производится индивидуальный отбор единиц в выборочную совокупность. Репрезентативность типической выборки обеспечивается расчленением генеральной совокупности на качественно однородные группы. Каждая типологическая группа оказывается представленной в выборке за счет группировки единиц генеральной совокупности путем специальной системы отбора снимков. Из имеющихся архивных спутниковых снимков составляют новые выборки на каждый вид ледяного покрова, таким образом, чтобы был выполнен критерий репрезентативности выборки. Критерий репрезентативности предполагает, что доля площади, занятой льдом этого вида относительно площади всего снимка, составляет не менее 10%. При этом один снимок может входить в разные выборки сразу, т.к. на изображении одновременно может быть более 10%, например, ниласа и однолетнего тонкого льда. Таким образом создается обучающая выборка.

При тренировке НС с использованием эталонных участков ледяного покрова применяется районированная выборка, при которой отбор наблюдений проводится из конкретных морских акваторий (отдельных морей, центральной части Арктического бассейна, приустьевых зон).

Возрастные стадии льда представляют собой качественное описание состояния ледяного покрова. Использование возрастных градаций позволяет проводить сегментацию изображения ледяного покрова



на однородные по текстурным характеристикам зоны. В то же время обширный класс измерений, выполняемых на ледяном покрове *in situ*, представляет собой точечные измерения какого-либо параметра (толщина снежного покрова, температура льда, соленость и пр.), допускающие квантование на основании цифровой величины сигнала (например, высота снежного покрова 0–10 см, 10–20 см и т.д.). Для таких наблюдений при создании репрезентативных выборок подспутниковых измерений какого-либо параметра необходимо соблюдать требования к размещению измерительных приборов, наблюдающих за параметрами ледяного покрова. Эти требования зависят от измеряемого параметра, от целей мониторинга, от наличия возможных помех измерениям.

При сопоставлении спутниковых (площадных) и квазисинхронных подспутниковых (точечных) наблюдений необходимо учитывать реальный дрейф ледяных полей, без учета которого привязка спутникового измерения к измерению на местности может привести к большим ошибкам из-за большой пространственной изменчивости характеристик ледяного покрова. Положение измерения, выполненного на местности, при сопоставлении со спутниковым наблюдением должно быть пересчитано с учетом дрейфа льда.

### **ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ И ПРИБОРОВ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА**

Для тестирования алгоритма использовалось 107 сцен Sentinel-1, не участвовавших в обучении. Для оценки результатов классификации по независимым данным использовались ледовые карты ААНИИ, составляемые ледовыми экспертами по спутниковым изображениям (видимый, ИК-диапазоны, радарные снимки), наблюдениям с судов и полярных станций, собранных и осредненных в течение 2–5 дней. Продукт автоматизированной классификации ледяного покрова центральной Арктики был подготовлен с помощью вышеописанной технологии по РСА данным, собранным в течение 2-х дней (1–2 дня необходимы для охвата спутниковыми изображениями территории центральной Арктики, менее 1 дня необходимо для выполнения всех компьютерных расчетов). Сравнение результата классификации ледяного покрова методом НС и обзорной ледовой карты ААНИИ показало разницу в расположении границы старого льда от 1 до 10 км.

Визуальный анализ продуктов классификации РСА-изображений, как участвовавших, так и не участвовавших в процессе обучения, показал ошибочные результаты между старым и молодым льдами в высоких широтах Арктического бассейна. В большинстве случаев тонкий однолетний лед имеет гладкую поверхность и поэтому имеет низкие значения обратного рассеяния на обеих поляризациях РСА-изображения. Такие области имеют схожие значения с припаем. Разрывы с открытой водой могут казаться яркими на НН-поляризации при высоких углах падения при значительной скорости ветра над поверхностью воды [7], тогда как на НV-поляризации такие каналы кажутся темными при тех же условиях. Тонкий морской лед – молодой, образовавшийся в результате замерзания воды в разрывах, может иметь высокие значения обратного рассеяния как на НН, так и на НV-поляризациях [1] и поэтому может быть похожим на гряды торосов на РСА-изображениях С-диапазона. Оценка результатов классификации проводилась путем сравнения с картами ААНИИ и экспертными оценками, полученными по 16 «тренировочным» РСА изображениям. Были рассчитаны матрицы ошибок, осредненные точности классификации НС по сравнению с оценками ледового эксперта составили 97% и 90%, и 77% и 89% с картами ААНИИ для однолетнего и старого льдов, соответственно.

В целом, алгоритм НС показал хорошие результаты, но были обнаружены некоторые систематические ошибки классификации. НС были повторно обучены с добавлением нескольких видов льда (молодой лед и разделенный на две возрастные градации однолетний лед), а также новых наборов данных для обучения в районах, где были сделаны ошибки. Подобные итерации повторялись несколько раз. В итоге был подтвержден вывод о региональности НС классификации, т.е. необходимости выделять в разных районах характерные для конкретных морей типы льда для достижения оптимальной конфигурации НС с достоверными результатами.

### **ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЛОЧЕННОСТИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ И ПРИБОРОВ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА**

Верификация автоматизированного метода определения сплоченности ледяного покрова включала сравнение оценок общей площади ледяного покрова, полученных с помощью разработанного метода с экспертными оценками.

По массиву изображений видимого диапазона с Landsat-8 (пространственное разрешение 15 м) за весенне-летний период 2018–2019 гг. и радиолокационным изображениям Sentinel-1 для Баренцева и Карского морей была рассчитана в автоматизированном режиме общая сплоченность льдов. Одновременно для тех же изображений оценки общей сплоченности были получены тремя ледовыми экспертами, что позволило снизить субъективный фактор. Общая площадь морской поверхности, проанализированной с помощью космических снимков, составила около 450 тыс. км<sup>2</sup>.

Пример оценки сплоченности льда автоматизированным и экспертным методом приведен на рисунке 2.

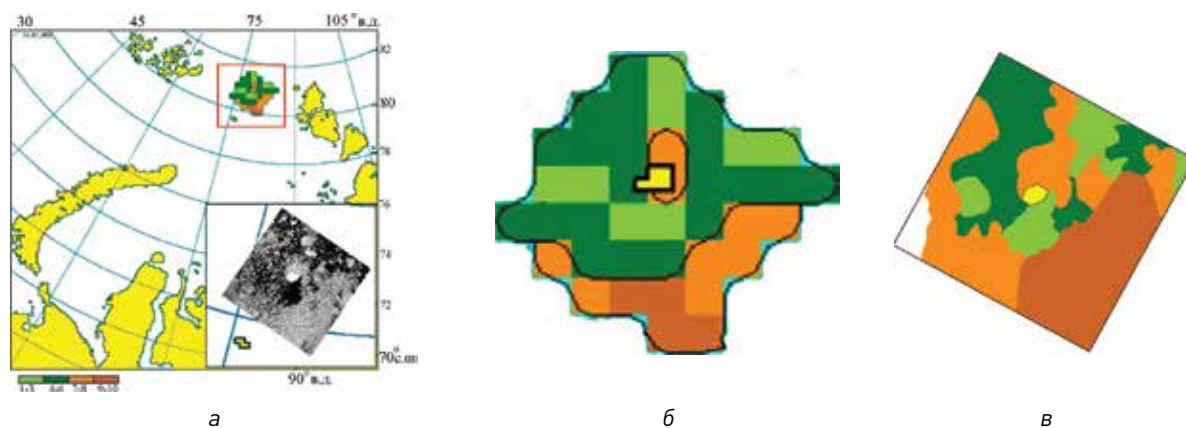


Рис. 2. Пример определения сплоченности морского льда на спутниковом снимке видимого диапазона в автоматизированном режиме и в экспертном.

а) снимок Landsat-8, 8 канал, 14 июля 2019 г., Карское море, о-в Визе, положение снимка на карте показано красной рамкой; б) карта сплоченности по сетке с шагом 25 км по снимку Landsat-8, приведенному на рис. 2а (в выделенном фрагменте); в) карта сплоченности, построенная по снимку Landsat-8 (рис. 2а) ледовыми экспертами.

Для каждого спутникового изображения были рассчитаны общая точность классификации и матрица ошибок. Проверяемым растром являлась карта, рассчитанная автоматизированным методом, а опорными данными – карты, составленные ледовыми экспертами. Общая точность классификации была оценена путем сравнения полученных данных сплоченности, выраженных в градациях балльности, в каждом из квадратов расчетной сетки 25×25 км.

Общая точность определения общей сплоченности по снимкам видимого диапазона автоматизированным методом варьировала от 0,73 до 0,92, среднее значение составило 0,81. Ошибка не превышала одну градацию сплоченности. В основном наблюдалось занижение значений сплоченности (0,05 - 0,24), большинство таких случаев приходилось на очень сплоченный лед (9-10 баллов). Отмечалось также и завышение в оценках сплоченности – редкие и разреженные льды программа идентифицировала как разреженные и сплоченные соответственно.

Радиолокационные изображения, по которым проводилась верификация, подбирались следующим образом: использовались «зимние» снимки в период устойчивого ледообразования, полученные при нормальных метеоусловиях, т.е. исключались ситуации развитого волнения, т.к. взволнованная морская поверхность может иметь схожую интенсивность рассеяния сигнала с ледяным покровом. Общая точность определения сплоченности по радиолокационным изображениям Sentinel-1 составила 0,75. Наиболее успешно программа справляется с определением следующих градаций: 4-6 баллов, 7-8 баллов, так как пространство открытой воды между льдами этой сплоченности имеет более слабое рассеяние сигнала, чем лед, в результате чего появляется существенная разница в яркости «лед-вода».

В целом, был сделан вывод о том, что разработанные в ААНИИ автоматизированный метод определения сплоченности ледяного покрова по спутниковым данным видимого диапазона и радиолокационным снимкам и метод определения возраста льда по спутниковым радиолокационным изображениям позволяют с достаточной точностью определить в оперативном режиме основные характеристики ледяного покрова, необходимые для обеспечения безопасности судоходства в Арктике. Наличие квазисинхронных со спутниковыми данными контактных измерений ледяного покрова может обеспечить повышение точности автоматизированных методов определения характеристик ледяного покрова.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-60124).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Dierking W. Sea ice monitoring by synthetic aperture radar // Oceanography. 2013. Vol. 26. P. 100–111.
2. Haralick R.M., Shanmugam K.S., Dinstein I. Textural features for image classification // IEEE Trans. Syst. Man. Cyb. 1973. Vol. 3. P. 610–621.
3. Leigh S., Zhijie W., Clausi D.A. Automated Ice–Water Classification Using Dual Polarization SAR Satellite Imagery // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2014. Vol. 52. P. 5529–5539.
4. Liu H., Guo H., Zhang L. [2015]. SVM-based sea ice classification using textural features and concentration from RADARSAT-2 Dual-Pol ScanSAR data // IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. 2015. Vol. 8, no. 4, P. 1601–1613, [doi: 10.1109/JSTARS.2014.2365215].
5. Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1979. vol. 9, №1. P. 62–66.

6. Park J.W., Korosov A., Babiker M., Won J.S., Hansen M.W., Kim H.C. Classification of Sea Ice Types in Sentinel-1 SAR images // The Cryospheren Discussions, 2019. P. 1-23. 10.5194/tc-2019-127.
7. Scharien R.K. and Yackel J.J. Analysis of surface roughness and morphology of first-year sea ice melt ponds: implications for microwave scattering. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2005. Vol. 43 (12). P. 2927–2939. (doi: 10.1109/TGRS.2005.857896).
8. Zakhvatkina N. Smirnov V., Bychkova I. Sea ice classification based on neural networks method using Sentinel-1 data / 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Section "Photogrammetry and remote sensing". 28 June -7 Jule 2019. Varna, Bulgaria. Conference proceedings. 2019. P. 617-624.

# **ОПЕРАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИЕЙ О СОСТОЯНИИ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Александр Петрович Кузьмичев, Владимир Григорьевич СМЕРНОВ (ФГБУ «АНИИ»)

## **OPERATIONAL PROVISION OF CONSUMERS WITH INFORMATION ABOUT THE STATE OF THE ARCTIC ICE COVER USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS FOR DATA COLLECTION AND TRANSMISSION**

Alexander Petrovich Kuzmichev, Vladimir Grigoryevich Smirnov (AARI)

*Arranging of a modern system of hydrometeorological support in the Arctic is possible only with the use of a multi-level information and telecommunications infrastructure, which will ensure timely receipt of information about the state of the environment and ice conditions in the Arctic, its assimilation and processing, delivery of information about current and predicted meteorological and ice conditions, notifications and warnings to consumers at service objects.*

*The report examines the existing and prospective satellite communication systems that ensure the collection of observational data and the transfer of information products to a wide range of users. The AARI experience in transferring large amounts of information to ships using VSAT maritime stations, which provide high speeds of the satellite data transmission channel, is presented.*

В настоящее время в арктическом регионе возрос спрос на использование новых технологий для адресной доставки на объекты обслуживания в полярных акваториях значительно большего объема информации, чем при традиционном гидрометеорологическом и ледовом обеспечении плавания судов на трассе СМП и морских операций в Арктике. Среди таких технологий приоритетное место занимают спутниковые методы оперативного доведения до потребителей информации о состоянии ледяного покрова. Спутниковые системы связи предназначены для использования в практике специализированного гидрометеорологического обслуживания судов и морских операций, а также гидрометеорологического обеспечения безопасности мореплавания, которое осуществляет Российская Федерация согласно Международной конвенции по охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74).

Организация современной системы гидрометеобеспечения в Арктике возможна только с использованием многоуровневой информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей своевременное получение информации о состоянии окружающей среды и ледовой обстановке в Арктике, ее усвоение и обработку, доставку информации о текущих и прогнозируемых метеорологических и ледовых условиях, оповещений и предупреждений потребителям на объекты обслуживания. Своевременная доставка на суда, морские объекты и береговые службы, ответственные за безопасность хозяйственной деятельности, информации о состоянии ледяного покрова может существенно повысить безопасность мореплавания, снизить риски природных и техногенных катастроф и их последствий в Арктической зоне Российской Федерации.

Специализированное гидрометеорологическое и ледовое обслуживание отдельных судов, инженерных объектов и морских операций в Арктической зоне Российской Федерации выполняется на договорной основе. В рамках специализированного обслуживания потребителям предоставляется адресный набор услуг, включающий доставку информации на объекты в удобном для потребителя виде. В частности, ледовые карты, спутниковые снимки, другая гидрометеорологическая информация может передаваться в ГИС-форматах для автоматического отображения в электронных картографических навигационно-информационных системах ECDIS.

Система связи обслуживаемого судна, или объекта должна обеспечивать:

- прием любых видов информации из центров подготовки продукции;
- передачу данных локальных наблюдений с объекта обслуживания в центры подготовки продукции;
- информационный обмен с центром подготовки продукции и головным офисом Заказчика для дополнительных консультаций, оценки ситуации и пр.

### **ОБСЛУЖИВАНИЕ СУДОВ, ОСНАЩЕННЫХ СРЕДСТВАМИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**

Как правило, на судах, совершающих регулярные выходы в арктическую зону, на борту имеются высокоскоростные средства подвижной спутниковой связи, не входящие в состав комплексов Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности (ГМССБ). Традиционно предпочтение отдается следующим системам:

- терминалы Inmarsat Fleet - обеспечивают передачу данных со скоростью до 128 Кбит/с, телефонную

связь, позволяют применять ряд IP- приложений. Работают через геостационарную группировку спутников 3-го поколения Inmarsat-3;

- терминалы Inmarsat FleetBroadBand, - обеспечивают передачу данных со скоростью до 492 Кбит/с, телефонную связь, позволяют подключаться к Интернет в пакетном режиме. Используют геостационарную группировку спутников 4-го поколения;
- терминалы Iridium OpenPort, - обеспечивают передачу данных со скоростью до 128 Кбит/с, телефонную связь, позволяют подключаться к Интернет в пакетном режиме. Спутниковая система Иридиум является глобальной, и обеспечивает надежную связь, в том числе, в приполюсных районах. В январе 2019 после развертывания сети спутников нового поколения Iridium NEXT компания Iridium Communications объявила о коммерческом запуске новой универсальной технологической платформы широкополосной спутниковой связи Iridium Certus, которая обеспечивает наибольшую скорость среди систем подвижной спутниковой связи L-диапазона.

Оплата услуг связи в системах Инмарсат и Иридиум производится пропорционально трафику. Высокая стоимость передачи информации (более 10 долл. США за 1 Мбайт) при достаточно ограниченной скорости позволяет передать на удаленные объекты заранее согласованный объем гидрометеорологической информации с оговоренной периодичностью. Удаленное подключение пользователей в режиме он-лайн к базам данных для поиска и получения актуальной информации с использованием систем подвижной спутниковой связи не практикуется.

В Российской Федерации по заказу Государственной корпорации по космической деятельности «РОСКОСМОС» разработана многофункциональная система персональной спутниковой связи (МСПСС) «Гонец-Д1М», предназначенная для передачи данных и предоставления услуг подвижной спутниковой связи абонентам в глобальном масштабе с использованием группировки космических аппаратов связи на низких орбитах. Оператором этой системы связи является АО «Спутниковая система «Гонец». Услуги, предоставляемые МСПСС, включают:

- Персональные сообщения,
- M2M спутниковый канал,
- Передача данных ГЛОНАСС/GPS,
- Циркулярные оповещения

«Гонец-Д1М» предоставляет каналы подвижной спутниковой связи для мобильных и стационарных абонентов в любой точке Земного шара. Орбитальная группировка МСПСС состоит из 12 спутников «Гонец-М», находящихся на орбитах высотой до 1500 км. Группировка обеспечивает 100 % покрытие территории России (рис.1). Время ожидания сеанса связи при наличии 12 космических аппаратов составляет на широте Норильска (69 °с.ш) 1,1 мин., а на широте Земли Франца-Иосифа (80°с.ш.) – 0 мин.



Рис. 1. Наземная инфраструктура группировки МСПСС «Гонец-Д1М».

Планируемое увеличение спутниковой группировки МСПСС «Гонец-Д1М» до 24 космических аппаратов и развертывание дополнительных региональных станций в Арктической зоне РФ сократит до нуля время ожидания сеансов связи и обеспечит возможность применения МСПСС на судах и подвижных автоматических объектах (дрейфующих буях) в качестве основного или резервного средства связи для передачи данных наблюдений, своевременного доведения гидрометеорологической и ледовой информации, прогнозов и предупреждений о чрезвычайных ситуациях до потребителей.

### **ОБСЛУЖИВАНИЕ СУДОВ, ОСНАЩЕННЫХ VSAT**

В последние годы за рубежом и в России активно развивается технология применения на морских судах широкополосной спутниковой связи VSAT в Ku-диапазоне с использованием гиростабилизированных



антенн для работы через спутники на геостационарных орбитах. По сравнению с технологиями подвижной спутниковой связи VSAT обеспечивает максимальную пропускную способность спутникового канала связи (2 Мбит/с и выше) при минимальной стоимости трафика.

За последние пять лет произошел десятикратный рост подключений морских судов к сети морской (Maritime) VSAT ФГУП «Космическая связь» (ГПКС), в которой уже несколько лет работает и НЭС «Академик Трёшников» ААНИИ, НЭС «Михаил Сомов», НЭС «Иван Петров» и НЭС «Профессор Молчанов» Северного УГМС.

На судах с использованием аппаратно-программного комплекса ГПКС «СомАтом» организовано несколько независимых сетей для различных пользователей с различными правами доступа. Обслуживание морским VSAT в сети ГПКС обеспечивается вплоть до широты 80 градусов северной широты.

Услуги связи VSAT предоставляются российскими операторами через российские группировки геостационарных спутников ФГУП «Космическая связь» и ОАО «Газпром Космические системы». ФГУП «Космическая связь» (ГПКС) является российским национальным оператором спутниковой связи, обладающим группировкой из 11 космических аппаратов серии «Экспресс-АМ», «Экспресс-АТ» и «Экспресс» на геостационарных орбитах от 14° з. д. до 145° в. д.

Учитывая особенности прохождения радиоволн Ку-диапазона, действующим Регламентом станции VSAT Ку-диапазона рекомендуется использовать при углах спутника над горизонтом более 5°. Однако, опыт применения морских VSAT на судах и ледоколах в ходе экспедиций ААНИИ в Арктике показал возможность работы до 80° с.ш., когда спутник виден под углом менее 1° над горизонтом.

На судах с использованием аппаратно-программного комплекса ГПКС «СомАтом» организовано несколько независимых сетей для различных пользователей с разными правами доступа. Зона обслуживания морским VSAT в сети ГПКС показана на рис.2.

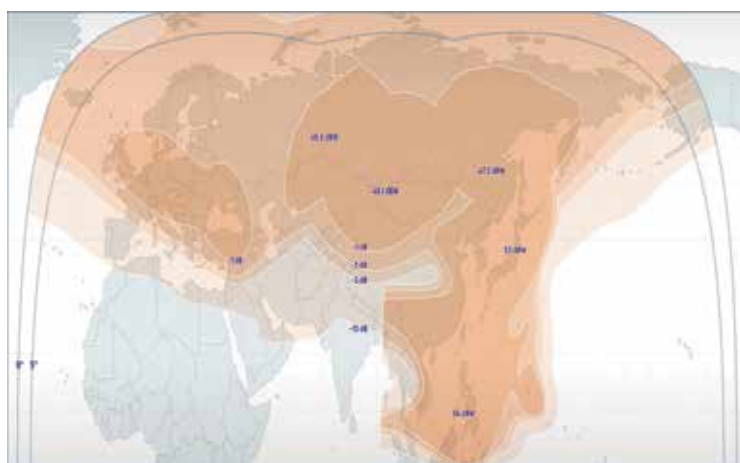


Рис. 2. Объединённая зона покрытия группировки ГПКС в Ку-диапазоне

При использовании VSAT на судах обеспечивались:

- высокоскоростной доступ в Интернет и передача данных;
- подключение пользователей к информационно-телекоммуникационным ресурсам локальной сети ААНИИ;
- круглосуточная телефонная связь;
- отображение маршрута движения судна;
- передача с борта судна фотоснимков об обстановке;
- доступ членам команды в Интернет на индивидуальной платной основе за счет использования дополнительной емкости спутникового канала.

Опыт применения VSAT показал, что технология широкополосной спутниковой связи наиболее полно соответствует требованиям и возможностям современных методов и технологий гидрометеорологического и ледового обслуживания морских операций в Арктике и имеет следующие преимущества по сравнению с традиционно используемыми на судах средствами подвижной спутниковой связи: Inmarsat Fleet, Inmarsat FleetBroadBand, Iridium OpenPort:

- фиксированная стоимость оплаты спутникового канала связи;
- возможность передачи практически неограниченного объема трафика;
- возможность он-лайн доступа к информационно-телекоммуникационным ресурсам корпоративных сетей и хранилищам данных;

- дополнительные возможности аутентификации пользователей и защиты от несанкционированного доступа к информации;
- независимость от зарубежных операторов спутниковой связи.

Основным преимуществом VSAT по сравнению с системами подвижной спутниковой связи является несравнимо более высокая скорость передачи данных, которая, например, в сети ГП КС достигает 45 Мбит/с (на судно). Таким образом, использование спутниковой связи VSAT на судах является оптимальным для решения задач ледового и гидрометеорологического обслуживания в Арктике с применением новых технологий.

В целом, проведенное исследование подтверждает важность использования спутниковых телекоммуникационных систем, а также необходимость дальнейшего совершенствования методик использования этих систем для обслуживания объектов хозяйственной деятельности в Арктике с оперативным адресным доведением до потребителей необходимой гидрометеорологической и ледовой информации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-60124).

## **СОВРЕМЕННЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАВОДА «ЭЛЕКТРОСИЛА»**

Митин Ф.В. (ПАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ», Санкт-Петербург)

### **MODERN AUTOMATIC EXCITATION REGULATORS FOR GENERATORS OF PRODUCTION OF ELECTROSILA**

Mitin F.V. (PJSC «POWER MACHINES», Saint-Petersburg)

*The Russian Federation has unique experience and potential in creating an icebreaker fleet, the key element of which is energy equipment. The "Electrosila" is the largest energy machine-building enterprise in Russia, specializing in the production of electric machines, traction engines, generators. In particular, the enterprise's electrical equipment is used to provide electricity to various types of ships, including icebreakers, floating nuclear power plants etc. The excitation system of the electric generator allows achieving satisfactory transient qualities. With modern automatic excitation regulators, the accuracy of maintaining the specified characteristics is increased which is especially important for the consumer. Currently, the "Electrosila" uses fourth "plus" generation automatic excitation regulators AVR-45M. Developed solutions for the manufacture of regulators on the domestic element base, which corresponds to the import substitution policy. The use of this equipment contributes to the creation of a modern fleet for the development of the Arctic and the continental shelf of Russia. The article provides an overview of the applied automatic excitation regulators and promising developments of the "Electrosila".*

Российская Федерация обладает уникальным опытом и потенциалом в создании ледокольного флота, ключевым элементом которого является энергетическое оборудование. Завод «Электросила» является крупнейшим в России энергомашиностроительным предприятием, специализирующимся на производстве электрических машин, тяговых двигателей, генераторов. В частности, электрическое оборудование предприятия применяется для обеспечения электроэнергией различных типов кораблей, в том числе и ледоколов, плавучих атомных станций и пр. Система возбуждения электрогенератора, предназначенная для питания обмотки ротора регулируемым постоянным током, позволяет добиваться требуемых характеристик переходных процессов. За счёт использования современных автоматических регуляторов возбуждения повышается точность поддержания режимных параметров, становится возможным быстро отрабатывать любое изменение нагрузки, что особенно важно для современного потребителя. В настоящее время завод «Электросила» применяет автоматические регуляторы возбуждения четвертого «плюс» поколения AVR-45M. Разработаны решения для изготовления регуляторов на отечественной элементной базе, что соответствует политике импортозамещения. Использование данного оборудования вносит вклад в создание современного флота для освоения Арктики и континентального шельфа России. В статье представлен обзор применяемых автоматических регуляторов возбуждения и перспективные разработки завода «Электросила».

## **ДОСТИЖЕНИЯ ПАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ» В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Константин Викторович КОРНЕЕВ, АО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ», Санкт-Петербург

### **ACHIEVEMENTS OF PJSC «POWER MACHINES» IN ELECTROMECHANICAL ENGINEERING OF SHIPBUILDINGS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

Konstantin Korneyev JSC «POWER MACHINES», Saint-Petersburg

*JSC «POWER MACHINES» is a leading enterprise in the Russian Federation that performs a full cycle of works on the development, Manufacture and testing of ships electrical machines. The report presents the modern achievements of JSC «POWER MACHINES» in electrical machine building namely: asynchronous frequency-controlled propeller motors; synchronous motor with permanent magnet excitation including rowing; built-in electric motors, including for rudder propellers; submersible and liquid-filled electric motors; electric motors for working directly in the pumped medium; high-speed generators  $n > 3000$  rpm.*

История АО «Силовые машины» тесно связана с историей судостроения Российской Федерации. Большая часть ранее выполненных военно-морских и специальных проектов судов, включая ледоколы оснащены электрическими машинами производства АО «Силовые машины».

Знаковыми проектами в электромашиностроении для нужд судостроения в истории АО «Силовые машины» являются:

1. Гребные двигатели постоянного тока атомных ледоколов мощностью до 17.6 МВт.
2. Турбогенераторы атомных ледоколов.
3. Турбогенератор плавучей атомной станции «Академик Ломоносов».
4. Электропривод питательных насосов плавучей атомной станции «Академик Ломоносов».
5. Гребные электродвигатели постоянного тока речных и морских судов, в том числе ледоколов.
6. Гребные электродвигатели переменного тока для нужд Министерства Обороны Российской Федерации.
7. Судовые генераторные установки для нужд Министерства Обороны Российской Федерации.

Накопленный опыт изготовления крупных электрических машин, в том числе для атомных ледоколов, позволил сформировать ряд уникальных компетенций и технических решений, позволяющих эффективно решать задачи по разработке электрических машин различных типов и назначения, таких как:

- Синхронные генераторы судовых и стационарных станций 0,2-16 МВт;
- Синхронные электродвигатели экскаваторов и прокатных станов 0,25-22 МВт;
- Асинхронные электродвигатели 0,8-8 МВт;
- Электромашинные преобразователи 50-500 кВт;
- Возбудители и подвозбудители для бесщеточных электрических машин;
- Двигатели постоянного тока гребные, прокатных станов и специальные 0,5-25 МВт;
- Генераторы постоянного тока 0.05-9.5 МВт;
- Трансформаторы с вращающимся магнитным полем 1 МВА.

АО «Силовые машины» при разработке и изготовлении выше указанной номенклатуры изделий активно использует следующие инновационные технические решения:

- Асинхронные частотно-регулируемые электродвигатели.
- Синхронные электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов.
- Электродвигатели прямого привода встроенного исполнения.
- Многофазные и многообмоточные электрические машины.
- исполнение системы синхронный генератор-возбудитель.
- Подшипники скольжения с самосмазкой с высокой несущей способностью для работы в широком диапазоне частот вращения.
- Подшипники скольжения на водяной смазке.
- Система полного непосредственного водяного охлаждения, включая ротор.
- Система косвенного водяного охлаждения.

Далее приведено краткое описание и область применения представленных технических решений.

### **АСИНХРОННЫЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ.**

Данный тип электродвигателей применяется в качестве привода гребных винтов. Так на рисунке 1 представлен асинхронный частотно-регулируемый электродвигатель мощностью 1600 кВт.

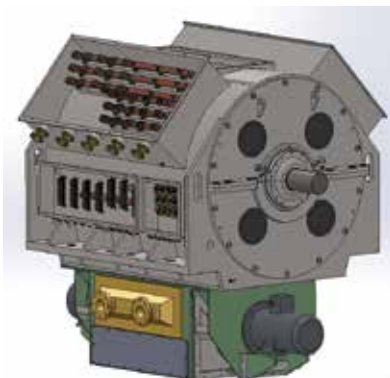


Рисунок 1 – Асинхронный частотно-регулируемый гребной двигатель 1600 кВт

Основными преимуществами данного решения являются: повышенная энергоэффективность, увеличенная перегрузочная способность, возможность работы в диапазоне частот вращения от нулевой до номинальной частоты вращения, возможность работы под полной нагрузкой при выходе из строя охладителя или вентилятора системы охлаждения.

### **СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ С ВОЗБУЖДЕНИЕМ ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ.**

Данный тип электродвигателей применяется в составе электропривода гребных винтов, см. рисунок 2. Основным преимуществом применения данного типа электродвигателей является обеспечение улучшенные энергетические показатели наряду с уменьшением массогабаритных показателей. В частности АО «Силовые машины» изготовлен синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов имеющий коэффициент полезного действия 97% при массе 49 тонн и представлены на рисунке 2. Помимо представленного на рисунке 2 двигателя АО «Силовые машины» имеет опыт изготовления синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов от 3 до 15 МВт.

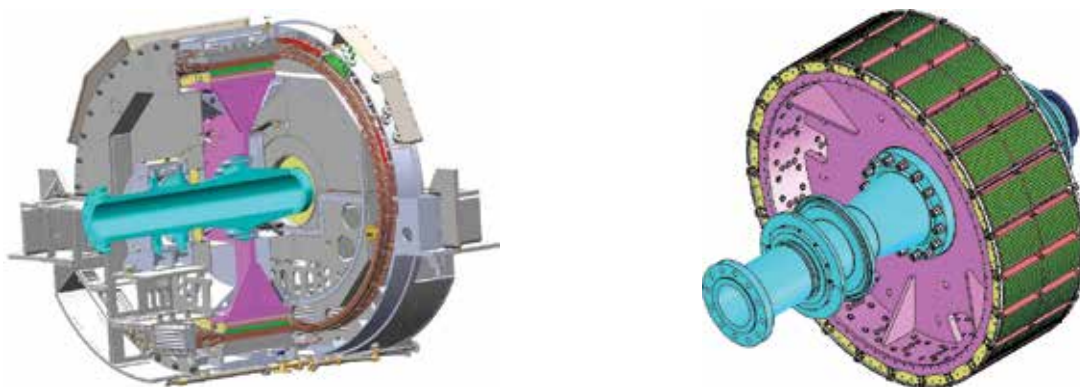


Рисунок 2 – Синхронный гребной электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов (общий вид и ротор)

### **ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ ПРЯМОГО ПРИВОДА ВСТРОЕННОГО ИСПОЛНЕНИЯ.**

Одним из передовых решений АО «Силовые машины» является электродвигатели прямого привода встраиваемого исполнения. Пример такого электродвигателя приведен на рисунке 3. Преимуществом данного решения является возможность обеспечить компактное размещение механизмов гребных установок с прямым приводом винта, что положительно сказывается на энерговооруженности судна в целом. В том числе АО «Силовые машины» освоены разработка и изготовление погружных электродвигателей жидкостно-наполненного исполнения, позволяющих дополнительно повысить энергоэффективность гребных установок.



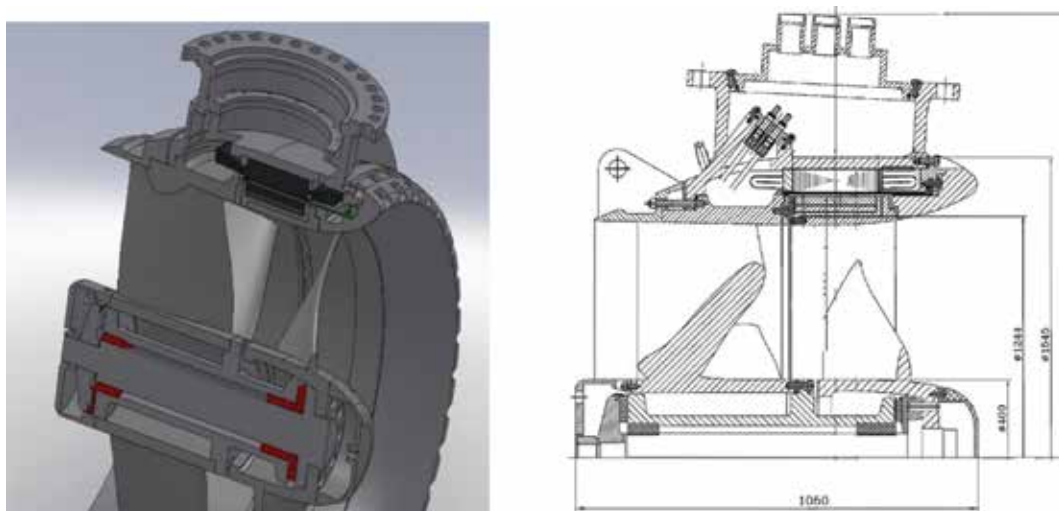


Рисунок 3 – Электродвигатель прямого привода винта встроенного исполнения

### **ТРАНСФОРМАТОР С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ.**

Следующим инновационным решением, поставляемого заказчику, является трансформатор с вращающимся магнитным полем, см. рисунок 4. Преимуществом применения данного технического решения является возможность снижения массогабаритные показатели трансформатора. Наряду с вышесказанным преимуществом применение трансформатора с вращающимся магнитным полем является: возможность преобразования числа фаз, совмещение функций трансформатора и дросселей в системе электропривода гребных винтов; обеспечение благоприятных режимов работы полупроводниковых элементов за счет повышенных значений индуктивностей трансформатора, что в целом позволяет уменьшить габариты системы электродвижения судов.

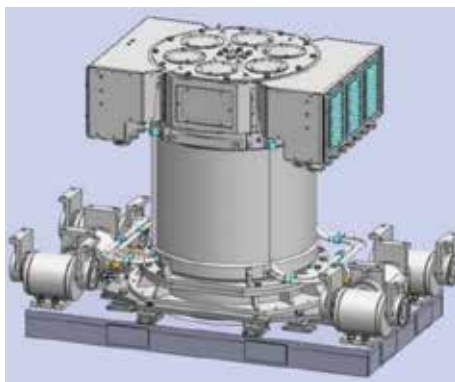


Рисунок 4 – Трансформатор с вращающимся магнитным полем

### **ВЫСОКООБОРОТНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ.**

Следующим решением, позволяющим уменьшить массогабаритные показатели генерирующего оборудования судов, является применение высокооборотных генераторов с частотой вращения до 12000 об/мин. На рисунке 5 представлен общий вид высокооборотного генератора, поставляемого АО «Силовые машины». В частности, данные генераторы применяются в генераторных установках с преобразованием рода тока, питающих нескольких потребителей, имеющих не только различный род тока (переменный или постоянный), но и значения амплитуды напряжения.

Преимуществом данных генераторов является возможность прямого безредукторного соединения с приводной турбиной и уменьшение массогабаритных показателей генератора.

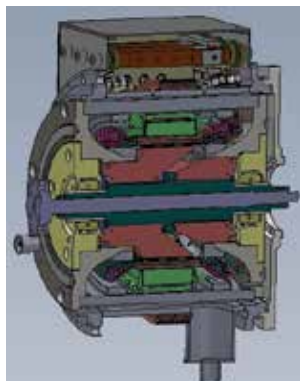


Рисунок 5 – Высокооборотный генератор

### **МНОГОФАЗНЫЕ МНОГООБМОТОЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ.**

Применение многофазных многообмоточных электрических машин в качестве электродвигателей позволяет повысить надежность и улучшить вибрационное состояние гребных установок. На рисунке 6 представлен статор синхронного электродвигателя с числом фаз равным 15, внутренний диаметр статора составляет 2600 мм. Так же данное решение позволяет повысить надежность гребной установки за счет обеспечения возможности работы электродвигателя и системы управления им при выходе одного или нескольких фаз из строя.

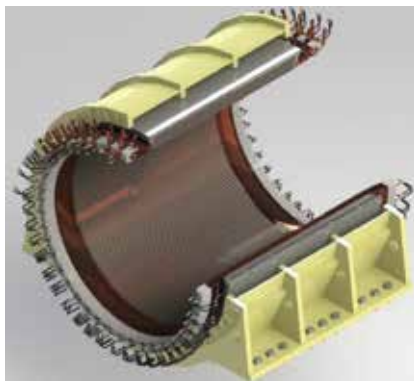


Рисунок 6 – Статор 15 фазного синхронного гребного двигателя

### **ОДНОМАШИННОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СИСТЕМЫ СИНХРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР-ВОЗБУДИТЕЛЬ**

АО «Силовые машины» освоено производство синхронных генераторов в одномашинном исполнении генератор-возбудитель. Генератор с таким решением представлен на рисунке 7. Отличительной особенностью данного решения является размещение двух электрических машин: генератора и возбудителя не только в одном корпусе, но и в едином электромагнитном ядре, что позволяет обеспечить дополнительное уменьшение массогабаритных показателей генераторной установки.

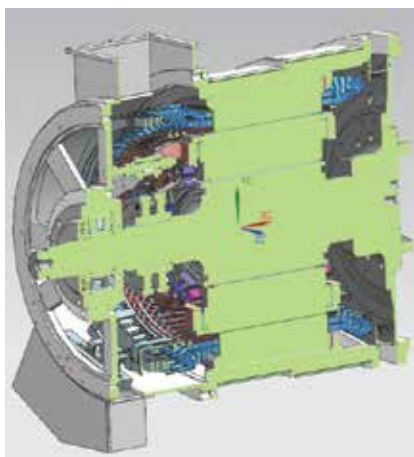


Рисунок 7 – Генератор в одномашинном исполнении с возбудителем

Подшипники с высокой несущей способностью для работы в широком диапазоне частот вращения.

В рамках изготовления гребных электродвигателей АО «Силловые машины» разработаны и широко применяются собственные наработки в области подшипников скольжения. Разработанная конструкция подшипников позволяет обеспечить высокую несущую способность в диапазоне от 0 до номинальной частоты вращения. Так на рисунке 8 представлен подшипник, изготовленный для работы в составе электродвигателя во всем диапазоне частот при массе ротора 43 т.

### **ПОДШИПНИКИ С ВОДЯНОЙ СМАЗКОЙ**

В ряде проектов АО «Силловые машины» применены подшипники с водяной смазкой. Отличительной особенностью их использования является частота вращения вала. Так на рисунке 9 представлен подшипник с водяной смазкой для работы с частотой вращения более 3000 об/мин. Данное решение обеспечивает снижение затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию маслосистемы судов. Так же отсутствие масла положительно влияет на экологический аспект работы судовых электрических машин.

### **СИСТЕМА ПОЛНОГО НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

Применение полной системы непосредственного водяного охлаждения электрических машин позволяет обеспечивать следующие преимущества: малые габариты электрической машины, снижение уровня аэродинамических шумов, отказ от вентилирующих элементов, а так же охладителя воздух-вода. В данной системе охлаждение обмоток и сердечника статора осуществляется за счет протекания охлаждающей воды непосредственно по обмоткам статора и ротора, а так же в каналах сердечника статора. На рисунке 9 представлен судовой генератор с полным водяным охлаждением.

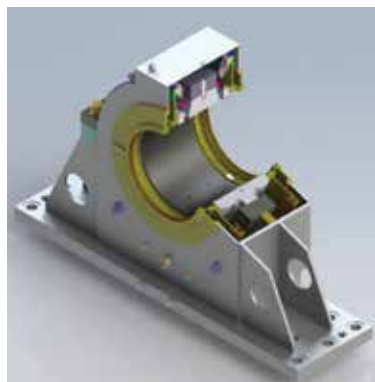


Рисунок 8 – Подшипник с высокой несущей способностью (масса ротора 43 т, диапазон частот вращения от 0 до номинальной)

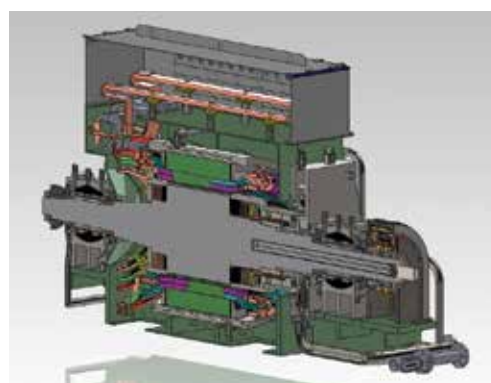
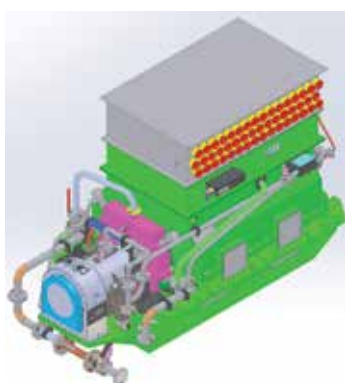


Рисунок 9 – Генератор с полным непосредственным водяным охлаждением

### **СИСТЕМА КОСВЕННОГО ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ**

Помимо непосредственного водяного охлаждения в продукции АО «Силловые машины» нашла широкое применение и система косвенного водяного охлаждения. Данное решение так же позволяет снизить габариты электрических машин, при этом обеспечив следующие преимущества: отсутствие аэродинамических шумов, возможность использования в качестве хладагента любой химически нейтральной жидкости помимо дистиллята, минимальные затраты на циркуляцию хладагента. На рисунке 10 представлен двигатель мощностью 315 кВт и трансформатор с вращающимся магнитным полем, имеющие систему косвенного водяного охлаждения.



Рисунок 10 – Электрические машины с косвенным жидкостным охлаждением

Представленные современные технические решения позволяют АО «Силовые машины» обеспечить самые высокие требования заказчика на разработку и изготовление судовых электрических машин, включая ледового класса. При этом все результаты разработки проходят подтверждение в ходе испытаний в том числе под полной нагрузкой. Испытательный центр АО «Силовые машины» позволяет испытывать под полной нагрузкой электрические машины мощностью до 25 МВт и оснащен всем необходимым оборудованием, включая нагрузочные машины. На рисунке 11 представлен двигатель постоянного тока 2МП17600 мощностью 17,6 МВт, использующийся в качестве нагрузочного агрегата в ходе испытаний.



Рисунок 11 – Двигатель 2МП17600 мощностью 17,6 МВт на стенде завода «Электросила» АО «Силовые машины»

Таким образом, АО «Силовые машины» обладает всеми необходимыми компетенциями и апробированными современными техническими решениями для решения задач в области электромашиностроения в интересах судостроения.

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОБОГРЕВ КАК СПОСОБ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ МОРСКИХ СУДОВ, ЛЕДОСТОЙКИХ ПЛАТФОРМ И БЕРЕГОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПУТЕЙ ЭВАКУАЦИИ, ТРАПОВ, ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПЛОЩАДОК**

Струпинский М.Л., Постников А.В., Смирнов О.В. [«ССТЭНЕРГОМОНТАЖ», МОСКВА]

### **ELECTRIC HEATING AS A WAY TO CONTROL ICING OF SHIPS, ICE-RESISTANT RIGS AND COASTAL STRUCTURES, EVACUATION ROUTES, GANGWAYS, RUNWAYS**

Michael Strupinskiy, Anton Postnikov, Oleg Smirnov (SST ENERGO MONTAZH, MOSCOW)

*The development of continental shelf as a part of large-scale oil and gas projects, as well as the establishment of cargo infrastructure of the Northern Sea Route has led to a high demand for modern technologies and equipment for efficient and safe extraction of hydrocarbons, as well as their transportation in harsh climatic conditions.*

*Building ice-resistant rigs, icebreakers, and ice-class ships as well as LNG production in extreme climatic conditions demands special requirements, skills and state-of-the-art de-icing technologies that ensure safety of people and equipment.*

*De-icing systems based on electric heating cables are the most efficient, cost-effective, and reliable solutions that successfully prevent the formation of ice on evacuation routes, ramps, handrails, helipads, and in life support systems of sea vessels, moorings, navigation, and loading / unloading zones.*

*Leveraging its many years of experience in research and development as well as large scale implementation of unique solutions to ensure uninterrupted operation and climatic hazard protection of all kinds of process equipment, components, and industrial plants in the Far North, SST Energomontazh has developed a range of solutions for maintaining the required operating conditions both during construction and modernization of sea vessels and coastal structures.*

Освоение континентального шельфа при реализации крупных нефтегазовых проектов, а также формирование грузовой базы Северного морского пути создало резкий спрос в создании современных технологий и оборудования, нацеленного на эффективное и безопасное извлечение углеводородов, а также транспортировку в сложных ледовых условиях и особых температурно-влажностных режимах.

Строительство ледостойких платформ, ледоколов и грузовозов ледового класса, производство СПГ в данных условиях формирует особые требования и компетенции, создает новые задачи для обеспечения наличия современных систем безопасности, связанных с удалением наледи.

Борьба с обледенением с помощью электрического обогрева является наиболее эффективным, экономически выгодным и проверенным решением, которое позволяет успешно предотвращать появление наледи как на путях эвакуации, трапах, поручнях, вертолетных площадках, так и в системах обеспечения жизнедеятельности судов, причалов, систем навигации и сливо-наливных зон.

Обладая многолетним опытом исследований и серийного запуска уникальных решений для обеспечения бесперебойной работы и защиты от климатических рисков технологического оборудования предприятий, узлов и агрегатов различного назначения в условиях Крайнего Севера, «ССТЭнергомонтаж» разработала комплекс решений, способных обеспечить требуемые условия эксплуатации как при строительстве, так и при модернизации судов и береговых сооружений.

## **СПУТНИКОВЫЕ РЕШЕНИЯ РТКОММ ДЛЯ ОФИСА НА МОРЕ**

Ратиев С.Ю. (АО «РТКомм.РУ», Москва)

### **RTCOMM SATELLITE SOLUTIONS FOR OFFICE AT THE SEA**

S. Yu. Ratiev (RTCOMM, Moscow)

*RTCOMM (100% subsidiary of PJSC Rostelecom) is the largest operator of the satellite communications market in Russia.*

*According to the Standard magazine, No. 1 (204) January 2020 (certificate PI No. 77-26396 dated 01.12.2006), at the end of 2019, RTCOMM came out on top in terms of the number of connected subscribers - VSAT stations, among the largest Russian VSAT operators.*

*Having one of the most extensive satellite networks in Russia, RTCOMM provides communication services to clients in any hard-to-reach places and in remote areas where cellular and wire telecommunications are underdeveloped or completely absent.*

*The Maritime VSAT direction is one of the priorities for RTCOMM's business and is actively developing in the interests of corporate and government clients. After the signing of an agreement with the Italian satellite provider MILANO TELEPORT in early 2020, the service is provided by the Russian operator throughout the entire water area of the World Ocean, including coastal zones of all continents.*

*RTCOMM offers all types of satellite solutions for organizing an office at sea, using the best combinations of equipment from world manufacturers: high-speed data transmission channels, controlled Wi-Fi, video surveillance, IP-telephony, etc.*

РТКОММ (100% дочернее общество ПАО «Ростелеком») является крупнейшим оператором рынка спутниковой связи России.

По данным журнала «Стандарт», №1 (204) январь 2020 (свидетельство ПИ № 77-26396 от 01.12.2006), по итогам 2019 года РТКОММ вышел на первое место по количеству подключенных абонентов – VSAT-станций, среди крупнейших российских VSAT-операторов.

Имея одну из самых разветвленных спутниковых сетей в России, РТКОММ предоставляет услуги связи клиентам в любых труднодоступных местах и на удаленных территориях, где недостаточно развиты или полностью отсутствуют сотовые и проводные телекоммуникации.

Направление «Морской VSAT» - одно из приоритетных для бизнеса РТКОММ и активно развивается в интересах корпоративных и государственных клиентов. После подписания соглашения с итальянским спутниковым провайдером МИЛАНО ТЕЛЕПОРТ в начале 2020 года, услуга предоставляется российским оператором по всей акватории Мирового океана, включая прибрежные зоны всех континентов.

РТКОММ предлагает все виды спутниковых решений для организации офиса на море, используя лучшие сочетания оборудования мировых производителей: скоростные каналы передачи данных, управляемый Wi-Fi, видеонаблюдение, IP-телефония.



## СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СУДОВЫХ ЭМР

Любовь Ивановна ДЕГТЯРЕВА (АО «СПО «Арктика»), Вероника Алексеевна АНТИПКИНА (филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), Юрий Владимирович ДУШКИН (АО «СПО «Арктика»), Андрей Васильевич ГОРБУНОВ (АО «СПО «Арктика»)

### CREATION OF MODERN SECTORAL PRICING SYSTEM IN THE FIELD OF SHIP WIRING WORKS

Lyubov I. DEGTAREVA (JSC NPA "Arktika"), Veronika A. ANTIPKINA (branch of the FSUE "Krylov state scientific center"), Yuri V. DUSHKIN (JSC "NPA "Arktika"), Andrey V. GORBUNOV (JSC "NPA "Arktika")

*At present, in conditions of fierce competition in the development of Arctic and offshore deposits, it is necessary to create new marine equipment and improve the existing equipment. From the economic and legislative side, it is necessary to clearly track financial flows aimed at implementing projects for the construction of ships and marine infrastructure. At the same time, the price calculation of each specific project, both established and modernized, is based on regulatory and methodological documents on pricing in shipbuilding.*

*This report considers the retrospective of the labor rationing and pricing system in the implementation of ship's electrical-assembling works as successful experience in organizing an effective local knowledge management outline, as well as shows the current state of the regulatory and methodological framework for labor in the field of ship's electrical-assembling works as a prerequisite for the exigence of its updating.*

*The role in solving the global problem of updating the standards in the shipbuilding of*

*JSC "SSTC" as the parent organization for pricing in shipbuilding, of branch of the FSUE "Krylov state scientific center" as a competence centre in the field of ship electrical engineering and ship's electrical-assembling works technology, and JSC NPA "Arktika" as the largest wiring plant in shipbuilding of Russian Federation.*

*Special attention is paid to the peculiarities of field labor rationing both from the point of view of its place in the modern market economy and from the point of view of its direct implementation, as well as factors are presented that hinder the development of unified system of field labor rationing in the performance of ship's electrical-assembling works.*

В советское время разработка методических документов по ценообразованию в судостроении входила в состав базовых функций таких организаций, как «ЦНИИ СЭТ», в части судовых электромонтажных работ, и ЦНИИ «Румб», в части корпусных, изоляционных и других видов работ на судах. Именно в тот период был разработан целый комплекс отраслевых нормативно-методических документов по ценообразованию, которыми отрасль пользуется и по настоящее время. Отметим, что разработка документов велась указанными организациями на постоянной основе при непрерывном государственном финансировании.

В 1990-х годах финансирование прекратилось, разработки были завершены, а компетентные подразделения расформированы. С этого времени отраслевая нормативно-методическая документация не корректировалась. За последние десятилетия существенно обновились технологии, материалы и инструмент. Появились новые типы судов, увеличилась мощность энергетических установок, кабелемкость, изменились электротехническое и электронное насыщение. Существующая нормативно-методическая документация по труду морально устарела и частично перестала отвечать современному уровню судостроительного и электромонтажного производства, в результате чего происходило завышение трудоемкости, либо повышение издержек, что негативно сказывалось на судостроительных предприятиях. В связи с этим возникла острая необходимость актуализации нормативов времени и методик определения трудоемкости данных видов работ.

Выходом из сложившейся ситуации для каждого предприятия послужила разработка собственных локальных нормативов времени. Разработка таких локальных документов основывается на отраслевых сборниках, которые рекомендованы в качестве методических документов. В итоге единая отраслевая система нормирования труда и ценообразования в судостроении перестала существовать, что привело к искажению экономических показателей проектов судов и негативно отразилось на финансовом аспекте при их реализации.

В 2012 году подразделением ОНТЦ «Румб» АО «ЦТСС» были начаты работы по актуализации нормативно-методической документации, разработанной в советский период ЦНИИ «Румб». К 2020 году силами ОНТЦ «Румб» актуализировано более 100 сборников норм времени. Следует отметить, что если в части корпусных, изоляционных и других судовых работ виден заметный прогресс, то в части электромонтажных работ, нормативно-методическая документация остается на уровне развития судовой техники конца 1980-х – начала 1990-х годов.

Таким образом, в настоящее время существуют только неактуальные версии нормативно-методической документации по ценообразованию, определению трудоемкости и нормированию труда при выполнении электромонтажных работ.

Существующее положение дел носит системный характер проблем в нормировании трудоёмкости судовых электромонтажных работ, что создаёт существенные сложности в экономическом и сроковом планировании, оценке и повышении реальной эффективности труда в отрасли.

Вопрос актуализации нормативно-методической документации по труду в области судовых электромонтажных работ с 2011 года регулярно выносится на отраслевые и межотраслевые совещания. Только в 2017 году Минпромторг России вернул филиалу «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр» базовые функции в части нормирования труда и ценообразования при выполнении судовых электромонтажных работ и присвоил ему статус центра компетенций по судовой электротехнике и технологии судовых электромонтажных работ

Это событие само по себе не создаёт предпосылок к восстановлению системы, обеспечивающей централизованный процесс разработки и актуализации нормативов времени, как в советское время. Необходимо кропотливая работа со стороны «ЦНИИ СЭТ», электромонтажных и судостроительных предприятий, выстраивание архитектуры новой системы, отвечающей современным реалиям рыночной экономики.

В статусе центра компетенций силами филиала «ЦНИИ СЭТ» проведены работы по экспертной оценке цены судовых электромонтажных работ, по экспертной оценке локальных сборников норм времени на судовые электромонтажные работы. Сформированы и направлены предложения в Минпромторг России для открытия НИР по актуализации нормативно-методических документов по труду в области судовых электромонтажных работ. В рамках НИР запланированы непосредственно актуализация нормативно-методической документации, а также создание единой электронной информационной базы нормативных документов по труду в области судовых электромонтажных работ. Это позволит облегчить процедуру оповещения предприятий о вносимых корректировках в отраслевые документы и изменении их статуса. Теперь все изменения смогут отображаться в единой базе, вместо постановки предприятий на абонентский учет. А в целом, создание единой отраслевой информационной базы позволит внести ясность и прозрачность ценообразования судовых электромонтажных работ.

Отметим, что актуализация отраслевой документации нереализуема без непосредственного участия судостроительных, судоремонтных и электромонтажных предприятий, поскольку именно данные, полученные практическим путем, могут служить основой для разработки новых и актуализации существующих сборников. Поэтому важную роль играет тесное взаимодействие филиала «ЦНИИ СЭТ» с заинтересованными предприятиями судостроительной отрасли.

В целях определения круга предприятий, у которых вопрос актуализации нормативно-методической документации по труду при выполнении судовых электромонтажных работ является приоритетным, в рамках подготовки документов для представления НИР на заседании рабочей группы, филиалом «ЦНИИ СЭТ» направлены письма на основные предприятия судостроительной отрасли с запросом поддержки предлагаемой к открытию НИР. Большинство предприятий проявило свою заинтересованность, признало данный вопрос актуальным и выразило готовность к сотрудничеству с филиалом «ЦНИИ СЭТ» по предоставлению информации и опытного внедрению разработанных отраслевых документов.

Мероприятия по актуализации нормативно-методических документов по труду и ценообразованию были запланированы Минпромторгом России на 2024 год в рамках проведения отраслевой НИР, согласно Плану актуализации (разработки) нормативно-методических документов, используемых для расчета экономических показателей, определения цен и затрат на этапах проектирования, строительства, ремонта и утилизации кораблей (судов). Однако силами АО «СПО «Арктика», при активной поддержке филиала «ЦНИИ СЭТ», в целях легитимации нормативов трудоемкости судовых электромонтажных работ в области ценообразования судостроительной отрасли, была инициирована работа по актуализации и разработке нормативно-методических документов, используемых для расчета экономических показателей, определения цен и затрат в области судовых электромонтажных работ в современных рыночных условиях.

АО «СПО «Арктика» – многопрофильное специализированное предприятие, входящее в группу АО «ОСК», являющееся крупнейшим электромонтажным предприятием России и тесно сотрудничающим с крупнейшими верфями страны. АО «СПО «Арктика» выполняет весь комплекс электромонтажных, слесарно-разметочных и регулировочно-сдаточных работ самого широкого профиля, ремонт сложной электронной техники, изготавливает и ремонтирует различное электротехническое оборудование. АО «СПО «Арктика» обладает необходимым рядом компетенций и наработанной многолетним опытом аналитической базой данных трудоемкости производственных процессов в области пооперационного нормирования и нормирования технологических процессов судовых электромонтажных работ.

АО «СПО «Арктика» подготовило ряд обращений в Правительство Архангельской области, АО «ОСК», Министерство промышленности и торговли РФ с просьбой открытия НИР в 2021 г. согласно Плану актуализации (разработки) нормативно-методических документов. Для актуализации и разработки был предложен перечень типовых отраслевых норм времени и сборников нормативов времени, а также нормативно-методические документы по укрупненным расчетам трудоемкости, разработанные филиалом «ЦНИИ СЭТ». В соответствии с указанным перечнем, документы применяются судостроительными и электромонтажными предприятиями, в частности АО «СПО «Арктика», для технического нормирования электромонтажных, ре-

гулировочно-наладочных, слесарно-разметочных, работ электромеханического производства и установке изделий электрослесарного насыщения. На всех этапах обращений АО «СПО «Арктика» получило безоговорочную поддержку. Итогом проведенной работы является согласие Министерства промышленности и торговли РФ на финансирование работ по разработке нормативно-методических документов в области судовых электромонтажных работ в рамках Государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений», согласно письму № МД-41290/09 от 16.06.2020г.

В процессе возрождения централизованной системы нормирования труда и ценообразования при выполнении судовых электромонтажных работ необходимо учитывать условия существующей экономической системы. Для лучшего понимания ее облика необходимо отметить следующие особенности современного рынка электромонтажных предприятий:

1. В отличие от эпохи СССР рынок потерял однородность и представлен различными по мощности, квалификации, структуре, формам собственности и подчинённости предприятиями. Часть предприятий трансформировалась в отдельные производства в составе верфей, в самостоятельные предприятия, либо входят в состав судостроительных холдингов, или осуществляют свою деятельность самостоятельно в условиях чистой конкурентной среды;
2. Электромонтажные предприятия можно условно разделить на две категории. К первой категории относятся предприятия «старой формации», придерживающиеся технологического уклада 6 главка Минсудпрома СССР. Эти предприятия имеют серьёзные конструкторские и технологические подразделения, позволяющие самостоятельно решать большинство задач подготовки и развития производства. Структура таких предприятий ориентирована на максимальную технологическую автономность, качество и «разгрузку» судостроительных предприятий от проблематики электромонтажных работ. Ко второй категории следует отнести предприятия «новой формации», структура и технологический уклад которых ориентированы на максимальную экономическую конкурентоспособность. Эти предприятия минимизируют затраты на обеспечение подготовки производства, персонала и обеспечение качества.
3. На рынке электромонтажных работ практически отсутствует государственное регулирование. Специальных разрешений на выполнение электромонтажных работ не требуется, необходимо лишь наличие признания соответствующих классификационных обществ (РРРС и РМРС), а также наличие общих лицензий при условии выполнения специальных работ (ВиВТ, ФСБ, Росатом).

Вышеперечисленные особенности создают условия для компаний, прежде всего ориентированных не на обеспечение стабильно высокого качества, повышение технологического уровня и инновации, а на использование выгодной ценовой конъюнктуры регионов с развитым судостроением и высоким средним доходом населения, прежде всего путём привлечения вахтовым методом дешёвой и низкоквалифицированной рабочей силы из других регионов РФ.

В соответствии со спецификой разработки отраслевых документов необходимо понимать, что они представляют собой усредненные значения норм времени или нормативов трудоемкости всей отрасли. Этот факт может оказывать на некоторые предприятия благоприятное действие в том случае, если в отраслевых сборниках нормы времени выше, чем технологические возможности предприятия. Тогда предприятие может выпустить локальные сборники норм времени, которые будут ужесточать отраслевые, что допускается законодательством, брать дополнительные заказы и получать с них прибыль.

Для технологически более отсталых предприятий отраслевые нормы времени могут сыграть негативную роль. В этом случае выпуск локальных сборников затруднителен, поскольку ведет к увеличению норм времени, а государственный заказчик будет вести расчет по отраслевым нормам. Соответственно, таким предприятиям будет необходим технологический аудит с последующей модернизацией производства при желании предприятия работать с государственным заказчиком.

Таким образом, формирование единой информационной отраслевой базы нормативно-методических документов по труду в области судовых электромонтажных работ позволит упорядочить процедуру обоснования цены перед государственным заказчиком и будет способствовать внедрению мероприятий научной организации труда на рабочих местах, а также прогрессивной технологии выполнения электромонтажных работ на судах и объектах морской инфраструктуры.

В дополнение к сказанному, положительный эффект выполнения данной работы заключается в научно-техническом и коммуникативном заделе для дальнейших работ по восстановлению единой нормативной базы и, как следствие, удовлетворение потребности электромонтажных предприятий отрасли в актуальных нормативно-методических документах по труду. На стадии опытного внедрения будет необходимо установление обратной связи центра компетенций с предприятиями отрасли и отладка схем взаимодействия с различными государственными структурами.

Несмотря на то, что в стране создается централизованная система нормирования труда, существует ряд объективных причин, замедляющих данный процесс. В частности, они связаны с кризисом кадровых ресурсов, к которому привели следующие факторы:

1. Ликвидация инженерно-экономических специальностей в высших учебных заведениях привела к тому, что подготовка таких специалистов осуществляется в рамках постдипломного образования и направлений переподготовки кадров. Но даже в этом случае организации производства уделяется совсем немного учебного времени, а особенности электромонтажного производства не рассматриваются вовсе. Поскольку нормирование труда и ценообразование находится на стыке инженерно-конструкторской, инженерно-технологической и экономической специальностей, необходима подготовка специалистов широкого профиля.
2. Недостаток образовательных программ высшего профессионального образования, включающих необходимое количество учебных часов по производственной практике, как для экономических, так и технологических специальностей, особенно при переходе к Болонской системе образования. За четыре года бакалавр не успевает изучить общие, профессиональные дисциплины и пройти полноценную практику. Особенно негативно это отражается на технологических направлениях подготовки, поскольку бакалавр-технолог, устраиваясь на работу, фактически впервые сталкивается с производством.
3. Недостаток квалифицированных кадров по нормированию труда. Вследствие чего для полноценной работы сотрудника возникает необходимость повышения его квалификации в области нормирования труда непосредственно на предприятии практически сразу при устройстве на работу.
4. Недостаток научной литературы для самостоятельного повышения квалификации по нормированию труда и ценообразованию при выполнении судовых электромонтажных работ. Основной массив литературы по организации электромонтажных производств был выпущен в советское время с учетом плановой экономики. А издаваемая современная литература не вполне учитывает особенности организации электромонтажного производства в условиях рыночной экономики.
5. Отсутствие возможности наставничества, поскольку разработанные до 1990х гг. документы более не актуализировались, а подразделения, в частности в «ЦНИИ СЭТ», отвечающие за осуществление базовых функций, в число которых также входили ценообразование, определение трудоемкости и нормирование труда при выполнении судовых электромонтажных работ, прекратили свое существование в те же годы.

Кроме квалификации инженерно-экономических кадров, на адекватность результатов нормирования труда при выполнении судовых электромонтажных работ заметное влияние оказывает и квалификация рабочего персонала, то есть электромонтажника, непосредственно выполняющего работы на судах.

Отметим, что профессия судового электромонтажника является одной из самых квалифицированных и требует постоянного поддержания и повышения квалификации ввиду интенсивного применения новых типов кабельных изделий, соединителей и технологий электромонтажных работ, что в свою очередь требует немалых затрат на обучение как на производстве так и вне его. Поэтому квалифицированный электромонтажник не может быть «дешёвым».

Вышеперечисленные факторы позволяют сделать один весьма значимый вывод: существующая конкуренция на рынке электромонтажных работ, в отсутствие какого-либо регулирования, не способствует оздоровлению рынка, а напротив, приводит к закреплению на рынке низкоквалифицированных предприятий, снижению общей квалификации персонала, и в конечном счёте снижению качества выполняемых работ.

По этой причине облик новой системы необходимо строить с восстановления контроля и механизма регулирования квалификации электромонтажных предприятий. Степень важности данных мероприятий трудно переоценить. Сегодня реализуется масштабная программа строительства морской техники самого различного назначения, в том числе с ядерными энергетическими установками. И только лицензия на ВиВТ предусматривает действительную проверку квалификации персонала, наличия и функционирования системы менеджмента качества, инженерных и метрологических служб. В большинстве случаев электромонтажные предприятия не обладают такой лицензией. Следовательно, многократно возрастают финансовые, сроковые и техногенные риски, вызванные в результате привлечения предприятий с несоответствующей квалификацией персонала относительно сложности проекта. Восстановление единой системы разработки и управления нормативами времени (как укрупнённых, так и пооперационных) также возможно исключительно при наличии однородного и оздоровлённого рынка поставщиков услуг. Только в этом случае нормативы времени будут разрабатываться на базе лучших практик и учитывать все особенности цикла электромонтажных работ в современных условиях.

Несмотря на значительно изменившиеся со времен СССР законодательные и экономические реалии, нельзя приуменьшать роль базовой организации, которая должна взять на себя функции информационного и интеллектуального ядра новой системы. Как было сказано выше, присвоение филиалу «ЦНИИ СЭТ» статуса центра компетенций в области судовой электротехники и технологии, является важным шагом на пути к восстановлению базовых функций «ЦНИИ СЭТ».

Подводя итоги, ещё раз отметим, что нормативы времени неразрывно связаны со всеми факторами влияния на нормируемый технологический процесс. Задача восстановления единой системы разработки

и сопровождения нормативов времени неразрывно связана с восстановлением функций регулирования по всем связанным направлениям.

Управление знаниями в системе, обеспечивающей этот процесс, в современном мире стали золотым стандартом развития не только отдельных предприятий и корпораций, но и целых отраслей. Опыт работы филиала «ЦНИИ СЭТ» в части построения централизованной системы нормирования электромонтажных работ в советский период является примером организации эффективного локального контура управления знаниями. Эффективность работы этого контура подтверждается тем, что отдельные стандарты и нормы, созданные в процессе его работы, применяются и в наши дни.

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД ПО РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ АРКТИКИ (НА ПРИМЕРЕ АО «СПО «АРКТИКА»)**

Олег Геннадьевич ЛОГИНОВ, Юрий Владимирович ДУШКИН, Любовь Ивановна ДЕГТЯРЁВА (АО «СПО «Арктика»)

### **INTEGRATED APPROACH TO THE IMPLEMENTATION OF WIRING WORKS AT THE FACILITIES INTENDED FOR DEVELOPMENT OF ARCTIC TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF JSC "NPA ARKTIKA")**

Oleg G. LOGINOV, Yuri V. DUSHKIN, Lyubov I. DEGTYAREVA (JSC NPA "Arktika")

*The Arctic zone of the Russian Federation is one of the main priorities of our country's national interests. The modern scientific and technical revolution in the development of hydrocarbon resources of the oceans has led to a change in the paradigm of the development of oil and gas fields. The new paradigm for the development of hydrocarbon resources in the Arctic is a new concept of values, technological and technical solutions aimed at creating innovative solutions in the shipbuilding industry.*

*The report will consider an innovative integrated approach to the implementation of ship wiring works of JSC NPA "Arktika" at the facilities of the Arctic seas shelves and engineering structures intended for the development of the Arctic territories. The created integrated approach makes it possible to increase the competitiveness of domestic production and ensure the technological independence of the shipbuilding industry of the country.*

Освоение месторождений углеводородов на шельфе России является важной стратегической задачей, от решения которой в значительной степени зависят экономическое положение и безопасность страны. По современным данным, на районы, которыми Россия уже владеет или на которые претендует, приходится более 250 млрд баррелей нефти и газа в нефтяном эквиваленте. В России на Арктическом шельфе открыто 26 месторождений нефти и газа, семь из которых подготовлены к разработке. Месторождения расположены в акваториях трёх морей: Баренцева, Печорского и Карского. В течение тридцати лет для динамичного развития планируется постройка более 150 судов арктического плавания различного назначения, 10 атомных ледоколов, 30 ледовых платформ для добычи углеводородов.

Обустройство и вовлечение в хозяйственный оборот нефтегазовых месторождений арктического шельфа требуют создания комплекса сложных, уникальных инженерных сооружений, обусловленных требованиями эксплуатации в условиях Крайнего Севера и включающих средства добычи, транспортировки, а также переработки углеводородного сырья. Выпуск этой продукции может сравниться с таким технологически сложным процессом, каким является строительство подводных лодок с ядерными энергетическими установками. В этой связи отметим, что практический и научно-исследовательский опыт крупнейшего электромонтажного предприятия в стране (Акционерное общество «Северное производственное объединение «Арктика») позволил разработать инновационный комплексный подход по выполнению судовых электромонтажных работ на объектах шельфов арктических морей и инженерных сооружений, предназначенных для освоения территорий Арктики. Выработанный комплексный подход даёт возможность повысить конкурентоспособность отечественной продукции и обеспечить технологическую независимость судостроительной отрасли страны.

Для понимания преимуществ комплексного подхода, определения задач и целей его применения далее мы рассмотрим исторические и технические предпосылки разработки данного подхода, выявленные в ходе изучения функционала и направлений работы специалистов предприятия, а также аудита производственных мощностей.

АО «СПО «Арктика» основано в 1952 году и сегодня выполняет полный комплекс регулировочно-сдаточных работ на строящихся и ремонтируемых кораблях верфей АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звёздочка». Предприятие стало настоящим полигоном, где впервые в отрасли отрабатывались новые технологии и методы организации электромонтажных работ, и зарекомендовало себя как проверенный и надёжный партнёр.

Коллектив АО «СПО «Арктика» принимал участие в постройке и модернизации более 20 проектов кораблей, в том числе 160 подводных лодок, в ремонте и постройки ДЭПЛ для индийских и китайских ВМС. СПО «Арктика» произвело полный спектр электромонтажных работ на крупнейших гражданских заказах – это морская ледостойкая платформа «Приразломная», предназначенная для разработки Приразломного месторождения в Печорском море, и самоподъёмная плавучая буровая установка «Арктическая» Газпромфлота. Продукция нашего предприятия используется на стартовых площадках космодромов «Плесецк» и «Байконур».

Ещё одно важное направление работы СПО «Арктика» – непрерывная подготовка специалистов и повышение их квалификации. Так, на базе одного из цехов предприятия создан современный инновационный учебный комплекс (рис. 1 и 2), позволяющий проводить процесс обучения электромонтажу, ремонту



оборудования будущих специалистов не только российских, но и иностранных, в условиях, максимально приближенных к условиям реального объекта.



Рис. 1. Учебный модуль, имитирующий условия проведения ЭМР на корабле



Рис. 2. Учебный класс для проведения узкоспециализированных ЭМР

Важно отметить, что в связи с постановкой на государственном уровне задач по диверсификации оборонно-промышленного комплекса, одним из приоритетных направлений деятельности предприятия также является развитие сектора гражданской продукции.

Говоря об основных видах деятельности АО «СПО «Арктика», перечислим следующие.

Электромонтажное производство является основным профилем деятельности предприятия – электро-монтаж и подключение всех видов судовых кабелей, включая оптико-волоконные, наладка, испытания и сдача заказчику электрических схем и электрооборудования.

Производство по наладке, испытаниям и ремонту сложной электронной техники располагает универсальной стендовой базой, новейшими средствами измерений, обеспечивающими качественную и быструю наладку систем и комплексов на берегу, успешные испытания на всех этапах и сдачу на заказах.

Ремонтное производство использует ресурсосберегающие технологии, гарантирует надёжное восстановление и продление ресурса вплоть до первоначальных характеристик изделий широкого диапазона – электрических машин любой мощности, различной пускорегулирующей аппаратуры, преобразователей, распределительных устройств и трансформаторов.

Электромеханическое производство: изготавливает для судостроительных и судоремонтных заводов изделия судовой электротехники – электрораспределительные устройства, щиты, пульты управления и сигнализации, герметичные кабельные соединители, шинопроводы, сигнализаторы, светотехнические приборы и другие аналогичные изделия. Освоены технологии изготовления корабельных спасательных устройств и линий оптической-кабельной связи.

Для развития технологии изготовления и монтажу оптических кабельных линий в СПО «Арктика» создан специализированный участок. В настоящее время ведется производство оптических соединителей и распределительно-соединительных устройств.

Также СПО «Арктика» располагает необходимыми мощностями для проведения работ по нанесению специализированных и гальванических покрытий по всем имеющимся стандартам. Имеет собственный участок нанесения гальванических покрытий с установленным оборудованием, соответствующим современным требованиям (рис. 3).



Рис. 3. Гальванический участок

В 2009 году по Федеральной целевой программе развития гражданской морской техники был построен инженерно-лабораторный корпус и здание экспериментальной базы, произведено техническое перевооружение производства для создания диагностических лабораторий электротехнического оборудования СПО «Арктика».

Лабораторно-испытательная база СПО «Арктика» (рис.4) располагает оборудованием, позволяющим проводить испытания образцов изделий на все виды эксплуатационных воздействий, среди которых: климатические, виброударные, электрические, механические и др. Лаборатория имеет свидетельства об аккредитации Российского морского регистра судоходства, Российского речного регистра и свидетельства об аттестации в качестве испытательного подразделения, выданного ФГПУ «46 ЦНИИ» Министерства обороны Российской Федерации.



Рис. 4. Центральная заводская лаборатория

Специалисты двух ведущих технических подразделений СПО «Арктика» – отдела главного технолога и отдела главного конструктора – решают основные производственные задачи, среди которых: проведение конструкторско-технологической подготовки производства, в т.ч. организационно-технологической документации электромонтажных и регулировочно-сдаточных работ, ремонта электрооборудования, организация опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ и их дальнейшее управление в рамках технического перевооружения предприятия.

Ещё одно специализированное подразделение СПО «Арктика» – отдел управления новыми разработками. Его сотрудники занимаются поставкой проектной и технической документации любых уровней сложности, в том числе в интерактивном виде по стандартам иностранных заказчиков, обучают иностранных технических специалистов и оказывают техническое содействие в проведении ремонтных, пуско-наладочных работ, эксплуатации оборудования на территории иностранных заказчиков.

Стоит отметить, что полный комплекс электромонтажных, регулировочно-сдаточных и ремонтных работ с изготовлением сопутствующих изделий электромеханического производства, конструкторским и технологическим сопровождением в рамках судостроения, ремонта и модернизации судов в Северно-Западном федеральном округе выполняется только СПО «Арктика».

В настоящее время головной офис находится в Северодвинске, созданы производственные подразделения на территории России, а именно в городах: Санкт-Петербург, Мурманск, Калининград, Севастополь. СПО «Арктика» активно участвует в строительстве плавучих кранов, предназначенных для перегрузки конвенциональных, крупногабаритных и тяжеловесных грузов, выполнения строительно-монтажных, судостроительных и аварийно-спасательных работ. Данное направление реализовано в г. Севастополь, где ведутся работы на плавучем кране ПК-400. Выполняется весь спектр электромонтажных и пусконаладочных работ, в том числе изготовление и монтаж слесарно-корпусного насыщения. В дальнейшем запланирована работа на плавучем кране ПК-700.

Современный опыт эксплуатации различного оборудования показывает, что в основе сервисного (технического) обслуживания должен быть заложен периодический контроль технического состояния без вывода оборудования из эксплуатации. Так, своевременное обнаружение отклонений в техническом состоянии оборудования и принятие мер по их устранению существенно сократит число непрогнозируемых выходов из строя оборудования и позволит перейти к планируемому техобслуживанию или ремонту, а также снизить затраты и сократить сроки восстановления оборудования.

Для решения данной задачи и развития системы сервисных услуг АО «СПО «Арктика» проводит работы по периодическому контролю технического состояния электрооборудования (систем оборудования) с проведением технического обслуживания. Периодичность зависит от степени ответственности оборудования, требований руководства по эксплуатации или типовой ведомости регламентированных работ.

При этом следует отметить, что преимуществами АО «СПО «Арктика» в сравнении с другими исполнителями подобных работ являются:

- наличие опыта, парка контрольно-измерительных приборов и методик для проведения качественного технического диагностирования электрооборудования (по вибрационному и тепловизионному контролю, контролю состояния электрической изоляции и др.), а также необходимая конструкторская и ремонтная документация;
- квалифицированные специалисты, обеспечивающие выполнение всех предложенных работ, прошедшие специальное обучение с получением свидетельств Ростехнадзора;
- наличие электроремонтного производства и многолетний опыт ремонта электрооборудования заказов;
- наличие необходимых лицензий на выполнение всех предложенных видов работ, в том числе с оборудованием, обеспечивающим ядерную безопасность.

Таким образом, с целью реализации комплексного инновационного подхода к организации и выполнению судовых электромонтажных работ, как наиболее эффективного, СПО «Арктика» приступило к реализации проекта по созданию центра продуктовой специализации «ОСК-ЭМР». Этот проект также направлен на удовлетворение возрастающей потребности заказчиков морской арктической техники, кораблей и судов в применении новых технологий и оборудования, повышение конкурентоспособности отечественного судостроения.

Основной стратегической целью проекта является формирование единого профильного проектно-производственного кластера в области судовых электромонтажных работ, электротехники и технологии путём консолидации активов ЦПС «ОСК-ЭМР» на базе АО «СПО «Арктика» (базовое предприятие ЦПС «ОСК-ЭМР») с последующим формированием расширенного консорциума. При этом ЦПС будет представлять собой сеть полнофункциональных производственных площадок (филиалов) обеспечивающих строительство морской арктической техники, кораблей и судов во всех основных регионах присутствия АО «ОСК».

ЦПС «ОСК-ЭМР», как консорциум – интегратор, будет являться поставщиком комплексного продукта – электромонтажные работы, производство и ремонт электрооборудования для кораблей, судов и морской арктической техники на АО «ОСК» и внешних заказах.

Комплексные услуги по выполнению электромонтажных работ включают в себя:

- согласование конструкторской документации на стадии техпроекта;
- разработку и согласование конструкторской и технологической документации;
- поставку профильного материально-технического обеспечения – пакета: электрооборудования, комплектующих материалов (собственного производства и производства партнеров);

- электромонтажные работы;
- испытания, сервис, ремонт.

Одним из первоочередных проектов внутри ЦПС «ОСК-ЭМР» станет организация на территории России сети диагностических, ремонтных и сервисных центров, обеспечивающих техническое содействие эксплуатации по схеме «24/7/365» в местах базирования кораблей, судов и морской арктической техники.

ЦПС «ОСК-ЭМР» – это современный инженерно-производственный центр, объединяющий в себе разработку конструкторской и технологической документации, производство передового электрооборудования, лучший мировой опыт в выполнении электромонтажных работ и тщательно отобранные предприятия-партнеры (как внутри АО «ОСК», так и коммерческие организации).

Сегодня АО «СПО «Арктика» – динамично развивающееся предприятие, которое реализует инновационные проекты:

- Структурированные кабельные системы;
- Разработка серии комбинированных кабелей;
- Унификация номенклатуры кабелей и соединителей;
- Разработка новых технологических процессов при выполнении электромонтажных работ;
- Разработка системы сигнально-отличительных огней с твердотельными источниками света;
- Разработка серии светильников для гражданского судостроения;
- Разработка серии судовых электрораспределительных устройства для гражданского судостроения с модульными соединителями;
- Разработка и производство кабельных сборок.

Развитие добычи углеводородов в Арктике потребует не только строительства буровых установок и промысловых объектов, но и морских терминалов, строительства ледоколов, нефтяных танкеров и газозовозов ледового класса. При строительстве МЛСП «Приразломная» и СПБУ «Арктическая» наблюдалось пиковое привлечение трудовых ресурсов – оно составило суммарно около двух тысяч рабочих и специалистов АО «СПО «Арктика». Известно, что по технической сложности, показателям удельной трудоемкости, длительности производственного цикла, наукоемкости, а также по спектру специалистов и рабочих, занятых на электромонтажных, слесарно-разметочных и регулировочно-сдаточных работах по созданию морской арктической техники, эти объекты не уступают самым сложным кораблям ВМФ – атомным подводным лодкам и авианосцам. Реализация проектов строительства платформ была связана с большими трудностями и, преодолевая их, работники АО «СПО «Арктика» приобрели уникальные компетенции, опыт и освоили новые знания производственного цикла электромонтажных работ в области гражданского судостроения и морской техники.

Завершая изложенное, необходимо отметить, что инновационный комплексный подход по выполнению судовых электромонтажных работ в рамках проекта ЦПС «ОСК-ЭМР» на объектах шельфов арктических морей и инженерных сооружений, предназначенных для освоения территорий Арктики, показывает свою актуальность, перспективность и экономическую эффективность в первую очередь для заказчика. А многолетняя эксплуатация подводных и надводных кораблей ВМФ, гражданских судов и морской арктической техники позволяет АО «СПО «Арктика» выполнить поставленную задачу по поставке услуг и изделий с высоким качеством.

## АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СУДОВ

Ханухов В. К., начальник отдела инновационного развития, АО «Балтийский завод»

### ANALYSIS OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF MODERN RESEARCH VESSELS

Khanukhov V. K., head of shipyard facilities development department, Baltic shipyard

*Research vessels are vessels specially built for conducting research in the water, seabed, atmosphere and outer space. Depending on the main purpose, they have specialized laboratories equipped with appropriate equipment and instruments, mast and deck devices. Oceanographic and universal scientific vessels are considered in detail. A database analysis was carried out on 35 built modern research vessels. In the course of the study, new formulas were refined and proposed, including those for determining the required areas for research laboratories. The obtained dependencies can be applied to create a system of parametric constraints in the mathematical model for designing research vessels.*

#### ВВЕДЕНИЕ.

Научно-исследовательские и экспедиционные суда (НИС) – это суда, специально построенные (или перестроенные из другого типа судов) для проведения исследований в толще водных масс, морского дна, атмосферы и космического пространства [9].

НИС многообразны по своим главным размерениям и назначению. Подход к их классификации за рубежом и в нашей стране различен. Так в странах Западной Европы и США принята следующая классификация [5, 10].

Глобальный класс (Global Class research vessels) – суда с максимальной длиной более 80 м. В его состав в основном входят многофункциональные, экспедиционные и другие исследовательские суда, обладающие неограниченным районом плавания и автономностью не менее 50 суток.

Океанский класс (Ocean Class research vessels) – суда с длинами в диапазоне от 55 м до 80 м. Включает, кроме обычных многофункциональных НИС, большую группу специализированных рыболовных НИС для исследования запасов океанских промысловых районов. Район плавания этих судов, как правило, ограничен кромкой полярных льдов, а автономность – не менее 40 суток.

Региональный класс (Region Class research vessels) – суда длиной в диапазоне от 35 м до 55 м. Состав судов и задачи аналогичны океанским НИС. Основное отличие – это районы плавания, которые включают моря и прилегающие океанские акватории. Автономность может достигать 40 суток.

Локальный и прибрежный класс (Local & Coastal Class research vessels) – это суда с длинами 25–35 м, суда преимущественно прибрежного плавания. Возможна узкая специализация в области рыбопромысловых исследований. Автономность не более 20 суток.

В нашей стране исследовательские суда подразделяются на группы в соответствии с их функциональными задачами [7].

1. Экспедиционные суда, которые предназначены для проведения комплексных экспедиций и изучения удаленных акваторий и малоисследованных частей Мирового океана; могут иметь усиленный ледовый класс и предназначаться в том числе для обеспечения работы станций в Арктике и Антарктике;
2. Суда для проведения инженерно-геологических и геофизических работ;
3. Суда космической службы
4. Универсальные научно-исследовательские суда предназначены для проведения фундаментальных тематических исследований Мирового океана. Могут выполнять ограниченные исследования по биологии моря.
5. Океанографические суда предназначены для проведения стандартных съемок: топографии дна океана, структуры физических полей Земли, течений... Выполняют сбор проб грунта и воды на разных глубинах; замеры теплового потока со дна океана; сейсмоакустические исследования; метеорологические и аэрологические наблюдения, а также сбор другой океанографической информации.
6. Гидрографические суда выполняют стандартные промеры, замеры течений и сбор других сведений, необходимых для составления морских карт и лоций. Осуществляют съемку и описание берегов, обслуживают маяки, береговое и плавучее навигационное оборудование.
7. Метеорологические суда предназначены для проведения систематических метеорологических наблюдений в заданном районе. Осуществляют сбор метеорологической информации с других судов и передают ее на суда, самолеты и в метеорологические центры. Выполняют исследования волнения моря и другие океанографические наблюдения.

8. Научно-промысловые суда осуществляют фундаментальные тематические исследования по промысловой океанографии, биологии океана и ихтиологии, выполняют поиск перспективных районов и новых объектов промысла.
9. Научно-исследовательские суда оперативной разведки проводят исследования, связанные с развитием рыболовного промысла: промысловая разведка, исследование орудий и методов лова, обработка улова на борту судна, подводные исследования.
10. Суда для узко специализированных исследований выполняют специальные исследования по геологии и топографии дна, акустические и магнитные, биологические и физикоокеанографические исследования прикладного характера.

В1. Суда первой группы предназначены для доставки персонала и снабженческих грузов укрупненными единицами (в пакетах, различного типа контейнерах, на поддонах) на полярные станции, а также для выполнения метеорологических, гидрологических и других исследований посредством установки модульных лабораторий и съемного оборудования, использования промерного катера и других средств судна. Размеры судов варьируются в следующих диапазонах: длина  $L=70-160$  м, ширина  $B=16-28$  м, осадка  $T=5,5-10,5$  м, водоизмещение  $D=4000-24000$  т, дальность  $R=10000-22000$  миль. Эксплуатационная скорость составляет около 12 узлов. Эти суда могут иметь ледовый класс от Arc 4 до Arc 9.

В2. Суда для проведения инженерно-геологических и геофизических работ выполняют комплексные морские изыскания для освоения подводных нефтегазовых месторождений: инженерные геодезические; гидрографические; геофизические; гидрометеорологические и геологические. В рамках этих изысканий принимается решение о создании геодезической сети, проведении топографической съемки; выполняется гидролокационное обследование строения морского дна, грунтов, подводных объектов, а также съёмка рельефа дна [4].

Инженерно-геологические суда используются с целью бурения картировочных и структурных скважин, забора проб грунтов и выполнения их анализа.

Сбор информации осуществляется при помощи буксируемых стримеров (сейсмоприёмных кос). Их количество может достигать 20 единиц, а длина может быть более десяти километров. На этих судах устанавливаются современные средства регистрации сейсмических данных, их привязки и обработки с учётом двухмерной, трехмерной и четырёхмерной технологии (периодическая обработка состояния пласта в реальном времени в процессе эксплуатации месторождения).

Архитектурно-конструктивный тип сейсморазведочных судов характеризуется высоким надводным бортом в сочетании со значительным развалом бортов в носовой оконечности, наклонным форштевнем с бульбовым образованием, транцевой кормой и наличием шельтердечной палубы в кормовой оконечности для обеспечения работы комплекса геофизического оборудования. Эти суда имеют двух, трехъярусную надстройку, как правило оборудуются вертолетной площадкой. Корпуса судов могут иметь форму X-Bow, показавшую свою эффективность в штормовых условиях.

В3. Суда космической службы предназначены для управления космическими аппаратами, выполнения траекторных и телеметрических измерений, поддержки связи с экипажами космических кораблей и станций. Для выполнения этих задач на судах устанавливают следующее оборудование.

1. Оборудование для управления полетом, то есть для передачи на космические объекты команд и программ.
2. Оборудование для измерения параметров движения спутника, осуществляющее траекторный контроль за космическим полетом.
3. Оборудование для телеметрического контроля за космическим полетом, то есть для приема на Земле данных о работе бортовых систем. Телеметрическое оборудование может принимать со спутников и межпланетных станций также и научную информацию.
4. Оборудование для связи с космонавтами. Оно обеспечивает телефонный и телеграфный радиообмен с экипажами космических кораблей и орбитальных станций. К этому же оборудованию относится оборудование для обмена с космическими объектами телевизионной информацией.

Архитектурный облик судов космической службы определяется, прежде всего, мощными конструкциями параболических антенных систем. Эти суда имеют развитую надстройку, высокий надводный борт, а также могут иметь до 100 антенн и исследовательских лабораторий с приборами. Размеры судов варьируются в следующих диапазонах: длина  $L=120-230$  м, ширина  $B=16-31$  м, осадка  $T=6-9,5$  м, водоизмещение составляет от 9000 т до 45000 т., дальность  $R=15000-20000$  миль. Эксплуатационная скорость составляет 12-14 узлов.

В4. Суда групп 4-10 можно рассматривать как геометрически подобные, они имеют близкие по значениям отношения главных размерений и коэффициенты теоретического чертежа. Многофункциональные океанографические суда выполняют широкий спектр работ и предназначены для проведения в Мировом океане различного вида научно-исследовательских работ фундаментального и прикладного значения,



включая океанологические исследования, гидрографические, физические, химические, биологические, гидрометеорологические, геологические, геофизические и другие виды исследований. Эти суда могут являться носителями подводных аппаратов и выполнять работы в том числе в приполярных районах. Для решения поставленных задач суда этих групп могут иметь ледовый класс, в том числе до Агс 5. Водоизмещение большинства рассматриваемых исследовательских судов лежит в пределах  $D=500-9000$  т, длина между перпендикулярами равна  $L_{bp}=23-110$  м, ширина  $B=7-21$  м, высота борта  $H=3,2-12$  м, осадка  $T=3-6,8$  м., дальность  $R$  достигает 12000-15000 миль. Характерными особенностями формы корпуса, обеспечивающими хорошие мореходные качества, являются высокий надводный борт в носу в сочетании со значительным развалом бортов, небольшой коэффициент общей полноты для снижения потерь скорости хода на волнении. Почти все современные исследовательские суда имеют транцевые кормы для обеспечения удобства работ на площадке в кормовой оконечности судна.

### СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ КОРАБЛЕСТРОИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На начальных стадиях практического проектирования и для проведения исследовательского проектирования судов можно определить ряд проектных характеристик судна методом статистических исследований, не используя данные прототипа. К таким проектным параметрам относятся характеристики формы корпуса, главные размерения, мощность энергетической установки и другие.

Для решения данной задачи было проведено статистическое исследование характеристик тридцати пяти построенных и строящихся современных исследовательских судов групп 4-10. Для восполнения недостающей информации базы данных использовался реконструктивный метод Ашика В.В. – Царева Б.А.

Для получения данных для расчетов статики и динамики, необходимо знать соотношение между длиной по конструктивной ватерлинии  $L_{квл}$  и максимальной длиной  $L_{max}$ . Статистическое соотношение:

$$L_{квл} = 0,869L_{max} + 1,471 \quad (1)$$

Коэффициент корреляции зависимости (1) равен  $= 0,988$ .

Характеристиками, определяющими ходкость судна, являются соотношение длины по КВЛ к ширине

$$l = \frac{L_{квл}}{\sqrt[3]{V}}$$

судна  $V$  и относительная длина судна  $l$ , где  $V$  – полное объемное водоизмещение. Начальную остойчивость, остойчивость на больших углах крена, вместимость и запас плавучести определяются соотношениями ширины  $B$  к осадке  $T$  и высоты борта  $H$  к  $T$ , а управляемость определяется соотношением расчетной длины  $L$  к  $T$ . Обработка базы данных для общей выборки дали результаты:

$$\frac{L_{квл}}{B} = 4,65 \pm 0,37 \quad (2) \quad \frac{B}{T} = 3,00 \pm 0,34 \quad (3)$$

$$\frac{H}{T} = 1,59 \pm 0,15 \quad (4) \quad \frac{L_{BP}}{T} = 13,11 \pm 1,99 \quad (5)$$

$$l = 5,19 \pm 0,55 \quad (6)$$

В формулах (2-6) первое слагаемое соответствует математическому ожиданию, а второе – среднеквадратичному отклонению.

Для определения ширины  $B$  по интервалу расчетной длины  $L$  справедлива формула:

$$B = 0,1435L_{BP} + 5,93 \pm 1,38 \quad (7)$$

Как показал анализ, для большинства исследовательских судов рассматриваемых группы число Фруда (относительная скорость)  $Fr$  меняется в интервале  $0,24 - 0,34$ . У большинства судов эксплуатационная скорость меняется от 10 до 12 узлов во всем диапазоне длин с колеблемостью (разбросом данных) 1,5 узла, а максимальная скорость составляет 15-16 узлов. Коэффициент общей полноты  $C_b$  меняется от  $0,47$  до  $0,70$ .

Характеристики распределения чисел Фруда по длине и водоизмещению:

$$Fr = 0,279 \pm 0,031 \quad (8) \quad Fr_D = 0,597 \pm 0,320 \quad (9)$$

Зависимости отношения  $L_{BP}/B$ , относительной длины  $l$  и коэффициента общей полноты  $C_b$  от скорости слабая. Полученные коэффициенты корреляции составили менее  $0,5$ .

В первом приближении коэффициент общей полноты можно принять  $C_b = 0,577$ . Зависимость отношения относительной длины  $l$  от водоизмещения  $D$  также слабая, коэффициент корреляции составил менее  $0,5$ .

Для судов с водоизмещением менее 2000 т.:

$$\frac{L_{BP}}{B} = 0,00224D + 1,92 \quad , \text{ коэффициент корреляции составил } 0,834 \quad (10)$$

Для универсальных НИС с водоизмещением более 2000 т.:

$$\frac{L_{BP}}{B} = 0,00056D + 2,3, \text{ коэффициент корреляции составил } 0,796 \quad (11)$$

Для океанографических НИС с водоизмещением более 2000 т.:

$$\frac{L_{BP}}{B} = 0,00042D + 2,05, \text{ коэффициент корреляции составил } 0,718 \quad (12)$$

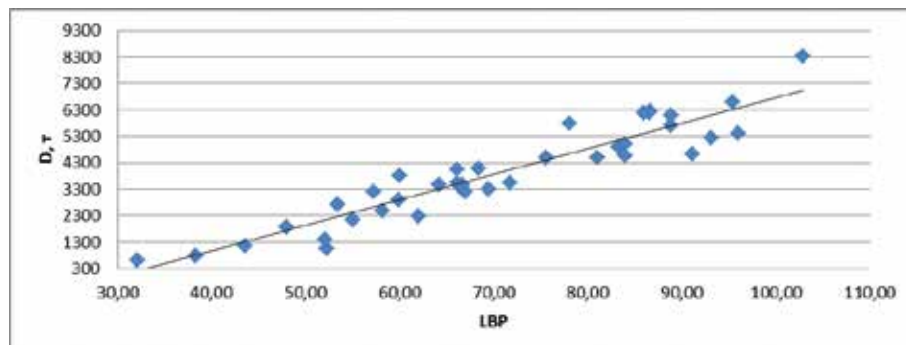


Рис. 1. Изменение водоизмещения по интервалу изменения расчётной длины.

$$L_{BP} = 0,0104D + 29,8 \quad (13)$$

Коэффициент корреляции зависимости (13) составил 0,889.

В настоящее время на современных НИС широко применяются единые электроэнергетические системы с системами электродвижения. Такое построение обеспечивает высокую экономическую эффективность в различных режимах работы судна. Применение на судах подобных систем позволяет: экономить до 40% топлива; повысить гибкость в распределении электроэнергии между потребителями; повысить живучесть в случае отказов оборудования или при аварийных ситуациях; повысить надежность судна во всех режимах работы [8].

Относительная мощность большинства судов изменяется от  $N/D = 0,6$  до  $N/D = 1,6$ . Большинство исследовательских судов имеют дизель – электрические установки, на них часто используются винто–рулевые колонки.

Исследование возможности использования для приближенного определения мощности энергетической установки на начальных стадиях проектирования формул Ашика-Царева-Челпанова и адмиралтейской показало, что лучшие результаты дает адмиралтейская формула:

$$C_N = 230 \pm 59, \text{ для } D > 2000 \text{ т}$$

$$C_N = 146 \pm 35, \text{ для } D < 2000 \text{ т}$$

Средняя погрешность расчетов адмиралтейского коэффициента составила 11,3% и 14,3% соответственно.

Энергонасыщенность, определяемая как отношение мощности судовой электростанции  $N_{эл}$  (кВт) к полному водоизмещению  $D$ , статистически равна:

$$\frac{N_{эл}}{D} = 0,997 \pm 0,751 \quad (14)$$

Для предварительной оценки автономности по провизии и воды, а также с учетом требований вместимости, было рассмотрено отношение численности экипажа и научного персонала  $N_{\Sigma} = N_{\Sigma\text{ЭК}} + N_{\Sigma\text{НП}}$  на 1 тонну водоизмещения. Из графика видно, что данное отношение падает с ростом водоизмещения.

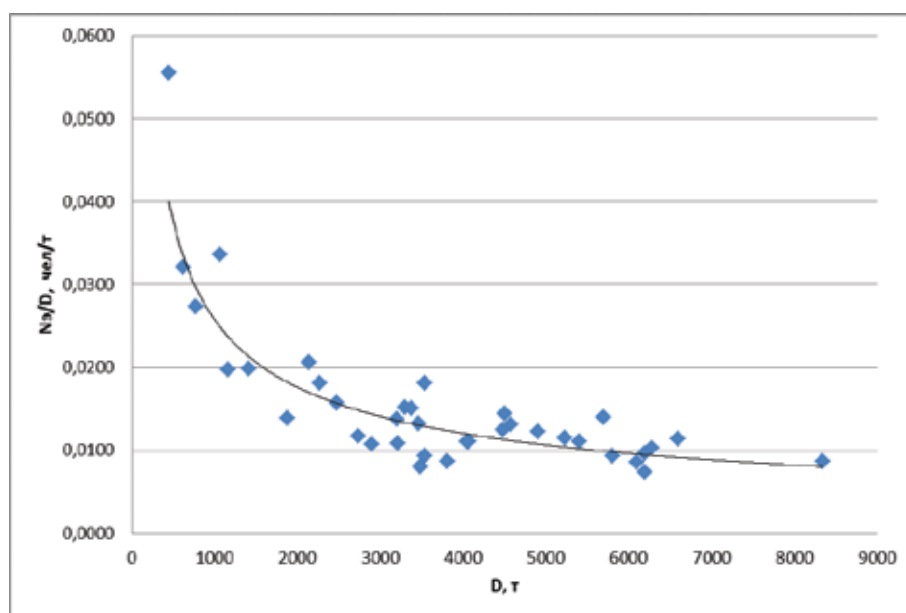


Рис.2. Зависимость отношения численности экипажа и научного персонала от водоизмещения по интервалу изменения водоизмещения.

$$\frac{N_{\text{э}}}{D} = 1,15D^{-0,55}, \text{ коэффициент корреляции составил } 0,768 \quad (15)$$

$$\frac{N_{\text{э}}}{D} = 0,0289 \pm 0,0138, \text{ для } D < 2000 \text{ т} \quad (16)$$

$$\frac{N_{\text{э}}}{D} = 0,0135 \pm 0,0045, \text{ для } 2000 < D < 4000 \text{ т.} \quad (17)$$

$$\frac{N_{\text{э}}}{D} = 0,0110 \pm 0,0031, \text{ для } D > 4000 \text{ т.} \quad (18)$$

Зависимости численности экипажа, включая научных сотрудников, от водоизмещения и длины между перпендикулярами выражается формулами:

$$N_{\text{э}} = 0,007D + 20 \pm 8 \quad (19)$$

$$N_{\text{э}} = 0,77L_{BP} - 6,6 \pm 8 \quad (20)$$

Особый интерес представляет зависимость площадей исследовательских лабораторий от водоизмещения. Задавшись площадью лабораторий, можно определить в первом приближении водоизмещение проектируемого судна с учётом варьирования скорости хода, дальности и автономности плавания на последующих этапах проектирования.

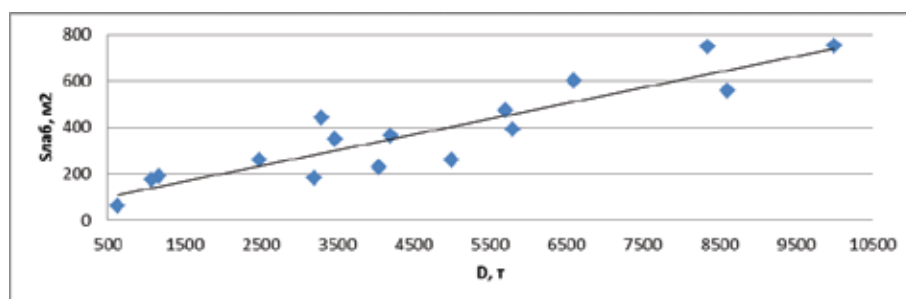


Рис.3. График зависимости площади лабораторных помещений от водоизмещения судна.

$$S_{\text{лаб}} = 0,0675D + 67 \pm 21, \text{ коэффициент корреляции составил } 0,83 \quad (21)$$

Были проанализированы площади, предназначенные для исследовательских лабораторий и помещений их обеспечивающих. Это помещения для калибровки и ремонта погружаемого оборудования, научные трюма и кладовые, морозильные камеры для хранения проб, ремонтная мастерская для аппаратуры, складские помещения с различными температурными режимами, офисные помещения с компьютерными местами, конференц-залы и др.

Для численного расчета самих требуемых площадей лабораторий можно рассмотреть по базе данных условный норматив  $S_{\text{ЛАБ}}/N_{\text{НП}}$ , полагая, что количество оборудования и площади для его размещения примерно соответствуют численности обслуживающего его персонала, где  $S_{\text{ЛАБ}}$  – площадь лабораторий, а  $N_{\text{НП}}$  – численность научного персонала. Средний условный норматив  $S_{\text{ЛАБ}}/N_{\text{НП}}$  для рассмотренных судов находится в интервале от 10 до 15. Средний норматив  $S_{\text{ЛАБ}}/N_{\text{ЛАБ}}$  находится в интервале от 30 до 40, где  $N_{\text{ЛАБ}}$  – количество лабораторий на судне.

Табл.1. Удельные площади лабораторных помещений, численность персонала

| Название судна, год постройки | D, т | $N_{\text{НП}}$ , чел. | $S_{\text{ЛАБ}}/N_{\text{НП}}$ , м <sup>2</sup> /чел. | $S_{\text{ЛАБ}}/N_{\text{ЛАБ}}$ , м <sup>2</sup> |
|-------------------------------|------|------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Simon Stevin, 2012            | 620  | 10                     | 6                                                     | 21                                               |
| Селигер, 2011                 | 1100 | 20                     | 9                                                     | 29                                               |
| Ramon Margalef, 2011          | 1160 | 18                     | 11                                                    | 21                                               |
| Henry B. Bigelow, 2007        | 2300 | 19                     | 14                                                    | 37                                               |
| Neil Armstrong, 2014          | 3200 | 24                     | 8                                                     | 31                                               |
| Belgica, 2020                 | 3300 | 28                     | 16                                                    | 37                                               |
| Sikuliaq, 2014                | 3500 | 26                     | 13                                                    | 44                                               |
| Fridtjof Nansen, 2016         | 4050 | 30                     | 8                                                     | 33                                               |
| Ke Xue, 2012                  | 5700 | 50                     | 9                                                     | 32                                               |
| James Cook, 2006              | 5800 | 32                     | 12                                                    | 39                                               |
| Discovery, 2013               | 6100 | 28                     | 25                                                    | 44                                               |
| Pourquoi pas?, 2005           | 6600 | 40                     | 14                                                    | 37                                               |
| Sonne II, 2014                | 8300 | 40                     | 18                                                    | 47                                               |
| Kronprins Haakon, 2018        | 8600 | 37                     | 15                                                    | 40                                               |

Анализ графиков показал, что с ростом водоизмещения наблюдается тенденция к увеличению осредненной площади одной лаборатории и удельной площади лаборатории на одного сотрудника.

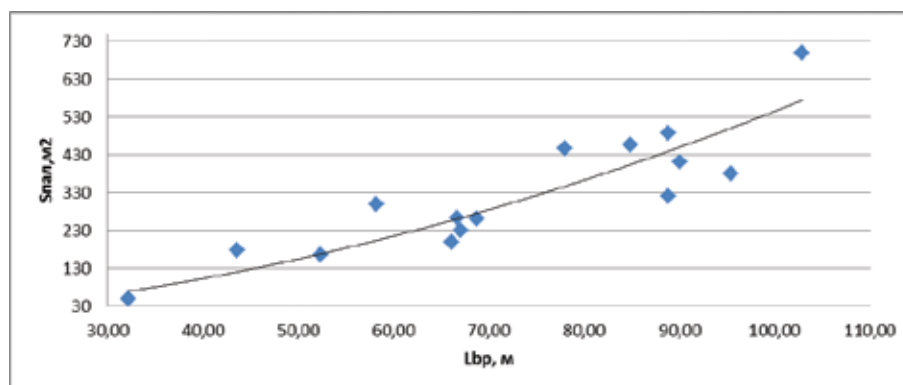


Рис.4. Зависимость площади рабочих палуб от расчётной длины.

$$S_{\text{ПАЛ}} = 0,124L_{\text{ВР}}^{1,82} \pm 22, \text{ коэффициент корреляции составил } 0,85 \quad [22]$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполнен анализ базы данных по 35 построенным современным научно-исследовательским судам, выполнен обзор их проектных характеристик, уточнены и предложены новые формулы, в том числе для определения потребных площадей для исследовательских лабораторий. Полученные зависимости могут быть применены при создании системы параметрических ограничений в математической модели проектирования исследовательских судов.

Рецензент – д.т.н., профессор Гайкович А. И.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В. В. Проектирование судов. – Л., Изд. «Судостроение», 1985, 318 с.
2. Гайкович А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. Т.1. Описание системы «Корабль». – С-Пб., Изд. «Моринтех», 2014, 819 с.
3. Гайкович А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. Т.2. Анализ и синтез системы «Корабль». – С-Пб., Изд. «Моринтех», 2014, 872 с.
4. Караев Р.Н., Портной А. С., Развуваев В. Н. Суда и плавучие технические средства для освоения морских

- нефтегазовых месторождений, С-Пб, Моринтех, 2009. – 353 с.
5. Левашов Д.Е., Тишкова Т. В., Буланова Н.П. Морские суда для рыбопромысловых исследований 2010-2015 гг. – М.: Изд. «ВНИИРО», 2016, 232.
  6. Ногид Л.М. Теория проектирования судов. Л., Судпромгиз, 1955.
  7. Медведев Н. Ф. Суда для исследования Мирового океана, Л., Судостроение, 1971.
  8. Стасеня К.А, Лазаревский Н. А. Электроэнергетическая система ОИС «Янтарь» // Судостроение, С-Пб, 2016, № 6, с. 23 – 25.
  9. Царев Б.А., Ханухов В.К. Анализ архитектурно-компоновочного облика при проектировании научно-исследовательских судов // Морской Вестник, С-Пб, 2010, № 4 (32), с. 95 – 99.
  10. Next Generation. Current Status and Foreseeable Evolution. European Research Vessels. Position Paper 25. European Marine Board IVZW [www.marineboard.eu](http://www.marineboard.eu)

## **ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА СОВРЕМЕННОГО АРКТИЧЕСКОГО ФЛОТА И ОФФШОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Сыч О.В., Хлусова Е.И., Ильин А.В. [НИЦ «Курчатовский институт»-ЦНИИ КМ «Прометей», Санкт-Петербург]

### **INNOVATIVE STRUCTURAL MATERIALS FOR THE CONSTRUCTION OF MODERN ARCTIC SHIPS AND OFFSHORE STRUCTURES**

O.V. Sych, E.I. Khlusova, A.V. Ilyin (NRC "Kurchatov Institute" – CRISM "Prometey", St. Petersburg)

*In recent years NRC "Kurchatov Institute" – CRISM "Prometey" has developed a series of structural steels to be used in the Arctic region suitable for any complex marine structural components operating at extremely low temperatures (down to  $-60^{\circ}\text{C}$ ).*

*The new generation of cold-resistant steels, including those with the Arc-index, showing high performance in the form of rolled plates up to 100 mm in thickness was created by choosing the balanced ratio of alloying and microalloying element contents, the desired structure of permissible heterogeneity and anisotropy being formed across the full thickness of rolled plates with using special precision technologies of thermomechanical controlled processing and heat treatment.*

*The developed innovative materials are used in the ice-breaker fleet building, for marine and engineer facilities (including ice ships, ice-resistant offshore platforms as well as the carrying and lifting equipment for Arctic offshore and in-shore oil-and-gas exploration and development).*

*A high competitiveness of the developed cold-resistant rolled plates due to the unique combination of economic alloying with high strength characteristics, toughness, cold resistance, isotropy of properties, fracture toughness and good weldability of rolled plates make these products marketable, Russia being a leading manufacturer of low-carbon weldable steel grades for the Arctic region.*

*The developed steels exceed the requirements of international EN 10025 and EN 10225 standards for cold resistance. The Arc-steels, the requirements to which are given in the "Rules ..." of the Russian Maritime Register of Shipping, are second to none in the world.*

*Cold-resistant rolled metal products are used for construction of the world's largest nuclear-powered ice-breakers such as the Leader, Arktika, Sibir and Ural, the diesel-electric ice-breaker Aker ARC 130 A and the multipurpose linear diesel-electric ice-breaker Victor Chernomyrdin being the largest in the world and other ships.*

В последние годы НИЦ «Курчатовский институт»-ЦНИИ КМ «Прометей» создана серия конструкционных сталей арктического назначения, применимых для любых элементов сложных морских конструкций, эксплуатирующихся при предельно низких климатических температурах (до  $-60^{\circ}\text{C}$ ).

Проблема разработки нового поколения хладостойких сталей, в том числе с индексом «Агс», с высокой работоспособностью в листовом прокате толщиной до 100 мм решена путем выбора рационального сбалансированного содержания легирующих и микролегирующих элементов и обеспечения технологических условий формирования заданной структуры допустимой степени неоднородности и анизотропии по всей толщине листового проката при использовании специальных прецизионных технологий термомеханической и термической обработки.

Разработанные инновационные материалы применяются для строительства ледокольного флота, морской и инженерной техники (в том числе судов ледового плавания, ледостойких морских платформ, а также подъемно-транспортного оборудования, обеспечивающего разведку и освоение нефтегазовых месторождений арктического шельфа и береговой зоны).

Высокая конкурентоспособность разработанного хладостойкого листового проката, обусловленная уникальным сочетанием экономичного легирования с высоким уровнем прочностных характеристик, вязкости, хладостойкости, изотропности свойств, трещиностойкости и хорошей свариваемости листового проката, обеспечивает востребованность данной продукции и приоритет РФ на рынке низкоуглеродистых свариваемых марок стали для арктического применения.

Разработанные стали превосходят требования международных стандартов EN 10025 и EN 10225 по хладостойкости. Стали с индексом «Агс», требования к которым предъявляются в «Правилах...» Российского морского регистра судоходства, не имеют аналогов в мире.

Хладостойкий металлопрокат используется для строительства крупнейших в мире атомных ледоколов проектов «Лидер», «Арктика», «Сибирь» и «Урал», дизель-электрического ледокола проекта Aker ARC 130 A, а также самого большого в мире multifunctional линейного дизель-электрического ледокола «Виктор Черномырдин» и других судов.



## ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАВАНИЯ ГАЗОВОЗОВ ПО СМП

Бресткин С.В., Афанасьева Е.В., Девятаев О.С., Соколова Ю.В., Титова Ю.М. (ГНЦ РФ «ААНИИ», Санкт-Петербург)

### HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT FOR THE NAVIGATION OF LNGC ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE

Brestkin S.V., Afanasyeva E.V., Devyatayev O.S., Sokolova Yu.V., Titova Yu.M. (SRC RF "AARI", Saint-Petersburg)

*During two years, since autumn of 2017 till winter of 2019, YamalMax liquefied natural gas carriers (LNGC) had been navigating the Northern Sea Route (NSR) independently using all the needed kinds of hydrometeorological information. Icebreaker assistance had been used only along the ship canal in the north of Ob Bay.*

*AARI has developed their technology of production and delivery of information products to mariners and other users around the world.*

*In 2020, very early eastward voyage of LNGC "Christophe de Margerie" departing from Sabetta on May 19 was realized. The LNGC was assisted by nuclear icebreaker "Yamal" along the entire NSR until reaching ice-free waters in the Chukchi Sea.*

Весной 2017 года первый крупнотоннажный танкер-газовоз ледового класса Arc7 типа Ямалмакс «Кристоф де Маржери» прошел успешные ледовые испытания в Карском море. С осени 2017 года начались регулярные рейсы газозовов из порта Сабетта в порты Европы и юго-восточной Азии. В настоящее время на трассе работают 15 судов этого типа и ещё 15 должно быть построено до 2025 года.

К 2017 году в ААНИИ был накоплен значительный опыт гидрометеорологического обеспечения (ГМО) круглогодичного безледокольного плавания судов с ледовым классом Arc7 – пяти контейнеровозов и одного танкера, принадлежащих ПАО «ГМК «Норильский никель». Район плавания – Юго-Западная часть Карского моря (трассы: порт Дудинка – Карские Ворота и порт Дудинка – м. Желания). С 2006 года на морском участке трасс эти суда ни разу не воспользовались ледокольной поддержкой. Атомные ледоколы привлекались только для прокладки и поддержания канала в припае Енисейского залива и реки Енисей.

В восточном районе Северного морского пути суда ПАО «ГМК «Норильский никель» работали лишь в период летней навигации, тогда как для танкеров-газовозов типа Ямалмакс, ставится задача круглогодичного плавания на всей акватории Северного морского пути.

В течение двух лет, с осени 2017 года и до зимы 2019 года ААНИИ обеспечивал круглогодичное безледокольное плавание танкеров-газовозов в юго-западной части Карского моря и, впервые в истории мореплавания, безледокольное плавание в восточном направлении в период расширенной летней навигации (с июня по январь). Ледокольное сопровождение осуществлялось только в районе морского канала на севере Обской губы.

При самостоятельном ледовом плавании номенклатура ледовой информационной продукции, передаваемой на суда и в офисы управляющей компании должна включать:

- аннотированные спутниковые изображения (фотокарты) – отдельные спутниковые изображения или их фрагменты, в стереографической и/или меркаторской картографических проекциях;
- детализированные ледовые карты, составленные по отдельным информативным спутниковым изображениям;
- обзорные (комплексные) ледовые карты, составленные на основе обобщения многоканальной спутниковой информации за период 2-3 суток с привлечением данных судовых наблюдений, данных полярных станций, результатов модельных расчетов;
- анализ положения кромки льда;
- прогностические краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные ледовые карты;
- прогнозы оптимальных вариантов и маршрутов ледового плавания

Вся информационная продукция должна предоставляться в соответствии с международными стандартами в принятых форматах. В частности, для отображения в электронных картографических навигационных информационных системах (ЭКНИС) продукция ААНИИ предоставляется в формате МГО/ММО S57 с расширением Ice Object Catalogue (рис. 1).



Рисунок 1 – Представление ледовой информации в ЭКНИС

В 2020 году 19 мая (в рекордно ранний срок) началась ледокольная проводка атомным ледоколом «Ямал» газовоза «Кристоф де Маржери» из п. Сабетта на восток – до выхода на чистую воду в Чукотском море.

Через 5 дней началось плавание на восток газовоза «Владимир Воронин», который до выхода из припая в пролива Вилькицкого шёл под проводкой атомного ледокола «50 лет Победы». Далее до пролива Лонга, в том числе, на самом сложном участке маршрута (западная часть Восточно-Сибирского моря), газовоз следовал самостоятельно, используя информационную продукцию и рекомендации ААНИИ (рис. 2).

Затраты времени на проводку атомным ледоколом «Ямал» газовоза «Кристоф де Маржери» составили 12,5 суток. Было пройдено 2512 морских миль, со средней скоростью 8,4 узла. Затраты времени на рейс газовоза «Владимир Воронин» составили 9,4 суток. Было пройдено 2545 морских миль, со средней скоростью 11,3 узла.

Отчасти проигрыш в скорости ледокольной проводки по сравнению с самостоятельным плаванием газовоза можно объяснить проведением в первом рейсе ряда экспериментов по преодолению сложных в ледовом отношении участков и отработкой различных режимов проводки атомным ледоколом судна, которое существенно превосходит по размерам.

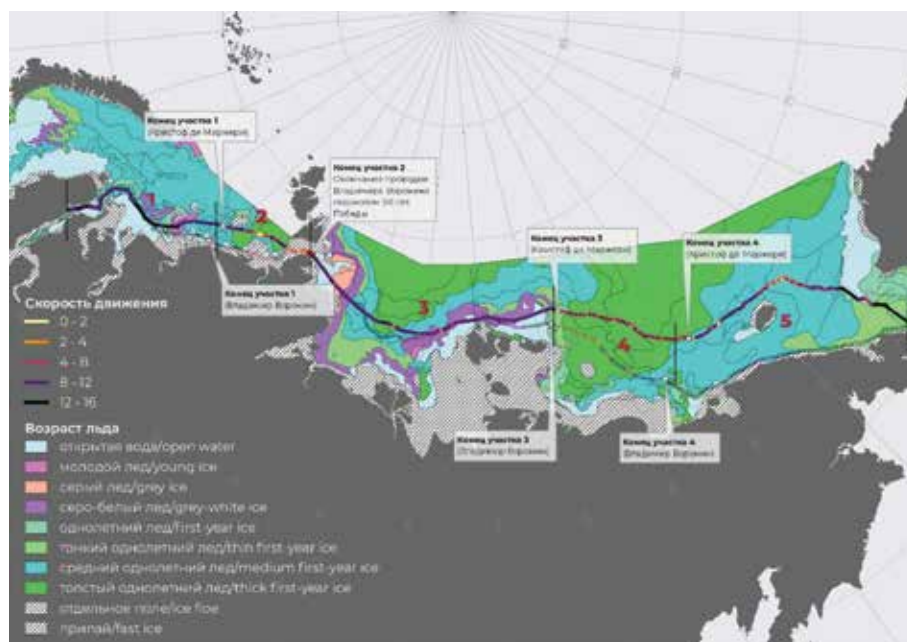


Рисунок 2 – Маршруты движения газовозов «Кристоф де Маржери» и «Владимир Воронин»

С этой точки зрения более показательным является сравнение скоростей движения в двух других рейсах, совершенных месяцем позже близко по времени (при аналогичных ледовых условиях): газовоза "Владимир Русанов" под проводкой атомного ледокола «Ямал», и газовоза «Георгий Брусилов» – без ледокольной поддержки.

Затраты времени на проводку атомным ледоколом газовоза «Владимир Русанов» составили 7,0 суток. Было пройдено 2450 морских миль, со средней скоростью 14,1 узла. Затраты времени на самостоятельное плавание газовоза «Георгий Брусилов» составили 6,8 суток. Было пройдено 2370 морских миль со средней скоростью 14,1 узла (рис. 3).

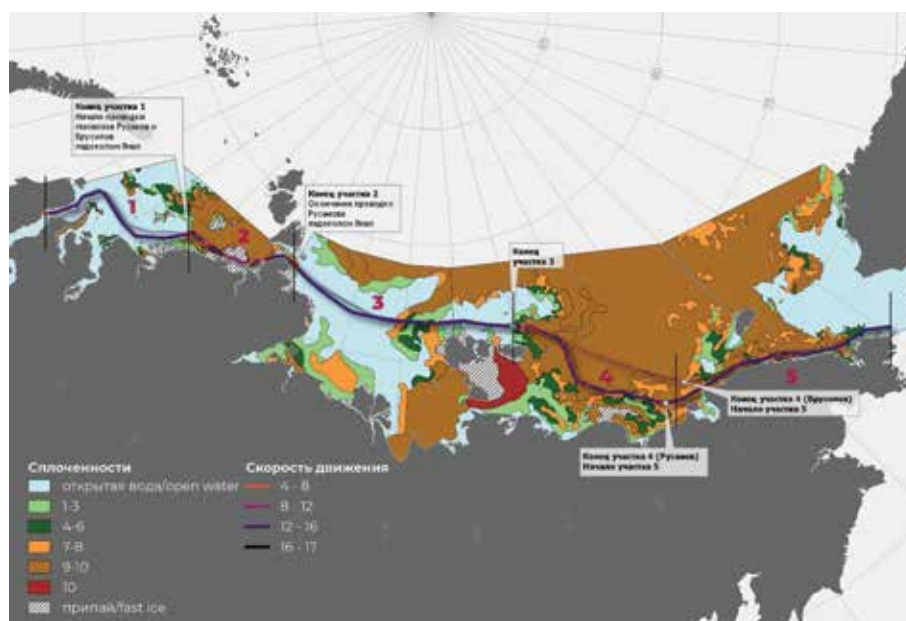


Рисунок 3 – Маршруты движения газовозов «Владимир Русанов» и «Георгий Брусилов»

Детальный анализ затрат времени и скоростей движения газовозов под проводкой ледоколов и следующих самостоятельно, на участках с приблизительно одинаковыми ледовыми условиями, позволяет сделать следующие предварительные выводы.

1. В отдельных случаях газовозы типа Ямалмакс с ледовым классом Arc7 могут самостоятельно (без ледокольной поддержки) следовать на восток в рекордно ранние сроки (в период наибольшего развития ледяного покрова) без значимого увеличения затрат времени и ощутимого риска ледовых повреждений.
2. Ледокольная проводка газовозов, в том числе на сложных участках маршрута, может не давать существенного выигрыша во времени. Это объясняется соотношением размеров, мощности и ледовой проходимости газовозов и имеющихся в наличии атомных ледоколов.
3. Исходя из необходимости сокращения издержек, при переходе к круглогодичному плаванию танкеров-газовозов типа Ямалмакс по всей акватории Северного морского пути, целесообразно максимально использовать возможности для их самостоятельного плавания при полноценном гидрометеорологическом обеспечении.
4. Атомные ледоколы целесообразно использовать в первую очередь для дежурства на лимитирующих участках трассы и оказания необходимой помощи в случаях существенной потери газовозами скорости или их попадания в ледовый плен.

# ПРОЕКТ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА ДЛЯ МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Апполонов Евгений Михайлович, Петров Анатолий Сергеевич (АО «ЦКБ «Лазурит»)

## DESIGN OF A MULTIPURPOSE RESEARCH VESSEL FOR THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF RUSSIA

Evgeny M. Appolonov, Anatoly S. Petrov (JSC "CDB "Lazurit")

Lazurit Design Bureau finalized the detailed design documentation for a ship under construction intended for construction (Plan Approval Documentation) of a multipurpose research vessel for the Ministry of Higher Education and Science of Russia. The design and subsequent construction of two vessels were scheduled under the project "Development of advanced infrastructure for research and development in Russia" of the Russian national project "Science". The report highlights the features, performance and main technical solutions of the project 123 multipurpose research vessel. The vessel is distinguished by high sea-going performance and maneuverability, resistance to ice loads and efficient operation in ice, whereby ensuring improved water flow conditions for research equipment integrated into the ship's bottom. The vessel meets challenging Silent-R criteria for underwater radiated noise. The report also contains a comparison of the project 123 vessel with one of prototype projects (the RV SONNE, Germany).

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире насчитывается более 1000 научно-исследовательских судов, из них в России около 70. Все отечественные НИС устаревшие (возраст более 25-30 лет) и большинство из них не способны обеспечить проведение научных исследований и получение результатов на современном мировом уровне. Принятое решение о необходимости обновления и модернизации научно-исследовательского флота России реализовано в рамках проекта «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации» национального проекта «Наука». По итогам национального проекта должно быть модернизировано пять научно-исследовательских судов («Академик Николай Страхов», «Академик Сергей Вавилов», «Академик М.А. Лаврентьев», «Академик Мстислав Келдыш», «Академик Иоффе»). Характеристики модернизируемых судов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики модернизируемых НИС

|                         | «Академик Николай Страхов»                                     | «Академик Сергей Вавилов», «Академик Иоффе»  | «Академик Мстислав Келдыш»                                             | «Академик М.А. Лаврентьев»                                    |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Страна, год постройки   | Финляндия, 1985                                                | Финляндия, 1989                              | Финляндия, 1981                                                        | Финляндия, 1984                                               |
| Класс                   | КМ (*) L1(1) AUT2 Special Purpose Ship/специального назначения | КМ (*) L1 [1] A2 Passenger Ship/пассажирское | КМ(*) L1[1] AUT2 DYNPOS-1 Special Purpose Ship/специального назначения | КМ(*) L1[1] AUT2 Special Purpose Ship/специального назначения |
| Длина, м                | 75,5                                                           | 117,1                                        | 122,2                                                                  | 75,5                                                          |
| Ширина, м               | 14,7                                                           | 18,2                                         | 17,82                                                                  | 14,7                                                          |
| Осадка, м               | 4,5                                                            | 5,9                                          | 6,4                                                                    | 4,5                                                           |
| Водоизмещение, т        | 2685                                                           | 6718                                         | 6345                                                                   | 2712                                                          |
| Мощность ГЭУ, кВт       | 1 x 2576                                                       | 2 x 2576                                     | 4 x 1070                                                               | 1 x 2576                                                      |
| Скорость, уз            | 14,8                                                           | 15                                           | 14                                                                     | 12                                                            |
| Автономность, сут       | 60                                                             | 60                                           | 60                                                                     | 60                                                            |
| Экипаж / пассажиры, чел | 32/42                                                          | 43/127                                       | 44/86                                                                  | 32/42                                                         |

Перечисленные НИС специализируются на решении определенных задач, геологических, рыбохозяйственных, метеорологических или гидрологических исследованиях, проведении сейсморазведки. Использование уникального оборудования для научных исследований накладывает на эти суда свои уникальные требования. НИС «Академик Сергей Вавилов» и «Академик Иоффе» специализируются на экспериментах по распространению звука в океане, НИС «Академик Николай Страхов» геолого-геофизической направленности, «Академик Мстислав Келдыш», ранее специализировавшееся на обеспечении подводных аппаратов «МИР», занимается гидрофизическими, гидрохимическими, биологическими и геохимическими наблюдениями, «Академик М.А. Лаврентьев» гидрологическими, гидрофизическими и гидробиологическими исследованиями Мирового океана.

Помимо модернизации существующих судов, с целью обеспечения выполнения полного комплекса океанологических исследований на современном уровне в любом районе Мирового океана, в том числе в Арктике, проектом предусмотрено создание двух новых современных многофункциональных научно-исследовательских судов неограниченного района плавания.

### **1. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ СУДНО ПРОЕКТА 123: ТРЕБОВАНИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ**

В мае 2020 года АО «ЦКБ «Лазурит» завершена разработка проектной документации судна в постройке для создания многофункционального научно-исследовательского судна для Министерства науки и высшего образования РФ, проектный номер 123 – первого отечественного судна, обеспечивающего выполнение широкого спектра научных работ на современном мировом уровне. Основным прототипом разработанного НИС и источником требований технического задания является построенное в 2014 году немецкое научно-исследовательское судно «SONNE» (НИС «SONNE»).



Рисунок 1 – Фотография НИС «SONNE»

Согласно требований технического задания, разрабатываемый проект НИС должен быть оборудован главной гребной электрической установкой, соответствовать ледовому классу Arc4, иметь систему автоматизации с применением интегрированной системы контроля и управления, систему динамического позиционирования с резервированием любых двух активных элементов управления, а также удовлетворять требованиям повышенной экологической безопасности. Осуществлять деятельность, в соответствии с назначением и задачами судна, в неограниченном районе плавания, включая арктические моря, губы рек и заливов, а также других районов Мирового океана. Иметь автономность не менее 50 суток, максимальную скорость не менее 15 узлов и обладать высокими мореходными качествами, обеспечивающими использование специальных технических средств, устройств и систем при решении задач по прямому назначению. На судне должно быть предусмотрено более 10 стационарных научных лабораторий, а также место под размещение не менее 8 контейнерных лабораторий в которых смогут осуществлять научную деятельность 45 членов научных экспедиций.

Новые суда предназначены для проведения морских научно-исследовательских работ фундаментального и прикладного значения, в том числе гидрофизических, химических, биологических, метеорологических, геофизических, геологических и других видов исследований в акваториях Мирового океана. Основными задачами являются:

- проведение гидрометеорологических измерений;
- отбор и хранение проб морской воды;
- анализ проб морской воды и результатов измерений ее параметров;
- работа с погружным научным оборудованием;
- измерение магнитного, гравитационного, электрического и теплового полей;
- проведение биолого-экологических исследований;
- проведение высокоразрешающей геолого-гидрографической съёмки дна;



- отбор и анализ образцов горных пород и донных отложений с морского дна;
- экспресс-анализ результатов экспедиционных натурных измерений.

Кроме того, в межэкспедиционный период суда позволяют обеспечивать выполнение подводно-технических работ с использованием необитаемых подводных аппаратов с дистанционным управлением и экологический мониторинг окружающей среды. Облик нового многофункционального судна представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Облик многофункционального научно-исследовательского судна проекта 123

## 2. ОПТИМИЗАЦИЯ МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ. ТРЕБОВАНИЯ ПО ШУМНОСТИ

Значительные усилия были направлены на поиск оптимальной формы корпуса судна, позволяющей обеспечить высокую скорость хода при минимальных затратах мощности и предотвратить попадание пузырьков воздуха из аэрированного слоя океана к гидроакустическому оборудованию, расположенному на днище. В состав встроенного в днище научного оборудования входят:

- стационарный акустический доплеровский измеритель течений;
- стационарный акустический доплеровский измеритель течений для работы на мелководье;
- однолучевой глубоководный трехчастотный эхолот;
- многолучевой эхолот (рабочие глубины до 8000 м);
- многолучевой эхолот для работы на мелководье;
- профилограф глубокого моря;
- система обеспечения подводного позиционирования.

Применение оригинальных технических решений, в частности особой формы носового бульба и носовых ватерлиний, позволяет обеспечить эффективное разрушение ледового поля и отвод обломков льда от судна. Это позволяет эксплуатировать судно в арктических условиях при толщине льда до 0,8 метра.

При разработке проекта исследовались более 15 различных вариантов форм корпуса, для которых проведены исследования методами вычислительной гидродинамики.

Высокую скорость хода судна обеспечивают 2 винто-рулевые колонки Azipod мощностью по 2300 кВт, а совместно с двумя выдвижными азимутальными подруливающими устройствами мощностью по 1250 кВт обеспечивается удержание судна в заданной точке при волнении моря до 6 баллов, ветре до 15 м/с и течении до 1 узла.

Обеспечение высоких мореходных качеств судна, в том числе при проведении гидрологических работ с тяжелым оборудованием, телеуправляемыми подводными аппаратами, геологическими трубками и драгами в неблагоприятных погодных условиях достигается за счет применения активной и пассивной систем успокоения качки. Прогнозируемое снижение качки, за счет применения успокоительных систем, составляет до 90% при ходе судна свыше 10 узлов, и около 30% на малых скоростях хода.

При проектировании судна особое внимание уделялось вопросам защиты окружающей среды. Предусмотрены меры по предотвращению загрязнения нефтепродуктами, сточными и хозяйственно-бытовыми



водами, применена полностью автоматизированная установка очистки балластных вод. Сокращено содержание оксидов азота в выхлопных газах за счет использования системы очистки на основе селективных каталитических реакторов. Проектом предусмотрено использование низкосернистого топлива (0,5% S), а в зонах особого контроля выбросов – ультранизкосернистого топлива (0,1% S). Для предотвращения выбросов озоноразрушающих веществ предусмотрено использование холодильных агентов и огнетушащих аэрозолей, не содержащих озоноразрушающих веществ.

НИС проекта 123 – первое отечественное судно, соответствующее высоким требованиям по шумам, излучаемым в воду – Silent-R [1] согласно рекомендациям ICES-209 [2]. Выполнение требований позволит судну обеспечивать сбор научных данных по фактическому состоянию морской среды и ее обитателей, не подверженных влиянию подводного шума, излучаемого судном. Основным источником подводного шума является пропульсивная установка. В НИС проекта 123 применены электрические винто-рулевые колонки Azipod с минимальным уровнем акустического шумоизлучения (см. рисунок 3), соответствующие требованиям Silent-R. Кроме того, для выполнения требований применена амортизация энергетической установки и механического оборудования, а также специальные шумопоглощающие покрытия.

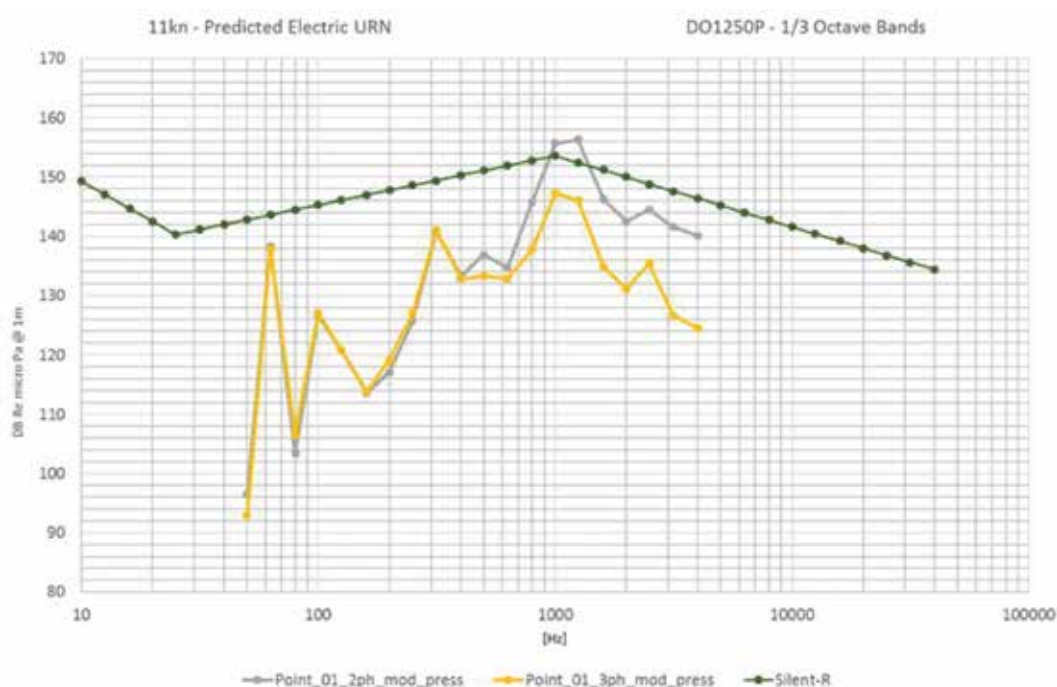


Рисунок 3 – Уровни шума винто-рулевой колонки Azipod

### 3. ОСНАЩЕНИЕ СУДНА

Проектом судна предусмотрена возможность приема вертолетов без дозаправки. Вертолетная площадка рассчитана на прием вертолета типа Ми-8, что позволяет также обеспечить прием большинства существующих типов вертолетов.

Судно укомплектовано широкой номенклатурой средств палубной механизации, включая П-раму г/п 30 тонн, 3 крана г/п 12 тонн при вылете 16,5 метров, спуско-подъемное устройство грунтовых трубок, поворотные, полноповоротные и выдвижные грузовые балки. Предусмотрено 6 океанографических лебедок, включая транзитные, кабель-тросовые и скоростную лебедку с различными тяговыми характеристиками и высокой канатоемкости, а также одна мобильная лебедка с синтетическим тросом. Номенклатура и расположение устройств позволяет комбинировать заборные работы с целью сокращения общей продолжительности рейса. Для перемещения тяжелого оборудования предусмотрены рельсовая тележка и грузопассажирский лифт.

Проектом предусмотрены условия для комфортного проживания 35 членов экипажа и 45 членов спецперсонала, соответствующие требованиям Конвенции о труде в морском судоходстве (КТМС). На судне 4 блок-каюты, 57 одноместных и 10 двухместных кают, комната отдыха, столовые, прачечные, сушильные, гладильные, сауны, тренажерный зал, бассейн.

Состав, комплектация и оснащение научных лабораторий, а также требования к ним определялись при тесном взаимодействии с экспертами рабочей группы, созданной Министерством науки и высшего образования РФ. На судне предусмотрены следующие помещения для организации научных работ и проведения исследований:

- «мокрая» лаборатория № 1;
- «мокрая» лаборатория № 2;
- термостабилизированная лаборатория № 1;
- термостабилизированная лаборатория № 2;
- солемерная лаборатория (лаборатория проточной воды);
- лаборатория радиоэлектроники;
- центр обработки и хранения данных;
- универсальная лаборатория № 1 (биологическая);
- универсальная лаборатория № 2;
- универсальная лаборатория № 3 (геохимическая);
- СТД-лаборатория (гидрологическая);
- гравиметрическая лаборатория.

А также, холодильная камера и низкотемпературный холодильник, гидроакустический центр, ангар, помещение для наблюдателей на крыше рулевой рубки, научный трюм, кладовые баллонов.

Помимо стационарных помещений, на судне предусмотрены места для размещения контейнерных лабораторий. Для обеспечения функционирования контейнерных лабораторий предусмотрен подвод электричества, пресной и заборной воды, локальной компьютерной сети и сжатого воздуха. Подключение контейнеров к разъемам осуществляется при помощи гибких кабелей, находящихся в снабжении судна. При постройке судно комплектуется следующими научными комплексами в контейнерном исполнении:

- автоматизированная система комплексного исследования кернов;
- рентгеновский компьютерный томограф для исследования внутренней структуры образцов керна донных осадков и горных пород;
- комплекс оборудования для сейсмической съемки высокого разрешения;
- контейнерный комплекс для работы и обслуживания ТНПА.

#### 4. ПРЕИМУЩЕСТВА ПО СРАВНЕНИЮ С ПРОТОТИПОМ

В таблице 2 представлены характеристики многофункционального НИС проекта 123 и НИС «SONNE».

Таблица 2 – Сравнительные характеристики НИС проекта 123 и НИС «SONNE»

|                                       | НИС «SONNE»                                                                             | НИС пр. 123                                                                                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Класс                                 | DNV GL: NAV-OC BWM[D2]<br>Research Vessel, Special Purpose<br>Ship MC E AUT RP3–50% DP1 | PC: KM Arc4 (hull; machinery) [1] AUT1-<br>ICS OMBO DYNPOS-2 EPP ECO-S BWM (T)<br>HELIDECK Special Purpose Ship |
| Длина, м                              | 118,5                                                                                   | 122,5                                                                                                           |
| Ширина, м                             | 20,6                                                                                    | 20                                                                                                              |
| Осадка, м                             | 6,4                                                                                     | 5,6                                                                                                             |
| Водоизмещение, т                      | 8554                                                                                    | 8130                                                                                                            |
| Мощность ГЭУ, кВт                     | 4*1620                                                                                  | 4*1960                                                                                                          |
| Пропульсивная установка<br>и САУ, кВт | ГВ 2*2350                                                                               |                                                                                                                 |
| ВАПУ 2*860                            |                                                                                         |                                                                                                                 |
| Pumpjet 1*2990 кВт                    | БРК (Azipod) 2*2300                                                                     |                                                                                                                 |
| ВАПУ 2*1250                           |                                                                                         |                                                                                                                 |
| Скорость (макс), уз                   | 15                                                                                      | 15                                                                                                              |
| Автономность, сут                     | 52                                                                                      | 50                                                                                                              |
| Экипаж/ пассажиры, чел                | 32/ 40                                                                                  | 35/ 45                                                                                                          |

Суда обоих проектов имеют сопоставимые основные характеристики. В отличие от немецкого НИС «SONNE», судно проекта 123 имеет класс ледового усиления Arc4, обладает вертолетной площадкой, позволяющей принимать большинство современных вертолетов, и системой динамического позиционирования DYNPOS-2, обеспечивающей повышенную надежность удержания судна в точке при выполнении заборных работ, в том числе с применением глубоководных подводных аппаратов.

#### 5. СВИДЕТЕЛЬСТВА О СООТВЕТСТВИИ И ОДОБРЕНИЕ ПРОЕКТА

На разработанный проект получены свидетельства о соответствии требованиям санитарно-эпидемиологических правил и правил охраны труда, проект одобрен Российским морским регистром судоходства.

Получены положительное решение аккредитованной экспертной организации на разработанную документацию по проекту и положительное решение по результатам ценового аудита.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

НИС проекта 123 – новейшее многофункциональное исследовательское судно, которое позволит обеспечить выполнение всего комплекса океанологических исследований на самом высоком уровне в любом районе Мирового океана. Строительство судов проекта 123 существенно повысит потенциал отечественного научно-исследовательского флота в части фундаментальных и прикладных исследований, являющихся системообразующим институтом долгосрочного развития инновационной техники и технологий, способствует получению новых знаний.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Silent class notation part 6 chapter 24, DNV, January 2010
2. Underwater noise of research vessels: review and recommendations. ICES Cooperative Research Report No. 209, pp. 61, ICES, 1995.

## **СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКАЧКИ БУРОВЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ В ПЛАСТЫ ГОРНЫХ ПОРОД**

Блюс Д. В. (ООО «АКРОС», Москва)

### **NEW TECHNOLOGY OF INJECTING DRILLING AND INDUSTRIAL WASTE INTO FORMATION**

Blyus D.V. (AKROS LLC, Moscow)

*The production activity of oil and gas production and oil refineries necessarily have a negative impact on the environment as a result of a large amount of waste production which is often not processed and disposed properly and in full. These are such waste materials as wastes generated during wells' construction and repair, drilling wastes generated during storage and processing of oil products, oil contaminated ground as a result of pipelines leaks and burst, as well as a historical heritage wastes. Today we may state the growing interest of oil and gas production and oil refineries in implementation of modern methods of waste management in their structural divisions. This trend is based on requirement strengthening of regional authorities and own initiatives related to costs reduction and impact reduction on the environment. If few years ago companies preferred the simplest methods of wastes storage into shale pits and disposal sites, today the possibility of more modern and environmentally friendly methods of waste management for the long term are actively studied. The change of Russian companies priorities is also dictated by successful international experience that has proven the economic feasibility of new technologies implementation. Most of the methods, used today on the Russian Federation territory, relate to minimization, reuse and recycling methods. As a result it become possible to extract commercial product out of wastes, reduce total volume of generated wastes and change its hazard category to less hazardous. But in any case each of these methods is aimed to process a certain type of waste, is sensitive to the chemical composition and aggregation state of waste, requires development of own technological environment and doesn't solve the problem in complex. Besides use of the most methods involves formation of secondary product which requires additional costs for its further disposal. One of the most effective waste management methods from an environmental and technological point of view, especially in conditions of high ecological requirements (drilling in water protection and nature protection zones, use of OBM), is the re-injection of slurrified cuttings injection to the selected formation through injection well. This method can be used both for waste management and production and for the field development and operation on as inland as continental shelf where condition "zero discharge" is the main requirement. OIFP Prirazlomnoye, a project of The Gazprom Neft Shelf LLC, is a great example of successful use of such method.*

Производственная деятельность нефтегазодобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий неизбежно оказывает негативное воздействие на окружающую среду в результате образования большого спектра отходов, которые зачастую не перерабатываются и утилизируются должным образом и в полном объеме. К таким производственным отходам можно отнести отходы, образующиеся в процессе строительства и ремонта скважин, нефтешламы, образующиеся при хранении и переработке нефтепродуктов, нефтезамазанные грунты, образующиеся в результате утечек и порывов трубопроводов, а так же отходы, являющиеся историческим наследием. На сегодняшний день можно отметить рост интереса нефтегазодобывающих и нефтеперерабатывающих компаний к внедрению современных методов переработки и утилизации отходов в их структурных подразделениях. Данная тенденция связана как с ужесточением требований региональных надзорных органов, так и собственными инициативами по сокращению затрат и снижению воздействия на окружающую среду. Если еще несколько лет назад компании предпочитали самые простые методы складирования отходов в амбарах и на полигонах, то сегодня все активнее изучается возможность использования более современных и экологических методов утилизации на долгосрочную перспективу. Смена приоритетов российских компаний также продиктована успешным зарубежным опытом, доказавшим экономическую целесообразность внедрения новых технологий. Большинство методов, используемых сегодня на территории Российской Федерации относятся к методам минимизации, повторного или вторичного использования и переработки, в результате применения которых удается извлекать из отходов коммерческий продукт, снизить общее количество образуемых отходов и перевести их из одного класса опасности в другой, сделав их более безопасными. Но в любом случае каждый из этих методов рассчитан на переработку определенного типа отходов, чувствителен к химическому составу и агрегатному состоянию отходов, требует создание своей собственной технологической инфраструктуры и не решает проблему комплексно. Помимо этого, использование большинства методов предусматривает образование вторичного продукта, требующего дополнительные затраты на его утилизацию. Одним из наиболее эффективных с экологической и технологической точки зрения методов обращения с отходами бурения, особенно в условиях повышенных экологических требования (бурение в водоохранных зонах рек и природоохранных зонах, использование РУО), просматривается закачка обработанных до состояния однородной пульпы отходов в специально подобранный пласт через инъекционную скважину. Данный метод может использоваться по обращению с отходами бурения и производства, как при разработке и эксплуатации месторождений на материковой части, так и на континентальной шельфе, где условие "нулевого сброса" является основным требованием и ярким примером успешного применения такого метода является проект ООО «Газпром нефть шельф», МЛСП Приразломная.

## **ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗПРОМЫСЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Николай Александрович ВАЛЬДМАН, Нина Леонидовна МАЛЯРЕНКО  
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»

### **APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING PROCEDURE TO ENSURE SAFETY OF OFFSHORE OIL & GAS FACILITIES**

Nikolay A. VALDMAN, Nina L. MALYARENKO  
Krylov State Research Centre

*Safety management of offshore oil & gas facilities is a totality of interconnected processes related to preparation, making and implementation of decisions.*

*The purpose of this message is to present KSRC findings in development of the recommendations intended to improve decision-making procedure for safe operation of offshore oil & gas facilities.*

*These Recommendations are one of the steps to building up a Decision-Making Procedure for safe operation of offshore production facilities and are intended for oil & gas companies, their departments and affiliates in charge of offshore developments.*

*As a methodical tool, the authors suggest a risk management-based algorithm of decision making that involves methods, models, criteria, indicators and regulations for efficient decision-making towards safe operation of marine oil & gas production units.*

Управление безопасностью морских нефтегазопромысловых объектов состоит из взаимосвязанных процессов подготовки, принятия и организации выполнения решений.

Целью доклада является рассмотрение результатов исследований по разработке рекомендаций, направленных на совершенствование методического аппарата для принятия управленческих решений по обеспечению безопасности морских нефтегазопромысловых сооружений.

Рекомендации разрабатываются для создания Методики принятия решений по обеспечению безопасности морских нефтегазопромысловых сооружений и предназначены для нефтегазодобывающих организаций, их дочерних обществ и структурных подразделений, деятельность которых связана с принятием решений при проектировании и эксплуатации сооружений на морских нефтегазовых месторождениях.

В качестве методического инструментария предложен алгоритм управленческих действий с позиций управления риском, включающий процедуры применения методов, моделей, критериев, показателей и норм для принятия эффективных решений по обеспечению безопасности морских нефтегазопромысловых сооружений.

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ПЛАВУЧЕЙ ТЕПЛОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА СПГ МОЩНОСТЬЮ 50-60 МВт**

Бережной К.Г., Вербицкий С.В., Исхаков А.С., Коваль М.Г., Малыгин В.Е., Пяткин В.А. (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)

### **CONCEPTUAL DESIGN OF LNG FLOATING THERMAL POWER PLANT OF 50-60 MW**

Berezhnoy K.G., Verbitskiy S.V., Iskhakov A.S., Koval M.G., Malygin V.E., Pyatkin V.A. (Krylov State Research Centre)

*Within the framework of the Government program "Development of shipbuilding and equipment for the development of offshore fields for 2013-2030" Krylov State Research Center together with CDB "Iceberg" developed a conceptual design of a floating electric power plant (FEPP) with a capacity of 60 MW in the form of two structurally independent berth-connected ships: power plant vessel and storage vessel. The following analysis and calculation was carried out under this project: analysis of the natural conditions of the proposed FEPP installation areas, calculation of external loads, mooring system and hull; basic systems and devices. Also the conditions for the structures construction at Russian shipbuilding enterprises are analyzed. Domestic gas turbine engines "Ladoga-32" are planned to be used as a power plant. This project is considered as a typical one, designed to provide electricity to coastal Russian territories. The main areas of operation: Sakhalin coastal zone and Onega Bay of the White Sea.*

ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках ГП «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013-2030 годы» совместно с ПАО ЦКБ «Айсберг» разработало концептуальный проект плавучей электростанции (ПТЭС) мощностью 60 МВт в виде двух конструктивно независимых стоечных судов: судна-электростанции и судна-хранилища. Выполнен анализ природных условий предполагаемых районов установки ПТЭС, определены нагрузки внешней среды; выполнены расчеты системы удержания, корпуса; обоснованы основные системы и устройства. Проанализированы условия строительства сооружений на российских судостроительных предприятиях. В качестве энергетической установки планируется использовать отечественные газотурбинные двигатели «Ладога-32».

Данный проект рассматривается как типовой, предназначенный для обеспечения электроэнергией прибрежных российских территорий. Основные районы эксплуатации: Прибрежная зона о. Сахалин, Онежская губа Белого моря.



## **ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ОПЕРАТИВНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЧС**

Кукушкин А.В. (ООО «Транзас Навигатор»)

В условиях расширения инфраструктуры разведки и добычи полезных ископаемых на морских шельфах, возрастает необходимость оперативного информационного освещения обстановки на борту и в районе удаленных морских объектов.

Какую информацию можно получить на берегу с борта морского объекта для предупреждения или своевременной нейтрализации чрезвычайных ситуаций?

«Система удаленного мониторинга» интегрированная система сбора, передачи и отображения данных и технической информации.

## **ОСОБЕННОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ООО «ГАЗПРОМ ФЛОТ» НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

Иванов В.М., Мазуров И.Н., Лубенский В.В. (ООО «Газпром флот», Санкт-Петербург)

### **HEALTHCARE ON ARCTIC OFFSHORE FACILITIES OF GAZPROM FLOT LLC**

Valery M. Ivanov, Igor N. Mazurov, Vitaliy V. Lubenskiy (Gazprom flot LLC, Saint Petersburg)

*One of top-priorities of Gazprom PJSC is the execution of projects in new oil and gas production areas of the Arctic shelf. Development of new fields is meant to continue an integrated development of the Arctic.*

*Arctic areas are characterized by extreme climatic and geotechnical conditions, lack of infrastructure and the need of long-distance delivery of products, equipment and personnel. Gazprom flot LLC has accumulated an extensive experience in Far North offshore fields development.*

*It is a common practice for the offshore facilities to arrange accommodation and production zones within the limits of an offshore drilling rig, as opposed to the onshore facilities, where the camp (residential premises) is located at a safe distance from the production zone.*

*The success of any offshore field development project is based not merely on engineering and technology, but also on human factor. In addition to proficiency level, the human factor also includes the level of professional health of an employee.*

*With regard to social policy, Gazprom flot LLC puts a priority on maintaining working ability and preventing work-related disablement by implementation of preventive measures and promotion of general health.*

Одним из приоритетных проектов ПАО «Газпром» является работа на новых нефтегазодобывающих районах Арктического шельфа. Реализация проектов разработки новых месторождений продолжит масштабное комплексное освоение Арктики.

Арктические площади характеризуются экстремальными климатическими и геотехническими условиями, отсутствием инфраструктуры и необходимостью транспортировки на большие расстояния продукции, оборудования и персонала. В ООО «Газпром флот» накоплен большой опыт освоения морских месторождений, расположенных в районах Крайнего Севера.

Спецификой обустройства морских объектов является расположение жилой и производственной зоны в пределах морской буровой установки судового типа, в отличие от береговых объектов, где вахтовый поселок (жилая зона) отнесен на безопасное расстояние от производственной зоны.

Успех реализации проекта освоения любого морского месторождения зависит не только от техники и технологий, но и от человеческого фактора. В понятие человеческого фактора помимо профессионального уровня персонала также входит уровень профессионального здоровья работника.

Поддержание трудоспособности и предотвращение связанной с производством инвалидизации при помощи соответствующих профилактических мероприятий и общего укрепления здоровья является одним из важнейших приоритетов социальной политики ООО «Газпром флот».

## **НОВЫЕ ВИДЫ ТОЛСТОЛИСТОВОГО ПРОКАТА И ТРУБ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПРОИЗВОДСТВА ГРУППЫ КОМПАНИЙ СЕВЕРСТАЛЬ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Михеев В.В. (ПАО «Северсталь», Череповец)

### **SEVERSTAL OFFERS NEW PLATES AND LARGE DIAMETER PIPES FOR OFFSHORE FIELD INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT**

Mikheev V.V. (PAO Severstal, Cherepovets)

*Development of offshore fields located in hard-to-reach areas sets high requirements to equipment reliability and efficiency. This can be regarded as a challenge for pipe products suppliers, since they have to develop new unique products and technologies, as well as provide the most efficient technical solutions.*

*For example, for the subsea gas pipeline under the project of the Yuzhno-Kirinskoye field development the use of 508 mm pipes with a wall thickness of 27 mm is most efficient. Severstal has developed pipes with such characteristics, conducted internal certification and obtained external certificates for such pipes. Due to a smaller pipe diameter the metal consumption for construction of the pipeline is going to be 1.5% less. None of the Russian pipe makers has had technical capabilities to produce such pipes up until recently. To implement this technical solution, Severstal has invested around one billion roubles in the upgrade of the Izhora Pipe Mill process line.*

*By now, Severstal has had successful experience of supplying pipes for construction of subsea pipelines under such projects as the Baydaratskaya Bay crossing and the TurkStream. The competences and experience of the technical specialists along with the new production equipment allow Severstal to state with confidence that the company is ready to supply high-technology and high-reliability pipe products for highly critical facilities.*

При освоении шельфовых месторождений, располагающихся в труднодоступных районах предъявляются повышенные требования к надежности применяемого оборудования и эффективности его использования. И это своего рода вызов для поставщиков трубной продукции, заключающийся в разработке новых уникальных продуктов и технологий, а также предложении наиболее эффективных технических решений.

Например, для подводного газопровода в рамках освоения Южно-Киринского месторождения наиболее эффективно применение труб диаметром 508 мм с толщиной стенки 27 мм. На «Северстали» разработали, аттестовали и сертифицировали трубу с такими характеристиками. За счёт меньшего диаметра трубопровод будет иметь на 1,5% меньшую металлоёмкость. До недавнего времени ни один из российских производителей труб не имел технической возможности производить такой сортамент труб. Для реализации данного технического решения «Северсталь» инвестировала порядка миллиарда рублей в модернизацию технологической линии Ижорского трубного завода.

Северсталь уже имеет положительный опыт поставки труб для строительства подводных трубопроводов на таких проектах как переход через Байдарацкую губу и Турецкий поток. Имеющиеся компетенции и опыт технических специалистов предприятия вкупе с новым производственным оборудованием, позволяют специалистам «Северстали» с уверенностью заявить о готовности к поставкам высокотехнологичной и высоконадежной трубной продукции для особо ответственных сооружений.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ» ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДЛЯ СУДОСТРОЕНИЯ, В ТОМ ЧИСЛЕ АРКТИЧЕСКИХ МАРОК СТАЛЕЙ**

Попков А.Г. (ПАО «Северсталь», Санкт-Петербург)

### **CAPABILITIES TO PRODUCE FLAT STEEL PRODUCTS FOR SHIPBUILDING, INCLUDING ARCTIC STEEL GRADES, AT PAO SEVERSTAL FACILITIES**

Popkov A. G. (PAO Severstal, St. Petersburg)

*The difficulty of the fields development in the Arctic shelf is explained by the extreme climate and ice conditions, for which a new generation of high-reliability cold-resistant materials needs to be developed.*

*In collaboration with the Prometey Institute, Central Research Institute of Structural Materials, Severstal has developed a technology for production of low-alloyed steel grades with a guaranteed yield strength of 420 MPa and 460 MPa. These steel grades have "Arc" index and are designed for building Arctic ships and Arctic platforms for hydrocarbon extraction. In addition, Prometey and Severstal developed high-strength steels with a specified yield strength of 890 MPa and 960 MPa for construction of crane structures and other lifting devices.*

*New steels with "Arc" index may be used without limitations in the Arctic conditions for any structural elements and are unrivalled throughout the world. However, they must meet a number of additional requirements as to the results of special tests for determination of ductile-to-brittle-transition-temperatures (DBTT and NDT) and crack resistance at low test temperatures (critical crack tip opening displacement CTOD).*

*As of today, Severstal has mastered the production of full range of shipbuilding and structural steels for construction of structures and facilities to be operated in the Arctic regions.*

Сложность в освоении месторождений в арктическом шельфе определяется экстремальными ледовыми и климатическими условиями, для которых требуется разработка высоконадежных хладостойких материалов нового поколения.

Северсталь совместно с ЦНИИКМ «Прометей» разработала технологию производства низколегированных марок с гарантированным пределом текучести 420 МПа и 460 МПа с индексом «Арс» для строительства судов арктического назначения и арктических платформ для добычи углеводородов, а также высокопрочных сталей с нормируемым пределом текучести 890 МПа и 960 МПа для крановых конструкций и других грузоподъемных механизмов.

Новые стали с индексом «Арс» могут применяться без ограничений в условиях Арктики для любых конструктивных элементов и не имеют аналогов в мире. Однако они должны соответствовать ряду дополнительных требований к специальным видам испытаний по определению критических температур хрупкости (вязко-хрупкого перехода  $T_{kb}$  и нулевой пластичности NDT) и трещиностойкости при низких температурах испытаний (по критерию критического раскрытия в вершине трещины CTOD).

На текущий момент на Северстали освоена вся продуктовая линейка судостроительных и конструкционных сталей, необходимых для строительства конструкций, эксплуатируемых в Арктической зоне.

## **АРКТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ – ИМПУЛЬС ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Смирнов С.В. (Ассоциация поставщиков нефтегазовой промышленности «Созвездие», Судостроительный кластер Архангельской области, Архангельск)*

С учетом государственных приоритетов по созданию транспортной и энергетической инфраструктуры в Арктике, увеличению объемов судоходства по СМП до 80 млн. тонн к 2024 году и развитию нефтегазовых проектов, промышленно-транспортный потенциал Архангельской области и других арктических регионов будет активно задействован в решении данных задач. Архангельский транспортный узел играет крайне важную роль в функционировании единой транспортной инфраструктуры Российской Арктики, участвуя в выстраивании и поддержании транспортно-логистических потоков и связывая между собой многие регионы страны и функционально готов к наращиванию объемов перевалки и перевозки. Это объективно обусловлено географическим расположением Архангельска как арктического порта, максимально приближенного к промышленным центрам формирования грузовой базы, по сравнению с прочими портами севера.

МЛСП «Приразломная» и СПБУ «Арктическая» – морские платформы, построенные совместными усилиями предприятий города Северодвинска: АО «ПО «Севмаш» и АО «ЦС «Звездочка». В последнее время предприятиями построен целый ряд судов гражданского назначения: траулеры, буксиры, вспомогательные суда, выполнено строительство нефтегазовых объектов для зарубежных заказчиков. Согласно поручению президента Российской Федерации, к 2030 году доля гражданской продукции в структуре выпуска предприятий ОПК должна составить не менее 50%. Руководство северодвинских предприятий рассматривает производство морских платформ как одно из приоритетных направлений развития наряду с выполнением ГОЗ. Они обладают необходимыми компетенциями, технологическими и трудовыми ресурсами по изготовлению объектов морской техники предназначенной для освоения углеводородных месторождений Арктики. В Архангельской области действуют Северный (Арктический) федеральный университет, Северный государственный медицинский университет и Арктический морской институт, что обеспечивает необходимый образовательный ресурс. Кроме того, для освоения арктических месторождений и развития грузоперевозок крайне важным является строительство сопутствующей инфраструктуры: транспортной, портовой, жизнеобеспечивающей, аварийно-спасательной. Благодаря своему географическому положению и выходу к морю Архангельская область идеально подходит для того, чтобы служить опорным пунктом на пути в Арктику.

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЭВАКУАЦИИ ПЕРСОНАЛА С МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.**

С.И.Косьмин, В.И. Таровик (ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)  
В.И.Димитров, С.М.Синяков, П.А. Утямишев (ПАО «Газпром»)

### **PROBLEMATIC ISSUES OF USING TECHNICAL MEANS FOR COLLECTIVE EVACUATION OF PERSONNEL FROM OFFSHORE OIL AND GAS FACILITIES**

S. I. Kosmin, V. I. Tarovik (FSUE Krylov State Research Center)  
V.I.Dimitrov, S.M.Sinyakov, P.A.Utyamishhev (PJSC Gazprom)

*The intensive development of industrial activity in the waters of the Russian Arctic shelf requires adequate provision of the safety of personnel of offshore oil and gas facilities. One of the most important components of this process is the safety evacuation of personnel in emergency conditions during the destruction, capsize and flooding of offshore objects. An analysis of domestic and international regulatory documents shows that the basic requirements for evacuation systems: temporary shelters, launching devices, lifeboats and rescue boats, etc., are universal and are applied equally to both ships and offshore oil and gas platforms. At the same time, such important distinguishing factors as the high altitude of the descent of life-saving appliances and the Arctic conditions of their use remain outside the scope of attention. The concept of evacuation operations when rescuing personnel of offshore oil and gas facilities also requires its correction.*

*The report examines the problem of emergency evacuation of personnel and proposes conceptual design solutions for temporary shelters, Arctic lifeboats and their launching devices.*

Интенсивное развитие промышленной активности в акваториях российского арктического шельфа требует адекватного обеспечения безопасности персонала морских нефтегазовых сооружений. Одной из важнейших составляющих этого процесса является безопасная эвакуация персонала в аварийных условиях при разрушении, опрокидывании и затоплении морских объектов. Анализ отечественных и международных нормативных документов показывает, что основные требования к эвакуационным системам: временным убежищам, спусковым устройствам, спасательным и дежурным шлюпкам и пр. являются универсальными и применяются в равной степени как для судов, так для морских нефтегазовых платформ. При этом за пределами внимания остаются такие важнейшие отличительные факторы как большая высота спуска спасательных средств и арктические условия их применения. Концепция эвакуационных операций при спасании персонала морских нефтегазовых сооружений также требует своей коррекции.

В докладе рассматривается проблематика аварийной эвакуации персонала и предлагаются концептуальные проектные решения для временных убежищ, арктических спасательных шлюпок и их спусковых устройств.



# **СОЗДАНИЕ ПОДВОДНО-ПОДЛЁДНОЙ МАСШТАБИРУЕМОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА БАЗЕ СВЕРХТЯЖЕЛОГО АВТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА БОЛЬШОЙ АВТОНОМНОСТИ**

Апполонов Е.М., Бачурин А.А., Киселев Н.К., Умяров С.Х., АО «ЦКБ «Лазурит».

## **SCALABLE SUB-ICE TECHNOLOGY PLATFORM BASED ON A SUPER-HEAVY AUTONOMOUS UNMANNED UNDERWATER VEHICLE**

E. Appolonov, A. Bachurin, N. Kiselev, S. Umyarov, Lazurit CDB JSC.

*The design of a super-heavy autonomous unmanned underwater vehicle (AUV) is due to the task of creating a modular scalable underwater-ice vehicle capable of providing approbation, debugging, testing and development of technologies for using underwater robotic systems for various purposes in the natural conditions of the Arctic seas. The AUV will provide a large range of full-scale experimental and technological underwater work, including under ice conditions. The project is testing technological solutions to ensure long-term autonomous operation, as well as the introduction of open protocols for the interaction of AUV systems and systems in the external operational environment of the vehicle, including with a remote coastal infrastructure.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Задачи создания, внедрения и эксплуатации подледных и подводных технологий и технических средств для добычи полезных ископаемых в условиях замерзающих морей затрагивают широкий спектр вопросов для компаний, работающих в данном направлении. Разработка, строительство и эксплуатация инженерных объектов в условиях замерзающих морей требуют учета социальных, технических, экологических аспектов интервенции в северный регион в ходе реализации энергетической политики Российской Федерации. Сложные комплексные задачи в условиях высокой неопределённости традиционно решаются крупными инжиниринговыми компаниями, способными создавать масштабируемые технологические платформы и социо-технологические экосистемы на их основе.

АО «ЦКБ «Лазурит», являясь инжиниринговым центром проектирования Дальневосточного судостроительного кластера ПАО «НК «Роснефть» по заказу Фонда перспективных исследований выполнил технический проект по созданию сверхтяжелого необитаемого подводного аппарата большой автономности, обеспечивающего выполнении длительных, в том числе подледных, миссий в условиях замерзающих морей Арктического региона.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель работы по созданию сверхтяжёлого автономного необитаемого подводного аппарата большой автономности (АНПА БА) обусловлена необходимостью создания модульной масштабируемой подводной платформы способной обеспечить апробацию, отладку, испытания и отработку технологий использования подводных робототехнических комплексов (РТК) различного назначения [1-3] в натурных условиях Арктических морей. Одной из целей данной работы является создание и отработка открытых протоколов взаимодействия как систем внутри АНПА БА, так и взаимодействия с внешним операционным окружением аппарата, в том числе с удаленной береговой инфраструктурой. Создание АНПА БА обеспечит проведение большого комплекса натурных экспериментальных и технологических подводных работ по развёртыванию и обслуживанию технических средств разведки, добычи и транспортировки углеводородов, в том числе в подледных условиях.

Выбор создания сверхтяжелого АНПА БА в качестве базы подводно-подлёдной масштабируемой технологической платформы связан с тем, что его создание комплексно охватывает основные технические направления для обеспечения практического использования подводно-подледных РТК:

- Обеспечение навигацией (высокоточные бесплатформенные инерциальные, гидроакустические, радионавигационные и спутниковые навигационные системы);
- Обеспечение связи (гидроакустическая, радио, космическая);
- Неядерная энергетика (накопители энергии, криогенное хранение топлива, гибридные энергоустановки);
- Системы управления (автономность, мультиагентность, открытая архитектура, отказоустойчивость, возможность внедрения элементов искусственного интеллекта);
- Информационные средства поддержки (программные симуляторы, использование баз геофизической информации для планирования и симуляции миссий, стенды отладки взаимодействия и симуляции миссий);
- Модульность, масштабируемость.

Разработка АНПА БА проводилась в кооперации с ведущими научно-исследовательскими центрами: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор» в части создания системы навигации, связи, управления и освещения обстановки; ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в части гидродинамических исследований и оценок управляемости аппаратом, использования композитных материалов в конструкции пропульсивной установки; ФГБУ «ИПМТ ДВО РАН» в части разработки программного комплекса управления; Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт (АО «ГНИНГИ») в части проработки вопросов использования баз данных по гидрографическому и гидрометеорологическому обеспечению использования робототехнических средств; АО «Концерн «Океанприбор» в части создания и концепции использования модулей с гидроакустическими средствами, в том числе с протяженными гидроакустическими антеннами, для обследования Арктических морей и поиска полезных ископаемых.

### **ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЯТЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОЗДАНИЮ АНПА БА**

Заложенный в основы архитектуры АНПА БА модульный принцип построения (рисунок 1) предусматривает на данном этапе следующие модули:

- носовой модуль (поз. 1, рисунок 1), содержит интегрированную систему управления и освещения окружающей обстановки
- специализированный модуль всдиапазонной радиосвязи для обеспечения возможностей корректировки задания АНПА БА в подледном положении;
- модуль полезной нагрузки (поз. 2, рисунок 1), содержит оборудование, обеспечивающее выполнение необходимых технологических работ;
- энергетический (поз. 3, рисунок 1), содержит криогенную систему хранения реагентов и электрохимические генераторы;
- кормовой (поз. 4, рисунок 1), содержит пропульсивную установку, литий-ионный накопитель энергии и оборудование обеспечения работы технических средств.

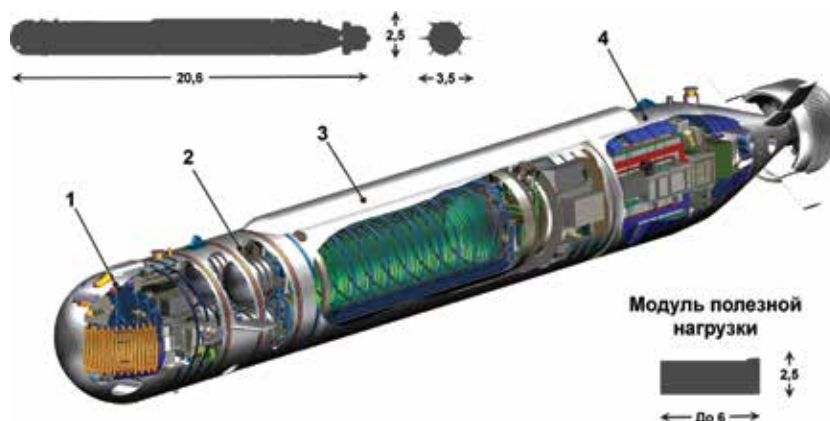


Рисунок 1- Автономный необитаемый подводный аппарат

Для обеспечения применения АНПА БА так же предложен контейнерный вариант поста управления аппаратом. Пост управления АНПА БА обеспечивает подготовку маршрутного задания и оценку правильности планирования миссии с использованием цифрового двойника АНПА БА путем симуляции выполнения задач миссии с использованием имеющихся баз данных по окружающей обстановке и гидрофизических параметров среды. В ходе выполнения маршрутного задания осуществляется периодический обмен данными между АНПА БА и постом управления. Выполняется сравнение плана работ и фактического состояния АНПА БА, при необходимости миссия может быть откорректирована.

Для оборудования района проведения длительных подводно-подледных работ разработана гидроакустическая навигационная система, функционирующая с использованием как донных маяков, так и в мобильном исполнении со спуском позиционного маяка с корабля носителя.

Базовое подводное техническое зрение АНПА БА обеспечивается носовой комфортной антенной системы освещения обстановки, высокочастотными гидролокаторами, направленными вперед, вверх и вниз носового модуля АНПА.

### **ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНПА БА**

Модульность и возможность выбора конфигурации АНПА БА в местах его эксплуатации, а также открытая архитектура позволяет оперативно выбрать необходимый модуль полезной нагрузки, назначить задания, провести симуляцию их выполнения, тем самым проверив правильность технологического плана проведения работ. Рассмотрим сценарии использования АНПА БА:

1. Обследование дна, трубопровода, подводных кабелей с использованием многочастотных гидролокаторов бокового обзора (рисунок 2). Преимущества АНПА БА - даже в базовой комплектации обеспечит обследование и передачу данных на пост управления при непрерывном выполнении работ в течение 200 часов.
2. Буксирование под водой низкочастотных излучателей сейсморазведки на одном АНПА БА, буксирование (или укладка на дно под лед) приемной сейсмической антенны.
3. Доставка малых аппаратов к месту проведения работ, и обеспечение их работ сервисами: навигации, передачи данных, корректировки задания, подзарядки, контейнерами со сменными инструментами.
4. Посадка на объект и работа собственными манипуляторами модуля полезной нагрузки.



Рисунок 2-АНПА с инженерным модулем.

### ТЕКУЩАЯ СТАДИЯ РАБОТ

На сегодняшний день по проекту оформлено 14 патентов на изобретения. Ведется разработка рабочей конструкторской документации для изготовления базовых кормового и носового модулей. Ведется изготовление макета АНПА БА. Реализуются решения по симуляции выполнения миссии с использованием АНПА БА.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сборник работ лауреатов международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа, 2019 г. «Разработка элементов подводных робототехнических резидентных систем на примере отечественного автономного необитаемого подводного аппарата интервенционного класса и сопутствующих технологий». Авторский коллектив АО «НПП ПТ «Океанос», ФГБОУ ВО СПбГМТУ, ООО «Световые системы», АО «Зеленоградский инновационно-технологический центр»: Занин В. Ю., Маевский А. М., Кожемякин И. В., Куцко А. Е., Шипатов А. В., Одноблюдов М. А.
2. Сборник работ лауреатов международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа, 2018 г. «Инновационная технология строительства подводных (подледных) скважин и комплекс технических средств для ее реализации». Авторский коллектив акционерного общества «Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин»: Торопов Е. Е., Кириллов М. В., Шабалин А. А., Мохов О. А., Литвиненко В. В., Оганов А. С., Душев С. А., Ковшов И. В.
3. Сборник работ лауреатов международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа, 2019 г. «Комплекс работ по разработке технологии и созданию регистрирующего комплекса с геленаполненной буксируемой косой и источниками упругих колебаний для сейсморазведки в районах Арктики и континентального шельфа». Авторский коллектив АО «Концерн «Океанприбор»: Селезнев И. А., Зархин В. И., Родионов В. Ю., Шатохин А. В., Шигапов Р. Р., Бородянская О. А., Демьянюк Д. Н.

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ**

*Шиченков А.Ю. (ОО «Транзас Навигатор»)*

Технический мониторинг объекта относительно новый тренд, который является первым шагом к новой технической революции, тотальной автоматизации и безэкипажным концепциям судовождения и добычи морских полезных ископаемых.

Тем не менее, компания Транзас уже наработала солидный опыт технического мониторинга и систем как на судах, так и на морских платформах. Данный опыт будет представлен в презентации. Также будут озвучены инновационные, но уже отработанные решения для морских платформ и судов Арктического региона.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ БУРОВЫХ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ**

*В.В. Чугунов, ООО «Арктические Морские Технологии» (АМТ), Москва,  
И.В. Щербаков, ПКБ «Петробалт», Санкт-Петербург*

На протяжении нескольких лет ведущие российские нефтегазовые компании ведут активную работу по сейсморазведке на своих лицензионных участках (ЛУ) арктического шельфа и в целом почти полностью выполнили лицензионные обязательства по этому виду работ.

В тоже время, эти работы практически не подкрепляются работами по поисково-разведочному бурению (ПРБ). С 2014 г. с различными результатами выполнено только 6 проектов: на месторождении «Долгинское» в Печорском море, на скважине «Университетская» и на Приямальских ЛУ Газпрома в Карском.

Дальнейшее продолжение и расширение буровых работ на арктическом шельфе во многом будет зависеть от технико-технологических инноваций, которые позволят не только полностью обеспечить стабильную и безопасную деятельность МБУ в течении всего бурового сезона, но значительно сократить затраты на разведку месторождений за счет оптимизации логистической схемы и состава вспомогательного флота.

Такой инновацией может стать создание новой нетрадиционной Схемы обеспечения ПРБ на арктическом шельфе, основанной на использовании Автономных Комплексов Обеспечения (АКО) буровых работ, которые включают в себя:

- плавучую базу обеспечения (ПБО) высокого ледового класса, способную снабжать МБУ всеми необходимыми материалами и оборудованием в течение бурового сезона, 2-3 многофункциональных ледокольных судна обеспечения (МЛСО), выполняющих функции ледовой защиты МБУ, ее буксировки, заводки якорей, а также функции ЛАРН и АСС;
- одно судно-снабженец для доставки грузов между ПБО и МБУ.

В докладе, на основе выполненной компаниями АМТ и «Петробалт» ОКР представлены основные результаты концептуальных проектов ПБО и МЛСО, а также показаны и обоснованы преимущества создания и использования АКО, а именно:

1. Возможность осуществлять разведочное бурение практически на всех лицензионных участках в Арктике, не зависимо от их удаленности.
2. Существенное снижение затрат на фрахт флота для обеспечения буровых операций (от 20% до 60%, в зависимости от удаленности ЛУ).
3. Создание предпосылки для формирования совершенно новой в отечественной и мировой практике технологии обеспечения ПРБ в Арктике и полное импортозамещение услуг судов под иностранным флагом.
4. Возможность использования АКО и судов входящих в его состав в ряде других видах деятельности на шельфе Арктики.

Для практической реализации предлагаемого инновационного проекта по созданию и использованию АКО необходимо решение ряда финансовых и организационных вопросов.

В докладе предлагаются и рассматриваются возможные пути их решения.

# НАТУРНЫЕ ЛЕДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕДОКОЛОВ И СУДОВ: ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ

Алексей Валерьевич Чернов, Анна Владимировна Савицкая, Полина Владимировна Максимова, Иван Андреевич Свистунов, Владимир Алексеевич Лихоманов, Нина Артуровна Крупина (все ФГБУ «АНИИ»)

## ICE TRIALS OF MODERN ICEBREAKERS AND VESSELS: EXPERIENCE AND PROBLEMS

Alexey Chernov, Anna Savitskaya, Polina Maksimova, Ivan Svistunov, Vladimir Likhomanov, Nina Krupina (all FSBI AARI, Saint-Petersburg)

*The experience of Ice Trials carried out by specialists of the FSBI AARI is considered. The purpose of Ice Trials is to identify the actual ice qualities of the vessel and compare them with the declared specification characteristics. The active introduction of pod-drive on ships, the use of the double-acting principle in the ship design, led to the expansion of types of tests in ice. And now Ice Trials are included not only investigation of vessel capability in ice at ahead and astern straight motion, but also circulation of the vessel, crossing ice ridges, and the movement of the vessel in brash ice (old channels). The question of regulating the procedures for conducting such tests is risen in the presentation.*

### ВВЕДЕНИЕ

Натурные ледовые испытания судна являются неотъемлемой частью завершающего этапа строительства судна ледового плавания. В ходе натурных ледовых испытаний подтверждается соответствие судна заявленным спецификационным характеристикам в части ледовых качеств. Поскольку требования к ледовым качествам судна определяются из характерных ледовых условий района его будущей эксплуатации, то соответствие фактических ледовых качеств заявленным является залогом успешной и безопасной эксплуатации судна. Это налагает высокую ответственность за результаты испытаний на выполняющие их организации. Для успешного выполнения испытаний необходимы опыт, научно-технические компетенции, а также значительные материально-технические ресурсы.

### ИСПЫТАНИЯ В XX ВЕКЕ

Натурные исследования ледовых качеств судов в России берут свое начало в конце XIX века. В 1899 г. по проекту адмирала С.О. Макарова был построен первый в мире мощный ледокол для арктического плавания – «Ермак». Во время его первого арктического рейса были проведены первые целенаправленные эксперименты по исследованию ледовой прочности корпуса, установлению ее зависимости от прочности льда и первые опыты по оценке сопротивления льда движению судна [Ермак во льдах, 1899]. Несмотря на крайне несовершенное оборудование, используемое при проведении экспериментов, задачи исследований и подход к их решению были выбраны с большим пониманием физической сущности изучаемых явлений.

Регулярные научные исследования процессов взаимодействия льда с судами и другими инженерными сооружениями возобновились с организацией в 1935 году в АНИИ Кораблеисследовательского бюро (с 1951 г. – лаборатория ледовых качеств судов, с 1987 г. – отдел ледовых качеств судов – ОЛКС). Основной задачей этого подразделения являлось исследование и развитие тех качеств судна, которые позволяют ему эффективно плавать в морях, покрытых льдом. Под эффективностью в данном случае понимается достаточная скорость движения в заданных ледовых условиях при минимальной вероятности получения повреждений. На основе такого определения были сформулированы два основных направления исследований ледовых качеств судов: сопротивление льда движению судна (ледовая ходкость) и ледовая прочность корпуса. В 1936 г. были проведены натурные испытания л/п «Садко», л/к «Красин» (исследования ледовых нагрузок и прочности корпуса) и л/к «Ермак» (исследования ледовой ходкости).

К знаковым, наиболее важным испытаниям, осуществленным в послевоенное время можно отнести испытания атомного ледокола «Ленин» (1965 год), ледокола «Ермак» (1974 год), атомного ледокола «Арктика» (1975 год), танкера «Самотлор» (1975 год).

В послевоенные годы в связи с активным пополнением флота ледового плавания СССР натурные испытания судов во льдах продолжались. Начиная с 60-х годов, практически ежегодно проводились испытания нового судна [Лихоманов, Ильчук, 2008]. Основными задачами испытаний, проводившихся в то время, являлись отработка методики, исследования распределения частоты и интенсивности воздействия льда на корпус судна в зависимости от ледовых условий, определение размеров пятна контакта в зависимости от формы корпуса и скорости движения судна, методы оценки уровня ледовой прочности корпуса по результатам тензометрических испытаний и т.д. Наиболее плодотворно при организации, проведении, обработке и внедрении результатов проявили себя сотрудники отдела Хейсин Д.Е., Рывлин А.Я., Лихоманов В.А., Свистунов Б.Н. [Лихоманов, 1982]. С учетом результатов многолетних испытаний и теоретических проработок к середине 70-х годов XX века в ОЛКС АНИИ была создана научно обоснованная методика проведения



натурных испытаний судов, признанная отечественными и зарубежными специалистами, основы которой изложены в ставшей классической книге А.Я. Рывлина и Д.Е. Хейсина «Испытания судов во льдах», выпущенной в 1980 году [Рывлин, Хейсин, 1980]. В этой работе были сформулированы основные положения методики испытаний, описана их техника, проведен всесторонний анализ процесса взаимодействия корпуса судна со льдом, который послужил основой для правильного подхода к выполнению испытаний и оценке их данных. В книге также уделено внимание принципам обработки экспериментальных данных, вероятностным приемам оценки основных ледовых качеств судна – ледовой ходкости, прочности и маневренности.

Существенный вклад в совершенствование методов измерений и обработки результатов натурных испытаний ледовых качеств судов внесли выпускники кораблестроительного института Крупина Н.А., Савицкая А.В., Свистунов И.А., Чернов А.В.

И.В. Степанов и Н.А. Крупина разработали авторскую программу расчета ледовых нагрузок, с помощью которой можно считать нагрузки не только на суда, но и на плавучие и стационарные шельфовые сооружения. Научный сотрудник А.В. Чернов, используя метод конечных элементов, разработали программы расчета ледовой прочности корпусов судов и расчета реакции корпусных конструкций на действие ледовых нагрузок. С использованием этих разработок в ОЛКС создан компьютерный вариант ледового паспорта, который в свою очередь используется в автоматизированных системах выбора оптимального пути судна во льдах.

## ИСПЫТАНИЯ В XXI ВЕКЕ

С началом XXI века активное проведение натурных ледовых испытаний судов возобновилось.

В 2002 г. по заказу фирмы Эксон Нефтегаз Лимитед ААНИИ были организованы и проведены во льдах Татарского пролива натурные испытания крупнотоннажного танкера «Приморье». Основной задачей этих испытаний была проверка разработанного для этого судна ледового паспорта в условиях реального плавания судна во льдах. Результаты испытаний подтвердили правильность расчетных оценок ледовых качеств этого судна и применимость методов расчета оптимальных режимов движения в различных ледовых условиях для крупнотоннажных транспортных судов.

В январе–феврале 2010 г. по заказу Корейского института полярных исследований (KOPRI) были проведены испытания первого корейского научно-исследовательского ледокола «Араон», предназначенного для снабжения корейских антарктических станций, проведения морских научных исследований в Северном Ледовитом и Южном океанах. Испытания проводились во время его первого антарктического рейса с целью исследования его ледовых качеств. По результатам натурных испытаний, дополненных расчетами ледопроеходимости, был сделан вывод о том, что ледопроеходимость ледокола удовлетворяет спецификационным требованиям. Скорость движения передним ходом в ровном сплошном льду толщиной 1.0 м и прочностью 630 кПа на номинальной мощности на валах 10 МВт составила 2.1 узла при осадке 7.3 м, 3.0 узла при осадке 6.8 м.

В 2013 году были проведены натурные ледовые испытания научно-экспедиционного судна (НЭС) «Академик Трешников» [Крупина и др., 2013а, Крупина и др., 2013б, Чернов и др., 2013]. Основным назначением НЭС «Академик Трешников» является снабжение отечественных антарктических научно-исследовательских станций и смена их персонального состава. Основным конструктивным отличием НЭС «Академик Трешников» от судов, традиционно снабжавших советские и российские антарктические станции (дизель электроходы «Обь», «Лена», суда типа «Амгуэма», НЭС «Михаил Сомов, НЭС «Академик Федоров») является то, что это судно имеет двухвальный пропульсивный комплекс с винтами фиксированного шага.

Согласно программе натурных ледовых испытаний проверке подлежали: ледопроеходимость НЭС при движении передним ходом; ледопроеходимость НЭС при движении задним ходом; маневренность, прочность корпуса при движении в ледовых условиях. Натурные ледовые испытания НЭС «Академик Трешников» проводились в припае у острова Адельд, в припае в заливе Симонова и в поле дрейфующего льда в море Уэддела. По результатам испытаний НЭС «Академик Трешников» был сделан вывод, что его ледопроеходимость при движении передним ходом со скоростью 2 узла в сплошном ровном льду и прочности льда на изгиб 500 кПа при осадке 8,5 м и мощностью на валах 90 % от максимальной (12,4 МВт) составляет 1,20 м.

В феврале – марте 2017 года по заказу южнокорейской судостроительной компании «Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering Co., Ltd.» (DSME) сотрудники отдела ледовых качеств судов ФГБУ «ААНИИ» обеспечивали и принимали участие в проведении натурных испытаниях судна газовоза «Кристоф де Маржери». Натурные испытания газовоза «Владимир Русанов», однотипного с «Кристофом де Маржери», состоялись в феврале – марте 2018 года. Газовозы этого типа предназначены для обеспечения вывоза сжиженного газа с полуострова Ямал. Мощность пропульсивного комплекса газовозов, состоящего из 3 винторулевых колонок типа «Азипод», составляет 45 МВт, что обеспечивает ледопроеходимость судна не менее 2,1 метра.

В рамках испытаний этих судов специалистами ААНИИ было выполнено:

- поиск и подготовка полигонов для проведения контрольных пробегов судна, соответствующих требованиям программы испытаний;

- получение необходимой и достаточной информации о прочностных свойствах льда и снега на полигоне;
- разработка детальной процедуры выполнения всех требуемых измерений, содержащей научное или нормативное обоснование их производства, а также требования к их точности.

Испытания обоих судов прошли успешно.

В апреле 2017 года по заказу южнокорейской судостроительной компании Samsung Heavy Industries Co., Ltd. в ледовых условиях акваторий Карского моря и Обской губы были проведены натурные испытания танкера «Штурман Альбанов». В состав работ входили поиск полигонов, необходимые ледовые измерения, выполнение контрольных пробегов судна, а также выдача по результатам испытаний заключения о соответствии танкера спецификационным требованиям в области ледовой ходкости.

В апреле 2018 года проводились испытания ледокола «Илья Муромец». Главной целью натурных ледовых испытаний являлась оценка соответствия реальных ледовых качеств ледокола спецификационным характеристикам, для чего должна быть выполнена оценка скорости движения ледокола передним и задним ходом в сплошном ровном льду. Кроме того, в рамках ледовых испытаний были проведены оценки радиусов циркуляции при движении передним и задним ходом в сплошном ровном льду, исследование работы ледокола при форсировании тороса передним и задним ходом, а также исследование работы ледокола набегами. Для выполнения поставленных задач был осуществлен поиск полигона для проведения испытаний, разработан план проведения тестов, проведены исследования морфометрических характеристик ледяных образований и физико-механических свойств льда. При проведении тестов также производилась регистрация параметров движения судна и работы пропульсивного комплекса.

Ледокол проекта 21180 «Илья Муромец» соответствует спецификационным характеристикам по ледопроеходимости передним и задним ходом, обладает высокими маневренными характеристиками при движении во льдах толщиной до 1 м, а также способен осуществлять работу набегами во льдах толщиной 1,5 м и более.

В 2019 году в Обской губе были выполнены натурные ледовые испытания ледокольного судна обеспечения (ЛСО) проекта Aker Arc130A «Александр Санников», построенного по заказу компании «Газпром нефти». Судно предназначено для обеспечения работы Новопортовского месторождения. Особенностью судна является пропульсивный комплекс, состоящий из двух кормовых и одной носовой азимутальных колонок типа «Azipod». Такое решение обеспечивает высокую ледопроеходимость судна, хорошие маневренные качества во льдах, но накладывает ограничения на работу судна набегами.

Главной целью натурных ледовых испытаний «Александр Санников» являлась оценка соответствия судна его спецификационным требованиям, а также исследования ледовой ходкости и маневренности данного судна во льдах. Ледовые испытания подтвердили, что ЛСО «Александр Санников» соответствует спецификационным характеристикам по ледопроеходимости передним и задним ходом и обладает высокими маневренными характеристиками.

Таким образом, за последнее десятилетие специалистами ААНИИ были успешно проведены испытания судов различных типов. По результатам испытаний нескольких типов современных судов, предназначенных для различных целей, можно говорить о целесообразности совершенствования методов проведения натурных испытаний судов во льдах, учитывая конструктивные особенности разных типов судов, а также предъявляемые к ним требования.

## **ОБОБЩЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

### **ТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ**

Натурные ледовые испытания рассматриваются как единая научно-логистическая задача, главной целью которой является оценка соответствия судна его спецификационным требованиям, а также исследования ледовой ходкости и маневренности данного судна во льдах. Наиболее важной – паспортной характеристикой судна является его предельная ледопроеходимость – толщина льда, преодолеваемая судном с минимальной устойчивой скоростью при максимальной мощности на валах.

В настоящее время, помимо испытаний ледопроеходимости передним и задним ходом, выполняется еще несколько видов испытаний, таких как оценка радиуса циркуляции судна в ледовых условиях, тесты на движение в старом канале, тесты на форсирование тороса.

### **НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПЫТАНИЙ**

Проведение в ходе натурных ледовых испытаний как традиционных тестов, так и отмеченных новых видов экспериментов, сталкивается с рядом нерешенных задач.

Важной проблемой остается учет влияния на ледопроеходимость судна снежного покрова. Влияние снежного покрова на движение судна может быть значительно, вплоть до определяющего. Например, увеличение размерений современных танкеров и газозовов ледового плавания привело к значительному увеличению влияния такой компоненты сопротивления, как трение, а наличие снежного покрова приводит

к ее дополнительному увеличению. Если же спецификационная ледопроходимость судна характеризуется только толщиной льда, без оговорок про толщину снега, то соответствие ледопроходимости судна спецификации может быть оспорено. Несмотря на работы в этой области ведущих ученых [Свистунов, 1981, Грамузов, Тихонова, 2011, Сазонов, 2016, Грамузов и др., 2017], задача не имеет общепризнанного решения.

Учет воздействия течения на результаты испытаний зачастую не выполняется. Поскольку испытания производятся как правило в припайном льду, вероятность наличия подледного течения весьма высока. При этом течение может действовать не только вдоль курса судна, навстречу и против движения, но и поперек, прижимая судно к кромке канала и создавая за счет этого дополнительное сопротивление. Избежать этого эффекта можно за счет включения в программу испытаний работ по измерению течений. Время и направление пробегов судна должны выбираться исходя из соображений минимизации влияния течений на результаты тестов.

В настоящее время не регламентировано управление колонками при проведении тестов по оценке радиусов циркуляции во льдах. Можно встретить требование, чтобы тест осуществлялся при колонках, переложенных на один борт на угол 30°. Очевидно, что данная методика, перешедшая с судов с традиционным винто-рулевым комплексом, существенно ограничивает возможности судна, и в конечном итоге не может служить объективной оценкой его маневренных качеств во льдах.

Методика проведения испытаний по форсированию тороса также далека от завершенности. Спецификация зачастую ограничивается довольно размытой формулировкой, например, «судно должно преодолевать торос толщиной 6 метров непрерывным ходом при движении кормой вперед». При этом, как правило, отсутствуют характеристики строения тороса, режим движения судна, режим работы винто-рулевого комплекса. В таких условиях испытания по форсированию тороса становятся чистой формальностью, имеющей мало общего с оценкой ледовых качеств судна.

Еще большие проблемы вызывает испытания ледопроходимости в старом канале. Среди методических сложностей стоит отметить отсутствие каких-либо требований по морфометрическим характеристикам канала, отсутствием требований к физико-механическим свойствам льда, а также к степени смерзания канала, которая будет оказывать наибольшее влияние на движение судна. Имеются также и организационные сложности. Само наличие канала подразумевает интенсивное движение судов по нему. Организация работ на канале в таких условиях зачастую невозможна без риска для жизни и здоровья людей.

Необходимо также отметить, что ледовые испытания зачастую проводятся на судах, уже введенных в эксплуатацию. Это накладывает жесткие ограничения по времени, затрачиваемому на поиск полигона и на непосредственное выполнение тестов. Решающее значение в таких условиях приобретает заблаговременный поиск полигонов, который может быть осуществлен с помощью спутниковых методов наблюдения за ледовой обстановкой. Кроме того, для сокращения продолжительности испытаний, непосредственно в ходе рейса могут быть подготовлены рекомендации по оптимальному маршруту плавания до района проведения испытаний. Специалистами ААНИИ такие работы выполняются в ходе натурных ледовых испытаний.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящее время существует сложившаяся практика натурных ледовых испытаний судов, основанная на многолетнем опыте их проведения. Используемые методы и приемы позволяют успешно осуществлять требуемые тесты в достаточном объеме в минимальные сроки. Вместе с тем, активное строительство новейших ледоколов и судов ледового плавания, отличающихся увеличенными размерениями, более сложным устройством пропульсивного комплекса, диктует необходимость развития методов проведения ледовых испытаний.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Грамузов Е.М., Тихонова Н.Е. Метод учета влияния снега на сопротивление ледокола за счет приведенной толщины сплошного ледяного покрова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2011. № 4(91). С. 178–183.
2. «Ермак» во льдах: Описание постройки и плаваний ледокола «Ермак» и свод науч. материалов, собран. в плавании: В 2 ч. / Сост. вице-адм. С. Макаров. — Санкт-Петербург: тип. СПб. акц. о-ва печ. дела в России Е. Евдокимов, 1901.
3. Крупина Н.А., Лихоманов В.А., Чернов А.В.. Натурные испытания ледовой ходкости НЭС «Академик Трёшников» в Антарктике Научно-техническая конференция «Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа». XLV Крыловские чтения, Санкт-Петербург. 2013 г.
4. Крупина Н.А., Лихоманов В.А., Чернов А.В. Оценка ледовой ходкости НЭС «Академик Трёшников» / Проблемы Арктики и Антарктики. 2013. № 3 (97) стр. 57-64.
5. Лихоманов В.А., Ильчук А.Н.. «Ледокольный флот России – этапы и пути совершенствования его качеств». Сборник «Гидрометеорологическое обеспечение Арктического мореплавания в XX и начале XXI века», ГНЦ РФ ААНИИ, 2008 г., стр. 152-168.

6. Лихоманов В.А. Метод оценки ледовой прочности корпусных конструкций судов по данным натурных испытаний. Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук Изд. ЛКИ, 1982. 24 с
7. Рывлин А.Я., Хейсин Д.Е. Испытания судов во льдах. Л.: Судостроение, 1980. 208 с.
8. Сазонов К.Е. О возможном механизме влияния снежного покрова на ледовое сопротивление судов // Полярная механика. 2016. № 3. С. 417–427.
9. Свистунов Б.Н. ледовая ходкость ледокола в заснеженных льдах и на мелководье. Тр.ААНИИ. Т.376. 1981
10. Чернов А.В., Крупина Н.А., Лихоманов В.А. Экспериментальная оценка ледовой прочности корпуса научно-экспедиционного судна «Академик Трёшников». Научно-техническая конференция «Проблемы мореходных качеств судов, корабельной гидромеханики и освоения шельфа». XLV Крыловские чтения, Санкт-Петербург, 2013 г.

## **ИДЕОЛОГИЯ ЛЕДОВОГО ПАСПОРТА – НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ РАЗРАБОТКИ "НАСТАВЛЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДНА В ПОЛЯРНЫХ ВОДАХ"**

Нина Артуровна Крупина, Анна Владимировна Савицкая, Полина Владимировна Максимова,  
Иван Андреевич Свистунов, Владимир Алексеевич Лихоманов, Алексей Валерьевич Чернов (все ФГБУ «ААНИИ»)

### **THE IDEOLOGY OF THE ICE PASSPORT AS AN INTEGRAL PART OF THE DEVELOPMENT OF THE POLAR WATER OPERATIONS MANUAL (PWOM)**

Nina Krupina, Anna Savitskaya, Polina Maksimova, Ivan Svistunov, Vladimir Likhomanov,  
Alexey Chernov (all FSBI "AARI")

*Ice Passport is one of the oldest instruments for ensuring the safety of navigation of ships in ice conditions. Ice Passports have been developing for ice-going ships since the beginning of 1970s. The main part of the ideology of the ice passport is to determine the safe speeds of navigation of a particular vessel in specific ice conditions, for which individual calculations of ice loads, as well as hull structures response using finite element calculations, must be performed. Such calculations are especially relevant for vessels of not the highest ice categories. The ideology of the Ice Passport can become an important part of the Polar Water Operations Manual – a document that is mandatory for the presence onboard ships according to the requirements of the Polar Code.*

Идея создания документа, который бы связывал специфические для данного судна ледовые качества судна с конкретными ледовыми условиями его плавания, окончательно сформировалась в ААНИИ в середине 1960х гг. По замыслу авторов такой документ, который впоследствии стал называться «ледовым паспортом», должен регламентировать предельные ледовые условия эксплуатации судна, безопасные скорости движения в определенных ледовых условиях во взаимосвязи с местной прочностью корпуса (объемом ледовых усилений), ледопроеходимостью судна, его маневренными характеристиками и т.д. Фактически, ледовый паспорт содержал рекомендации для повышения эффективности эксплуатации судна за счет выбора оптимальных режимов движения во льдах: наиболее высокие безопасные скорости движения и сведение к минимуму вероятности повреждения корпуса. В ААНИИ были разработаны ледовые паспорта для более чем 30 судов ледового плавания и ледоколов.

В общем случае, под ледовым паспортом понимается руководство, определяющее условия безопасного плавания во льдах конкретного судна или судов одного типа. Принципиальной особенностью паспорта является то, что он определяет ледовые качества данного конкретного судна на основе информации о его конструктивных особенностях, обводах корпуса и других параметрах судна, учитываемых настолько полно и детально, насколько это позволяет совершенство методологии. В этом состоит отличие ледового паспорта от ледовой категории, присваиваемой судну классификационным обществом. Ледовая категория характеризует некий минимальный уровень прочности корпуса и, в ряде случаев, минимальную мощность энергетической установки (либо толщину ровного льда, которая должна преодолеваться судном). Соответственно, фактические ледовые качества судов, имеющих одинаковый ледовый класс, могут заметно различаться. С другой стороны, суда, отличающиеся ледовой категорией, могут быть схожими по каким-то своим ледовым качествам.

Следует также отметить, что ледовая категория либо вообще не связывает в явном виде технические характеристики судна и его эксплуатационные свойства при плавании во льдах, либо описывает эту связь в самых общих выражениях (например, «допускается плавание под проводкой ледокола в замерзающих неарктических морях»). В противоположность ледовой категории ледовый паспорт содержит явные рекомендации по скоростям движения и другим эксплуатационным параметрам в зависимости от режима плавания судна (автономное, под проводкой ледокола) и ледовых условий (толщина льда, его сплоченность, торосистость и т.п.). По-видимому, этим обстоятельством определялось то, что несколько десятилетий в Правилах классификации и постройки морских судов Регистра СССР, а потом и Российского морского регистра судоходства было записано следующее требование: «Регламентация допустимых условий плавания судна при его эксплуатации должна осуществляться на основе ледового паспорта, разработанного компетентной организацией и учитывающего форму обводов, конструкцию корпуса, предполагаемые район, сезон и тактику ледового плавания конкретного судна» [Правила; 1999].

Перечень тех параметров, которые характеризуют безопасные условия плавания судна во льдах, и соответственно, находят отражение в ледовом паспорте, не является чем-то фиксированным и зависит от ряда обстоятельств. К таким обстоятельствам относятся тип и режим эксплуатации судна, требования конкретного заказчика, возможности разработчика ледового паспорта оценить влияние того или иного фактора на безопасность плавания во льдах и др. Традиционно ледовый паспорт содержит комплект диаграмм, регламентирующих следующие параметры безопасных режимов движения:

- достижимую скорость, т.е. максимальную скорость, которую судно может развить при движении в данных ледовых условиях при заданной мощности на валу (валах) безотносительно того, ведет ли поддержание судном такой скорости к ледовым повреждениям корпусных конструкций или нет;
  - безопасную скорость – максимальная скорость движения судна во льду, при которой не происходит повреждение корпусных конструкций под действием ледовых нагрузок;
  - предельную скорость – предписываемая ледовым паспортом максимальная скорость судна, которую оно может развить при движении во льдах, не получая ледовых повреждений корпуса; определяется как меньшая из безопасной и достижимой скоростей;
  - максимальная толщина льда, сжатия в котором безопасно для танкера;
  - минимально допустимую дистанцию между лидирующим ледоколом и судном, при движении в канале; при соблюдении такой дистанции исключается столкновение в случае внезапной остановки идущего впереди судна;
  - минимальный допустимый радиус кривизны канала, при котором исключается заклинивание судна.
- Ледовый паспорт содержит рекомендации по скоростям судна при следующих режимах движения:

- самостоятельное плавание в сплошном льду, полях и обломках полей;
- самостоятельное плавание в крупнобитом льду;
- самостоятельное плавание в мелкобитом льду или движение в канале за ледоколом (ледоколами).

Для каждого режима даются графики безопасной, достижимой и предельной скорости в зависимости от толщины льда, с учетом торосистости и ледовых сжатий. Как правило, диаграммы ледового паспорта рассчитываются для грузовой и балластной осадки судна. Но при необходимости, диаграммы могут быть рассчитаны для любой осадки.

В дополнение к перечисленным выше параметрам, сейчас, когда в ледовых условиях активно используют суда двойного действия, важным вопросом обеспечения безопасности эксплуатации судна является оценка ледовых нагрузок на винто-рулевой комплекс.

Безопасная скорость движения судна определяется по различным критериям (как правило, по критерию упругости и критерию остаточных пластических деформаций) путем сравнения результатов расчета ледовых нагрузок и напряженно-деформированного состояния корпуса судна. При этом, движение судна со скоростью, которая не превышает безопасную скорость по критерию упругости, гарантирует отсутствие остаточных пластических деформаций в ледовом поясе судна («Безопасная зона» на рис. 1). При движении судна с более высокими скоростями, взаимодействие со льдом может вызывать повреждения конструкций ледового пояса. Однако если при этом скорость не превышает безопасных скоростей, построенных по критерию допускаемых пластических деформаций и устойчивости, то эти повреждения будут находиться в пределах, допускаемых правилами классификационных обществ («Зона риска» на рис. 1). Движение судна со скоростью, превышающей безопасные скорости, построенные по критериям допускаемых пластических деформаций и устойчивости, может привести к серьезным повреждениям ледового пояса, требующим последующего ремонта с заменой поврежденных элементов конструкции («Опасная зона» на рис. 1).



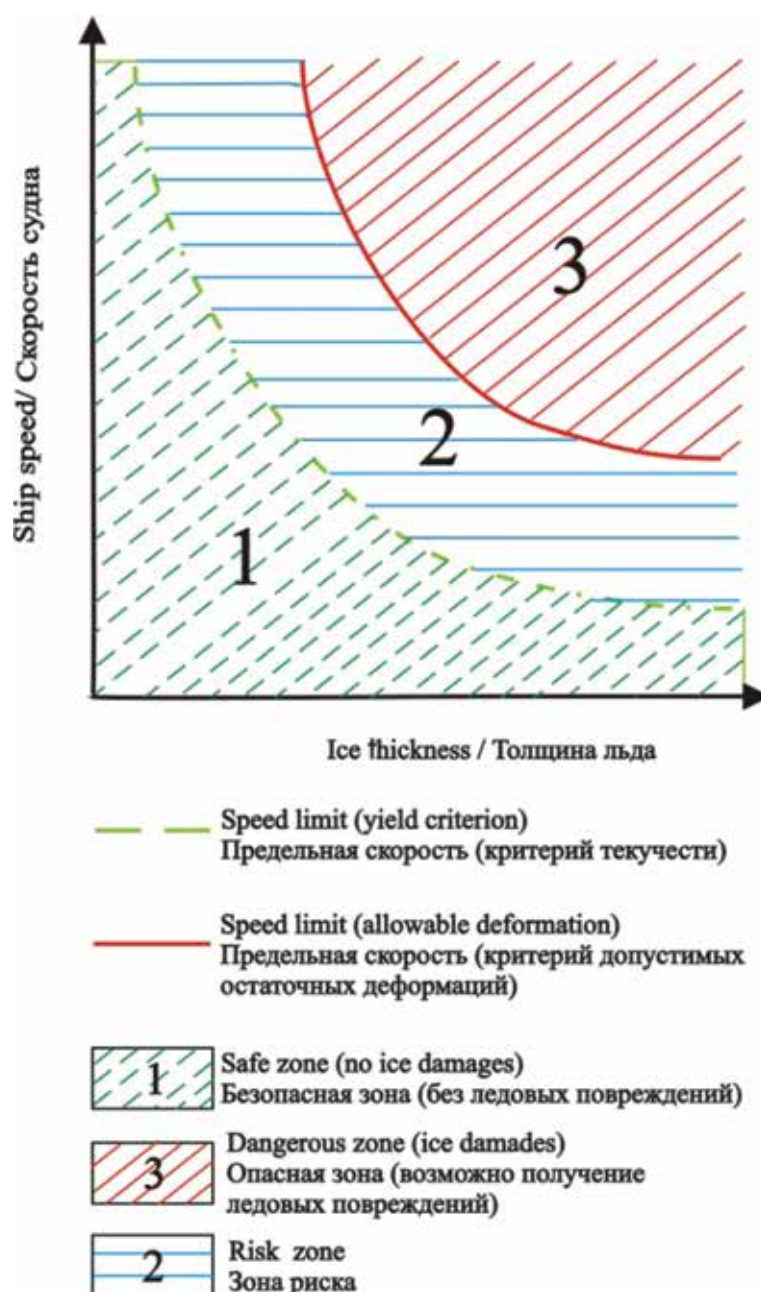


Рис. 1. Определение опасных и безопасных скоростей движения судна

На диаграммах, соответствующих работе судна в условиях сжатий, показываются значения предельных толщин льда, при которых судно в условиях сжатий не получит остаточных пластических деформаций в миделевой части корпуса, либо эти деформации будут в допустимых пределах. Сжатия безопасны, если толщина льда не превышает предельной толщины, рассчитанной по критерию текучести: на рис. 2 это прямая (1). Сжатия приведут к пластическим деформациям, если толщина льда больше предельной толщины, рассчитанной по остаточным пластическим деформациям: на рис. 2 это прямая (2). Если толщина льда находится между прямыми (1) и (2), то есть риск получения пластических деформаций, однако их величина не превысит значения, допускаемые правилами классификационного общества.

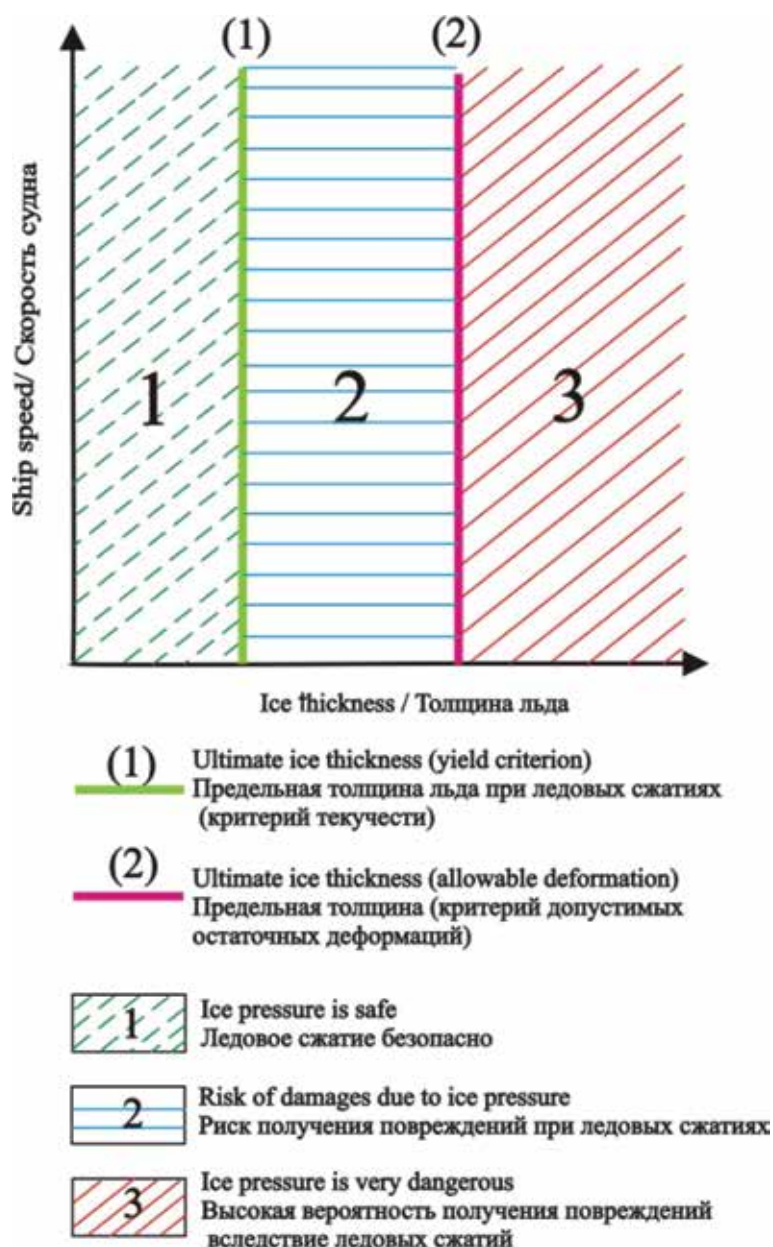


Рис. 2. Определение опасных и безопасных толщин льда при ледовых сжатиях

К сожалению, всесторонний и полный анализ использования ледовых паспортов не проводился. Тем не менее, известны отдельные примеры, когда несоблюдение рекомендованных ледовым паспортом безопасных скоростей приводило к повреждениям. Часть этих примеров приведена в работе (Likhomanov et al, 1993; Likhomanov et al, 1995). Известно также, что не всегда ледовые паспорта правильно использовались. Однако общая оценка значения этого документа пароходствами, использовавшими его в повседневной работе, весьма высока. В частности, на совещании в Главном Управлении Регистра 14.04.99 начальник Штаба морских операций западного района Арктики Н.Г.Бабич, обобщив положительный опыт использования ледовых паспортов, привел такой конкретный пример. Однажды, использовав рекомендации ледового паспорта т/х «Дмитрий Донской» и проанализировав прогнозируемую на трассе ледовую обстановку, он отказался от ледокольного сопровождения судна для выполнения конкретной коммерческой операции. Плавание судов было полностью успешным, и экономия средств составила несколько сотен тысяч долларов. Это пример творческого подхода к использованию ледовых паспортов и такие примеры можно привести еще.

По сообщению начальника технического отдела Северного морского пароходства Кочурова В.М. в их пароходстве также широко используются ледовые паспорта. Здесь главную пользу от этих документов видят при соблюдении рекомендуемых безопасных скоростей судов, следующих под проводкой ледоколов. Известно, что капитаны ледоколов (особенно недостаточно опытные), находясь на более прочном и мощном судне, неоправданно требуют увеличения скорости проводимых судов. В этих случаях арбитром для решения разногласий служит ледовый паспорт.

Сначала ледовые паспорта разрабатывал только ААНИИ, однако впоследствии их стали выпускать и ЦНИИ им.акад. А.Н.Крылова (ныне ФГУП «Крыловский государственный научный центр»), и ЦНИИМФ. Несмотря на то, что в целом содержание ледового паспорта было одинаковым, каждая научная организация имела свои расчетные методики.

С 2011 г. в соответствии с Циркулярным письмом Российского морского регистра судоходства (РС) № 314-2.2-547ц от 19.12.2011 г. для судов ледового плавания, поднадзорных РС, было необходимо получение «Свидетельства о допустимых условиях ледового плавания» – документа, регламентирующего предельные ледовые условия эксплуатации судна, безопасные скорости движения в определенных ледовых условиях во взаимосвязи с местной прочностью корпуса (объемом ледовых усилений и, соответственно, ледовой категорией судна), ледопроходимостью судна, его маневренными характеристиками и т.д. Данное свидетельство было предназначено для экипажей судов, судовладельцев, администрации флага и могло использоваться с целью оказания содействия принятию решения при выборе параметров движения судна во льдах. Свидетельство было предназначено для снижения риска получения повреждений корпуса судна при взаимодействии со льдом. Фактически, «Свидетельство о допустимых условиях ледового плавания» было аналогом Ледового паспорта.

В 2012 г. (обновлены в 2015 г.) Российский морской регистр судоходства (РС) выпустил «Методические рекомендации по выполнению расчета допустимых режимов движения судна во льдах» (НД № 2-039901-003, Санкт-Петербург, 2015 г.). В данном документе рассматривались два основных режима движения судна:

- непрерывное движение судна в битых льдах, под которым понималось движение судна с относительно высокой скоростью во льдах сплоченностью 6-7 баллов, когда возможны сильные удары об отдельно плавающие льдины и обломки ледяных полей; для этого режима была приведена методика расчета допустимой скорости и допустимой толщины льда;
- движение судна в канале, проложенном ледоколом, при этом режиме скорость судна определяется либо возможностями ледокола, либо прочностью корпуса судна; наиболее опасными являются удары корпуса о кромку канала, а также снижение минимальной безопасной дистанции следования судна за ледоколом или в составе каравана судов; для данного режима была дана методика расчета допустимой скорости и допустимой толщины льда, а также расчета минимальной безопасной дистанции.

Остальные возможные режимы движения судна во льдах, такие как непрерывное движение судна в сплошных льдах, разрушение льда набегам, движение при циркуляции и маневрировании во льдах, ледовые сжатия в рамках «Методических рекомендаций» по разным причинам были признаны «несущественными».

К сожалению, «Методические рекомендации» РС имели ряд недостатков. В частности, для большинства расчетных методик за основу были взяты эмпирические зависимости, полученные на большом объеме данных по традиционным судам ледового плавания. А это означает, что, хотя это и не оговаривалось в тексте «Методических рекомендаций», но область применения методики также ограничивалась судами с традиционными для судов ледового плавания размерениями, формой корпуса и конструкцией. Однако, в последние десятилетия было построено большое количество крупнотоннажных судов высоких ледовых категорий, с ледопроходимостью около 2 метров. У таких судов очень высокая местная прочность за счет усиленного набора, толщины наружной обшивки и использования стали повышенной прочности. И вот для таких судов «Методические рекомендации» РС оказались неприменимы, так как некоторые формулы и рассчитанные коэффициенты теряли физического смысла.

В 2018 г. в соответствии с Циркулярным письмом РС № 314-21-1123ц от 24.04.2018 г. Свидетельство о допустимых условиях ледового плавания судна выдается только на суда, не имеющие ледового класса, а расчет допустимых режимов движения во льдах судна с ледовым классом не является предметом рассмотрения Регистром.

В 2014 г. вступил в силу Международный кодекс для судов, эксплуатирующихся в полярных водах (Полярный кодекс). В соответствии с Полярным кодексом все суда ледового плавания должны иметь на борту «Наставление по эксплуатации в полярных водах (НЭПВ)». Составной частью НЭПВ являются руководство по безопасной эксплуатации судна во льдах. Для разработки этого раздела НЭПВ ИМО выпустило циркуляр MSC.1/Circ.1519 от 6 июня 2016 г. – «Руководство по методологии оценки возможностей и ограничений эксплуатации во льдах» (Guidance, 2016). Основу этого руководства составляет методика оценки риска, включенная в систему POLARIS (Polar Operational Limit Assessment Risk Indexing System). Однако, в данной системе все эксплуатационные ограничения вводятся применительно к ледовой категории судна. В частности, рекомендации по скоростным ограничениям даны очень примитивной таблицей (см. табл.1), в которой есть ссылка на ледовую категорию, но нет никакого соответствия ледовым условиям.

Таблица 1. Рекомендованные предельные скорости при операциях повышенного риска (таблица 1.2 из [Guidance, 2016])

| Ледовая категория | Рекомендованная предельная скорость |
|-------------------|-------------------------------------|
| PC1               | 11 узлов                            |
| PC2               | 8 узлов                             |
| PC3–PC5           | 5 узлов                             |
| Ниже PC5          | 3 узла                              |

*Примечание. Ледовая категория приведена в соответствии принятой в Полярном кодексе классификацией*

Выводом в Руководстве [Guidance, 2016] являются две таблицы расчетных индексов рисков для зимнего льда и льда в стадии разрушения, в которых для различных ледовых категорий и различных возрастных градаций льда оценены риски по шкале от 3 (минимальный риск) до –8 (максимальный риск). При этом для расчета индекса риска предлагается использовать упрощенное описание ледовых условий – учитывается только сплоченность и толщина льда. Как уже говорилось в начале доклада, ледовая категория связывает технические характеристики судна и его эксплуатационные свойства в самых общих чертах. Поэтому использование для оценки эксплуатационных ограничений только ледовой категории, во многих случаях может ограничивать возможности судна и даже приводить к необоснованному занижению скорости судна, что в свою очередь повлечет экономические потери. Применение идеологии ледового паспорта, как составной части НЭПВ, в котором оценены возможности конкретного судна с учетом его конструктивных особенностей, представляется более эффективным как для обеспечения безопасности эксплуатации судна, так и с экономической точки зрения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Likhomanov, V.A. Polferov, S.Y. Stepanov, I.V. Timofeyev, O.Y. Faddeyev, O.V. Principles for the Development and Prospective Use of the Ice Passports. Proceedings of the POAC'93, Vol.1, pp. 219—227.
2. V.A.Likhomanov, O. Ya.Timofeyev, V.I.Kashtel'yan, A.Ya.Buzuev, O. V.Faddeyev. Ice Passport of a New Generation. Proceedings of the POAC'95, Vol.1, pp. 37—42.
3. Методические рекомендации по выполнению расчета допустимых режимов движения судна во льдах. Издание Российского морского регистра судоходства. № 2-039901-003, Санкт-Петербург, 2015.
4. Guidance on methodologies for assessing operational capabilities and limitations in ice. MSC.1/Circ 1519 dated June 6, 2016.

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЛОЖНЫХ БУКСИРОВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ**

А.В. Баруев (ООО «ГАЗПРОМ ФЛОТ», Санкт-Петербург)

### **FEATURES OF HYDROMETEOROLOGICAL SUPPORT OF COMPLEX TOWING OPERATIONS IN THE ARCTIC SEAS**

A.V. Baruev (LLC "GAZPROM FLOT", Saint-Petersburg)

*In 2007-2019, Gazprom FLOT LLC was involved in well construction projects in the Arctic shelf regions of the Russian Federation. Over many years of successful work, we have accumulated vast experience in the field of hydrometeorological support for offshore operations, in the assessment of adverse weather events, and in the management of ice operations. Using the positive experience of Companies, you can create clear requirements to the development of GMOs in the future, to conceptual technologies development services for ships' routing through the Northern sea route. Particular attention should be paid to ice monitoring and issues for passage without icebreaking vessels, since the average annual air temperature in the Arctic latitudes increases the period of ice-free navigation every year.*

В 2007-2019 ООО «Газпром флот» было задействовано на объектах строительства скважин в районах Арктического шельфа РФ. За много лет успешной работы накоплен колоссальный опыт в части гидрометеорологического обеспечения шельфовых работ, в части оценки неблагоприятных погодных явлений, в области управления операций во льдах. Используя положительный опыт Общества, можно сформировать четкие требования к развитию ГМО в будущем, к концептуальным технологиям развития сервисов проводки судов по акватории СМП. Особое внимание следует уделить ледовому мониторингу и вопросам безледокольной проводки судов, так как ввиду повышения среднегодовой температуры воздуха в арктических широтах период безледокольной проводки ежегодно расширяется.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СУДОСТРОЕНИЯ В СОЗДАНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

Волков В. А. (АО «ЦКБ «Монолит», Городец)

### **THE POSSIBILITIES OF REINFORCED CONCRETE SHIPBUILDING IN CREATION OF THE INFRASTRUCTURE IN THE ARCTIC REGION**

Vladimir A. Volkov (JSC "CDB "Monolit", Gorodets)

*The application of ready-made floating and gravity-based objects, towed in 100% readiness for installation on site is the most applicable and effective method of solving the most complex problems of the development of the Arctic Region and during the planning of any production activities. Construction of such objects at specialized shipbuilding yards, which have transport connection means for delivery of the materials, the equipment and well-trained staff is more cheaper and faster than the capital construction in the Arctic Region. Reinforced concrete and composite steel reinforced concrete structures suit best for construction of such objects. The structures are essential in places, where you need long service life, resistance to corrosion, resistance to low temperatures and to rapid changes in climate conditions. Reinforced concrete caissons are one of the progressive tools, providing for construction of large-sized modern hydro-technical objects afloat. They are used for construction of full-sized quays, breakwaters and artificial islands. Caissons are floating objects and are towed to the construction site of a hydro-technical structure and then they are installed onto the sea bed. According to the technology, offered by CDB Monolit, we suggest to construct the floating dock-yard for production of caissons. The dock-yard will be demountable and it will be possible to tow it by inner water-ways.*

Наиболее приемлемым и эффективным способом решения сложнейших задач освоения Арктики и при организации любой производственной деятельности является использование готовых плавучих и наплавных объектов, доставляемых в 100 % готовности к месту их назначения. Постройка таких объектов на специализированных судостроительных предприятиях, которые обладают налаженными транспортными связями для поставок материалов и оборудования и постоянным квалифицированным производственным персоналом, намного дешевле и быстрее капитального строительства в арктической зоне. Оптимальным материалом для строительства таких объектов являются железобетонные и композитные сталежелезобетонные конструкции. Они незаменимы там, где требуется долговечность, коррозионная стойкость, устойчивость к низким температурам и резким изменениям погоды. Одним из самых прогрессивных средств, позволяющих наплавным способом создавать массивные объекты современного гидротехнического строительства, являются железобетонные массивы-гиганты. Они используются для строительства полноразмерных причалов, волноломов и искусственных островов. Массивы-гиганты являются плавучими сооружениями, и буксируются к месту строительства гидротехнического сооружения, где их устанавливают на грунт. По технологии, предложенной ЦКБ «Монолит», предлагается строительство плавучего док-завода для производства массивов-гигантов. Док-завода разборной конструкции, что позволит перевозить его по внутренним водным путям.

## **ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ОСНОВАНИЙ ЛЕДОСТОЙКИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА**

Благовидова И.Л., Носков В.В. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)

### **EXPERIENCE IN DESIGNING SUBSTRUCTURES OF ICE-RESISTANT PLATFORMS FOR ARCTIC SHELF DEVELOPMENT**

I.L. Blagovidova, V.V. Noskov (CDB Corall JSC, Sevastopol)

*The development of Arctic regions and Arctic shelf is a strategic task for developing RF's economy and the Russian Federation in general. About 93 % of the RF's natural gas and 75 % of RF's oil is produced in the permafrost zone. The article deals with CDB Corall JSC's experience unique in designing and constructing ice-resistant offshore platforms, including those intended to operate in the arctic environment. Proven experience in operating steel substructures of offshore platforms for freezing seas indicates the perspectives of their further applications. At the same time, the trend has been toward applications of reinforced concrete ice-resistant offshore platforms such as Berkut, Lunskeye-A, Piltun-Astokhskeye-B platforms operated in the Sea of Okhotsk. The article includes a comparative analysis of operating performances of steel- vs reinforced-concrete substructures of offshore platforms designed for the arctic environment. Conclusions are made as to the applicability of a particular type of structures based on actual operating conditions.*

Стратегической задачей для развития экономики и Российской Федерации в целом является освоение арктических территорий и арктического шельфа. В зоне многолетней мерзлоты добывается около 93 % российского природного газа и 75 % нефти. В статье рассматривается уникальный опыт АО «ЦКБ «Коралл» в части проектирования и строительства морских ледостойких стационарных платформ, в том числе и для арктических условий. Успешный опыт эксплуатации стальных опорных оснований морских платформ для условий замерзающих морей показывает перспективность дальнейшего их применения. В то же время существует тенденция применения опорных оснований морских ледостойких платформ в железобетонном исполнении – платформы Беркут, Лунская-А, Пильтун-Астохская-Б в Охотском море. Проводится сравнительный анализ характеристик применения стальных и железобетонных оснований морских платформ для арктических условий, делаются выводы о применимости того или иного типа сооружений исходя из реальных условий эксплуатации.



## **ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАВУЧИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ НА СПГ, ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ АРКТИКИ**

Ковалев М.В., Носков В.В. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)

### **FLOATING LNG-OPERATED POWER PLANT APPLICATIONS TO SUPPLY POWER TO INFRASTRUCTURAL FACILITIES IN ARCTIC REGION**

M.V. Kovalyov, V.V. Noskov (CDB Corall JSC, Sevastopol)

*In RF's Arctic zone and in Far East islands, extensive electric power network has yet to be developed. Therefore, floating power plant applications appear promising as a source of power supply to infrastructural facilities.*

*Since LNG transportation routes run in the vicinity of the above mentioned areas, natural gas is thought to be the most cost efficient fuel alternative for floating power plants.*

*Power plant capacity, layout and equipment configuration may vary as appropriate.*

*Principal technical solutions which can be used as a basis for design of floating power plants have been developed by CDB Corall JSC as part of designing the complex of facilities for power generation by use of LNG-operated power generating plants for the Republic of Indonesia.*

*Designing was fulfilled in close cooperation with the RS and potential suppliers of equipment.*

*Based on this work, it can be claimed that enterprises incorporated in United Shipbuilding Corporation JSC are capable of designing and manufacturing facilities of the complex for power generation by use of LNG-operated power generating plants, with the main part of process systems' equipment possible of being manufactured by Russian Manufacturers.*

В Арктической зоне РФ и островах Дальнего Востока отсутствует развитая электроэнергетическая система, в связи с этим, для снабжения инфраструктурных объектов электроэнергией представляется перспективным применение плавучих электростанций.

Так как вблизи данных районов пролегают пути транспортировки СПГ, природный газ является наиболее выгодным топливом для плавучих электростанций.

Мощность плавучих электростанций, их компоновка и состав энергогенерирующего оборудования могут варьироваться в зависимости от поставленных задач.

Основные технические решения, на которые можно основываться при проектировании плавучих электростанций, были разработаны АО «ЦКБ «Коралл» при проектировании комплекса технических средств для выработки электроэнергии с помощью энергогенерирующих установок, работающих на СПГ, для республики Индонезия.

Проектирование выполнялось в тесном взаимодействии с РС и потенциальными поставщиками оборудования.

Основываясь на данной работе можно сказать, что предприятия АО «ОСК» способны спроектировать и изготовить объекты комплекса технических средств по выработке электроэнергии с помощью энергогенерирующих установок, работающих на СПГ, причём основную часть оборудования систем технологического комплекса способны изготовить российские производители.

## **СОЗДАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Алексашин А.А. (АО «ОСК», Санкт-Петербург)

Тимофеев О.Я. (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет», Санкт-Петербург)

Волков В.А. (АО «ЦКБ «Монолит», Городец)

Ковалев М.В., Ленский В.Ф. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)

### **CONSTRUCTION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES FOR ARCTIC REGIONS WITH THE USE OF SHIPBUILDING TECHNOLOGIES**

A.A. Aleksashin (JSC "USC", Saint-Petersburg)

O. Ya. Timofeyev (FSBEI of HE "Saint-Petersburg State Marine Technical University", Saint-Petersburg)

V.A. Volkov (CDB Monolit JSC, Gorodets)

M.V. Kovalyov, V.F. Lensky (CDB Corall JSC, Sevastopol)

*Global climate warming and accelerated warming of Polar Regions will result in considerable degradation of multiyear permafrost which would no longer provide support to buildings and structures, which in turn will increase frequency of technological accidents and disasters in the Arctic Zone. Nowadays, conventional construction technologies are rendering impractical to use for the development of the RF's Arctic Zone due to cardinaly changing climate and utterly significant investments which such technologies would require. The use of available shipbuilding technologies for arranging elements of floating facilities in coastal areas of the Arctic Zone and in inland waterways is thought of as a perspective for the development of the arctic region. To simplify construction procedure and enhance unification, the use of berth-connected ships with reinforced concrete hulls as a basis for modules is considered as the main option for developing infrastructure systems. Structure and outfitting of topsides of each module will meet process requirements of the Operator of the infrastructure facility. Front end engineering studies indicate the principal feasibility of similar facilities, and namely, the capability to construct those at shipyards and plants of the RF's European part and to transport them to site via inland waterways.*

Глобальное общее потепление климата и ускоренное потепление приполюсных областей приводят к заметной деградации многолетней мерзлоты, которая престаёт быть опорой зданий и сооружений, в связи с чем, увеличивается частота техногенных аварий и катастроф в Арктической зоне. В настоящее время представляется нерациональным продолжение освоения Арктической зоны РФ традиционными строительными технологиями по причинам кардинально меняющегося климата и чрезвычайно высоких инвестиций, которые такие технологии требуют. Использование накопленных судостроительных технологий для размещения элементов плавучих инфраструктурных комплексов в прибрежных районах арктической зоны и на внутренних водных путях представляется перспективным направлением развития арктического региона. С целью упрощения технологии строительства и повышения степени унификации объектов, в качестве основного варианта для формирования инфраструктурных систем рассматривается использование стоечных судов с железобетонными корпусами в качестве основы для модулей. Конструкция и насыщение верхнего строения каждого модуля будет отвечать технологическим потребностям оператора инфраструктурного объекта. Предварительные проработки показывают принципиальную техническую реализуемость подобных объектов, а именно возможность строительства на верфях и заводах европейской части РФ и транспортировки по внутренним водным путям к точке базирования.

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИЕМ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДКАХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ**

Антипов С.А., Скобельский А.В., Бадмаева Э.Р., Карпов А.Б. (ООО «Центр корпоративной медицины», Томск)

### **HEALTH-SAVING MANAGEMENT SYSTEM AT INDUSTRIAL SITES LOCATED IN THE ARCTIC ZONE**

Antipov S.A., Skobelskiy A.V., Badaeva E.R., Karpov A.B. (CCM LLC, Tomsk)

*CCM LLC has been working in the field of industrial (mainly remote) healthcare for more than 15 years and is currently providing medical services for 150 industrial sites in 14 regions of the country (including the Far North and the Arctic zone). CCM conducted an analysis of the main issues existing in the provision of medical care and health protection for workers at remote industrial sites. The main issues were identified are the following: the lack of a clear regulatory framework for medical activities at remote sites; imperfection of the current system for assessing and monitoring the health status of workers at industrial companies; lack of a system for training medical personnel to work on remote sites; lack of practice of using a modern system for assessing the health risk of workforce. Based on an assessment of the existing situation, a milestone program has been developed for creating a modern system for protecting and improving the health of personnel of industrial companies, including personnel at remote sites, taking into account the specifics of the existing risk factors: environmental, professional, hereditary, constitutional, lifestyle factors. This system contains the improvement of the existing regulatory framework, the health assessment system, training of medical personnel according to international protocols for the provision of emergency care and including basic knowledge of industrial and general hygiene, physical and psychological rehabilitation, telemedicine, as well as the need to introduce a modern original methodology for risk assessment for the health of workers.*

ООО «Центр корпоративной медицины», более 15 лет работающий в сфере промышленного (преимущественно удаленного) здравоохранения и в настоящее время обслуживающий более 150 промышленных объектов в 14 регионах страны (включая зону Крайнего Севера и Арктический шельф) в качестве медицинского провайдера, провел анализ основных проблем, существующих в сфере оказания медицинской помощи и охраны здоровья работников удаленных промышленных объектов. Основными проблемами в данной области являются следующие: отсутствие четкой нормативно-правовой базы медицинской деятельности на удалённых объектах; несовершенство действующей системы оценки и мониторинга состояния здоровья работников промышленных предприятий; отсутствие системы подготовки квалифицированных кадров для работы на удалённых сайтах; отсутствие практики использования современной системы оценки риска для здоровья работающих. На основании оценки существующей ситуации разработана поэтапная программа создания современной системы охраны и улучшения здоровья персонала промышленных предприятий, включая персонал удалённых объектов с учетом специфики действующих факторов риска: внешнесредовых, профессиональных, наследственных, конституциональных, факторов образа жизни. Данная система предусматривает совершенствование существующей нормативно-правовой базы, системы оценки состояния здоровья, подготовку медицинских кадров по международным протоколам оказания экстренной помощи и включающую базовые знания по промышленной и общей гигиене, физической и психологической реабилитации, телемедицине, а также необходимость внедрения современной оригинальной методологии оценки рисков для здоровья работающих.

# **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КЛАСТЕР ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОСНОВАНИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО ТИПА, В РАМКАХ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ АРКТИКИ И СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ**

Мудрик И.В. ООО «ТГЕ Газ Инжиниринг Рус»

## **PRODUCTION CLUSTER FOR THE MANUFACTURE OF REINFORCED CONCRETE GRAVITY-BASED STRUCTURES, AS A PART OF THE ARCTIC AND THE NORTHERN SEA ROUTE INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT**

Mudrik I.V. "TGE Gas Engineering Rus"

We would like to draw your attention to the key solution in the effective development of the Arctic and the infrastructure of Northern Sea Route port and hydraulic structures.

The state mission of increasing cargo traffic along the Northern Sea Route (NSR) by 2035 to a capability of 120 million tons annually, exactly this figure is included in the strategy being developed by the Ministry for the Development of the Russian Far East and approved by Russian President Vladimir Putin.

Achievement of this goal is only possible considering the use of advanced solutions and technologies in the construction of infrastructure facilities, transshipment and operation, both for the fuel and energy complex, and for civil facilities, and it is important to note the military purpose. We are talking about the long-standing issue of creating in Russia a "Production cluster for the manufacture of reinforced concrete gravity-based structures (GBS)", as well as various kinds of caissons and floating caissons. In foreign practice, technical solutions based on reinforced concrete GBS are widely used. World EPC contractors, when implementing the most ambitious projects in the oil and gas sector, use this solution in all climatic zones and latitudes, this is especially important and critically important in the Arctic, where the main criterion is time. Only the use of reinforced concrete gravity platforms makes it possible to build a hydraulic structure with one navigation!

Undoubtedly, this factor radically affects the construction budget, significantly reducing financial resources.

As of today, in Russia almost all advanced institutes and companies engaged in hydraulic engineering understand the technology of using reinforced concrete gravity-based structures, have repeatedly proposed their solutions and somewhere quite successfully - ZAO GT Morstroy within the framework of Portovaya CS LNG project. Domestic builders and designers are striving to implement such concepts in the Arctic. Several institutes have carried out a detailed study of caissons and floating caisson production issues for the needs of hydraulic structures construction.

In our country, there are enough professional personnel capable of performing the whole range of works on the manufacture of floating caisson.

Russian specialists have sufficient competence to perform:

- detail design of floating caissons for hydraulic structures;
- to perform the construction of a dry dock on a turnkey basis - for example, «Kola Shipyard»;
- to provide material procurement and logistics;
- to carry out construction and assembly work for the manufacture of reinforced concrete structures of GBS, including types of work on the main building materials: concrete, steel reinforcement for reinforced concrete structures, metal structures and pipelines for temporary equipment of floating caissons;
- sliding formwork technology has been mastered at domestic enterprises.

Floating caissons are reinforced concrete structures related to marine hydraulic engineering, used for the construction of jetties, onshore facilities, cost protection structures at various depths. Floating caissons are made in the form of a hollow block with vertical walls and a bottom. Recently, the construction of hydraulic structures with the use of floating caissons is actively developing, this technological solution has been widely used abroad, but there are also some cases in Russia. The main advantages of this technology are speed, reliability and low capital expenditures of the construction.

- The use of floating caissons as gravity structures is the most well-known and reliable solution in world practice.
- The use of reinforced concrete as the main material provides the structure with the necessary durability, load and protective capacity.
- The positive buoyancy of the floating caissons makes it possible to omit the use of expensive and unique high tonnage lifting equipment on a floating platform, which significantly reduces construction risks.

Currently, the floating caissons are used both in the construction of quay walls and protective structures, and in the construction of onshore port facilities.

The priority of the use of reinforced concrete caisson for protective structures construction belongs to Russian engineers. For the first time, such floating caissons were used for the construction of the western breakwater in Tuapse in 1905-1909.

Floating caissons are large-sized reinforced concrete boxes (named pontoons, shells) with internal partitions (subsequently filled with concrete, sand, crushed stone), manufactured onshore, and then transported afloat and installed on a bed of a structure.

The weight of the floating caissons is measured in thousands of tons.

The most striking examples: Production cluster in Singapore, LNG terminal in Mauritania, SAKHALIN-1, SAKHALIN-2, Arctic LNG-2.

The main steps and arguments for the preparation of a feasibility study for creation of "Production cluster for the manufacture of reinforced concrete gravity-based structures", aiming at making a further investment decision.

1. Provision of design solutions in the development of technical documentation using floating caissons (organization of a meeting in St. Petersburg!) - leading domestic institutes in the field of hydraulic engineering: AO Lenmorniproekt, ZAO GT Morstroy, OOO Morstroytehnologiya, VolgogradNIPImorneft, OOO DPI Vostokproektverf, AO Morneftegazproekt; main market participants: AO MRTS, AO Gazprom Neft Shelf, PAO Gazprom - Department 335, PAO NOVATEK, AO NK Rosneft, Rosatom Directorate of the Northern Sea Route, Ministry of the Russian Federation for the Development of the Far East and Arctic.
2. Creating infrastructure of ports and the northern sea route (breakwaters, technological jetties, mooring, ice protection structures, etc.) is a strategic mission in the development of the Arctic! - the most optimal solution, which is confirmed by world practice, is the use of floating caissons!
3. Construction of the hydraulic structures with one navigation! - subject to the creation of a production cluster for the manufacture of floating caissons, this technology is beyond competition!
4. Positive experience and the tendency to use reinforced concrete in hydraulic engineering among the main Customers of the oil and gas sector: PAO NOVATEK, PAO Gazprom, PAO Rosneft.
  - A) PAO Gazprom – a good example of the use of caissons in domestic practice is the construction of an LNGC in the area of the Portovaya compressor station, where the Customer is PAO Gazprom and general designer is ZAO GT Morstroy. Unfortunately, due to the lack of domestic experience and technologies for production in this project caissons made in Spain were used for the construction of a jetty and a breakwater.
  - B) PAO NOVATEK:
    - Arctic LNG-2 - construction of LNG plants on reinforced concrete gravity-based structures. Within the framework of this project, the concept of construction of an ice protection structure with the use of floating caissons was considered;
    - Arctic LNG-3 - construction of 9 artificial islands, possibly based on floating caissons, for the development of new gas fields!
    - Construction of a 356 MW floating LNG plant as part of the Baimsky GOK project;
    - Construction of an LNG terminal in Pevek for bunkering ships of the Northern Sea Route;
    - Creation of an artificial island at the Geophysical field on the Gydan Peninsula, one of the main considered concepts is the use of reinforced concrete caissons;
    - "Marine LNG transshipment terminal in the Kamchatka Territory" Customer: OOO NOVATEK-Kamchatka - production of prismatic reinforced concrete anchors of various weights, dimensions and quantities. Currently being implemented.
  - C) PAO NK Rosneft - an investment program for the construction of a coastal base for Arctic projects at OAO 82nd Ship Repair Yard (Murmansk region), construction of concrete foundations for drilling platforms.
  - D) AO NIPIGZ - "Construction of a terminal for transshipment of liquefied petroleum gases (LPG) in the seaport of Vanino on the northern shore of the Muchke Bay of the Khabarovsk Territory". Hydraulic structures based on floating caissons were designed for the jetty construction, general designer is OOO Morstroytehnologiya.
  - E) GK Rosatom - construction of floating power plants on concrete gravity-based structures.
  - F) OOO Globaltek - Yakutsk LNG Gas Project - the preferred concept of the project is the construction of five concrete gravity-based structures.
  - G) Ministry of Defense of the Russian Federation - military facilities and maritime infrastructure.
  - H) RMP-Taman - construction of a dry cargo area of the port of Taman, general designer is AO Lenmorniproekt. One of the mainly considered concepts of the breakwater design was the use of floating caissons, it was planned to build a hydraulic structure using 188 pcs. floating caissons!
  - I) Methanol plants - offshore location, avoiding the creation of expensive onshore infrastructure for the production and maintenance of the methanol plant.

The effective work of the production cluster for the manufacture of reinforced concrete gravity-based structures is due to the participation in the enterprise management of experienced specialists in the field of full project life cycle management - from the creation of an industrial site (shipyard) to the commissioning using gravity-based structures. The creation of the cluster is focused on the manufacture of any type of caissons, including the production of large-scale gravity-based structures for LNG and methanol plants, thereby freeing large customers from the allocation of the huge manpower and financial resources and significantly reducing the project implementation time.

The implementation of the project "Production cluster for the manufacture of reinforced concrete gravity-based structures" will allow to develop a new direction in the hydraulic engineering industry, create the necessary impact in Arctic projects, form a modern capital-intensive business in Russia, and provide new jobs!

The attention of the country's leadership will allow making a decision at the highest level and will attract leading Russian customers to approve the project portfolio!

Обращаем Ваше внимание, на ключевое решение в эффективном освоении Арктики и развитию инфраструктуры портовых и гидротехнических сооружений Северного Морского Пути.

Государственная стратегическая задача увеличения грузопотока по Северному морскому пути (СМП) к 2035 году до объема 120 млн тонн ежегодно, именно такая цифра заложена в разрабатываемой стратегии Минвостокразвития и утвержденной Президентом России Владимиром Путиным.

Достижение данной цели, возможно, только с учетом использования передовых решений и технологий при строительстве объектов инфраструктуры, перевалки и обслуживания, как для объектов топливно-энергетического комплекса, так и для объектов гражданского и немаловажно отметить военного назначения. Речь идет о давно назревшем вопросе создания в России «Производственного кластера по изготовлению железобетонных оснований гравитационного типа ОГТ», а также различного рода кессонов и массивов-гигантов. В зарубежной практике повсеместно используются технические решения на базе железобетонных ОГТ. Мировые ЕРС-подрядчики при реализации самых амбициозных проектов, в нефтегазовой сфере, применяют данное решение, во всех климатических зонах и широтах, особенно это важно и критически значимо в Арктике, где основным критерий это время. Только с применением железобетонных гравитационных платформ, возможно построить гидротехническое сооружение за одну навигацию!

Безусловно этот фактор кардинальным образом влияет и на бюджет строительства, существенно сокращая финансовые ресурсы.

На сегодняшний день, в России практически все передовые институты и компании занимающиеся гидротехническим строительством, понимают технологию применения железобетонных оснований гравитационного типа ОГТ, уже неоднократно предлагали свои решения и где-то вполне успешно – ЗАО «ГТ Морстрой», в рамках проекта КС СПГ «Портовая». Отечественные проектировщики и строители активно стремятся к реализации подобных концепций в Арктике. Рядом институтов проведена детальная проработка вопросов организации выпуска кессонов и массивов-гигантов для нужд строительства гидротехнических сооружений.

В нашей стране, достаточно профессиональных кадров способных выполнить весь комплекс работ по изготовлению массивов-гигантов.

Российские специалисты обладают достаточной компетенцией, чтобы выполнить:

- детальное проектирование массивов-гигантов для ГТС (Detail Design);
- выполнить строительство сухого дока на условиях «под ключ» - пример «Кольская Верфь»;
- обеспечить материально-техническое снабжение и логистику;
- осуществить строительно-монтажные работы по изготовлению железобетонных конструкций ОГТ, включая виды работ по основным строительным материалам: бетон, стальная арматура для ж/б конструкций, металлоконструкции и трубопроводы временной оснастки массивов-гигантов;
- на отечественных предприятиях освоено производство скользящей опалубки.

Массивы-гиганты это железобетонные конструкции, относящиеся к морскому гидротехническому строительству, предназначены для возведения причальных, оградительных и берегоукрепительных сооружений на различных глубинах. Массивы-гиганты, выполняются в виде полого блока, образованного вертикальными стенками и днищем. В последнее время строительство ГТС с использованием МГ активно развивается, особенно широкое применение данное технологическое решение получило за рубежом, но и в России уже есть характерные примеры. Основными преимуществами этой технологии, являются скорость, надежность и не высокие капитальные затраты при строительстве ГТС.

- Применение массивов-гигантов в качестве гравитационных сооружений является наиболее известным и надежным решением в мировой практике.
- Использование железобетона в качестве основного материала придает конструкции необходимую долговечность, несущую и защитную способность.
- Положительная плавучесть массивов-гигантов позволяет отказаться от использования в проекте дорогостоящих и уникальных высокотоннажных грузоподъемных механизмов на плавучей платформе, что значительно снижает строительные риски.

В настоящее время массивы-гиганты нашли применение как при строительстве причальных стен и оградительных сооружений, так и при строительстве прибрежных портовых сооружений.

Приоритет в применении железобетонных массивов для строительства оградительных сооружений принадлежит русским инженерам. Впервые такие массивы-гиганты были использованы для строительства западного мола в Туапсе в 1905-1909 гг.

Массивы-гиганты представляют собой железобетонные ящики (называемые понтонами, оболочками) больших размеров с внутренними перегородками (впоследствии заполняемые бетоном, песком, щебнем) и изготавливаемые в береговых условиях, а затем транспортируемые на плавучую и устанавливаемые на постель в сооружении.

Вес массивов-гигантов измеряется тысячами тонн.

Наиболее яркие примеры: Производственный кластер в Сингапуре, СПГ терминал в Мавритании, САХАЛИН-1, САХАЛИН-2, «Арктик СПГ-2».

Основные шаги и аргументы для подготовки технико-экономического обоснования проекта создания «Производственного кластера по изготовлению железобетонных оснований гравитационного типа», с целью последующего принятия инвестиционного решения.

1. Обеспечение проектных решений в разработке технической документации с применением массивов-гигантов (организация совещания в г. Санкт-Петербурге!) – ведущих отечественных институтов в области гидротехнического строительства: АО «Ленморниипроект», ЗАО «ГТ Морстрой», ООО «Морстройтехнология», «ВолгоградНИПИморнефть», ООО «ДПИ «Востокпроектверфь», АО «Морнефтегазпроект»; основные участники рынка: АО «МРТС», АО «Газпром нефть шельф», ПАО «Газпром» – Департамент 335, ПАО «НОВАТЭК», ОАО «НК «Роснефть», «Росатом» Дирекция СМП, Министерство Российской Федерации по развитию Дальнего Востока и Арктики.
2. Формирование инфраструктуры портов и северного морского пути (оградительные молы, технологические причалы, швартово-отбойные палы, ледозащитные сооружения и пр.), стратегическая задача в освоении Арктики! – самое оптимальное решение, это применение массивов-гигантов, подтверждено мировой практикой!
3. Строительство ГТС за одну навигацию! – при условии создания производственного кластера для изготовления массивов-гигантов, данная технология вне конкуренции с другими решениями!
4. Положительный опыт и сложившаяся тенденция к применению железобетона в гидротехническом строительстве, у основных Заказчиков нефтегазового сектора ПАО «НОВАТЭК», ПАО «Газпром», ПАО «Роснефть».

А) ПАО «Газпром» – Яркий пример применения кессонов в отечественной практики, является строительство КСПГ в районе КС «Портовая», Заказчиком которого является ПАО «Газпром». Генеральный проектировщик ЗАО «ГТ Морстрой». К сожалению, в данном проекте для возведения технологического причала и оградительного мола, использовались произведенные в Испании кессоны, ввиду отсутствия отечественного опыта и технологий для производства.

Б) ПАО «НОВАТЭК»:

- Арктик СПГ-2 строительство заводов СПГ на железобетонных основаниях гравитационного типа, в рамках данного проекта, рассматривалась концепция строительство ледозащитного сооружения из массивов-гигантов;
- Арктик СПГ – 3 – строительство 9-ти искусственных островов, возможно на основе массивов-гигантов, для освоения новых месторождений газа!
- Строительство плавучей СПГ-станции мощностью 356 МВт, в рамках реализации проекта «Баимского ГОКа»;
- Строительство в Певеке терминала СПГ для бункеровки судов, следующих по Севморпути;
- Создание искусственного острова на Геофизическом месторождении на Гыданском полуострове, рассматривается одна из основных концепций применение железобетонных кессонов;
- «Морской перегрузочный комплекс сжиженного природного газа в Камчатском крае» Заказчик: ООО «НОВАТЭК-Камчатка» – изготовление якорей призматических железобетонных, разной массы, габаритов и количества. Реализуется в данный момент.

В) ПАО «НК» «Роснефть» – инвестиционная программа по строительству береговой базы для арктических проектов на предприятии ОАО «82-й судоремонтный завод» (Мурманская область), сооружение бетонных оснований для буровых платформ.

Г) АО «НИПИГЗ» – «Строительство в морском порту Ванино на северном берегу бухты Мучке Хабаровского края терминала для перевалки сжиженных углеводородных газов (СУГ)», для возведения технологического причала, запроектировано ГТС на основе массивов-гигантов, генеральный проектировщик ООО «Морстройтехнология».

Д) ГК «Росатом» – строительство плавучих электростанций на бетонных основаниях гравитационного типа.

Е) ООО «Глобалтэк» – «Якутский газовый проект СПГ» – преимущественная концепция проекта, строительство пяти ОГТ.

Ж) Министерство обороны Российской Федерации – военные объекты и инфраструктура морского базирования.

З) «РМП-Тамань» – строительство сухогрузного района порта Тамань, генеральный проектировщик АО «Ленморниипроект», рассматривалась одна из главных концепций при проектировании волнолома в исполнении массивов-гигантов, планировалось сооружение ГТС из 188 шт. массивов-гигантов!



И) Метанольные заводы – морского размещения, уход от создания дорогой сухопутной инфраструктуры производства и обслуживания метанольного комплекса.

Эффективная работа производственного кластера по изготовлению железобетонных оснований гравитационного типа, обусловлена участием в руководстве предприятием, опытных специалистов в области управления проектами полного цикла – от создания промышленной площадки (верфи) до сдачи объекта с применением ОГТ в эксплуатацию. Создание кластера ориентировано на изготовление абсолютно любых типов кессонов или массивов – гигантов, включая производство крупнотоннажных ОГТ для заводов СПГ и метанола, тем самым освобождая крупных Заказчиков от выделения огромных трудовых и финансовых ресурсов и значительно сокращая сроки реализации проекта.

Реализация проекта «Производственного кластера по изготовлению железобетонных оснований гравитационного типа», позволит развить новое направление в гидротехнической отрасли, создаст необходимый импульс в арктических проектах, сформирует в России современный капиталоемкий бизнес, обеспечит новые рабочие места!

Внимание руководства страны позволит принять решение на самом высоком уровне и привлечет ведущих российских Заказчиков для утверждения портфеля проектов!

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Каминский В.Д., Черных А.А., Медведева Т.Ю., Суворова Е.Б., Минина М.В. (ФГБУ «ВНИИОкеангеология», г. Санкт-Петербург)

## STATUS OF GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL STUDY AND PROSPECTIVE AREAS OF WORK ON THE RUSSIAN ARCTIC SHELF

Kaminskiy V.D., Chernykh A.A., Suvorova E.B., Medvedeva T.Y., Minina M.V.  
(FSBI "VNIIOkeangeologia", Saint-Petersburg)

К настоящему времени на арктическом шельфе наиболее изученными геофизическими работами и бурением являются акватории западной его части – Баренцева и Карского морей (рис.1). Восточно-арктические моря – Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское изучены существенно хуже и глубокие скважины на шельфах этих акваторий отсутствуют. Таким образом, существующие здесь значительные по площади лицензионные участки были получены недропользователями с незавершенным на них региональным этапом изучения, проводимым за счет средств госбюджета. В результате собственных работ за последние годы недропользователи существенно повысили уровень сейсмометрической изученности в пределах своих участков на восточно-арктическом шельфе. Так, плотность изученности шельфа Чукотского моря сейсморазведкой 2D повысилась в 2 раза.

На арктическом шельфе за 2018-2019 гг. было осуществлено сейсморазведочных работ МОВ-ОГТ 2D за счет средств федерального бюджета – 15 000 пог. км (море Лаптевых), за счет средств недропользователей – более 13 000 пог. км (Восточно-Сибирское море). В 2020 г. прогнозируется сокращение объемов работ. Бурение на шельфе осуществляется только компаниями-недропользователями (поисковые и разведочные скважины). В 2018-2019 гг. бурение велось только на шельфе Карского моря. Пробурено 7 глубоких скважин, из них: в 2018 г. – 4 поисковых скважины, общим объемом около 10 000 м; в 2019 г. закончены бурением 1 разведочная и 2 поисковые скважины. В августе 2020 г. компаниями ПАО «Газпром» и ПАО «НК «Роснефть» начато бурение трёх глубоких скважин в Карском море.

В настоящее время перспективными направлениями геологоразведочных работ на арктическом шельфе за счет средств госбюджета рассматриваются следующие: выполнение стратиграфического бурения в пределах перспективных (неразбуренных) нефтегазоносных областей, ревизия накопленного геолого-геофизического материала и создание сетей опорных геолого-геофизических профилей в НГО и перспективных НГО, выполнение региональных комплексных геофизических исследований на наиболее перспективных участках.



Рис.1 Геолого-геофизическая изученность шельфа Российской Арктики по состоянию на 01.01.2020 г.

## ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНОЙ ПЕРЕБОРКИ В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

Марина Викторовна Гравит, к.т.н., доцент, доцент ВШПГидС ИСИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, marina.gravit@mail.ru  
Иван Игоревич Дмитриев, магистрант ВШПГидС ИСИ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая 29, i.i.dmitriev@yandex.ru

### FIRE RESISTANCE OF STEEL BULKHEAD UNDER HYDROCARBON FIRE CONDITIONS

Marina Gravit, PhD, associate professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politekhnikeskaya st. 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, marina.gravit@mail.ru  
Ivan Dmitriev, master student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politekhnikeskaya st. 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, i.i.dmitriev@yandex.ru

This article presents a small comparison of European and American normative documents in part of the fire safety and determines a difference in the hydrocarbon fire mode between these regulation documents. Regulatory requirements for bearing and enclosing structures of oil-and-gas complex construction, tankers and offshore fixed platforms are analyzed. The article analyze a steel deck bulkhead with Rock-wool fire protection for a sea building construction with a fire resistance limit of 120 minutes. The absence of analytical calculation methods makes manufacturing companies to limit themselves only to fire tests, but the finite element modeling used in this study can effectively justify the calculated fire resistance limit. The necessity of numerous fire tests has been established to obtain accurate thermophysical characteristics of fire-protective materials under hydrocarbon fire conditions. In future, this database can be used to create an adequate model for calculations with hydrocarbon fire mode simulation or develop the numerical methods of calculation.

Keywords: oil-and-gas complex construction, building constructions, coastal and offshore fixed platforms, fire resistance, hydrocarbon fire mode, modelling.

### ВВЕДЕНИЕ.

Риск-ориентированный подход при проектировании объектов нефтегазового комплекса, особо актуальный для арктических условий, позволяет прогнозировать и рассчитывать различные сценарии аварий, а также предсказывать поведение пожара в случае возникновения внештатной ситуации. Важно классифицировать все производственные объекты по потенциально возможному режиму пожара и обосновать пределы огнестойкости конструкций как расчетными, так и экспериментальными данными с учетом влияния режима углеводородного пожара.

Данный подход на основе методов анализа рисков и оценки воздействия зарекомендовал себя как лучшая общемировая практика проектирования объектов добычи и транспортировки углеводородов. Все места с наибольшей вероятностью возникновения опасной ситуации определяются на стадии проектирования, чтобы обеспечить адекватную защиту от опасных факторов пожара. Анализ рисков дает возможность создавать как экономичные, так и безопасные проектные решения.

Чтобы найти экономически выгодной и при этом конструктивно безопасное решение, при современном проектировании используется многофакторное моделирование как отдельных конструкций, так и всего объекта в целом. Моделирование опасных факторов пожара позволяет выбрать правильный температурный режим, позволяющий максимально приближенно описать поведение реальной среды в условиях высокотемпературного воздействия. В области пожарной техники регламентированы следующие температурные кривые для стандартных испытаний конструкций: целлюлозный, внешний, медленно развивающийся (тление) и углеводородный режимы [1, 2]. Углеводородный режим возгорания широко используется в качестве модели испытаний конструкций в нефтегазовой отрасли с 80-х годов прошлого века.

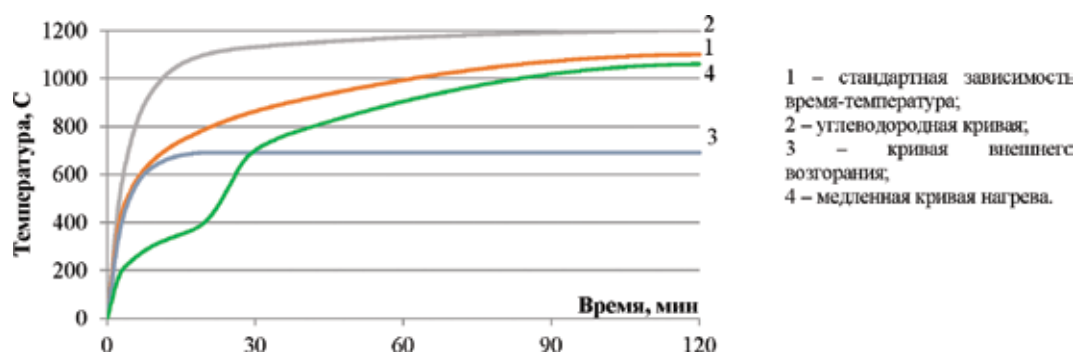


Рис. 1. Температурные кривые согласно EN 1363-2: 1999.

Стальные конструкции резервуаров, оборудования, зданий и сооружений, а также танкерные и морские конструкции могут подвергаться воздействию высоких температур в случае аварии. Средняя температура пламени большинства нефтепродуктов достигает 1000 °С. В связи с этим все конструкции должны обладать повышенной устойчивостью к особым пожарным нагрузкам из-за особой опасности сгорания углеводородного топлива. В Европе и США было проведено большое количество исследований поведения материалов и конструкций в условиях режима углеводородного пожара, и на основе этих данных была разработана разнообразная система регулирования [3-9]. Судовые и морские конструкции разделены на отдельные вертикальные и горизонтальные зоны конструктивными элементами с теплоизоляцией и без нее для достижения целей пожарной безопасности. Конструкции испытываются на огнестойкость в соответствии с методом, описанным в Резолюции А.754 [18], с учетом того, что «температурная кривая как функция времени должна соответствовать температурной кривой как функции времени при сжигании углерода». В целом необходимо определить расчетную продолжительность возможных пожаров, их характеристики (линейные размеры, интенсивность теплового излучения), а также расчетное время воздействия реального пожара на несущие конструкции модулей, зданий, сооружений, наружные установки для всех рассмотренных сценариев пожара. Далее необходимо определить способность каждой строительной конструкции противостоять действию реального пожара в течение всего расчетного времени, то есть определить необходимый предел огнестойкости, который обеспечит стабильность и геометрическую неизменяемость всех конструкций для расчетный период [10-16]. Теплофизическое моделирование сложной ограждающей конструкции позволяет с достаточной точностью прогнозировать поведение материала и время до наступления критических температур [17-22].

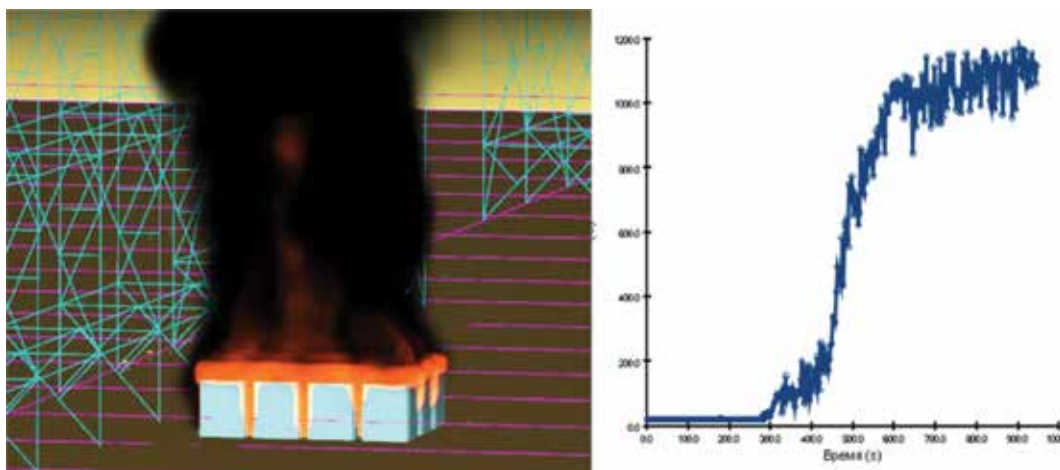


Рис.2 – Пример расчета ОФП для объекта нефтегазового комплекса

Цель статьи – обоснование огнестойкости стальной палубной переборки с эффективной конструкционной огнезащитой из минеральной ваты в условиях углеводородного пожара.

Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

1. Конечно-элементное моделирование высокотемпературных полей в комплексном поперечном сечении конструкции с помощью ПК SOFiSTiK.
2. Обработка данных огневых испытаний
3. Анализ отклонений аналитических расчетов и результатов огневых испытаний.

В качестве объекта исследования противопожарной защиты была выбрана стальная переборка типа Rockwool International A / S.

Палуба имеет следующие внешние размеры: высота: 2480 мм, ширина: 2420 мм, толщина: 95/155 мм и состоит из стандартного стального каркаса, изолированного изоляцией Rockwool. Изоляция крепилась к переборке с помощью штифтов и шайб. Стальной лист (толщиной 5 мм) с ребрами жесткости на расстоянии 600 мм изолирован в два слоя минеральной ватой 40 мм Rockwool HC Wired Matt 150 (внешняя сторона) и 50 мм Rockwool HC Firebatt 150. Два слоя изоляции монтировались с шахматным соединением (рис. 1). Полосы Rockwool HC Firebatt были вставлены под фланец элемента жесткости, и два слоя Rockwool HC с проводным покрытием Matt были согнуты вокруг элемента жесткости. Слои утеплителя монтировались в шахматном порядке. Крепление состоит из штифтов Ø3 мм с шайбами Ø28 мм. Штифты на уровне располагались в 3 ряда и на каждом ребре жесткости. Расстояние между штырями на уровне по вертикали по всем линиям составляло 400 мм. Расстояние между штифтами ребер жесткости по вертикали составляло 300 мм.



Рис. 3. Вид на испытуемый образец со стороны огневого воздействия и внутренней поверхности перед испытанием.

### МЕТОД.

Все расчеты конструкции выполняются методом конечных элементов на основе пространственной конечно-элементной модели, показанной на рисунке 4. Элементы сечения для расчетов конструкции показаны на том же рисунке. Для анализа распределения температуры по поперечному сечению рассматриваемой конструкции использовался модуль Hydra программного комплекса SOFiStiK (версия 2020). Ввод данных осуществлялся с помощью внутреннего инструментального языка программирования CADINP в текстовом редакторе Teddy. Граничные условия рассматриваемых моделей соответствуют граничным условиям экспериментального испытания.

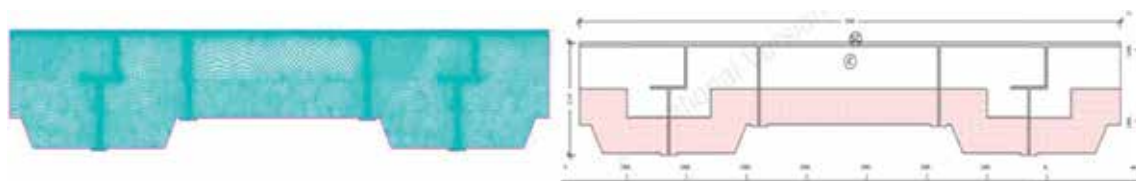


Рис. 4. Конечно-элементная модель сечения конструкции

Теплофизические свойства элементов задаются в соответствии с реальными свойствами стали и огнезащиты. Геометрические размеры такие же, как и размеры конструкции. Система равномерно нагревается за счет внешнего теплового потока. Вся энергия расходуется на повышение температуры системы с учетом ее теплоемкости, и нагрев прекращается, когда температура на внешних границах выравнивается с температурой внешней облучающей среды, что соответствует заданной температуре в печи.

Огневые испытания были проведены компанией Rockwool на базе Danish Institute of Fire and Security Technology (DIFT). Испытуемый образец прошел стандартное испытание на огнестойкость в соответствии с Рекомендациями по процедурам испытаний на огнестойкость для палубных переборок определены Резолюцией IMO A.754 [18], а также Международным кодексом по проведению испытаний на огнестойкость, Резолюцией MSC.61 [67]), Кодексом IMO FTP и другими нормативными документами. Кроме того, испытания проводились в соответствии с требованиями Российского морского регистра судоходства.

Каркас конструкции (переборка) монтировался в железобетонный каркас и с четырех сторон приваривался к удерживающему каркасу. Размеры структурного ядра соответствовали Резолюции IMO A.754 [18]. Испытательный образец был испытан с изоляцией и внутренними ребрами жесткости.

Температура печи определялась с помощью двенадцати термопар, равномерно распределенных на расстоянии приблизительно 100 мм от открытой стороны испытуемого образца. Температуру печи непрерывно контролировали, чтобы соответствовать кривой зависимости температуры от времени для углеводородов, указанной в EN 1363-2. Температуру поверхности измеряли на неэкранированной поверхности испытуемого образца. Показания температуры регистрировались непрерывно в течение всего времени тестирования. =

Печь поддерживала режим углеводородного пожара:

$$T = 1080 \cdot (1 - 0.325e^{(-0.167t)} - 0.675e^{(-2.5t)}) + 20 \quad (1)$$

где  $T$  – температура в печи, соответствующая времени  $t$ , °C;

$t$  – время, отсчитываемое от начала испытания, мин.

### РЕЗУЛЬТАТЫ.

В результате расчета для стальной переборки с конструктивной противопожарной защитой из минеральной ваты получены следующие графики (Таблица 1). В SOFiStiK для каждого цвета (например, крас-



ного) на визуализированных изображениях внутри кружка с распределением температуры указывается его собственный температурный диапазон. Согласно полученным графикам, предельное состояние по теплопроводности достигалось примерно через 100 минут.

Продолжительность огневого испытания составила 125 минут. Результаты эксперимента представлены ниже (рис.5):

- Внешняя поверхность огнезащиты целая, без видимых повреждений.
- В течение всего теста на незащищенной стороне переборки изменений не наблюдалось.
- Пламя: не наблюдалось.
- Дым и / или проникновение пламени: отсутствие сквозных отверстий.
- Целостность: хорошо.
- Объем дыма: на незащищенной стороне испытуемого образца дыма нет.
- Деформация: центр перегородки изгибается в сторону печи на 24 мм после 120 минут испытаний.
- Повреждения: Открытая поверхность изменила цвет. Других повреждений не обнаружено.

Таблица 1. Температурные графики конструкции

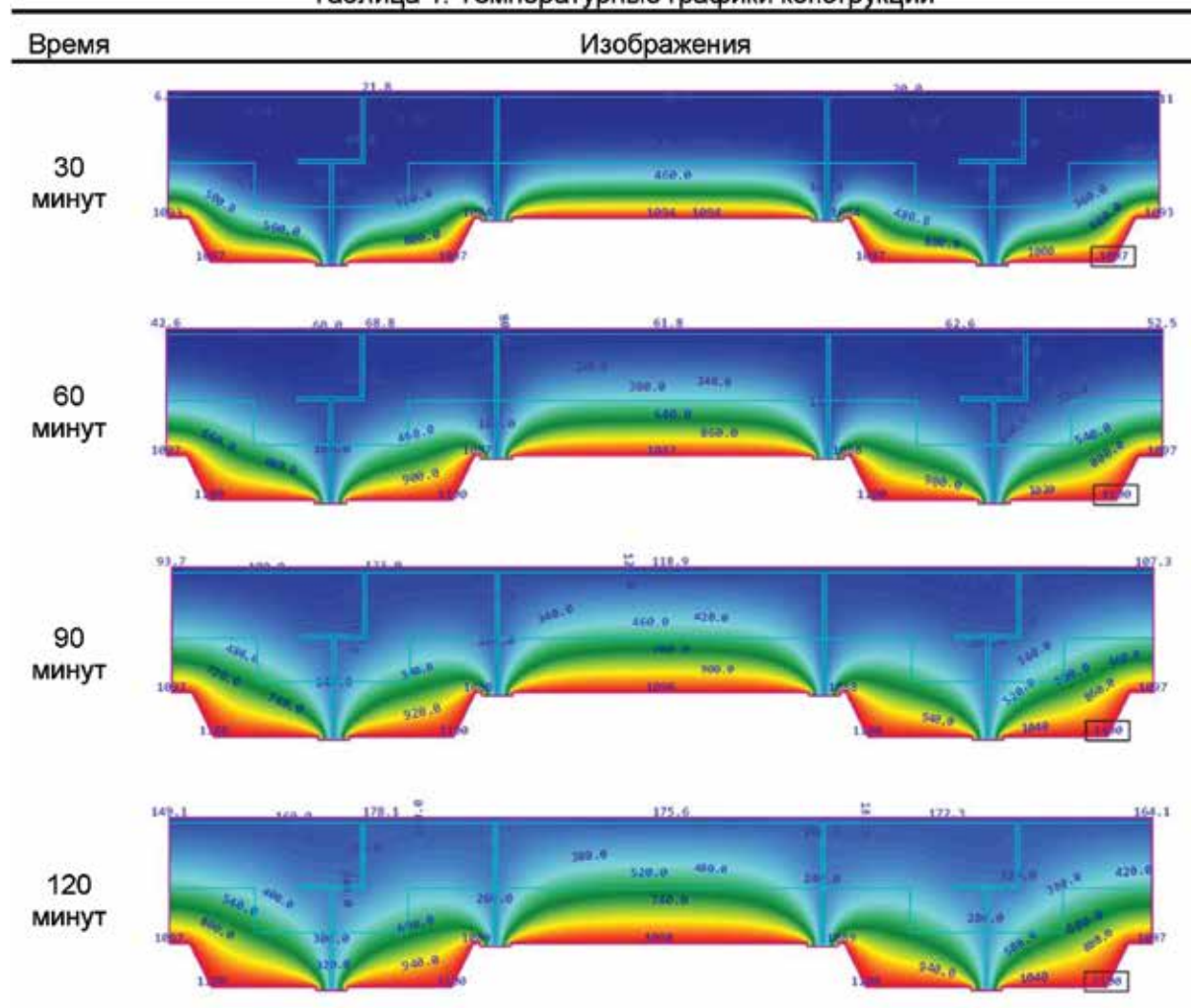




Рис. 5. Крупный план фрагмента изоляции после испытания.

Расчетные кривые воздействия огня и фактические значения термопар показаны на рисунке 6.

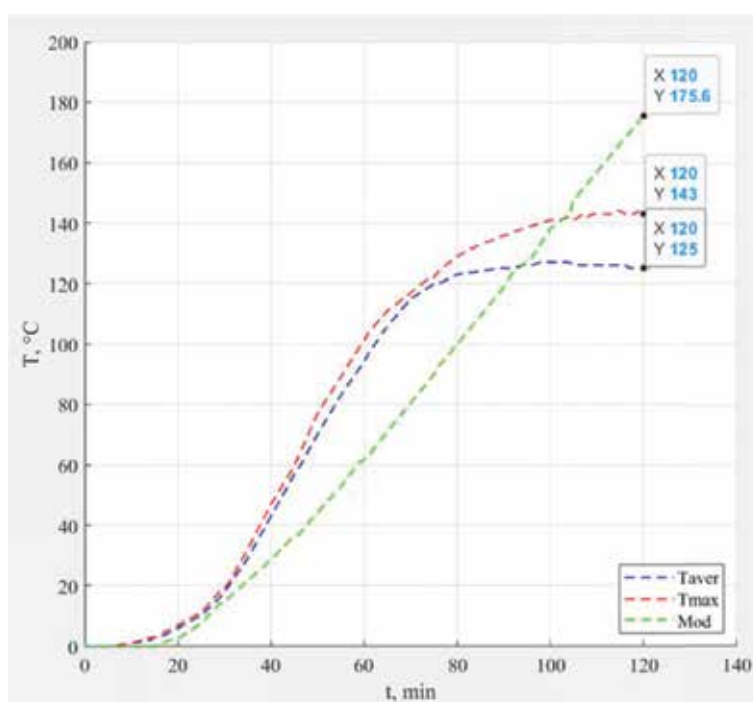


Рис. 6. Расчетная кривая и результаты испытаний.

Моделирование показало хорошую сходимость с фактическим результатам огневых испытаний, но не приняло во внимание резкое изменение свойств при спекании огнезащиты. Для получения более точной модели необходимо провести дополнительные эксперименты с огнезащитными материалами для их получения теплофизических свойств в широком диапазоне температур.

Выводы. Стальная переборка, построенная в соответствии с вышеприведенной конструкцией, может рассматриваться как переборка класса Н-120 и использоваться в качестве специальной переборки на морских танкерах и платформах. Четкие требования к нефтегазовым платформам и морским буровым должны обязательно нормироваться в соответствии с более жестким углеводородным режимом пожара. Применение огнезащиты должно регулироваться анализом расчета рисков на основе отраслевых стандартов.

К сожалению, аналитических методов расчета сложных конструкций на воздействие высокотемпературных нагрузок в соответствии с углеводородным, или тем более реальным режимом пожара не существует. Конечно-элементное моделирование позволяет эффективно обосновать расчетный предел огнестойкости конструкции даже в условиях огневого воздействия и снизить финансовые затраты производителей огнезащитных материалов. Однако точность модели сильно зависит от изучения огнезащитных теплофизических свойств ограждающих материалов.



**ЛИТЕРАТУРА**

1. EN 1363-2. Fire resistance tests – Part 2: Alternative and additional procedures. British Standards Institution European, London (1999).
2. UL 1709. Standard for Safety Rapid Rise Fire Tests of Protection Materials for Structural Steel. Underwriters Laboratories, Northwood, Illinois (2017).
3. Gravit, M., Gumerova, E., Bardin, A., Lukinov, V.: (2018) Increase of Fire Resistance Limits of Building Structures of Oil-and-Gas Complex Under Hydrocarbon Fire. In: Murgul, V., Popovic, Z. (eds) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport EMMFT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 692, pp. 818-829. Springer, Cham (2017).
4. Imran, M., Liew, M.S., Nasif, M.S., Niazi, U.M., Yasreen, A.: Hazard assessment studies on hydrocarbon fire and blast: An overview. *Advanced Science Letters* 23, 1243–1247 (2017).
5. Gravit, M.V., Golub, E.V., Antonov, S.P.: Fire protective dry plaster composition for structures in hydrocarbon fire. *Magazine of Civil Engineering* 3, 86-94 (2018).
6. Quiel, S.E., Yokoyama, T., Bregman, L.S., Mueller, K.A., Marjanishvili, S.M.: A streamlined framework for calculating the response of steel-supported bridges to open-air tanker truck fires. *Fire Safety Journal* 73, 63-75 (2015).
7. Shebeko, A.Y., Shebeko, Y. N., Gordienko, D.M.: A settlement assessment of equivalent fire duration for steel structures of pipe rack of a refinery. *Fire Safety* 1, 25-29 (2017).
8. Palazzi, E., Fabiano, B.: Analytical modelling of hydrocarbon pool fires: Conservative evaluation of flame temperature and thermal power. *Process Safety and Environmental Protection* 2(90), 121-128 (2012).
9. Paik, J.K., Czujko, J. Assessment of hydrocarbon explosion and fire risks in offshore installations: Recent advances and future trends. *IES Journal Part A: Civil and Structural Engineering* 4, 167-179 (2016).
10. Gravit, M., Dmitriev, I., Lazarev, Y.: Validation of the Temperature Gradient Simulation in Steel Structures in SOFiSTiK. In: Murgul V., Pasetti M. (eds) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 983, pp. 929–938 (2019) [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8\\_92](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19868-8_92)
11. Shukhardin A., Gravit M., Dmitriev I., Nefedov G., Nazmeeva T.: Fire Simulation of Light Gauge Steel Frame Wall System with Foam Concrete Filling. International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 982, pp 836-844 (2020) [https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8\\_80](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_80)
12. Salminen, M., Heinisuo, M.: Numerical analysis of thin steel plates loaded in shear at non-uniform elevated temperatures. *Journal of Constructional Steel Research* 97, 105-113 (2014).
13. Heinisuo, M., Jokinen, T.: Tubular composite columns in a non-symmetrical fire. *Magazine of Civil Engineering* 49 (5), 107-120 (2014).
14. Schaumann, P., Kirsch, T.: Protected Steel and Composite Connections: Simulation of the mechanical behaviour of steel and composite connections protected by intumescent coating in fire. *Journal of Structural Fire Engineering* 1(6), 41–48 (2015).
15. Andrea Lucherini et al: Experimental study on the onset of swelling for thin intumescent coatings. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1107, 032017 (2018). doi :10.1088/1742-6596/1107/3/032017
16. Lazarevska, M., Gavriloska, A.T., Laban, M., Knezevic, M., Cvetkovska, M. Determination of fire resistance of eccentrically loaded reinforced concrete columns using fuzzy neural networks, Vol. 2018, Art. ID 8204568, 12 p. <https://doi.org/10.1155/2018/8204568>
17. Dmitriev I., Lyulikov V., Bazhenova O., Bayanov D. Calculation of fire resistance of building structures in software packages. E3c Web of Conferences, Vol. 91, 02007 (2019). doi.org/10.1051/e3sconf/20199102007
18. Gravit, M.V., Nazarov, M. A., Ivanov, V.N., Dmitriev, I.I. Fire resistance of monolithic reinforced concrete structures of the tall residential building with core structural system; 2020; Construction of Unique Buildings and Structures; Volume 89 Article No 9001. doi:10.18720/CUBS.90.1
19. Marina Gravit, Evgenii Polishchuk, Ivan Dmitriev, Mariya Shakhova, Flame spread on the pitched roof covering from a single ignition source. E3S Web of Conferences 157, 06030 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015706030>
20. M. Gravit, N. Klimin, I. Dmitriev, A. Karimova, E. Fedotova Fire technical properties of intumescent and ablative fire resistant glass IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 666 (2019) 012095 doi:10.1088/1757-899X/666/1/012095
21. Marina Gravit, Sergey Zimin, Yuriy Lazarev, Ivan Dmitriev, Elena Golub Fire Simulation of Bearing Structures for Natural Gas Module Plant. Springer Nature Switzerland AG 2020 Z. Popovic et al. (Eds.): TransSiberia 2019, AISC 1116, pp. 1–12, 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_36)
22. Gravit M., Dmitriev I. (2020) Fire Resistance of Loaded I-Section Column from Light Gauge Steel Thin-Walled Profiles. In: Anatolijs B., Nikolai V., Vitalii S. (eds) Proceedings of ECEE 2019. ECEE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 70. Springer, Cham

## **ПРОИЗВОДСТВО ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Амосова Н.В., Благовидова И.Л. (АО «ЦКБ «Коралл», Севастополь)

Коньгин А.Е. (ООО «Газпром нефть шельф»)

Николаева М.В. (АО «Морнефтегазпроект»)

### **THE PERFORMANCE OF PROSPECTING AND EXPLORATION OPERATIONS IN ARCTIC ENVIRONMENT**

N. V. Amosova, I.L. Blagovidova (CDB Corall JSC, Sevastopol)

A. Ye. Konygin (PJSC "Gazprom Neft Shelf")

M.V. Nikolayeva ("Morneftegazproject" JSC)

*Nowadays, the development of oil/gas fields on Arctic coasts and continental shelf is an important and up-to-date sector of the development of oil and gas industry of Russia. Built-up of a long-term resource base of hydrocarbons and other strategic raw materials within the continental shelf and coastal area of Russian Arctic with a view to compensating for depletion of onshore fields implies extension of scopes of offshore exploration and engineering operations in the Arctic region, where level of knowledge is far too low. The article deals with capabilities and performances of various facilities, both the ones constructed and the ones in prospect, enabling the performance of prospecting and exploration operations in shallow water areas of the Arctic shelf with a short ice free period. Among promising trends distinguished are the projects of an elevating/submerged platform and a mobile drilling unit for year-round drilling, and the construction of a man-made ice island. For all the facilities covered, external actions and on-the-seabed stability have been calculated, marine and logistic operations worked out, costs, risks, construction terms, etc. estimated. Estimates also included comparative estimation of the covered solutions' performances and their applicability to the performance of prospecting and exploration operations at prospecting sites of the RF's Arctic shelf.*

На сегодняшний день освоение месторождений нефти и газа на арктических побережьях и континентальном шельфе является важным и актуальным направлением развития нефтегазового комплекса России. Формирование ресурсной базы углеводородов и другого стратегического сырья в пределах континентального шельфа и в прибрежной зоне Российской Арктики на долгосрочную перспективу, с целью компенсации истощающихся месторождений суши, предполагает расширение масштабов морских геологоразведочных и инженерных работ в Арктике, где уровень изученности очень низок. В настоящей статье рассмотрены возможности и характеристики различных технических средств, с помощью которых возможно осуществление ПРБ на мелководном арктическом шельфе с коротким безледовым периодом, как уже построенных, так и перспективных к созданию. В числе перспективных направлений выделяются проекты подъемно-погружной платформы и мобильной буровой установки для круглогодичного бурения, а также строительство искусственного ледового острова. Для всех рассмотренных технических средств выполнены расчеты внешних нагрузок, устойчивости на грунте, проработаны морские и логистические операции, сделаны стоимостные оценки, оценки рисков, сроков строительства и т.п. Также выполнены сравнительные оценки параметров рассмотренных технических решений и их применимость для осуществления ПРБ на перспективных участках арктического шельфа РФ.

## **ЗДОРОВЬЕ И БЛАГОПОЛУЧИЕ МОРЯКОВ ПРИ РАБОТЕ В АРКТИЧЕСКИХ ЗОНАХ**

Денисенко И.В. (Международная Ассоциация Морского Здравоохранения АНО ДПО Морская Медицина)

### **HEALTH AND WELL-BEING OF SEAFARERS WORKING IN THE ARCTIC ZONES**

*Dr. Ilona Denisenko (International Maritime Health Association(IMHA) ANO DPO Maritime Health)*

*The health and well-being of a seafarers is one of the key issues of shipping, including in the Arctic zones.*

*In modern conditions, when only some ships have medics on board, this task is carried out by specially trained officers. It is extremely important to have regular and pre-voyage medical examinations of seafarers, as well as the qualifications of medical personnel who conduct these examinations and knowledge of the specifics of work in the polar region, training in the provision of medical assistance directly to seafarers, equipping a medical office on board, equipping a Medical chest on board, International Medical Guide of ships or an equivalent allowance, the availability of a tele- and radio medical advice service and the possibility of medical evacuation if necessary.*

*Ensuring the coordinated work of all of the above factors will be the key to the safety of navigation in the extreme conditions of the Arctic*

Здоровье и благополучие плавсостава является одним из ключевых вопросов судоходства в том числе и в Арктических зонах

В современных условиях, когда только на некоторых судах есть медики, данная задача осуществляется специально обученным офицерским составом. Крайне важными являются регулярные и пред-рейсовые медицинские осмотры моряков, а также квалификация мед персонала, проводящие данные осмотры и знание специфики работы в полярном регионе, обучение оказанию медицинской помощи непосредственно моряков, оснащение медицинского кабинета на борту судна, комплектация аптечки, Международное медицинское руководство для судов или эквивалентное пособие, наличие теле- и радио- медицинской службы и возможность медицинской эвакуации при необходимости.

Обеспечении слаженной работы всех вышеперечисленных факторов будут являться залогом безопасности судоходства в экстремальных условиях Арктики

## **ПРОБЛЕМАТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПДК В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Толочкин О.Ю. (АО "Морнефтегазпроект")

### **PROBLEMS OF USING SPS (SUBSEA PRODUCTION SYSTEM) IN ARCTIC CONDITIONS**

Tolochkin O. Yu. (Morneftegazproject JSC)

*Development of deep-water areas of the shelf of the Sea of Okhotsk, Barents and Kara Seas, which have a huge resource potential, is impossible without the development of under-ice SPS (subsea production system) operation technologies. Often, SPS' application allows to increase the economic efficiency of development even relatively non-deep fields in the Arctic and sub-Arctic seas, such as the oil fields Triton and Neptune (discovered by Gazprom Neft in 2017-2018).*

*In the world practice there is a limited number of cases of SPS application in freezing water areas. Projects such as Kirinskoye GCF, Severo-Bulganakskoye CF, Drake F-76 show the fundamental possibility of operating subsea gas and gas condensate wells in ice conditions. The Terra Nova and White Rose projects demonstrate the successful application of protection means against the bottom ice gouging at relatively large depths (95-110 m). However, nowadays there is no experience of subsea oil wells operation in ice conditions in the world - SPS protection means against plowing of ice formations at "shallow" depths (up to 30 m) are at the conceptual stage of development, and the methods of mechanized production and ensuring an acceptable SPS operation factor in the ice season have not been developed yet.*

*Thereby, the development of technologies for protection of SPS from ice and ensuring a high coefficient of subsea oil wells' operation are in demand and urgent tasks of the Russian offshore industry for the next few years.*

Освоение глубоководных участков шельфа Охотского, Баренцева и Карского морей, имеющих огромный ресурсный потенциал, невозможно без развития технологий эксплуатации ПДК подо льдом. Применение ПДК зачастую позволяет повысить экономическую эффективность разработки даже относительно неглубоководных месторождений арктических и субарктических морей, таких как нефтяные месторождения Тритон и Нептун (открытые ПАО «Газпром нефть» в 2017-2018 гг.).

В мировой практике существует ограниченное число случаев применения ПДК в замерзающих акваториях. Такие проекты как Киринское ГКМ, Северо-Булганакское ГМ, Drake F-76 показывают принципиальную возможность эксплуатации подводных газовых и газоконденсатных скважин в ледовых условиях. Проекты Terra Nova и White Rose демонстрируют успешное применение средств защиты от ледовой экзарации дна на относительно больших глубинах (95-110 м). Однако, на данный момент в мире отсутствует опыт эксплуатации подводных нефтяных скважин в ледовых условиях, средства защиты ПДК от пропахивания ледовыми образованиями на малых глубинах (до 30 м) находятся на концептуальной стадии разработки, а способы ведения механизированной добычи и обеспечения приемлемого коэффициента эксплуатации ПДК в ледовый сезон до сих пор не разработаны.

Таким образом, разработка технологий защиты ПДК от льда и обеспечения высокого коэффициента эксплуатации подводных нефтяных скважин являются востребованными и актуальными задачами шельфовой отрасли РФ на ближайшие несколько лет.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАВУЧИХ БЛОКОВ С ЯДЕРНЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА И ДАЛЬНОГО ВОСТОКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ**

Глеб Анатольевич МАКЕЕВ (ПАО «ЦКБ «Айсберг»)

Идея создания флота плавучих энергоблоков (ПЭБ) появилась достаточно давно, она предусматривает, что их строительство, а также испытания ведутся в условиях судостроительного предприятия, что позволяет сократить сроки и повысить качество выполнения работ. Кроме того, работы на береговой площадке могут вестись параллельно со строительством ПЭБ.

В пределах ПЭБ стремятся выполнять все операции по обращению с ядерным топливом и радиоактивными отходами, которые необходимо проводить на атомной станции. Такой подход в лучшей степени отвечает концепции «зеленой лужайки» при выводе атомной станции из эксплуатации и подразумевает просто перевод ПЭБ с площадки атомной станции на специализированное предприятие, предназначенное для выгрузки и приема отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов, а также последующей разделки и утилизации ПЭБ.

За последнее время ЦКБ «Айсберг» было разработано несколько вариантов плавучих блоков, использующих ядерные энергетические установки для производства энергии.

Первый в мире плавучий атомный энергоблок проекта 20870 «Академик Ломоносов», спроектированный ЦКБ «Айсберг», был построен на Балтийском заводе в Санкт-Петербурге. От идеи до реализации первый энергоблок прошел длинный путь. Технический проект 20870 был утвержден в 2002 году. Заложили ПЭБ на Севмаше в 2007 году, а через два года перенесли строительство на Балтийский завод. После завершения строительства и успешного проведения физических пусков реакторных установок и выполнения полного комплекса испытаний в Мурманске в июне 2019 года был передан Концерну Росэнергоатом и отбуксирован в точку базирования в город Певек, а уже в конце 2019 года выдал первую электроэнергию в сеть Чукотки (рис. 1).



Рис. 1. ПЭБ «Академик Ломоносов» на месте базирования в г. Певек.  
Проект 20870: длина 144 м; ширина 30,0 м; осадка 5,9 м; водоизмещение - 22500 т.

Энергоблок проекта 20870 предназначен для обеспечения электрической и тепловой энергией крупных промышленных предприятий, портовых городов, комплексов по добыче и переработке нефти и газа на шельфе. Энергоблок оснащается реакторными установками, проверенными в течение длительной эксплуатации в условиях Арктики. «Академик Ломоносов» имеет различные режимы работы. Например, предусмотрен режим выдачи максимальной тепловой мощности, которая достигает 145 Гкал/ч. Электрическая мощность, выдаваемая в береговую сеть, в этом режиме составляет около 30 МВт. В другом режиме работы без потребления берегом тепловой энергии электрическая мощность, выдаваемая в береговую сеть, может составлять около 70 МВт.

В номинальном режиме предусматривается выдача в береговые сети:

- 60 МВт электроэнергии;
- 50 Гкал/ч тепловой энергии для нагрева теплофикационной воды.

ПЭБ проекта 20870 должен эксплуатироваться совместно с береговой инфраструктурой, включающей в себя гидротехнические и причальные сооружения, повышающие подстанции распределительные устройства выдачи мощности. Устройство жесткой швартовки предусматривает надежное закрепление ПЭБ в месте эксплуатации с учетом возможных перемещений в вертикальном и горизонтальном направлении при воздействии ветровых и других внешних нагрузок. Предусматриваются также устройства выдачи тепловой и электрической энергии.

Общий срок эксплуатации ПЭБ проекта 20870 составляет 40 лет при условии выполнения доковых и заводских ремонтов раз в 10 лет. За время работы в точке базирования должны выполняться перегрузки реакторов, которые происходят через 3-4 года работы. Для обеспечения этих операций на судне предусматривается перегрузочный комплекс и хранилища отработавшего топлива.

При эксплуатации ПЭБ в точке базирования предполагается проживание экипажа на борту. Для этих целей в проекте предусмотрены каюты на 84 человека, камбуз со столовой, общественные помещения для спорта и отдыха персонала, такие как спортивный и тренажерный залы, сауны и бассейн, библиотека и салон отдыха.

Развитие идеи первого энергоблока проекта 20870 нашло отражение в применении новых реакторных установок, а также росте выдаваемой потребителям мощности. Базируясь на этих принципах был проработан вариант модернизации проекта 20870, где предложено:

- сохранить форму и обводы корпуса;
- сохранить жилой блок;
- сохранить блок вспомогательного оборудования;
- применить две РУ РИТМ-200 с увеличенной паропроизводительностью, составляющей в сумме около 610 т/ч.

Для преобразования увеличенной тепловой мощности и указанной паропроизводительности требуется увеличение мощности паротурбинной установки или увеличения количества турбогенераторов. В качестве одного из вариантов было предложено исключение из судовых помещений перегрузочного комплекса и хранилищ ОЯТ, что позволит разместить 3 серийные ПТУ. Модернизированный таким образом ПЭБ должен будет перегружаться с помощью судов АТО. При этом он сохранит все необходимые условия обитаемости. Но что главное, модернизированный ПЭБ сможет уже вместо 70 МВт выдавать 100 МВт электроэнергии потребителям.

Помимо модернизации был предложен новый проект плавэнергоблока (рис.2), нацеленный на достижение максимальной экономической эффективности, и поэтому на нем отсутствует жилой блок, некоторые устройства, которые не обязательны для стоечного судна – оптимизированный плавэнергоблок (ОПЭБ) проект 23870. Принципиальными отличиями оптимизированного ПЭБ от ПЭБ первого поколения являются стало то, что:

- применены две реакторные установки РИТМ-200М и две паротурбинные установки по 55МВт;
- увеличен период между перезарядками активных зон;
- исключен блок помещений, обеспечивающих работу с ЯТ и хранилище отработанного ЯТ;
- значительно уменьшен объем блока помещений, обеспечивающих обитаемость;
- сокращена численность обслуживающего персонала до 54 человек;
- оптимизирован состав вспомогательного оборудования и судовых устройств.



Рис. 2. Оптимизированный плавэнергоблок пр. 23870: мощность, выдаваемая потребителям 100МВт; Длина 112 м; Ширина 30,0 м; Осадка 5,84 м; Водоизмещение 18670 т.

Общий срок эксплуатации ОПЭБ проекта 23870 составляет 60 лет при условии выполнения доковых и заводских ремонтов раз в 10 лет.

В соответствии с принятой концепцией при эксплуатации ОПЭБ на нем не предусматривается проживание обслуживающего персонала. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности персонала на судне предусматриваются следующие общественные помещения:

- кризисный центр/конференц-зал;
- помещение для проведения инструктажей;
- салон отдыха;
- переодевальные с душевыми и туалетами (мужские и женские);
- помещение для курения;
- архив;
- канцелярия;
- санитарная каюта;
- служебные помещения двойного назначения/офисы.

ОПЭБ должен эксплуатироваться совместно с береговой инфраструктурой, включающей в себя гидротехнические и причальные сооружения, повышающие подстанции распределительные устройства выдачи мощности. Принцип крепления ОПЭБ на месте стоянки определяется исходя из условий базирования и возможных внешних воздействий (глубина, течение, защитные гидротехнические сооружения, ветер, колебания уровня воды, наличие существующей береговой инфраструктуры, сейсмические воздействия, аварии на близкорасположенных промышленных объектах и т.п.). Возможно применение схемы жесткой швартовки на четырех штангах аналогично проекту 20870.

Рассматривается два варианта транспортировки ОПЭБ это на судне-доке (рис. 3) и буксировка, на подобие того, как было сделано с ПЭБ пр. 20870

На период перегона предусматривается размещение на ОПЭБ до 20 человек экипажа.



Рис. 3. Транспортировка ОПЭБ к месту базирования на судне-доке

Для проживания экипажа на время транспортировки предусматривается использование служебных помещений двойного назначения. Специальное оборудование служебных помещений позволяет организовать:

- 2 одноместных каюты для комсостава.
- 9 двухместных кают для остальных членов экипажа.

Для возможности перегона энергоблока к месту эксплуатации предусмотрено контейнерное исполнение провизионных кладовых, камбуза и столовой для экипажа численностью в 20 человек и автономности по провизии в 30 суток. Для чего на открытой палубе предусмотрено крепление шести контейнеров в составе:

- двух контейнеров с мобильной столовой;
- контейнера с мобильной кухней;
- трех контейнеров-рефрижераторов.

Для эксплуатации в незамерзающих морях без ледовых полей может быть предложен еще один вариант плавэнергоблока - судно обеспечения электроэнергией (СОЭ) проект 24870. СОЭ проектировалось для цунами-опасных регионов и для мест базирования которые находятся в открытом море. СОЭ получило возможность самостоятельного хода и обладает всеми необходимыми для обычного судна устройствами и системами (рис. 4).

При этом выдаваемая внешним потребителям мощность может составлять до 100МВт



Основными отличиями по сравнению с ПЭБ являются:

- применены две реакторные установки РИТМ-200М и две паротурбинные установки по 55МВт;
- увеличен период между перезарядками активных зон;
- исключен блок помещений, обеспечивающих работу с ЯТ и хранилище отработанного ЯТ;
- предусмотрено морское базирование, т.е. отсутствует необходимость в береговых гидротехнических сооружениях;
- предусмотрена возможность самостоятельного хода.



Рис. 4. Судно обеспечения электроэнергией пр. 24870: мощность, выдаваемая потребителям 100 МВт; Длина 140 м; Ширина 30,0 м; Осадка 7,0 м; Водоизмещение 24000 т.

Комплектация СОЭ обслуживающим персоналом предусмотрена в количестве 60 человек. Для проживания экипажа предусматриваются одноместные каюты различного класса. Для приготовления и приема пищи, бытового обслуживания и отдыха предусматриваются:

- Столовая;
- Кают-компания;
- Салон отдыха комсостава;
- Салон отдыха команды;
- Спортивно-оздоровительный комплекс в составе спортзала, бассейна, сауны, душа, фотария;
- Камбуз, оснащенный оборудованием для приготовления пищи, отделенный от столовой буфетом;
- Конференц-зал для проведения совещаний и информационного обслуживания экипажа.

На СОЭ предусмотрено 2 ВРК мощностью по 4500кВт в корме и 2 ПУ в носу. Скорость полного хода СОЭ на чистой воде составит около 12 узлов.

Схема работы СОЭ предполагает, что оно самостоятельно своим ходом приходит к месту работ, где предварительно установлено специальное устройство швартовки в море. СОЭ должно выполнять швартовку в море без помощи со стороны, только собственными средствами. Устройство швартовки в море предусматривает надежное крепление СОЭ в месте эксплуатации при воздействии ветровых и волновых нагрузок и обеспечивает возможность вращения СОЭ вокруг оси швартовного устройства (рис. 5).



Рис. 5. Устройство швартовки в море судна обеспечения электроэнергией пр. 24870

Устройство выдачи энергии совмещено в едином блоке с швартовным устройством. Комбинированное швартовное устройство и устройство выдачи электроэнергии должно в дальнейшем разрабатываться применительно к конкретному району эксплуатации, поскольку его параметры будут сильно зависеть от внешних воздействий и глубины моря в месте установки.

Для ОПЭБ и СОЭ в части ЯЭУ применены однотипные решения – две РУ

РИТМ-200М, которые должна выдавать по 305 т/ч пара и обеспечивать возможность эксплуатации судов до 10 лет без перезарядок и два главных турбогенератора, способных вырабатывать по 55 МВт электроэнергии.

При эскизном проектировании была проанализирована также возможность применения схемы использования турбогенераторных агрегатов в двух режимах с частотой вращения 3000 и 3600 об/мин, а также выдачи электрической энергии трехфазного переменного тока 50 или 60 Гц, что также продемонстрировало принципиальную возможность установки такого оборудования на судах.

Идея создания плавучих энергетических блоков с ядерными энергетическими установками возникла из необходимости решить задачу обеспечения электроэнергией труднодоступных районов Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера – территории децентрализованного энергоснабжения. Капитальное строительство крупных стационарных энергетических объектов в этих регионах экономически невыгодно и трудно реализуемо, поскольку связано с необходимостью создания строительной и социальной инфраструктуры, завоза в эти регионы материалов и сырья для строительства, обеспечения квалифицированными производственными силами.

Большинство генерирующих станций, имеющих в этих регионах, работают на органическом топливе, что определяет необходимость регулярного завоза топлива и исключительно высокую стоимость вырабатываемой электрической энергии. Установка ПЭБ при минимальных первоначальных инвестициях позволит получать сравнительно дешевую электрическую энергию, т.к. отпадет необходимость в организации дорогостоящего строительства электростанции и сопутствующей инфраструктуры в удаленных и труднодоступных регионах, эти работы выполняются на существующих специализированных предприятиях, имеющих необходимое оборудование и квалифицированный персонал. ПЭБ не требует регулярного завоза топлива, а также строительства хранилищ для топлива в местах эксплуатации.

При серийном строительстве открываются широкие горизонты и перспективы стратегического и коммерческого применения ПЭБ не только в труднодоступных и энергодефицитных регионах, но в регионах, имеющих другие (неатомные) источники энергии. При этом ПЭБ сможет использоваться

- как источник электрической энергии для населенных пунктов и плавучих объектов;
- как источник тепловой энергии для населенных пунктов;
- как источник тепловой или электрической энергии для опреснения воды для населенных пунктов.

Решение о реализации того или иного варианта ПЭБ должно определяться потребностями заказчика, условиями в точках установки ПЭБов и моделью эксплуатации.

## **МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОСТРОЕНИЯ**

Китаева Юлия Сергеевна; Московская государственная академия водного транспорта, Москва

*В статье кратко описаны значения некоторых мер Государственной поддержки отечественного судостроения. Обозначена и проиллюстрирована важность и необходимость судостроительных-судоремонтных предприятий, как для транспортной отрасли, так и для всей экономики страны. В настоящее время активно поднимается тема развития Северного Морского Пути (СМП), который напрямую связан с возрождением Жатайской верфи, являющейся важнейшим проектом в развитии Арктической зоны. Именно поэтому отечественные предприятия строят ледоколы и изучают природные ресурсы Арктики, а судостроительные компании развивают арктический транспорт и строят нефтегазовые терминалы для перегрузки.*

### **MEASURES OF STATE SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC SHIPBUILDING**

Kitaeva Julia Sergeevna; MSAWT, Moscow

*The article briefly describes the significance of some measures of State support for domestic shipbuilding. The importance and necessity of ship-building and ship-repair enterprises, both for the transport industry and for the entire economy of the country, is outlined and illustrated. Currently, the topic of the development of the Northern Sea Route (NSR) is actively raised, which is directly related to the revival of the Zhatay shipyard, which is the most important project in the development of the Arctic zone. That is why domestic companies build icebreakers and study the natural resources of the Arctic, while shipbuilding companies develop Arctic transport and build oil and gas terminals for transshipment.*

В настоящее время в российском реестре регистрации судов насчитывает 3863 единицы, средний возраст которых 35 лет, с суммарным дедвейтом около 4,7 млн. тонн. В Российском международном реестре судов зарегистрировано 1139 единиц с суммарным дедвейтом более 4,6 млн. тонн.

Система регистрации судов, ходящих по внутренним водным путям, насчитывает 30 431 единиц с суммарным дедвейтом около 9,7 млн. тонн, средний возраст которых составляет 37 лет [1].

Что касается технического флота, то средний возраст таких судов приближается к отметке 36 лет. Суда технического флота используются, как правило, администрациями бассейнов внутренних водных путей, а также ФГБУ «Канал имени Москвы». Всего насчитывается около 3000 средств флотового обслуживания [2].

Дополнительным эффектом от вложения в строительство нового флота является развитие судостроения.

Судостроительная промышленность в России-крупнейшая отрасль машиностроения. Она обладает не только высоким научно-техническим, но и производственным потенциалом. Сейчас данная отрасль насчитывает около 600 предприятий, в состав которых входит 90 проектных и исследовательских организаций, 130 судоремонтных заводов, около 50 верфей, 310 предприятий, которые выпускают комплектующие изделия [3].

В период с 2010-2018 год на верфях нашей страны были построены почти 860 судов и другой морской инфраструктуры. В этот же период наблюдается устойчивый рост объема перевалки грузов в морских портах, который, в 2018 году составил 859 млн тонн. Планируется, что к 2025 году он достигнет 995 млн. тонн, а к 2030 году и вовсе превысит 1млрд.т [3].

В планах руководства отрасли, обозначенных в Транспортной стратегии до 2030 не останавливаться, а наоборот, наращивать объем судового парка: рыбопромысловых, пассажирских круизных, скоростных судов (типа «Амфибия»), речных судов, а также гидрографических и научно-исследовательских судов.

Проекты на рассмотрении НТИ, ед.



Диаграмма рассматриваемых проектов

Рисунок 1. [4].

Федеральный закон РФ от 07.11.2011 №305 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер государственной поддержки судостроения и судоходства» преследует две главные цели: вернуть Российский флот под Российский флаг и восстановить отечественное судостроение [5].

Руководитель Департамента государственной политики в области морского и речного транспорта Константин Пальников сказал, что для поддержки судостроения предлагается создание в Европейской части России и на Дальнем Востоке Особых Экономических Зон. Резидентами в которых будут представлены предприятия судостроения и судоремонта, находящиеся в портовых городах [6].

Президент Объединенной Судостроительной Корпорации Роман Троценко назвал основные льготы для заводов: - «Ушли имущественный налог (2,2% от стоимости активов всей верфи), земельный налог и таможенные пошлины, что дало 15-18% экономии по судостроительным заказам. Ситуация на Российских верфях с точки зрения экономической эффективности размещения нового судостроительного заказа уже приближается к лидерам: Кореи, Японии, Китая». Роман Троценко заявил, что улучшение заметно, даже сравнивая, например, с Германией. Он добавил, что в планах создать 9 особых экономических зон, также на базе судостроительных и судоремонтных предприятий в портовых городах: Владивосток, Северодвинск, Мурманск, Санкт-Петербурга, Калининград, Новороссийск и Астрахани, на базе Нижегородского ОАО «Красное Сормово» и Рыбинской «Верфи братьев Нобель» [6].

В сложившихся экономических условиях ключевым путем развития судостроительной отрасли является реализация следующих крупных инвестиционных проектов:

Судостроительный комплекс «Звезда» (ССК «Звезда») - наиболее важный и необходимый проект отечественного судостроения в настоящее время. В планах ССК «Звезда» станет крупнейшей верфью крупнотоннажного судостроения не только в России, но и в Европе. Уже сейчас сформирован долгосрочный план загрузки судостроительного комплекса вплоть до 2035 года, включающий более 100 единиц судов большой грузоподъемности, а также морской техники. Запланировано, что это будут:

- суда с водоизмещением до 350 тыс. тонн;
- суда ледового класса;
- спец. суда (дноуглубительные, гидрографические, пожарные и др.);
- элементы морских (нефтяных или газовых) платформ;
- различные виды морской техники, в том числе и такой, которая ранее в нашей стране не выпускались из-за нехватки необходимых подходов к воде и гидротехнических сооружений. Причиной нехватки гидротехнических сооружений является отсутствие опыта для строительства уникальных водных объектов.

Строительство судостроительного комплекса уже ведется, завершение которого планируется в 2024 году.

Но для строительства судов, как известно, нужны специализированные территории, места с выходом в водное пространство, будь это океан, море, река или озеро. Однако, для небольших судов практикуются и плавучие верфи. Так или иначе, для возрождения отечественного судостроения необходима постройка верфей, как это было при Петре I. Ведь именно им первая верфь была заложена в Архангельске в 1693 году.

Жатайская судовой верфь – важнейший проект в развитии Арктической зоны. Если вернуться к истории, Жатайский судоремонтно-судостроительный завод был основан в 1943 году. Возрождение Жатайской судовой верфи началось не так давно, в апреле 2019 года. Побуждением для этого стала актуальная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации». Судовой верфь будет являться основой развития транспортно-логистических коридоров, которые ведут в акваторию СМП. По прогнозу, уже через 5-7 лет, это должно привести к социально-экономическому подъёму и развитию всех прилегающих территорий, т.е. территорий Дальнего Востока и Сибири. Судовой верфь будет работать по требованиям Ленского бассейна, а это предполагает модернизацию шести и строительство десяти речных судов в год. Что касается улучшения экологии в данном районе, то предусмотрен план утилизации, как минимум двух судов в год. Из федерального бюджета на строительство выделено 4,2 млрд. рублей. Объект будет готов к работе к концу 2021 года.

Заглянув вперёд, можем заметить, что развитие Жатайской верфи напрямую связано с дальнейшим развитием Северного Морского Пути.

За последние несколько лет тема развития Северного морского пути обрела большую популярность. Северный морской коридор является альтернативным Южному морскому пути, проходящему через Суэцкий канал. Проход через СМП для транзитных перевозок значит:

- экономия топлива;
- уменьшение стоимости фрахта судна;
- уменьшение продолжительности рейса;
- уменьшение заработной платы экипажу суда;
- отсутствуют каналы, что экономит средства судовладельца (Суэцкий канал);
- свободный пропускной режим (нет очередей);
- безопасность от нападений пиратов.

Многие отечественные предприятия строят ледоколы и изучают природные ресурсы Арктики, судостроительные компании развивают арктический транспорт, строятся нефтегазовые терминалы для перегрузки. Плотнo стоит вопрос о дальнейшем восстановлении инфраструктуры Северного морского пути, поскольку он является одним из приоритетных инвестиционных проектов Государства. Реализация этой идеи расширит транспортную систему страны, что в свою очередь будет способствовать росту социально-экономической значимости северных отдалённых районов (Дальнего Востока и Сибири).

Что касается объёма перевозок, то через порты и пункты в акватории Северного морского пути составляет более 20 тыс. тонн. Это является приростом по сравнению с 2017 календарным годом в 2 раза. Из них транзитные перевозки составляют 491,3 тыс. тонн.



Маршрут Северного морского пути как альтернатива маршруту через Суэцкий канал

Рисунок 2. [7].

Доходы от работы отрасли водного транспорта и наличие собственного флота, способного обслуживать как внешнеторговые, так и внутренние грузопотоки страны, имеют огромное значение для её экономической безопасности.

Внутренний водный транспорт является сезонным, с чем связаны его низкий по сравнению с другими видами транспорта коммерческий потенциал и инвестиционная привлекательность. Однако, те важнейшие и социально значимые задачи, которые он выполняет, включая завоз грузов в труднодоступные территории и участки, где он работает как безальтернативный, обусловили комплексные меры государственной поддержки при его строительстве. К тому же, как было обозначено выше, инвестиции в строительство нового флота дают в качестве дополнительного эффекта положительные импульсы для развития судовой верфей,

и множество других положительных эффектов, выгодоприобретателями которых являются территории, транспортная отрасль и экономика страны в целом.

**ИСТОЧНИКИ:**

1. Информационно-аналитические материалы к расширенному заседанию Коллегии Федерального агентства морского и речного транспорта «Об основных итогах деятельности морского и внутреннего водного транспорта в 2018 году, задачах на 2019 год и среднесрочную перспективу до 2021 года», Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральное агентство морского и речного транспорта, Москва, 27 марта 2019 года.
2. Федеральное Агентство Морского и Речного транспорта Российской Федерации от 27.03.2019 (Дата обращения 18 октября 2019 года).  
<http://www.morflot.ru/nes/lenta/n4033.html>
3. Журнал «Neftegaz.ru» от 23 августа 2019 года. Статья: «Ключевые инвестиционные проекты судостроительной промышленности. Меры господдержки». (Дата обращения 19 октября 2019 года).  
<https://magazine.neftegaz.ru/articles/sudostroenie/482244-klyuchevye-investitsionnye-proekty-sudostroitelnoy-promyshlennosti-mery-gospodderzhki/>
4. Рисунок 1- Минпромторг России от 14 июня 2018 года. Статья «О мерах государственной поддержки развития судостроения: приоритеты и особенности применения». (Дата обращения 15 октября 2019 года).  
<http://www.arcticshipbuilding.com/>
5. Федеральный закон РФ от 07.11.2011 №305 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с реализацией мер государственной поддержки судостроения и судоходства».
6. Журнал «Морские вести России». «Новый закон поможет российскому флоту» автор статьи Ольга Лебедева. (Дата обращения 19 октября 2019 года).  
[http://www.morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT\\_ID=15914](http://www.morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT_ID=15914)
7. Рисунок 2- Газета «МирТесен» от 8 апреля 2019 года. (Дата обращения 22 июня 2020 года).  
<https://tvor4estvo2010.mirtesen.ru/blog/43115353538/MID:-Kitay---vazhnyiy-partner-Rossii-po-razvitiyu-Severnogo-mors>

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

|                       |          |                      |          |
|-----------------------|----------|----------------------|----------|
| АВДОНКИН А.С. ....    | 37       | КИТАЕВА Ю.С. ....    | 150      |
| АЛЕКСАШИН А.А. ....   | 128      | КОВАЛЕВ М.В. ....    | 127, 128 |
| АМОСОВА Н.В. ....     | 142      | КОВАЛЬ М.Г. ....     | 101      |
| АНТИПКИНА В.А. ....   | 72       | КОВШОВ И.В. ....     | 32       |
| АНТИПОВ С.А. ....     | 129      | КОНЫГИН А.Е. ....    | 142      |
| АППОЛОНОВ Е.М. ....   | 93, 108  | КОРНЕЕВ К.В. ....    | 64       |
| АФАНАСЬЕВА Е.В. ....  | 90       | КОСЬМИН С.И. ....    | 107      |
| БАБКИН К.Д. ....      | 44       | КРУПИНА Н.А. ....    | 113, 118 |
| БАДМАЕВА Э.Р. ....    | 129      | КУЗЬМИЧЕВ А.П. ....  | 59       |
| БАРАНОВ А.Е. ....     | 48       | КУКУШКИН А.В. ....   | 102      |
| БАРУЕВ А.В. ....      | 124      | КУЛИЧКОВА Е.А. ....  | 39       |
| БАЧУРИН А.А. ....     | 108      | ЛЕНСКИЙ В.Ф. ....    | 128      |
| БЕРЕЖНОЙ К.Г. ....    | 101      | ЛИХОМАНОВ В.А. ....  | 113, 118 |
| БЛАГОВИДОВА И.Л. .... | 126, 142 | ЛОГИНОВ О.Г. ....    | 77       |
| БЛЮС Д.В. ....        | 99       | ЛУБЕНСКИЙ В.В. ....  | 103      |
| БРЕСТКИН С.В. ....    | 90       | ЛУКЬЯНОВ С.Ю. ....   | 24       |
| БЫЧКОВА И.А. ....     | 53       | ЛЯПИН А.А. ....      | 38       |
| ВАЛДАЙЦЕВА Е.А. ....  | 44       | МАЗУРОВ И.Н. ....    | 103      |
| ВАЛЬДМАН Н.А. ....    | 100      | МАКЕЕВ Г.А. ....     | 145      |
| ВЕРБИЦКИЙ С.В. ....   | 101      | МАКСИМОВА П.В. ....  | 113, 118 |
| ВОЛКОВ В.А. ....      | 125, 128 | МАЛЫГИН В.Е. ....    | 101      |
| ГАЙ В.А. ....         | 43       | МАЛЯРЕНКО Н.Л. ....  | 100      |
| ГОРБУНОВ А.В. ....    | 72       | МЕГРЕЦКИЙ К.В. ....  | 32       |
| ГРАВИТ М.В. ....      | 136      | МЕДВЕДЕВА Т.Ю. ....  | 135      |
| ДЕВЯТАЕВ О.С. ....    | 90       | МИНИНА М.В. ....     | 135      |
| ДЕГТЯРЕВА Л.И. ....   | 72, 77   | МИТИН Ф.В. ....      | 63       |
| ДЕНИСЕНКО И.В. ....   | 143      | МИХАЛЬЦЕВА С.В. .... | 53       |
| ДИМИТРОВ В.И. ....    | 107      | МИХЕЕВ В.В. ....     | 104      |
| ДМИТРИЕВ И.И. ....    | 136      | МОВШУК В.В. ....     | 32       |
| ДУШКИН Ю.В. ....      | 72, 77   | МУДРИК И.В. ....     | 130      |
| ЕРОХИН М.А. ....      | 48       | НИКОЛАЕВА М.В. ....  | 142      |
| ЗАХВАТКИНА Н.Ю. ....  | 53       | НОСКОВ В.В. ....     | 126, 127 |
| ЗЕМЛЯКОВ Е.В. ....    | 44       | ПЕТРОВ А.С. ....     | 93       |
| ИВАНОВ В.М. ....      | 103      | ПОДЫМОВА О.А. ....   | 48       |
| ИЛЬИН А.В. ....       | 89       | ПОПКОВ А.Г. ....     | 105      |
| ИСХАКОВ А.С. ....     | 101      | ПОСТНИКОВ А.В. ....  | 70       |
| КАЗАКОВ В.А. ....     | 43       | ПЯТКИН В.А. ....     | 101      |
| КАЗАНЦЕВА Н.Н. ....   | 48       | РАТИЕВ С.Ю. ....     | 71       |
| КАЛИНИЧЕНКО О.В. .... | 24       | САВИЦКАЯ А.В. ....   | 113, 118 |
| КАМИНСКИЙ В.Д. ....   | 135      | СВИСТУНОВ И.А. ....  | 113, 118 |
| КАРПОВ А.Б. ....      | 129      | СЕРОВ В.А. ....      | 32       |
| КИСЕЛЕВ Н.К. ....     | 108      | СИНЯКОВ С.М. ....    | 107      |



---

|                       |        |                      |          |
|-----------------------|--------|----------------------|----------|
| СКОБЕЛЬСКИЙ А.В.....  | 129    | УСМАНОВ Р.Р.....     | 38       |
| СМИРНОВ В.Г.....      | 53, 59 | УСТИНОВ С.А. ....    | 32       |
| СМИРНОВ О.В.....      | 70     | УСТЬЯНЦЕВ В.Л. ....  | 24       |
| СМИРНОВ С.В.....      | 106    | УТЯМИШЕВ П.А.....    | 107      |
| СОКОЛОВА Ю.В. ....    | 90     | ХАНУХОВ В.К. ....    | 82       |
| СТРУПИНСКИЙ М.Л. .... | 70     | ХЛУСОВА Е.И. ....    | 89       |
| СУВОРОВА Е.Б.....     | 135    | ЦИБУЛЬСКИЙ И.А. .... | 44       |
| СЫЧ О.В.....          | 89     | ЧЕРНОВ А.В.....      | 113, 118 |
| ТАРОВИК В.И. ....     | 107    | ЧЕРНЫХ А.А.....      | 135      |
| ТИМОФЕЕВ О.Я. ....    | 128    | ЧУГУНОВ В.В. ....    | 112      |
| ТИТАРЕНКО В.Б. ....   | 32     | ШИЧЕНКОВ А.Ю.....    | 111      |
| ТИТОВА Ю.М.....       | 90     | ШУМЕЙКИНА Н.Е.....   | 24       |
| ТОЛОЧКИН О.Ю.....     | 144    | ШУРЫГИН В.А.....     | 32       |
| ТУРИЧИН Г.А. ....     | 44     | ЩЕРБАКОВ И.В.....    | 112      |
| УМЯРОВ С.Х. ....      | 108    |                      |          |

## ALPHABETICAL LIST OF AUTHORS

|                        |          |                      |          |
|------------------------|----------|----------------------|----------|
| AFANASYEVA E.V.....    | 90       | KOVALYOV M.V. ....   | 127, 128 |
| ALEKSASHIN A.A.....    | 128      | KOVSHOV I.V. ....    | 32       |
| AMOSOVA N.V.....       | 142      | KRUPINA N.....       | 113, 118 |
| ANTIPKINA V.A. ....    | 72       | KULICHKOVA E.....    | 39       |
| ANTIPOV S.A.....       | 129      | KUZMICHEV A.P. ....  | 59       |
| APPOLONOV E.M.....     | 93, 108  | LENSKY V.F. ....     | 128      |
| AVDONKIN A.....        | 37       | LIKHOMANOV V.....    | 113, 118 |
| BACHURIN A.....        | 108      | LOGINOV O.G. ....    | 77       |
| BADAEVA E.R. ....      | 129      | LUBENSKIY V.V. ....  | 103      |
| BARANOV A.E. ....      | 48       | LUKYANOVA S.YU.....  | 24       |
| BARUEV A.V.....        | 124      | MAKSIMOVA P. ....    | 113, 118 |
| BEREZHNOY K.G. ....    | 101      | MALYARENKO N.L. .... | 100      |
| BLAGOVIDOVA I.L.....   | 126, 142 | MALYGIN V.E. ....    | 101      |
| BLYUS D.V.....         | 99       | MAZUROV I.N.....     | 103      |
| BRESTKIN S.V. ....     | 90       | MEDVEDEVA T.Y. ....  | 135      |
| BYCHKOVA I.A.....      | 53       | MEGRETSKIY K.V.....  | 32       |
| CHERNOV A. ....        | 113, 118 | MIHALTSEVA S.V. .... | 53       |
| CHERNYKH A.A.....      | 135      | MIKHEEV V.V.....     | 104      |
| DEGTYAREVA L.I.....    | 72, 77   | MININA M.V. ....     | 135      |
| DENISENKO I.....       | 143      | MITIN F.V. ....      | 63       |
| DEVYATAYEV O.S. ....   | 90       | MOVSHUK V.V.....     | 32       |
| DIMITROV V.I.....      | 107      | MUDRIK I.V. ....     | 130      |
| DMITRIEV I.....        | 136      | NIKOLAYEVA M.V.....  | 142      |
| DUSHKIN YU.V.....      | 72, 77   | NOSKOV V.V. ....     | 126, 127 |
| EROKHIN M.A. ....      | 48       | PETROV A.S. ....     | 93       |
| GORBUNOV A.V. ....     | 72       | PODYMOMA O.A.....    | 48       |
| GRAVIT M.....          | 136      | POPKOV A. G.....     | 105      |
| ILYIN A.V. ....        | 89       | POSTNIKOV A. ....    | 70       |
| ISKHAKOV A.S. ....     | 101      | PYATKIN V.A. ....    | 101      |
| IVANOV V.M.....        | 103      | RATIEV S. YU.....    | 71       |
| KALINICHENKO O.V. .... | 24       | SAVITSKAYA A. ....   | 113, 118 |
| KAMINSKIY V.D.....     | 135      | SEROV V.A.....       | 32       |
| KARPOV A.B.....        | 129      | SHUMEIKINA N.E. .... | 24       |
| KAZANTSEVA N.N. ....   | 48       | SHURYGIN V.A. ....   | 32       |
| KHANUKHOV V.K.....     | 82       | SINYAKOV S.M.....    | 107      |
| KHLUSOVA E.I. ....     | 89       | SKOBELSKIY A.V. .... | 129      |
| KISELEV N. ....        | 108      | SMIRNOV O.....       | 70       |
| KITAEVA JU.S. ....     | 150      | SMIRNOV V.G.....     | 53, 59   |
| KONYGIN A.YE.....      | 142      | SOKOLOVA YU.V. ....  | 90       |
| KORNEYEV K. ....       | 64       | STRUPINSKIY M. ....  | 70       |
| KOSMIN S.I. ....       | 107      | SUVOROVA E.B. ....   | 135      |
| KOVAL M.G.....         | 101      | SVISTUNOV I.....     | 113, 118 |

|                        |          |
|------------------------|----------|
| SYCH O.V. ....         | 89       |
| TAROVIK V. I. ....     | 107      |
| TIMOFEYEV O. YA. ....  | 128      |
| TITARENKO V.B. ....    | 32       |
| TITOVA YU.M. ....      | 90       |
| TOLOCHKIN O. YU. ....  | 144      |
| UMYAROV S. ....        | 108      |
| USTINOV S.A. ....      | 32       |
| USTYANTSEV V.L. ....   | 24       |
| UTYAMISHEV P.A. ....   | 107      |
| VALDMAN N.A. ....      | 100      |
| VERBITSKIY S.V. ....   | 101      |
| VOLKOV V.A. ....       | 125, 128 |
| ZAKHVATKINA N.YU. .... | 53       |

ISBN 978-5-00171-533-7



# ТРУДЫ OMR 2020

Издательство «Перо»

109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 15, ком. 536

Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36

Подписано в печать 27.10.2020. Формат 60×90/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. Тираж 1000 экз. Заказ 779.

[www.omr-russia.ru](http://www.omr-russia.ru)