

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-1-399-111-124  
УДК 629.5.01:629.561

Ю.Б. Могутин<sup>1</sup>, М.В. Власьев<sup>1, 2</sup> , Э.Н. Фомичев<sup>1</sup> , П.Н. Крюков<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СУДНА ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Объект и цель научной работы.** Объектом исследования является многоцелевое судно обеспечения (МСО) с функциями судна снабжения, буксира и завозчика якорей. Целью являлась разработка проекта рационального судна, которое могло бы заинтересовать потенциальных заказчиков – компании ТЭК и операторов нефтегазового флота.

**Материалы и методы.** В статье описаны особенности проектирования МСО, методический подход к обоснованию основных проектных решений и основные результаты этих обоснований в части выбора главных размерений, обводов и конструкции корпуса, архитектуры и размещения основного оборудования, состава пропульсивной установки и пр. Описаны модельные испытания, выполненные в процессе разработки проекта с целью обеспечения высоких показателей ходкости, мореходности, управляемости и ледовых качеств судна. Приведены технические решения по расширению функциональных возможностей судна посредством установки модульных комплексов и съемного оборудования.

**Основные результаты.** В рамках государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 гг.» в Крыловском центре выполнена ОКР, посвященная разработке проекта МСО. Работы выполнялись в два этапа. На первом было разработано техническое предложение, на основании которого сформировано техническое задание на технический проект и с привлечением потенциальных заказчиков МСО обоснованы базовые проектные решения. На втором выполнялись модельные испытания, уточнялись проектные решения и разрабатывалась документация технического проекта МСО в объеме, достаточном для его согласования с Российским морским регистром судоходства.

**Заключение.** Разработанный проект планируется использовать в качестве базового для создания модификаций судна по требованиям заказчиков – компаний ТЭК и операторов нефтегазового флота, что позволит организовать крупносерийное строительство МСО и в результате снизить стоимость постройки серийного судна, а также заместить суда зарубежных сервисных компаний, привлекаемых для обеспечения нефтегазопромыслов на отечественном шельфе.

**Ключевые слова:** многоцелевое судно обеспечения, модель функционирования, главные размерения, обводы корпуса, энергетическая установка, общее расположение, нагрузка масс, модельные испытания, технический проект.

*Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.*

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-1-399-111-124  
UDC 629.5.01:629.561

Yu. Mogutin<sup>1</sup>, M. Vlashev<sup>1, 2</sup> , E. Fomichev<sup>1</sup> , P. Kryukov<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State Marine Technical University, Russia

## MULTI-ROLE SUPPORT VESSEL: DESIGN SPECIFICS

**Object and purpose of research.** This paper discusses a multi-role support vessel working as a supply ship, a tug and an anchor handler. The purpose of the study was to obtain an optimal design that could be of interest for potential customers, like oil and gas companies and offshore fleet operators.

**Materials and methods.** The paper describes design peculiarities of multi-role support vessels, methodological approach to justification of main design solutions and principal results of these justifications in terms of selecting main dimensions, lines and structures for hull, architecture and arrangement of main equipment, propulsion system components, etc. It also describes model tests undertaken as part of this project in order to obtain high propulsion, seakeeping, maneuverability and ice performance parameters. The study outlines technical solutions adopted to widen the ship's functionality, i.e. modular payloads and detachable equipment.

*Для цитирования:* Могутин Ю.Б., Власьев М.В., Фомичев Э.Н., Крюков П.Н. Особенности проектирования многоцелевого судна обеспечения. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 1(399): 111–124.

*For citations:* Mogutin Yu., Vlashev M., Fomichev E., Kryukov P. Multi-role support vessel: design specifics. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2022; 1(399): 111–124 (in Russian).

**Main results.** As part of Russian State Program *Development of offshore shipbuilding and technology for the years 2013–2030*, Krylov State Research Centre completed a design of multi-role support vessel. This work was performed in two stages. The first stage was intended to develop the technical proposal (further transformed into the Technical Assignment for Detailed Design) and to justify principal design solutions with participation of possible customers. The second stage was dedicated to model tests, update of design solutions and detailed design development of multi-purpose support vessel in the scope sufficient to obtain the approval from Russian Maritime Register of Shipping.

**Conclusion.** This multi-role support vessel is intended as a baseline variant for further modifications to the needs of the customers (oil and gas companies and offshore operators) which will enable its large-batch construction and eventually reduce lead ship construction costs, as well as make this ship a good replacement for the fleet of foreign service companies currently contracted for support of oil and gas facilities in Russian offshore areas.

**Keywords:** multi-role support vessel, operational profile, main dimensions, hull lines, power plant, general arrangement, table of weights, model tests, detailed design.

*The authors declare no conflicts of interest.*

## Введение

### Introduction

В последние 50 лет активно развивается добыча нефти и газа на шельфе. При разведке, обустройстве и эксплуатации морских месторождений широко используются специализированные суда, которые обеспечивают функционирование плавучих буровых установок, выполняющих разведочное и промышленное бурение, и платформ, с которых осуществляется добыча углеводородов.

Анализ характеристик современных судов, задействованных на обслуживании морских нефтепромыслов, и фактически выполняемых ими функций показывает, что строительство многоцелевых судов обеспечения (МСО), характеризующихся длиной 80–90 м и повышенной мощностью энергетической установки, является общей тенденцией.

Такие МСО приспособлены для решения следующих задач:

- снабжение нефтепромысловых объектов в море расходными буровыми и технологическими материалами, запасными частями, инструментом, оборудованием, топливом, водой и провизией;
- завозка и подрыв якорей, удерживающих плавучую буровую установку (ПБУ) и другие нефтепромысловые объекты;
- буксировка ПБУ, добычных платформ и других несамоходных объектов при обустройстве морских нефтегазопромыслов;
- оказание помощи аварийным судам, ПБУ и другим плавсредствам, включая эвакуацию людей;
- участие в тушении пожаров на судах, плавучих и береговых сооружениях;
- участие в ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;
- обследование и обслуживание подводных конструкций и устройств с помощью необитаемых подводных аппаратов (НПА).

В 2016–2017 гг. в рамках государственной программы РФ «Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений на 2013–2030 гг.» проектирование МСО осуществлялось в Крыловском государственном научном центре.

Разработка проекта МСО выполнялась в два этапа. На первом этапе было разработано техническое предложение, на основании которого сформировано техническое задание на проект и с привлечением потенциальных заказчиков обоснованы базовые проектные решения. На втором этапе выполнялись модельные испытания, уточнялись проектные решения и разрабатывалась документация технического проекта МСО в объеме, достаточном для его согласования с Российским морским регистром судоходства (РС).

По результатам проектирования получены следующие главные размерения и основные характеристики МСО [1]:

- длина максимальная, с учетом вертолетной площадки ( $L_{\text{наиб}}$ ) – 92,7 м;
- длина между перпендикулярами ( $L_{\text{пп}}$ ) – 84,7 м;
- ширина ( $B$ ) – 22,0 м;
- осадка ( $T$ ) – 8,0 м;
- высота борта ( $H$ ) – 10,0 м;
- водоизмещение ( $D$ ) – 10 830 т
- дедвейт ( $DW$ ) – 5530 т;
- площадь рабочей палубы – 500 м<sup>2</sup>;
- мощность ГЭУ – 18,7 МВт;
- скорость хода – 16 уз;
- автономность – 45 сут.

## Выбор главных размерений и формы корпуса

### Selection of main dimensions and lines for hull

Главные размерения судна определялись в результате проработки общего расположения из условия размещения перевозимых грузов, судовых запасов

(на автономность 45 суток), энергетической установки, служебных, общественных, жилых и прочих помещений, жидкого балласта, а также с учетом выполнения требований РС по обеспечению остойчивости и непотопляемости. При этом учитывались следующие основные положения:

- размеры судна минимизированы для снижения металлоемкости и строительной стоимости при обязательном выполнении требований ТЗ на проектирование и рекомендаций потенциальных заказчиков и операторов;
- выбор ширины обусловлен необходимостью обеспечения остойчивости, наличия двойных бортов и рационального размещения пропульсивной установки;
- осадка судна ограничивалась величиной 8 м, исходя из условий предполагаемых районов эксплуатации;
- длина судна ограничивалась с учетом того, что при превышении значения 85 м требуется установка дополнительных спасательных средств в соответствии с требованиями международной конвенции;
- высота борта и размеры надстройки определялись необходимостью размещения всех требуемых помещений, оборудования и запасов.

Значения соотношений главных размерений МСО приведены в табл. 1 и находятся в пределах среднестатистических для этого типа судов.

Форма корпуса выбиралась, исходя из рационального обеспечения плавучести и необходимых ходовых качеств МСО как на чистой воде, так и в ледовых условиях, с учетом требований РС к судам с ледовыми усилениями категории Arc5 (обоснование принятой категории ледовых усилений приведено

**Таблица 1.** Сравнение соотношений главных размерений многоцелевого судна обеспечения со среднестатистическими данными по построенным судам этого назначения

**Table 1.** Comparison of main dimensions: suggested multi-role support vessel versus the statistics of support ships already in service

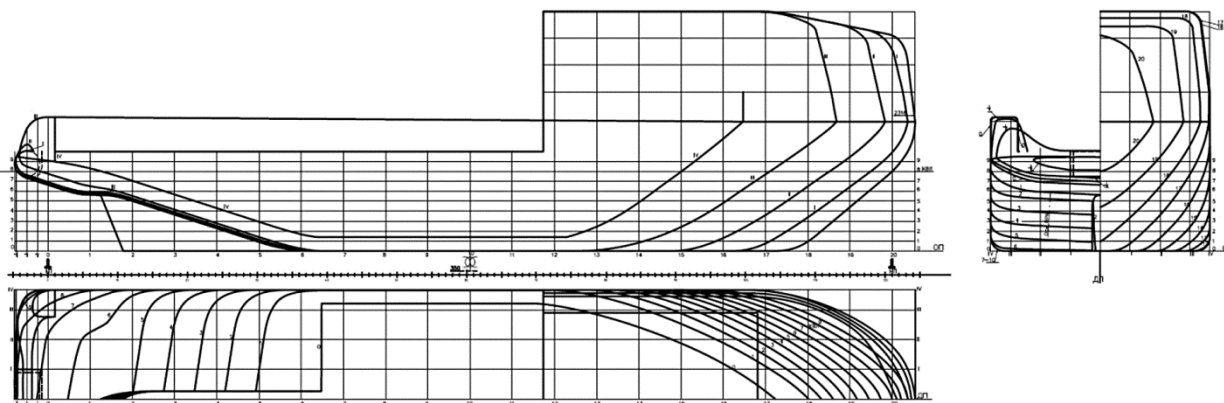
Соотношения главных размерений	МСО	Среднестатистические значения
$L_{пп}/B$	3,85	2,5–7,5
$B/T$	2,75	2,5–4,7
$H/T$	1,25	1,1–1,6
$L_{пп}/H$	8,47	8,3–14,3
$B/H$	2,2	2,1–3,6
Коэффициент общей полноты	0,703	0,60–0,75

ниже). На формирование носовой оконечности повлияло размещение двух носовых подруливающих устройств (ПУ). Форма кормовой оконечности выбрана с учетом размещения на судне двух винторулевых колонок (ВРК) и вращающегося кормового рола. Теоретический чертеж МСО приведен на рис. 1.

## Основные архитектурно-конструктивные решения и общая компоновка судна [1]

Main architectural and design solutions and General Arrangement [1]

Для МСО принят следующий архитектурно-конструктивный тип, характерный для судов этого



**Рис. 1.** Теоретический чертеж многоцелевого судна обеспечения

**Fig. 1.** Lines drawing of multi-role support vessel



**Рис. 2.** Общий вид многоцелевого судна обеспечения [1]

**Fig. 2.** General view of multi-purpose support vessel [1]

класса: самоходное однопалубное судно с удлиненным баком, с носовым расположением жилой надстройки, открытой грузовой палубой в кормовой части, с наклонным форштевнем, со сдвинутым в нос машинным отделением, с двумя ВРК в корме, двумя носовыми ПУ и взлетно-посадочной площадкой (ВПП) для вертолета в носовой части (рис. 2).

На рис. 3 представлено основное оборудование судна.

Две дымовые трубы разнесены по бортам кормовой части надстройки для обеспечения обзора из рулевой рубки, в т.ч. рабочей палубы.

На открытой верхней палубе с обоих бортов по всей длине устанавливается грузовой комингс в виде корпусной конструкции шириной около 1,5 м для прохода и размещения специальных устройств:

- рельсовых гидравлических кранов грузоподъемностью 5 т с вылетом 15 м;
- выдвигаемых штифтов с предельной нагрузкой не менее 200 т;
- вилочных захватов с предельной нагрузкой не менее 600 т.

В носовой части открытой верхней палубы устанавливаются:

- комбинированная якорно-буксирная лебедка с тяговым усилием 250–300 т и усилием на тормозе 400 т;
- гидравлический кран грузоподъемностью 15 т с вылетом 15 м.

В кормовой части верхней палубы над транцем размещается вращающийся кормовой рол диаметром 2,5 м.

На грузовой палубе предусматривается интегрированная система крепления стандартных морских контейнеров, предназначенных для перевозки груза, размещения оборудования ликвидации разливов нефти, дополнительного пожарного оборудования, НПА и пр.

В носу судна, на крыше рулевой рубки и пиллерсах, устанавливается ВПП, обеспечивающая полеты и заправку различных типов вертолетов, включая Ми-8.



**Рис. 3.** Основное оборудование судна [1]

**Fig. 3.** Main equipment [1]

Принятые архитектурно-конструктивные решения, состав бытовых, общественных, медицинских и хозяйственных помещений позволяют обеспечить комфортные условия размещения экипажа и специального персонала в количестве 60 человек.

На судне предусмотрены: 2 блок-каюты с модульной санитарной кабиной с ванной; 20 одноместных кают с модульной санитарной кабиной с душем; 14 двухместных кают с модульной санитарной кабиной с душем. Временное размещение 160 спасенных с ПБУ предусматривается в помещении для спасенных, в каютах экипажа и общественных помещениях.

При планировке жилых, общественных и служебных помещений применен принцип максимальной унификации размеров, что позволяет применить для их обстройки модульную систему зашивки.

## Выбор и обоснование класса судна

Selection and justification of ship class

МСО проектировалось на класс РС: KM Arc5 [1] AUT1-ICS FF3WS DYNPOS-2 EPP BWM ECO OM-BO Tug, Supply vessel, Special purpose ship, Anchor handling vessel, OILREC, HELIDECK-F.

Ниже анализируются требования некоторых знаков и обосновывается целесообразность их применения к проектируемому судну.

### Знак ледовых усилений

С точки зрения корпусных конструкций все суда, эксплуатируемые в замерзающих арктических морях, должны иметь в символе класса знак ледовых усилений Arc. Его назначение налагает на судно ряд требований, касающихся конструкции и прочности корпуса, мощности главной энергетической установки и прочности элементов основной движительной установки.

При выборе категории ледового класса судна используют усредненную количественную информацию о допускаемых районах эксплуатации и условиях ледового плавания. Согласно уточненным требованиям основными районами эксплуатации МСО являются Баренцево, Карское, Белое, Чукотское и Охотское моря в летне-осенний период.

В соответствии с Правилами РС класс судна Arc5 допускает самостоятельное плавание в летне-осенний период навигации в Арктике в разреженном однолетнем льду толщиной до 1 м, в зимне-весенний период – в разреженных однолетних льдах толщиной до 0,8 м.

Класс судна Arc6 допускает самостоятельное плавание в летне-осенний период навигации в Арктике в разреженных однолетних льдах толщиной до 1,3 м, в зимне-весенний период – в разреженных однолетних льдах толщиной до 1,1 м, а также круглогодичное плавание в замерзающих неарктических морях.

В соответствии с критериями допуска судов в акваторию Северного морского пути (табл. 1 приложения 2 Правил плавания в акватории Северного морского пути [3]), требованиями Правил РС [2], предъявляемыми к судам ледового класса, и с учетом условий района эксплуатации судну возможно присвоение как класса Arc5, так и класса Arc6.

Выбор более высокого ледового класса повлечет увеличение прочностных характеристик корпусных конструкций и, как следствие, увеличение массы корпуса, мощности и прочности ВРК, что приведет к снижению полезной нагрузки судна, увеличению стоимости его постройки и эксплуатации. Это отрицательно скажется на его конкурентоспособности при эксплуатации в неарктических районах, в которых предполагается использовать МСО в зимний период. При этом расширение эксплуатационных возможностей судна в части увеличения продолжительности навигации и районов использования в Арктике будет незначительным.

Учитывая предполагаемую схему эксплуатации МСО в арктических и неарктических морях, целесообразным принято присвоение ему категории ледовых усилений Arc5.

### Знак автоматизации

Сокращение численности экипажа является важной задачей для высвобождения площадей и объемов под полезную нагрузку. В связи с этим предложено присвоить судну класс автоматизации Aut1-ICS, который позволяет эксплуатацию механической установки без постоянной вахты в машинно-котельном отделении и центральном посту управления с применением компьютерной интегрированной системы управления и контроля.

### Знак противопожарной защиты

На МСО размещают дополнительные системы, оборудование и снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, плавучих и береговых сооружениях, поэтому к основному символу класса добавляется FF3WS.

Знак FF3 (Fire Fighter) означает, что обеспечивается продолжительное тушение пожара и охлаждение поверхностей горящего судна с помощью

оборудования большой производительности, а WS (water spraying) – что судно оборудовано системой водяного орошения для самозащиты, соответствующей требованиям РС.

### **Знак наличия системы динамического позиционирования**

С учетом обеспечения функциональности для МСО целесообразно применить систему динамического позиционирования (ДП), соответствующую знаку DYNPOS-2 в символе класса.

В этом случае предусматривается резервирование, которое обеспечивает удержание судна над точкой позиционирования при единичном отказе в любом активном элементе, используемом в системе ДП (генератор, ПУ, пропульсивное устройство и пр.), или одном пассивном элементе системы (кабель, трубопровод, теплообменный аппарат, ручной клапан и др.), выход из строя которого может незамедлительно привести к ухудшению способности системы ДП удерживать судно. При этом возможность отказа в любом общем пассивном элементе исключена за счет свойств элемента и наличия соответствующей защиты от механических повреждений.

Применение системы, соответствующей более высокому классу – DYNPOS-3, приведет к значительному увеличению строительной стоимости судна. Такая система подразумевает сохранение живучести системы динамического позиционирования при аварии судна. Поскольку в этом случае участие в любых операциях будет приостановлено, у такой системы имеется избыточное по отношению к задачам МСО резервирование. Поэтому применение системы, соответствующей классу DYNPOS-2, для МСО является рациональным.

### **Знак наличия главной гребной электрической установки**

Поскольку МСО оборудуется пропульсивной установкой с электроприводом, ему присваивается класс EPP.

### **Знак соответствия судна требованиям по безопасной замене балласта**

В Правилах РС знак BWM отражает управление балластными водами только по средствам замены балласта в море различными способами.

### **Знак повышенной экологической безопасности**

МСО соответствует требованиям по контролю и ограничению эксплуатационных выбросов и сбросов

Правил РС, а также требованиям по предотвращению загрязнения окружающей среды в аварийных случаях, и ему присваивается знак ECO.

### **Знак управления одним вахтенным на мостике**

Знак OMBO в классе судна требует обязательную установку следующих систем: контроля дееспособности вахтенного помощника капитана (КДВП); приема внешних звуковых сигналов; аварийно-предупредительной сигнализации и связи (АПСС) с устройствами квитирования, подтверждение сигналов которой возможно только на ходовом мостике.

Применение знака OMBO ведет к увеличению строительной стоимости судна, однако на судах со значительной автономностью ключевым является вопрос уменьшения численности экипажа, поэтому применение знака OMBO целесообразно.

### **Словесная характеристика в символе класса**

Судам, соответствующим определенному объему требований Правил РС, учитывающих конструктивные особенности судна и условия его эксплуатации, к основному символу класса добавляется соответствующая словесная характеристика.

Для МСО это будет:

- Tug – буксир;
- Supply vessel – судно обеспечения;
- Special purpose ship – судно специального назначения;
- Anchor handling vessel – судно для обслуживания якорей;
- OILREC – судно оборудовано для сбора разливов нефти.

### **Знак оборудования судна вертолетным устройством**

МСО оборудовано ВПП и средствами заправки вертолета топливом, в связи с чем ему присваивается знак HELIDECK-F.

### **Конструкция и материал корпуса**

Hull structures and material

Конструкция и применяемые материалы соответствуют назначению, заданным условиям эксплуатации и требованиям Правил РС для класса ледовых усилений Arc5. Принята шпация вне оконечностей – 700 мм, шпация в форпике и ахтерпике – 600 мм.

Корпус судна выполнен с двойным дном, двойными бортами и непрерывной верхней палубой, с продольными комингсами в районе грузовой площадки. Высота двойного дна – 1400 мм. Ширина двойных бортов – 1200 мм. По длине корпус разделен пятью плоскими водонепроницаемыми переборками.

Днище и палуба в средней части имеют продольную систему набора. Для бортов применена поперечная система набора по всей длине судна. Размеры связей грузовой палубы выбраны, исходя из максимально возможной массы перевозимого на ней груза и согласно результатам расчетов остойчивости и непотопляемости (но не более 2500 т) и максимально допустимой удельной нагрузки  $10 \text{ т/м}^2$  (в зависимости от того, что больше). Нагрузка  $10 \text{ т/м}^2$  принята по прототипам – судам для обслуживания якорей. Основным критерием для выбора размеров связей борта являются ледовые нагрузки в соответствии с ледовой категорией Arc5. В качестве опорных сечений для обыкновенных и промежуточных шпангоутов используются установленные в конструкции двойного борта горизонтальные диафрагмы. Расстояние между диафрагмами – 2 м.

Для надстройки принята поперечная система набора. Шпация соответствует шпации набора основного корпуса. Надстройка выполнена так, что несущие стенки и выгородки расположены в плоскостях нижележащих переборок основного корпуса.

ВПП изготавливается из алюминиевых сплавов, учитывая ее высокое расположение, поскольку стальная площадка, обладая существенно большей массой, значительно снижает остойчивость судна.

## Выбор энергетической установки

### Selection of power plant

Выбор рациональной энергетической установки (ЭУ) МСО является одним из самых важных проектных решений, поскольку капитальные затраты на ЭУ составляют заметную долю в стоимости судна, а расходы на топливо превалируют над другими эксплуатационными расходами. От надежности ЭУ, учитывая условия эксплуатации МСО, в значительной мере зависит безопасность как самого судна, так и обслуживаемых им морских нефтегазовых сооружений (МНГС).

Требования к ЭУ вытекают из концепции использования МСО, в соответствии с которой

должны быть обеспечены следующие основные режимы:

- полный ход – до 16 уз;
- длительный экономический ход – 12,5 уз в условиях чистой воды;
- движение в ледовых условиях, соответствующих символу Arc5 в классе судна;
- маневрирование малыми ходами в месте проведения работ;
- динамическое позиционирование возле МНГС при передаче грузов в условиях воздействия ветра, волнения и течения (оговоренных в ТЗ);
- длительный режим устойчивого движения судна малым ходом с максимальной тягой при выполнении буксирных операций и завожбе и подрыве якорей;

Основными критериями при формировании состава ЭУ МСО являются: экономичность; повышенная надежность в условиях плавания в сложных навигационных и гидрометеорологических условиях при значительной автономности; гибкость при изменении режимов работы; апробированность в мировой практике проектирования и строительства судов рассматриваемого типа.

Таким образом, исходя из условий эксплуатации МСО, ЭУ должна обеспечивать достаточную гибкость распределения мощности при динамическом позиционировании и высоких нагрузках буксировочных режимов, а также высокую экономичность на режиме экономического хода. При этом должен обеспечиваться необходимый резерв мощности для сохранения режима позиционирования при различных погодных условиях. Этим критериям в наибольшей степени отвечает дизель-электрическая ЭУ, которая в сочетании с электродвижением органично обеспечит энергетические потребности судна на всех режимах работы, а также наиболее рационально размещается на судне с носовым расположением машинного отделения.

По предварительной оценке, суммарная мощность на винтах судна при заданных скоростях полного и экономического хода составит около 10 200 и 3000 кВт соответственно. При подрыве якоря, являющемся наиболее нагруженным из эксплуатационных режимов, требуется суммарная мощность на винтах около 12 100 кВт.

В соответствии с анализом загрузки судовой электростанции на основных режимах работы судна в качестве главных выбраны четыре дизель-генератора (ДГ) электрической мощностью около 4685 кВт каждый. Стояночный режим обеспечивается одним аварийно-стояночным ДГ

**Таблица 2.** Загрузка главной энергетической установки

**Table 2.** Main engine load

Режим работы судна	Потребляемая электрическая мощность, кВт	Количество работающих ДГ, ед.	Загрузка ДГ, %	Количество ДГ в резерве, ед.
Ходовой, 16 уз	13 138	3	93	1
Ходовой, 12,5 уз	5116	2	55	2
Буксировка с полной нагрузкой	15 978	4	85	0
Операции в режиме динамического позиционирования	7049	2	68	2
Подрыв якоря	17 568	4	94	0

мощностью 1000 кВт. Загрузка главной ЭУ приведена в табл. 2.

Как видно из таблицы, выбранный состав главной ЭУ обеспечивает работу приводных двигателей ДГ на эксплуатационных режимах с загрузкой, соответствующей наибольшей топливной эффективности. На режиме динамического позиционирования обеспечивается резерв мощности, достаточный для обеспечения стабильности режима при изменениях погодных условий и выполнения требований по резервированию.

Аварийно-стояночный ДГ с приводом от четырехтактного высокооборотного дизеля расположен в помещении АДГ в надстройке и имеет воздушное охлаждение.

Теплом судно обеспечивают два термальных котла тепловой мощностью около 2000 кВт каждый. При температуре наружного воздуха до  $-25^{\circ}\text{C}$  работает один термальный котел, два одновременно работающих котла обеспечивают теплоснабжение судна при температуре до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Выбор типа котельной установки выполнен на основании сравнения вариантов с использованием в качестве теплоносителя перегретого пара и термального масла. Следует отметить, что на судах ледового плавания все чаще используется именно термальное масло, которое имеет следующие преимущества:

- более простая и значительно более надежная система, что обеспечивается исключением большого количества дополнительного оборудования (теплые ящики, охладители конденсата, конденсатоотводчики у потребителей);
- высокая температура теплоносителя при низком давлении;
- более высокий КПД системы и, следовательно, меньший расход топлива за счет отсутствия по-

терь тепла при охлаждении пароводяной смеси (конденсата) перед питательными насосами;

- длительный срок службы системы и оборудования (трубопроводы и теплообменные аппараты не подвержены коррозии и обрастанию);
- отсутствует необходимость периодического пополнения запаса теплоносителя;
- за счет отсутствия внутренней коррозии трубопроводов, змеевиков и теплообменных аппаратов эксплуатационные характеристики котельной установки практически не ухудшаются со временем;
- теплоноситель не замерзает при низких температурах.

Недостатками систем термального масла по сравнению с паровыми являются:

- необходимость наличия второго контура (теплоноситель – водный раствор гликоля) для обогрева балластных цистерн;
- большая протяженность и диаметр змеевиков в цистернах;
- более низкий коэффициент теплопередачи, что справедливо только для новой – «чистой» – паровой системы, т.к. за счет процессов коррозии и обрастания змеевиков и поверхностей теплообменных аппаратов коэффициент теплопередачи теплоносителя паровой системы приближается к коэффициенту передачи термального масла.

Несмотря на указанные минусы, система с термальными котлами обладает лучшими эксплуатационными характеристиками, большей надежностью и эффективностью по сравнению с системой с паровыми котлами. На этом основании в качестве источников тепла на МСО приняты два термальных котла тепловой мощностью около 2000 кВт каждый.



## Модельные испытания судна

### Model tests

С целью обоснования основных проектных решений для обеспечения высоких показателей ходкости, мореходности, управляемости и ледовых качеств изготовлена самоходная модель МСО в масштабе 1:21, оснащенная двумя ВРК с гребными винтами в насадках (рис. 4, см. вклейку), испытания которой проведены в опытовых бассейнах Крыловского центра. Для исследования ветрового воздействия на судно и структуры воздушного потока над ВПП выполнены испытания модели его надводной части в аэродинамической трубе.

### Испытания в гидродинамическом бассейне

В гидродинамическом бассейне проведены буксировочные и самоходные испытания модели МСО на передний и задний ходы, на основании которых определены ходовые и тяговые характеристики судна на чистой глубокой воде (рис. 5а, см. вклейку). Испытания проводились на двух осадках, соответствующих 8 м (осадка в полном грузу) и 6 м (промежуточная осадка).

В результате получены следующие характеристики ходовых качеств МСО с ВРК 2×6,5 МВт, снабженных винтами в насадках:

- скорость судна на переднем ходу – 16,7 уз;
- тяга на швартовом режиме на передний ход – 2158 кН (220 т), а при скорости буксировки 5 уз – 1670 кН (170 т).

### Испытания в ледовом бассейне

Выполнены буксировочные испытания модели в ровном и битом льдах на переднем и заднем ходах для определения ледопроеходимости, а также самоходные испытания для исследования радиуса циркуляции судна (рис. 5б, см. вклейку). Исследованы также возможности выхода судна из собственного канала на переднем и заднем ходах.

Испытания показали, что МСО сможет преодолевать сплошной ровный лед толщиной 1,4 м со скоростью 2 уз. Максимальная скорость движения в битом льду толщиной 1 м и сплоченностью 9 баллов составит 12 уз. Судно имеет хорошие показатели ледовой управляемости на переднем ходу.

Визуализация эксперимента через донные иллюминаторы ледового опытового бассейна показала, что при движении на переднем ходу наблюдается классическая ломка льда изгибом на отдельные секторы. Взаимодействия обломков льда с гребными



**Рис. 6.** Визуализация эксперимента через донные иллюминаторы ледового бассейна [1]

**Fig. 6.** Visualization of model tests via bottom viewports of KSRC Ice Basin [1]

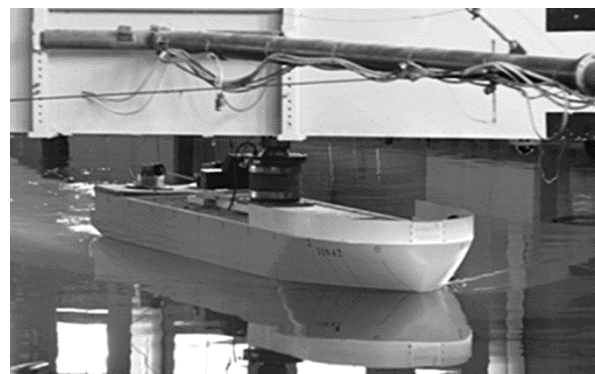
винтами на переднем ходу не происходило (рис. 6). Благодаря удачно выбранным носовым обводам судна основная часть разрушенных обломков льда отводилась в сторону от корпуса под кромку ледового канала. Распространение «ледовой рубашки» происходило только до мидель-шпангоута.

### Испытания в циркуляционном бассейне

Целью испытаний в циркуляционном бассейне (рис. 7) являлось экспериментальное определение характеристик управляемости МСО, а также условий (ветер, волнение, течение), в которых обеспечивается позиционирование и возможность завошки якорей.

Результаты испытаний в циркуляционном бассейне позволяют сделать следующие выводы:

1. На переднем ходу МСО имеет хорошую поворотливость и допустимую степень неустойчи-



**Рис. 7.** Фрагмент испытаний модели многоцелевого судна обеспечения в циркуляционном бассейне [1]

**Fig. 7.** A fragment of multi-role support vessel model tests at KSRC rotating arm [1]

- ности прямолинейного движения. Диаметр установившейся циркуляции при угле перекладки ВРК  $35^\circ$  составляет менее 1 длины корпуса судна, а диаметр циркуляции с непереложенными ВРК – около 8 длин корпуса. При этом критический угол перекладки ВРК, необходимый для выхода из циркуляции, не превышает  $2,5^\circ$ .
2. При заданных предельных гидрометеорологических условиях (ветер – 20 м/с, течение – 1 уз, высота волны с обеспеченностью 3 % – 4 м) позиционирование судна при работе всех органов управления обеспечивается во всем круговом диапазоне курсовых углов по отношению к волнению, ветру и течению. При отказе одного из органов управления (носового ПУ или



**Рис. 9.** Фрагменты испытаний модели многоцелевого судна обеспечения в аэродинамической трубе Крыловского центра [1]: а) модель надводной части корпуса при испытаниях; б) обдув вертолетной площадки

**Fig. 9.** Fragments of multi-role support vessel model tests at KSRC wind tunnel [1]: а) model of above-water hull during the tests; б) aerodynamic testing of the helipad

3. Выполнение операций по завозке якорей ПБУ обеспечивается при любых курсовых углах МСО к ветру, волнению и течению. При встречном ветре, волнении и течении (ветер – 20 м/с, течение – 1 уз, высота волны с обеспеченностью 3 % – 4 м) натяжение якорной цепи составляет не менее 130 тс при скорости 2 уз.

### Испытания в аэродинамической трубе

Данные испытания проводились для определения аэродинамических характеристик надводной части судна в круговом диапазоне изменения угла ветра, а также для определения структуры воздушного потока над ВПП и эксплуатационных ограничений для полетов вертолета. Предварительно была изготовлена модель надводной части МСО в масштабе 1:45 (рис. 9).

В результате получены зависимости безразмерных коэффициентов аэродинамических сил и моментов, характеризующие воздействие ветра на модель надводной части МСО при круговом изменении угла вектора скорости набегающего воздушного потока, необходимые для оценки влияния ветра на управляемость судна.

На основании исследования структуры воздушного потока над ВПП сделан вывод, что вертолеты одновинтовой схемы с правым расположением рулевого винта могут осуществлять полеты к ВПП, а также маневрирование над ней при любом направлении результирующего воздушного потока скоростью менее 13,5 м/с, а вертолеты соосной схемы расположения несущих винтов – при скорости воздушного потока менее 16 м/с.

### Модель функционирования многоцелевого судна обеспечения

Operational profile of multi-role support vessel

Для оценки эксплуатационных показателей и эффективности работы МСО разработана модель его функционирования. Модель сформирована в виде уравнения баланса времени, затрачиваемого на отдельные операции, а также непроизводственных затрат времени на переход в другой географический регион, простой из-за поломок и неблагоприятных метеоусловий, профилактические ремонты и пр. Для удобства использования полученных результа-

тов рассматривались средние показатели за один календарный год.

В качестве расчетного рассмотрен типовой цикл работ МСО с полупогружной плавучей буровой установкой (ППБУ), осуществляющей бурение скважин на месторождении. При этом выполняются следующие операции:

- МСО в составе буксирного ордера буксирует ППБУ из порта базирования на месторождение;
- на месторождении МСО выполняет операции по завке якорей для позиционирования ППБУ в заданной точке;
- МСО возвращается в порт базирования для пополнения собственных судовых запасов, а также для приема сыпучих, наливных и палубных грузов для снабжения ППБУ, после чего совершает переход в район месторождения, где производится передача грузов на ППБУ, а также прием возвратных грузов (при выполнении погрузо-разгрузочных работ учитывается ожидание из-за неблагоприятных условий);
- МСО повторяет снабженческие круговые рейсы до окончания буровых работ;
- после завершения бурения МСО выполняет операции по снятию ППБУ с якорей;
- МСО участвует в буксировке ППБУ в порт базирования или на новую точку бурения.

При оценке продолжительности снабженческих операций учитывались ограничения, накладываемые оборудованием МСО по приему и передаче сыпучих и жидких грузов на обслуживаемое сооружение и обратно. Время проведения погрузо-разгрузочных работ также зависит от заданных объемов перегружаемых грузов и гидрометеорологических условий в районе их проведения. Основой для расчетов по расходам технологических грузов, которые необходимы на ППБУ при бурении, является конструкция разрабатываемых скважин.

В настоящее время нефтегазовые компании при бурении морских скважин придерживаются принципа «нулевых сбросов», в соответствии с которым весь отработанный буровой раствор и шлам вывозятся на береговые площадки для дальнейшей переработки и захоронения. Для реализации данного принципа на ППБУ и других МНГС предусматриваются палубные контейнеры для шлама, извлеченного из скважины. Выбор варианта обращения с возвратными грузами (буровыми отходами) определяется техническими возможностями ППБУ, прежде всего, возможностями размещения оборудования по очистке и емкостей со шламом, а также экономической целесообразностью.

На рис. 10 (см. вклейку) представлена диаграмма распределения времени операций МСО при полном цикле обслуживания ППБУ, выполняющей бурение разведочной скважины на Южно-Кириинском месторождении (шельф о. Сахалин), построенная на основании результатов расчетов по модели его функционирования.

## **Технические решения по расширению функциональных возможностей многоцелевого судна обеспечения**

Technical solutions towards wider functionality of multi-purpose support vessel

Функциональные возможности МСО могут быть значительно расширены с помощью дополнительных модульных комплексов и съемного оборудования, размещаемого на открытой палубе, прежде всего, в части следующих задач:

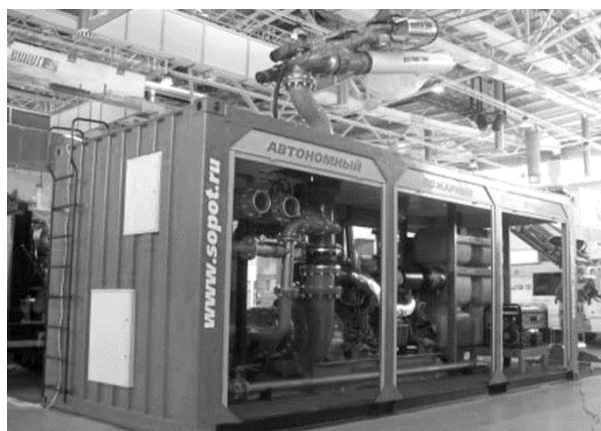
- тушение пожаров на судах, плавучих и береговых сооружениях;
- ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов;
- обследование и обслуживание оборудования подводного добычного комплекса с помощью НПА и водолазов;
- пересадка людей между МСО и МНГС как в повседневной деятельности (при доставке / замене персонала), так и при эвакуации персонала с аварийных объектов.

### **Ликвидация пожаров на судах, плавучих и береговых сооружениях**

Для более масштабного участия МСО в ликвидации пожаров может быть выполнено его дооборудование автономными пожарными модулями.

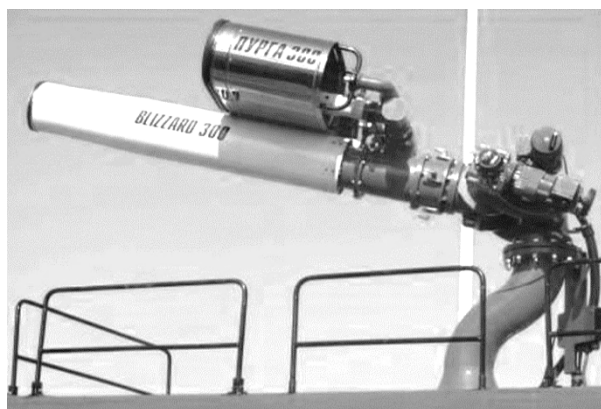
ООО НПО «СОПОТ» (Россия) разработаны автономные пожарные модули контейнерного типа (рис. 11), основной целью которых является обеспечение подачи воды, растворов пенообразователя требуемого расхода и давления к пожаротушащим установкам. Созданные пожарные установки обеспечивают подачу пены низкой и средней кратности на расстояние от 100 до 170 м с производительностью от 100 до 135 л/с. Установки управляются дистанционно оператором, находящимся в модуле управления.

Возможно также применение робототехнических комплексов на базе установки комбинированного тушения пожаров «Пурга» (рис. 12) с повышенной огнетушащей эффективностью. Учитывая



**Рис. 11.** Автономный пожарный модуль контейнерного типа [4]

**Fig. 11.** Autonomous fire-fighting module (container-based) [4]



**Рис. 12.** Установка комбинированного тушения пожаров «Пурга» [4]

**Fig. 12.** Purga combined fire-extinguishing unit [4]



**Рис. 13.** Шельфовый скиммер-нефтепосборщик URO 300 [5]

**Fig. 13.** URO 300 offshore oil skimmer [5]

радиус действия разработанных установок, в среднем составляющий до 150 м, и потери огнетушащего вещества в полете, защищаемая площадь составляет до 15 000 м<sup>2</sup>.

### Ликвидации разливов нефтепродуктов

Для участия в операциях по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на МСО необходимо предусмотреть установку модульной системы сбора.

ГК «Терра-Экология» (Россия) производит мобильные скиммеры на основе запатентованных технологий. Для работы в условиях шельфа компания предлагает шельфовый скиммер-нефтепосборщик URO, который предназначен для ликвидации крупных разливов нефтепродуктов (рис. 13).

Среди продукции зарубежных производителей стоит отметить мобильные комплексы для борьбы с разливами нефти на базе 20-футовых контейнеров от компании Lamog (Финляндия). Пример компоновки таких контейнеров для борьбы с разливами нефти приведен на рис. 14 (см. вклейку).

### Обследование и обслуживание подводных конструкций и устройств

Обследование и обслуживание подводных конструкций и оборудования может выполняться с использованием телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов (ТНПА), водолазов, а также привязных обитаемых подводных аппаратов (т.н. жестких нормобарических скафандров).

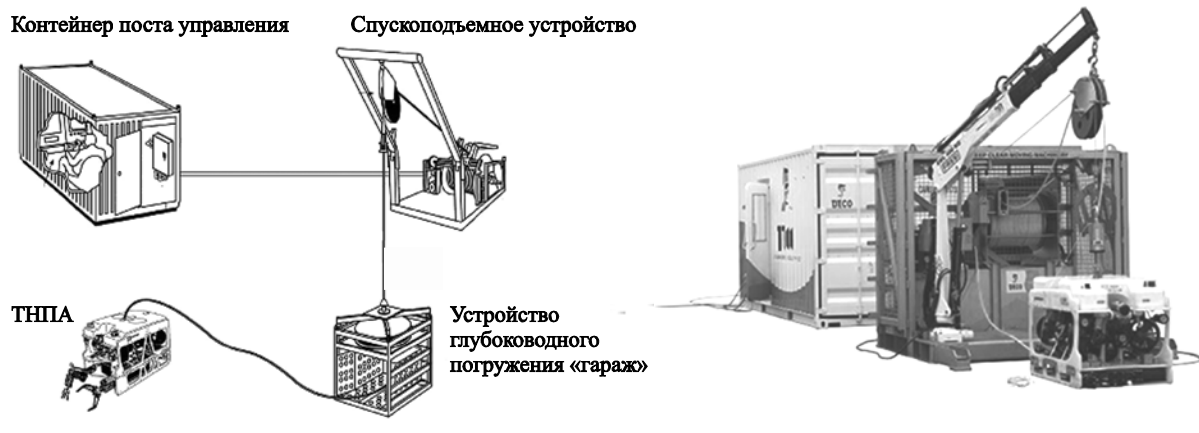
В настоящее время широко используются мобильные комплексы на базе стандартных морских контейнеров, комплектуемые обследовательским или рабочим ТНПА, устройствами для его спуска-подъема, источниками энергии и средствами управления. Пример такого комплекса показан на рис. 15.

Распространение также получили мобильные водолазные комплексы в контейнерном исполнении (рис. 16, см. вклейку).

Жесткие нормобарические скафандры являются промежуточным звеном между водолазной техникой и телеуправляемыми НПА и также комплектуются с обеспечивающим оборудованием в мобильные комплексы.

### Пересадка людей

Пересадка людей между МНГС и МСО осуществляется как в повседневной деятельности при доставке/замене персонала, так и при эвакуации персонала с аварийных объектов.



**Рис. 15.** Пример мобильного комплекса с необитаемым подводным аппаратом [7]

**Fig. 15.** An example of mobile complex with unmanned underwater vehicle [7])

Для проведения этих операций был проработан вариант размещения на судне специализированного пересадочного устройства типа Ampelmann на палубе надстройки первого яруса (рис. 17, см. вклейку).

## Заключение

### Conclusion

Разработанный проект планируется использовать в качестве базового для создания модификаций судна по требованиям заказчиков – компаний ТЭК и операторов нефтегазового флота. Это позволит организовать крупносерийное строительство МСО и в результате снизить стоимость постройки серийного судна, а также заместить суда зарубежных сервисных компаний, привлекаемых для обеспечения нефтегазопромыслов на отечественном шельфе.

## Список использованной литературы

1. Разработка технического проекта многоцелевого судна обеспечения: отчет по ОКР (итог.). Ч. 1 / Крыловский гос. науч. центр; рук. Ю.Б. Могутин [и др.]. Санкт-Петербург, 2017. 238 с. № 48812.
2. Правила классификации и постройки морских судов. Ч. I. Классификация (НД № 2-020101-138) : [введ. 01.01.2021] / Российский морской регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2021. 115 с.
3. Правила плавания в акватории Северного морского пути : утв. пост. Правительства РФ от 18.09.2020 № 1487 [Электронный ресурс] : [по сост. на 03.12.2021] // Гарант.ру: [сайт]. Москва, 2021. URL: <https://base.garant.ru/74664152/> (дата обращения: 21.12.2021).

4. Автономный пожарный модуль контейнерного типа с УКТП «Пурга» [Электронный ресурс] // НПО «СОПОТ»: [сайт]. Санкт-Петербург, 2021. URL: <https://sopot.ru/russian/apmkt1.html> (дата обращения: 04.12.2021).
5. Шельфовый скиммер-нефтеcборщик URO 300 [Электронный ресурс] // Terra Экология : [сайт]. Москва, 2021. URL: <https://terra-ecology.ru/product/shelfovuj-skimmer-neftesborshhik-uro-300/> (дата обращения: 04.12.2021).
6. Lamor [Электронный ресурс] : официальный сайт. Porvoo, 2021. URL: <https://www.lamor.com/ru/> (дата обращения: 04.12.2021).
7. Petroleum Marine Service [Электронный ресурс] : официальный сайт. Cairo, 2019. URL: <https://www.pmsoffshore.com/> (дата обращения: 04.12.2021).
8. Бужин В. Новые виды водолазной техники. Мобильный комплекс от компании «Дайвтехносервис» // Корабел : [сайт]. 2014. 28 апр. URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/novye\\_vidy\\_vodolaznoy\\_tehniki\\_mobilnyy\\_kompleks\\_ot\\_kompanii\\_dayvtehnoservis.html](https://www.korabel.ru/news/comments/novye_vidy_vodolaznoy_tehniki_mobilnyy_kompleks_ot_kompanii_dayvtehnoservis.html) (дата обращения: 04.12.2021).
9. Ampelmann [Электронный ресурс] : официальный сайт. Delft, 2021. URL: <https://www.ampelmann.nl/> (дата обращения: 04.12.2021).

## References

1. Development of a technical design of a multi-purpose supply vessel. KSRC Final Report No 48812. Part 1 / Yu. Mogutin (Director) [et al.]. St. Petersburg, 2017, pp. 238 (in Russian).
2. Rules for Classification and construction of marine vessels. Part I, Classification (ND No 2-020101-138) [Introduced on 01.01.2021] / Russian Maritime Register of Shipping. St. Petersburg, 2021, pp. 115 (in Russian).

3. Navigation rules for Northern Sea Route lanes: Approved by the Government of the Russian Federation No. 1487 dt. September 18, 2020, [as of December 03, 2021] // Garant.ru legal support web site. Moscow, 2021, URL: <https://base.garant.ru/74664152/> (accessed on 21.12.2021).
4. Autonomous container-type fire module with *Purga* water-foam firefighting unit // NPO (Scientific development and production center) "SOPOT" legal support web site. St. Petersburg, 2021, URL: <https://sopot.ru/russian/apmkt1.html> (accessed on 04.12.2021).
5. Offshore oil skimmer URO 300 // Web site of Terra Ecology Engineering Group. Moscow, 2021, URL: <https://terra-ecology.ru/product/shelfovyy-skimmer-neftesborshhik-uro-300/> (accessed on 04.12.2021).
6. Lamor web site. Porvoo, 2021. URL: <https://www.lamor.com/ru/> (accessed on 04.12.2021).
7. Petroleum Marine Service legal support web site. Cairo, 2019. URL: <https://www.pmsoffshore.com/> (accessed on 04.12.2021)
8. *V. Bukin*. New types of diving equipment. Mobile complex from Divetekhnoservis company // *Korabel* web site. dt. April 28, 2014, URL: [https://www.korabel.ru/news/comments/novye\\_vidy\\_vodolaznoy\\_tehniki\\_mobilnyy\\_kompleks\\_ot\\_kompanii\\_dayvtelnoservis.html](https://www.korabel.ru/news/comments/novye_vidy_vodolaznoy_tehniki_mobilnyy_kompleks_ot_kompanii_dayvtelnoservis.html) (accessed on 04.12.2021).
9. Ampelmann web site. Delft, 2021. URL: <https://www.ampelmann.nl/> (accessed on 04.12.2021).

---

### Сведения об авторах

*Могутин Юрий Борисович*, главный конструктор 11 НИО ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-48-14. E-mail: [y\\_mogutin@ksrc.ru](mailto:y_mogutin@ksrc.ru).

*Власьев Максим Валерьевич*, старший научный сотрудник 11 НИО ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-48-14. E-mail: [m\\_vlasev@ksrc.ru](mailto:m_vlasev@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0001-8485-9549>.

*Фомичев Эдуард Николаевич*, главный конструктор ЦКБ «Балтсудопроект» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-47-15. E-mail: [e\\_fomichev@ksrc.ru](mailto:e_fomichev@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0003-1214-6384>.

*Крюков Павел Николаевич*, главный конструктор ЦКБ «Балтсудопроект» ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-47-15. E-mail: [p\\_kryukov@ksrc.ru](mailto:p_kryukov@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0001-8172-1843>.

### About the authors

*Yury B. Mogutin*, Chief Designer, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-48-14. E-mail: [y\\_mogutin@ksrc.ru](mailto:y_mogutin@ksrc.ru).

*Maxim V. Vlasyev*, Senior Researcher, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-48-14. E-mail: [m\\_vlasev@ksrc.ru](mailto:m_vlasev@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0001-8485-9549>.

*Eduard N. Fomichev*, Chief Designer, Baltsudoproekt Design Bureau, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-47-15. E-mail: [e\\_fomichev@ksrc.ru](mailto:e_fomichev@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0003-1214-6384>.

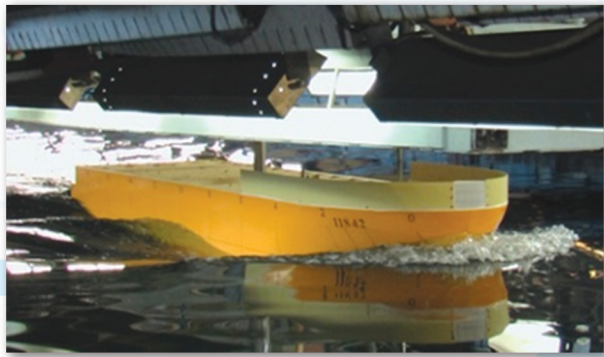
*Pavel N. Kryukov*, Chief Designer, Baltsudoproekt Design Bureau, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-47-15. E-mail: [p\\_kryukov@ksrc.ru](mailto:p_kryukov@ksrc.ru). <https://orcid.org/0000-0001-8172-1843>.

Поступила / Received: 07.12.21  
Принята в печать / Accepted: 09.03.22  
© Коллектив авторов, 2022





**Рис. 4.** Модель многоцелевого судна обеспечения [1]  
**Fig. 4.** Model of multi-role support vessel [1]

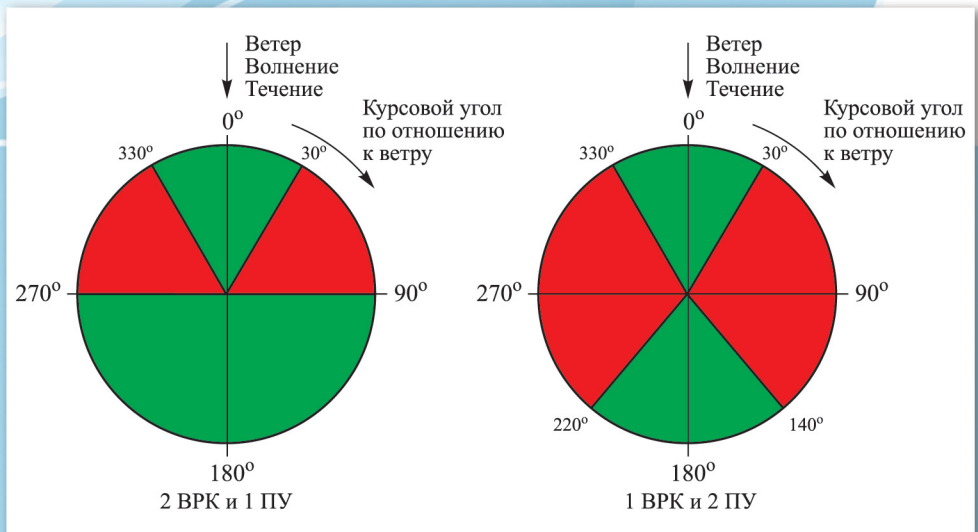


a)

b)

**Рис. 5.** Фрагмент испытаний модели многоцелевого судна обеспечения на стендах Крыловского центра [1]:  
a) в гидродинамическом бассейне; b) в ледовом бассейне

**Fig. 5.** Some photos of multi-role support vessel model tests at KSRC [1]:  
a) towing tank; b) ice basin



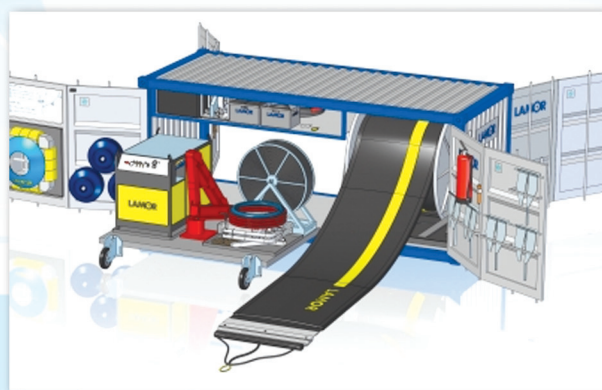
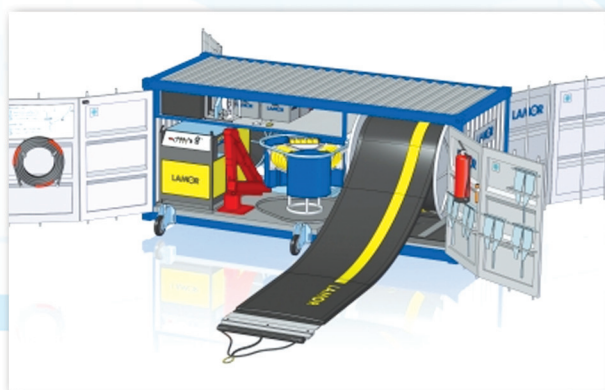
**Рис. 8.** Диаграмма динамического позиционирования многоцелевого судна обеспечения [1]

**Fig. 8.** Dynamic positioning diagram of multi-role support vessel [1]



**Рис. 10.** Распределение времени операций многоцелевого судна обеспечения при обслуживании полупогружной плавучей буровой установки [1]

**Fig. 10.** Time shares of multi-purpose support vessel operations for servicing a semi-submersible drilling floater [1]



**Рис. 14.** Пример компоновки 20-футовых контейнеров с оборудованием для борьбы с разливами нефти [6]

**Fig. 14.** Example of arrangement for 20ft containers with oil spill response tools [6]



**Рис. 16.** Общий вид мобильного водолазного комплекса в контейнерном исполнении производства ООО «Дайвтехносервис» [8]

**Fig. 16.** General view of LLC *Divetekhnoservis* mobile diving suite (container-based) [8]



**Рис. 17.** Пример установки пересадочного устройства типа Ampelmann (модель А) на палубе надстройки первого яруса многоцелевого судна обеспечения [9]

**Fig. 17.** An example of installing Ampelmann (Type A) access system at Tier 1 superstructure deck of multi-purpose support vessel [9]