

DOI: 10.24937/2542-2324-2021-1-395-85-98  
УДК 629.563.82

Г.Ф. Демешко, Р.А. Децик  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Россия

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВ СНАБЖЕНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ШЕЛЬФОВЫХ РАБОТ ПО РАЗВЕДКЕ И ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДОВ

**Объект и цель научной работы.** В работе рассматриваются специализированные суда, снабжающие морские буровые установки (БУ) расходными материалами, топливом, водой, провизией, запчастями к оборудованию, проводящие смену персонала объекта снабжения, выполняющие также функции дежурного, аварийно-спасательного, пожарного, природоохранного судов – это т.н. Platform Supply Vessel (PSV, а в Правилах Регистра судоходства – Supply Vessel). Целью исследования является формирование физической модели их функционирования и проектных рекомендаций по определению характеристик и свойств такого судна.

**Материалы и методы.** Выполнены обобщение и анализ опыта проектирования, постройки и эксплуатации судов рассматриваемого типа, а также работ отечественных и зарубежных специалистов по изучению их особенностей. Собраны и систематизированы статистические материалы, позволяющие дать проектные рекомендации.

**Основные результаты.** Обобщены свойства, характеристики судов снабжения БУ, требования к ним и способы их реализации. Подвергнуты анализу компоновка, комплектация профильным оборудованием, архитектурно-конструктивный тип, форма судовой поверхности и энергетическое обеспечение. Синтезирован образ судна снабжения как объекта проектирования. Предложены обширные проектные материалы, регрессионными методами аккумулирующие опыт и тенденции развития этих судов, в качестве основы модели их проектирования.

**Заключение.** Суда снабжения БУ являются опорным звеном работ по освоению шельфовых месторождений нефти и газа. Их количество растёт, особенно это касается многопрофильных судов. Настоящее исследование позволяет сформировать требования к ним и обозначить способы реализации этих требований. Предложены зависимости для определения размерений таких судов, их архитектурного облика и комплектующего профильного оборудования, а также основных проектных характеристик, свойств, транспортных и эксплуатационных возможностей.

**Ключевые слова:** судно обеспечения, грузовая палуба, форма корпуса, проектирование судов обеспечения, буровые работы, динамическое позиционирование, электродвижение.

*Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.*

DOI: 10.24937/2542-2324-2021-1-395-85-98  
UDC 629.563.82

G. Demeshko, R. Detsik  
St. Petersburg State Marine Technical University, Russia

## DESIGN AND OPERATION PECULIARITIES OF PLATFORM SUPPORT VESSELS (PSVS)

**Object and purpose of research.** This papers discusses PSVs (or, in RS classification, Supply Vessels): special ships that provide offshore drilling rigs with drilling supplies, fuel, water, provisions, spare parts for equipment, as well as de-

*Для цитирования:* Демешко Г.Ф., Децик Р.А. Особенности проектирования и эксплуатации судов снабжения и обеспечения шельфовых работ по разведке и добыче углеводородов. Труды Крыловского государственного научного центра. 2021; 1(395): 85–98.

*For citations:* Demeshko G., Detsik R. Design and operation peculiarities of platform support vessels (PSVs). Transactions of the Krylov State Research Centre. 2021; 1(395): 85–98 (in Russian).

liver personnel shifts to/from the platform and perform the functions of duty, rescue, fire, and environmental protection vessels. The purpose of the study is to develop a physical model of PSV functioning and give design recommendations for proper determination of its characteristics and properties.

**Materials and methods.** Generalization and analysis of PSV design and operation, as well as analysis of Russian and foreign publications about PSV specifics, supported by systematized statistical materials sufficient for design recommendations.

**Main results.** This work summarized the data on PSV properties, characteristics, design and operation requirements, as well as the ways to implement them in terms of hull shape, general arrangement, mission-specific equipment, conceptual type and power plant, suggesting a vision of PSV as design object. Regressive analysis performed by the authors is supported by a wide scope of design materials that summarizes PSV operation experience and development trends, thus preparing the basis for future PSV designs.

**Conclusion.** PSVs are the main link in the offshore oil and gas production. The ships of this type are becoming more and more popular, especially in their multi-purpose variant. This paper makes it possible to formulate design requirements for them, as well as to trace the ways of their implementation. This paper also suggests the methods for determination of PSV dimensions, conceptual type and mission-specific equipment, as well as main design parameters, properties and transportation and operation capabilities.

**Keywords:** PSV, cargo deck, hull shape, design, drilling, dynamic positioning, electric propulsion.

*The authors declare no conflicts of interest.*

Постройка новых морских разведочных и добывающих установок и платформ для извлечения нефти и газа со дна морей в прибрежной зоне и комплексов технических средств обеспечения таких работ обусловлена дефицитом углеводородного сырья, истощением материковых запасов, а также совершенствованием технологий и средств морской добычи. В России богатейшие месторождения углеводородов на континентальном шельфе открыты в замерзающих морях Сибирской Арктики и Дальнего Востока. В этих еще не освоенных районах доставка таких промышленных сооружений должна осуществляться в виде, максимально готовом к запуску в работу, монтажу и эксплуатации – все с учетом того, что здесь полностью отсутствуют какие-либо необходимые промышленная база, производительные силы и средства обеспечения, ремонта и обслуживания. Ледовый класс этих про-

мышленных сооружений, предназначенных к работе в открытом море на значительном удалении от берега, определяется местом их будущей дислокации. В качестве сооружений для бурения разведочных и эксплуатационных скважин, добычи и отгрузки нефти и газа, а некоторые и для хранения добытой продукции, применяются профильные установки, платформы и суда: стационарные (СБУ), самоподъемные (СПБУ), полупогружные (ППБУ), буровые суда, FPSO (рис. 1, см. вклейку).

Из всех вышеупомянутых сооружений в зимних арктических условиях могут функционировать только самоподъемные и стационарные буровые установки. Находящиеся в эксплуатации полупогружные платформы, буровые суда и FPSO не приспособлены для бурения в арктических районах, т.к. не рассчитаны на воздействие льда, возможность обледенения, работу при низких температурах. У России есть опыт эксплуатации ППБУ (например, «Северное сияние» и «Полярная звезда») в относительно более щадящих условиях на траверзе о. Сахалин. ППБУ не оснащены собственными пропульсивными установками, поэтому требуется транспортировка БУ к месту работы. Надо учитывать, что «климатическое окно» для функционирования такого сооружения составляет в Арктике всего 3–4 месяца, а с его закрытием установка должна быть отсоединена и передислоцирована в район незамерзающих морей. Сделать это можно или с помощью буксировки (что и по времени, и с точки зрения безопасности нецелесообразно), или при помощи полупогружных судов (ППС, Heavy Lift Ships) или барж.

Работа шельфовых, в первую очередь, ППБУ, а также нефтегазодобывающих сооружений на всех



**Рис. 3.** Буксир-завозчик якорей (Anchor Handling Tug Supply Vessel)

**Fig. 3.** Anchor Handling Tug Supply Vessel

этапах сопровождается использованием флота разнообразных судов обеспечения, как узкопрофильных, так и многоцелевых. Это, прежде всего, суда обеспечения (снабжения) платформ (Platform Supply Vessel, PSV, рис. 2 (см. вклейку) и 11) и буксиры-завозчики якорей (Anchor Handling Tug Supply Vessel, AHTS, рис. 3), а также буксиры, аварийно-спасательные, пожарные, суда для подводно-технических работ, трубоукладчики, кабелеукладчики, ППС (рис. 4), суда сейсмической разведки, танкеры-шаттлы, ледоколы. Мировой флот таких судов, преимущественно высокотехнологичных, насчитывает на сегодня более 7000 единиц, и в основном это «молодые» суда. Они в значительной степени сосредоточены во владении специализированных фирм США, Норвегии, Сингапура. Это суда и узкопрофильные, и многофункциональные (MPSV), в большом диапазоне размеров, форм корпуса, архитектурно-конструктивных типов, комплектации, автономности, степени автоматизации и т.д., приспособленные к работам в заданном регионе и отвечающие его природно-климатическим, метеорологическим, гидрографическим, гидрологическим условиям и возможным ограничениям (например, по осадке). Следует отметить, что чем более удалено от берега место работы объектов снабжения, тем целесообразнее использование многофункциональных судов обеспечения с большим водоизмещением и мощностью судовой энергетической установки (СЭУ), что обусловлено их большей надежностью, живучестью и безопасностью. Свыше 60 % существующих и заказываемых судов снабжения приходится на относительно крупные суда (свыше 4000 т *DW*). В мире все больше становится судов снабжения, построенных специально для северных акваторий, т.е. имеющих ледовый класс (в т.ч. «ледоколов-снабженцев») и системы борьбы с обледенением.

Говоря о строящихся в последнее время многофункциональных судах снабжения ППБУ и других шельфовых сооружений (Multi Support Vessels, MSV), в зависимости от степени универсальности, следует подчеркнуть, что их назначение, прежде всего, предполагает: доставку с береговой базы и обратно расходных буровых и технологических материалов (цемент, бентонит, барит, буровой и соляной растворы, метанол), запасных частей, инструментов, материально-производственного оборудования, продовольствия, пресной питьевой и технологической воды, топлива, обслуживающего персонала, а также буксировку несамоходных платформ и объектов из порта в район дислокации и переме-



**Рис. 4.** Транспортировка полупогружной буровой установки на полупогружном судне

**Fig. 4.** Semisubmersible platform transported aboard semisubmersible heavy-lifter

щение их с места на место; развозку, укладку и подъем (подрыв) удерживающих буровые объекты якорей системы их позиционирования; дежурство у буровых платформ, включая аварийную эвакуацию персонала с платформ и спасательные операции, борьбу с пожарами, с разливами нефти, водолазную поддержку и выполнение подводно-технических работ по монтажу, обслуживанию и ремонту подводного устьевого оборудования скважин и трубопроводов, а также вывоз мусора, сточных жидкостей и буровых отходов.

Следует выделить важнейшие требования к этим судам:

- носовое расположение надстройки и машинного отделения, в т.ч., при необходимости, взлетно-посадочной площадки (вертодрома) для приема и заправки вертолета (рис. 5, см. вклейку), обеспечение швартовки судна кормой;
- при разнообразной номенклатуре расходных материалов по снабжению морских буровых сооружений наличие в корпусе судна достаточных по объемам грузовых помещений (в т.ч. специализированных) и открытой грузовой палубы (рис. 6) с усиленными фальшбортом, деревянным настилом и конструктивным обеспечением безопасности повышенных местных нагрузений (не менее  $5 \text{ т/м}^2$ ), предназначенной для размещения значительного количества палубного груза и, в частности, для укладки грузовых единиц, в т.ч. длинномерных труб, якорных цепей, бочкотары, стандартных контейнеров, генеральных грузов, опасных грузов и т.д.,



**Рис. 6.** Грузовая палуба PSV  
**Fig. 6.** PSV cargo deck

а также установки съемного оборудования. Для удобства проведения всех видов работ открытая грузовая палуба должна располагаться в корму от носовой надстройки;

- обеспечение возможности швартовки к судам и объектам, плавающим в открытом море;
- оснащение специальными грузовым оборудованием, устройствами и системами для приема и передачи сухих и жидких грузов в открытом море, в т.ч. в условиях развитого волнения;
- оснащение спасательными устройствами и разъездными средствами для спасения персонала с аварийных нефтегазовых объектов и наличие мест для его временного размещения;
- значительная автономность в условиях большого удаления от береговых баз;
- высокая мореходность судна в любых условиях волнения, для чего необходима специальная форма корпуса и высоко расположенная палуба в носовой оконечности, с помощью которых достигается снижение заливаемости;
- повышенный уровень управляемости (маневренности и стабилизации системой динамического позиционирования, в т.ч. и в условиях оговоренных балльности волнения и скорости течения и ветра) для обеспечения передачи доставляемых грузов на объект снабжения и для удержания судна на месте при выполнении им водолазных и аварийно-спасательных работ;
- оборудование системами, устройствами и снабжением для борьбы с пожарами на внешних объектах;
- наличие запаса мощности СЭУ с целью предотвращения значительной потери скорости при

ходе на интенсивном волнении, для обеспечения режима динамического позиционирования при различных погодных условиях и возможности буксировки перемещаемых плавучих буровых платформ указанной в ТЗ массы (обязательное наличие буксирного устройства с оговоренным тяговым усилием);

- оснащение судна емкостями для приема с буровой установки мусора, загрязненной нефтепродуктами воды и сточных жидкостей, а также танками для нефти, собранной с поверхности воды при аварии (оснащение судна устройствами и средствами по ликвидации аварийных разливов нефти) и отходов бурения скважин (принцип «нулевого сброса», рис. 7 (см. вклейку));
- для оговоренных условий функционирования – ледовый класс судна и обеспечение средствами борьбы с обледенением.

Номенклатура, количество и массогабаритные характеристики расходных технологических запасов и материально-технического обеспечения буровых работ, функционирования энергетического оборудования и обслуживающего персонала буровой установки определяются видом оснащаемого объекта и условиями для выполнения буровых работ, а также глубинами, на которых ведется бурение. И условия, и глубины могут варьироваться на протяжении срока эксплуатации месторождения. Вместе с тем увеличению потребного количества расходных материалов и оборудования способствуют большие глубины моря в точке бурения, жесткие погодные условия и ветроволновой режим. При этом повышенные расходы материалов и топлива характерны для буровых судов, требующих обеспечения динамического позиционирования, что повышает расход топлива.

Средние значения технологических запасов, необходимых для бурения скважин, работы ЭУ и экипажа при обслуживании стационарных, самоподъемных и полупогружных установок приведены в табл. 1.

Для перехода от объемных к весовым показателям расходных продуктов снабжения (пресной воды, топлива, буровых растворов, метанола, сыпучих грузов) можно использовать данные об их плотности:  $\rho_{\text{пр.вд}} = 1,0 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_{\text{тп}} = 0,85 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_{\text{бур.рств}} = 1,7 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_{\text{метанол}} = 0,8 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_{\text{сып.гр}} = 2,0 \text{ т/м}^3$ .

ТЗ на проектирование судов снабжения прежде всего содержит:

- формулировку назначения и требований по нему;
- оговариваемое минимальное значение площади грузовой палубы  $S_{\text{тп}}$ , номенклатуру и массу

**Таблица 1.** Средние значения расходных материалов и их доля в общем количестве пополняемых материалов

**Table 1.** Average quantities of consumables and their share in the total amount of replenishable materials

Тип МБУ	Сухие компоненты		Буровой раствор		Топливо		Буровая вода		Питьевая вода		Итого	
	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	%
СБП	160	10,3	260	16,8	260	16,8	700	45,2	170	10,9	1550	100
СПБУ	230	13,1	250	14,3	380	21,7	720	41,2	170	9,7	1750	100
ППБУ	400	10,9	320	8,8	1110	30,3	1560	42,6	270	7,4	3660	100

грузов и съемного оборудования, на ней располагаемых. Палуба рассматривается не только как пространство для размещения партий расходных генеральных грузов, но и как место установки возможного съемного оборудования, а также проведения работ, связанных с выполнением прочих, кроме транспортной, функций судна;

- значения скорости хода в различных условиях;
- показатели автономности и предполагаемый район эксплуатации;
- рекомендуемый класс классификационного общества и класс динамического позиционирования;
- выполняемые судном функции;
- перечень нормативов, рекомендуемой комплектации и устанавливаемого оборудования, обязательных к учету.

Объемы и площади грузового пространства (помимо грузовой палубы), размерения, архитектурно-конструктивный тип и форма самого судна определяются:

- номенклатурой и количеством указанных выше перевозимых судном расходных жидких и сыпучих грузов (по массе или по объему), располагаемых для обеспечения их сохранности преимущественно в особых емкостях, устанавливаемых в подпалубном пространстве (рис. 2), загружаемых и разгружаемых специальными насосами;
- количеством членов экипажа и численностью спецперсонала буровых установок, максимально допустимым для перевозки на проектируемом судне.

В табл. 2 представлены технико-эксплуатационные характеристики существующих судов снабжения, построенных в последние 10–15 лет.

По приведенным в табл. 2 ТТХ судов снабжения можно сделать несколько важных проектных выводов:

- это суда относительно тихоходные (абсолютная скорость их лежит в интервале 11–12 уз, хотя есть суда со скоростями в диапазоне 14–16 уз и даже более). Многие из них, ввиду небольших размеров, по своему гидродинамическому типу могут быть отнесены к категории среднескоростных судов как имеющие число Фруда  $Fr_L$  в диапазоне 0,21–0,25;
- их энерговооруженность, характеризуемая величиной  $N/D$ , имеет средние значения ок. 1 кВт/т водоизмещения, что значительно выше, чем у традиционных транспортных судов; их параметр  $K \times \eta = (gDv)/N$  в среднем составляет около 160 (здесь  $K$  – гидродинамическое качество судна,  $K = g \times D/R_{\Sigma}$ ;  $\eta$  – общий КПД системы «двигатель – движитель – корпус судна»);
- доля дедвейта в составе полного водоизмещения  $\eta_{DW}$  в среднем лежит в интервале 0,6–0,7, что объясняется его многофункциональностью. Это требует наличия большого количества профильного оборудования, из-за чего возрастает водоизмещение порожнем;
- их отличает устанавливаемая ТЗ большая дальность плавания  $R$  и соответствующие большие запасы топлива, что сопряжено с особенностями логистической поддержки их эксплуатации, в частности, с необходимостью дежурства в качестве спасателя у ППБУ и обеспечения больших расходов топлива в режиме динамического позиционирования или при буксировке таких огромных сооружений, как ППБУ;
- доля полезного груза  $P_{гр}/DW$  в составе дедвейта  $DW$  по сравнению с традиционными транспортными судами относительно незначительна и среднее ее значение составляет ок. 0,7, что

**Таблица 2.** Техничко-эксплуатационные характеристики существующих судов обеспечения, работающих в районах Мексиканского залива и Западной Африки

**Table 2.** Performance parameters of PSVs currently operating in the Mexico Gulf and in West Africa

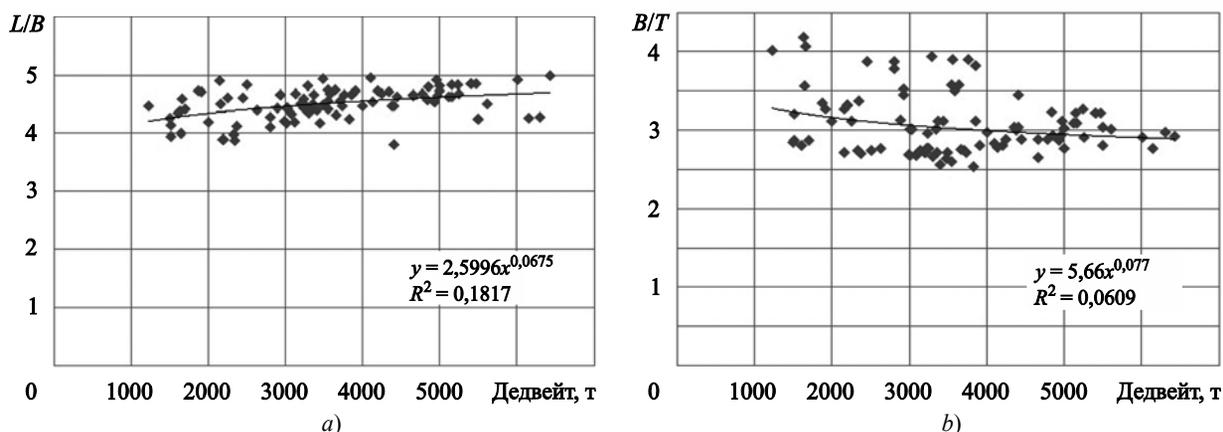
Название судна	Potter Tide	Southern Tide	Terrel Tide	Troms Acturus	Troms Capella	Troms Castor	Iberville
Год постр.	2017	2016	2009	2014	2011	2009	2004
Страна постр.	Панама	США	США	Норвегия	Индия	Норвегия	США
$L_{ноб}, м$	91,4	94,5	81,1	94,7	88,1	85	76,8
$B, м$	18,9	18,9	17,1	21	19	20	16,5
$T, м$	5,9	6,5	4,8	7	6,6	6,6	4,7
$H, м$	7,3	7,9	5,9	8,5	8	7,2	5,8
$L/B$	4,84	5	4,74	4,51	4,64	4,25	4,65
$B/T$	3,2	2,91	3,56	3	2,88	3,03	3,51
$\delta$	0,76	0,75	0,77	0,63	0,65	0,72	0,72
$L_{гтв}, м$	60	65,5	60	70,1	62,5	60	55
$L_{гтв}/L$	0,66	0,69	0,74	0,74	0,71	0,71	0,72
$D, т$	8120	9220	5380	9220	7540	8560	4500
$DW, т$	5150	6430	3640	5610	4660	5490	2930
$GT, т$	4298	4379	2326	4969	4059	4366	2045
$S_{гтв}, м^2$	980	1060	880	1180	1000	1000	748
$v, уз$	12	12	11	12	11	11	11
$Fr_L$	0,21	0,21	0,21	0,21	0,2	0,2	0,21
$R, м. миль$	12600	18900	8850	30300	16000	18000	–
$N, кВт$	8400	8400	3800	7570	6570	7200	4730
$K \times \eta = \frac{g \cdot D \cdot v}{N}$	191,2	217,1	152,8	143,4	123,8	128,3	102,7
$N/D, кВт/т$	0,62	0,54	0,71	0,82	0,87	0,84	1,05
$\eta_{DW} = DW/D$	0,63	0,7	0,68	0,61	0,62	0,64	0,65
$\frac{N}{DW \cdot v \cdot g}$	0,0082	0,0066	0,0097	0,0115	0,0131	0,0122	0,015
$P_{гп}, т$	3729	4332	2894	3715	3207	4372	2136
$P_{гп}/DW$	0,72	0,67	0,79	0,66	0,69	0,8	0,73

**Таблица 2.** Продолжение

**Table 2.** Continue

Название судна	Liquigan Tide	Lousteau Tide	Milan Tide	Posh Jaeger	Ambrosius Tide	Cindy Brown Tide	Knockout
Год постр.	2013	2003	2003	2016	2012	2011	2008
Страна постр.	Панама	США	Бразилия	Сингапур	Китай	США	США
$L_{нб}$ , м	79,5	63,1	71,9	78,3	76	81,1	68,6
$B$ , м	16,8	16,2	16	21	17,6	17,1	14
$T$ , м	6	4,9	5,8	5,8	6,4	4,8	4,3
$H$ , м	7,4	5,8	7	6,8	7,8	5,9	5,5
$L/B$	4,73	3,9	4,49	3,73	4,32	4,74	4,9
$B/T$	2,8	3,31	2,76	3,62	2,75	3,56	3,26
$\delta$	0,77	0,68	0,7	0,72	0,7	0,77	0,7
$L_{гн}$ , м	46,4	40	51	42	51	57	44
$L_{гн}/L$	0,58	0,63	0,71	0,54	0,67	0,7	0,64
$D$ , т	6470	3590	4940	7200	6340	5380	3027
$DW$ , т	3910	2200	3250	4032	3660	3550	2151
$GT$ , т	2972	1624	2153	3795	3404	2435	1691
$S_{гн}$ , м <sup>2</sup>	780	530	690	820	710	830	501
$v$ , уз	12	10	12	12	12	11	12,5
$Fr_L$	0,23	0,21	0,24	0,23	0,23	0,21	0,25
$R$ , м.миль	–	7830	17400	7600	13600	8850	–
$N$ , кВт	5000	3500	4000	5220	4115	3800	2905
$K \times \eta = \frac{g \cdot D \cdot v}{N}$	152,3	100,6	145,4	162,4	181,4	152,8	127,8
$N/D$ , кВт/т	0,77	0,97	0,81	0,73	0,65	0,71	0,96
$\eta_{DW} = DW/D$	0,6	0,61	0,66	0,56	0,58	0,66	0,71
$\frac{N}{DW \cdot v \cdot g}$	0,0109	0,0162	0,0105	0,011	0,0096	0,0099	0,011
$P_{гп}$ , т	3140	1423	2100	3180	2400	2782	1614
$P_{гп}/DW$	0,8	0,65	0,65	0,79	0,66	0,78	0,75

$D$  – водоизмещение (масса), т;  $DW$  – дедвейт, т;  $S_{гн}$  – площадь грузовой палубы, м<sup>2</sup>;  $N$  – суммарная мощность главных двигателей СЭУ, кВт;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.



**Рис. 8.** Соотношения главных размерений судов снабжения в функции от величины их  $DW$ : а)  $L/B$ ; б)  $B/T$   
**Fig. 8.** Ratios of main dimensions versus deadweights of PSVs: а)  $L/B$ ; б)  $B/T$

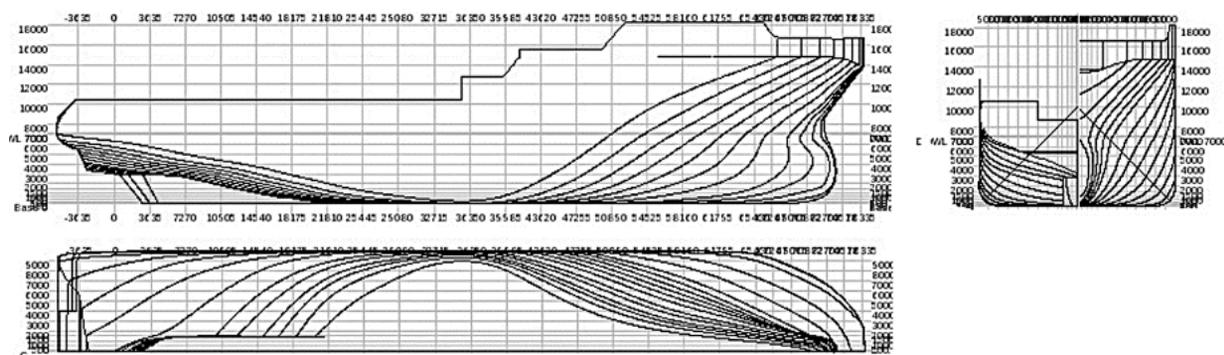
связано, во-первых, со спецификой перевозки и жидких, и сухих грузов снабжения не непосредственно в трюмах, а в специальных емкостях, и, во-вторых, с размещением генеральных грузов на грузовой палубе, что приводит к большим потерям как объемов грузовых трюмов, так и пространства палубы;

- грузовая палуба в долях от полной длины составляет в среднем  $L_{гп}/L = 0,68 \pm 0,04$ .

Использование большой выборки судов рассматриваемого назначения позволило получить регрессионные зависимости, дающие возможность для разрабатываемого проекта в начале его проектирования оценить ожидаемые значения главных размерений  $L$ ,  $B$ ,  $T$ ,  $H$ , коэффициента общей полноты  $\delta$ , длины  $L_{гп}$  и площади  $S_{гп}$  грузовой палубы, а также  $L/B$  и  $B/T$  в зависимости от  $DW$ .

В состав  $DW$  судов снабжения включают массу названных доставляемых им грузов и съемного оборудования, запасов топлива и смазочных материалов для самого судна, экипажа и спецперсонала и его расходного снабжения в соответствии с назначенной автономностью.

Поскольку в информации по существующим судам присутствует, как правило, только величина  $DW$ , а значение  $P_{гп}$  не приводится, то в табл. 2 для каждого из судов это значение было дополнительно получено из величины  $DW$  – вычетом из нее величин масс запасов топлива, массы экипажа и его расходного снабжения, найденных расчетом. Это и позволило найти ожидаемое значение соотношения  $P_{гп}/D$ , которое можно использовать для проектируемого судна, чтобы по величине  $P_{гп}$ , приведенной в его ТЗ, определить ожидаемое значение  $DW$ ,



**Рис. 9.** Теоретический чертеж многофункционального судна обеспечения Normand Master ULSTEIN A101 (Норвегия, 2003 г.):  $L_{нб} = 82,1$  м;  $B = 20,04$  м;  $T = 7,5$  м;  $H = 7$  м. Площадь палубы –  $600$  м<sup>2</sup>.  $DW$  –  $3737$  т

**Fig. 9.** Lines drawing of Normand Master ULSTEIN A101 multi-purpose PSV (Norway, 2003):  $L_{oa} = 82.1$  m;  $B = 20.04$  m;  $T = 7.5$  m;  $H = 7$  m. Deck area  $600$  m<sup>2</sup>.  $DW = 3737$  t

которое позднее будет, естественно, уточняться. Полученное таким образом ожидаемое значение  $DW$  для проектируемого судна позволяет использовать приведенные ниже регрессионные зависимости.

Как видно на рис. 8, суда снабжения отличает малое отношение  $L/B$  со значениями в диапазоне  $L/B = 4,5 \pm 0,5$ , что обусловлено требованиями обеспечения большой поворотливости и наличия как можно большей площади  $S_{гп}$  и ширины  $B$  верхней грузовой палубы. Этому способствуют и относительно большие значения отношения  $B/T = 3,0 \pm 0,3$ , позволяющие гарантировать достаточность поперечной остойчивости при том, что значительная часть груза принимается на верхнюю палубу, но особенно проблемной ситуация с остойчивостью становится в процессе выполнения на судне грузовых операций.

Типичная форма судовой поверхности судов снабжения представлена на рис. 9.

Для их обводов характерен большой подъем килевой линии в направлении кормы судна, что обусловлено стремлением обеспечить работу винторулевых колонок в невозмущенном потоке и лучшую маневренность судна. Коэффициент общей полноты этих судов, как показано на рис. 10, оценивается формулой  $\delta = 1,1 - 1,68Fr_L$  (типа формулы Александра).

Узнаваемость судам снабжения последнего поколения придает характерная форма носовой оконечности, представляющей собой единое целое проходящей до самого форштевня многоярусной носовой надстройки, передняя стенка которой является его продолжением. Это способствует обеспечению хорошей мореходности, защите от заливания на встречной волне, повышению непотопляемости и устойчивости на курсе (рис. 11). Так, согласно Кодексу ОСНС 2008 г. судно снабжения дается следующее определение: «Судно снабжения морских установок означает судно, которое, главным образом, занято в перевозке предметов снабжения, материалов и оборудования для морских установок и в конструкцию которого входят надстройки жилых помещений и мостика в носовой части, а также открытая грузовая палуба в кормовой части для обработки грузов в море». Эволюция формы носовой оконечности судов снабжения представлена на рис. 12 (см. вклейку).

Для всепогодных судов, какими являются суда рассматриваемого назначения, наибольшие преимущества в части повышения мореходности присущи, очевидно, формам Ахе-Bow и Х-Bow, которые способствуют снижению сопротивления

Коэффициент общей полноты

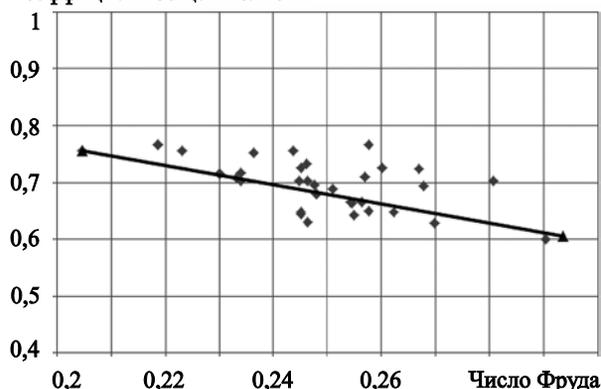


Рис. 10. Коэффициент общей полноты  $\delta$  судов снабжения в функции от числа Фруда по длине

Fig. 10. Block coefficient  $\delta$  versus Froude number by length for various PSVs

в условиях волнения, смягчению продольной качки и вертикальных перегрузок, предотвращению сляминга из-за практически отсутствующего развала бортов носовых шпангоутов, хотя для условий движения на тихой воде наличие носового бульба обеспечивает меньшее сопротивление движению (его волновой составляющей), чем упомянутые обводы Ахе-Bow и Х-Bow. Последние характеризует обратный угол наклона форштевня в его надводной части по сравнению с традиционными судами, где он наклонен навстречу движению судна. Эта идея, активно предлагавшаяся еще в прошлом веке В.Н. Храмушиным [8], не была реализована в нашей стране, но теперь запатентована Норвегией и Голландией. На сегодняшний день построено или находится на стадии постройки 33 судна Ulstein

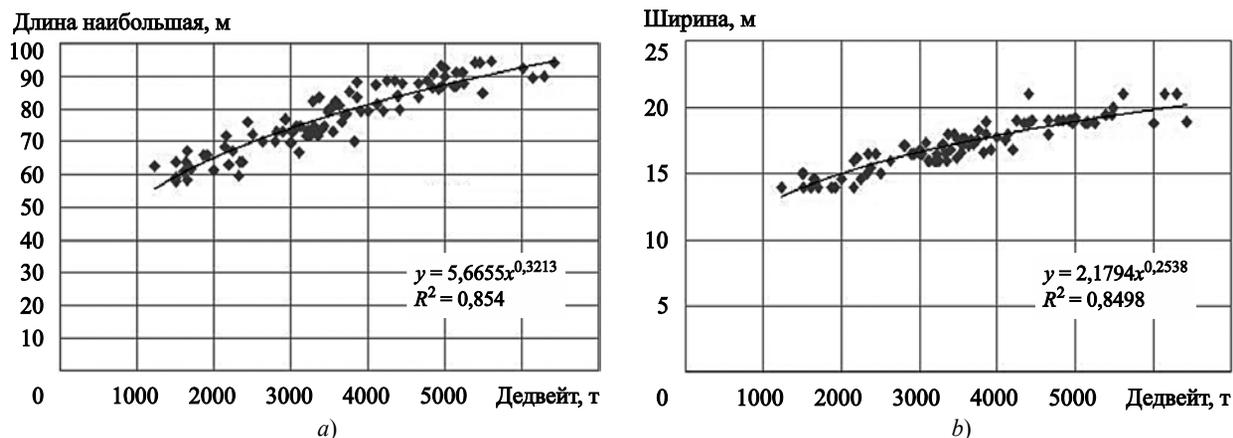


Рис. 11. Судно обеспечения платформ Atlantic Harrier (Канада, 2020 г.):

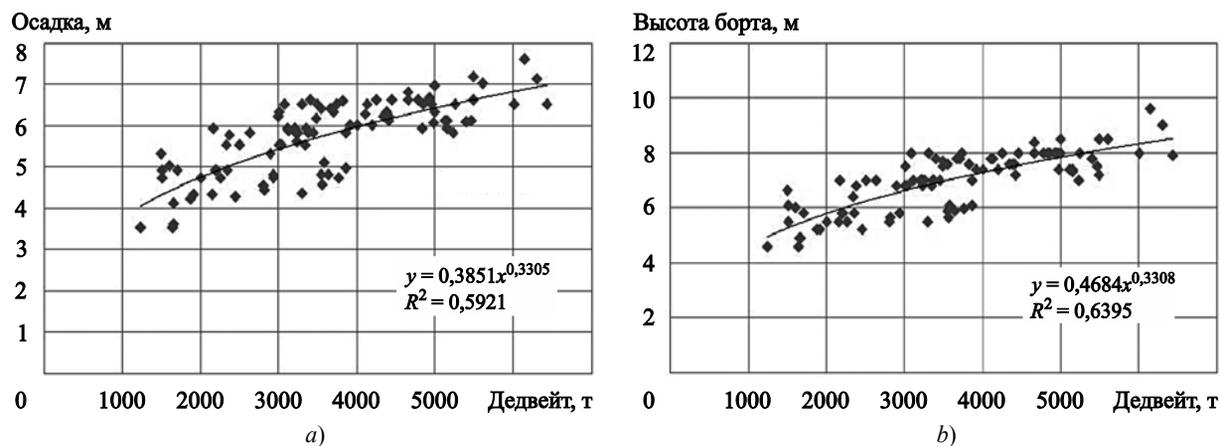
$L_{нб} = 89\text{ м}; B = 19\text{ м}; DW = 4250\text{ т}; S_{гп} = 1000\text{ м}^2$

Fig. 11. Atlantic Harrier PSV (Canada, 2020):

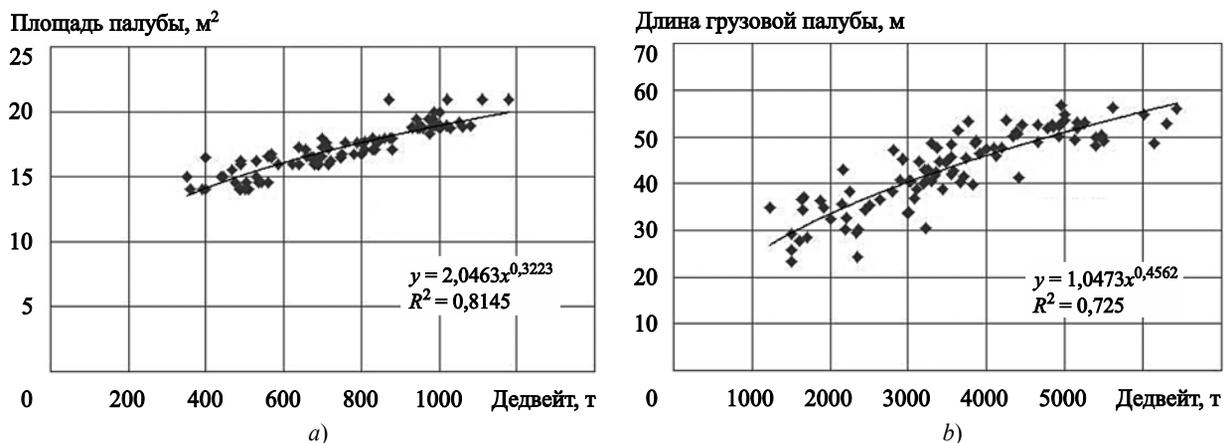
$L_{oa} = 89\text{ m}; B = 19\text{ m}; DW = 4250\text{ t}; S_{cd} = 1000\text{ m}^2$



**Рис. 13.** Зависимости от дедвейта: а) длины; б) ширины судна снабжения  
**Fig. 13.** Deadweight vs a) length and b) beam of PSV

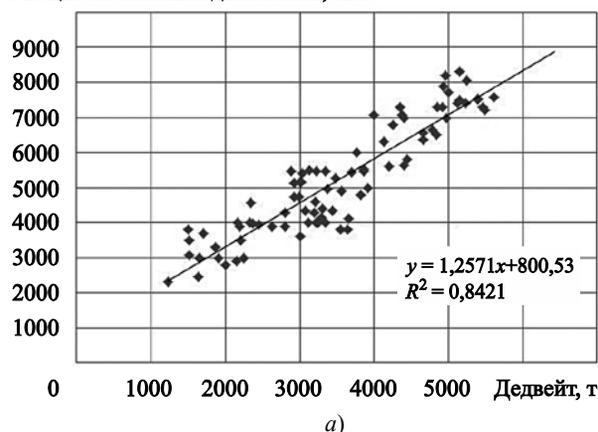


**Рис. 14.** Зависимости от дедвейта: а) осадки; б) высоты борта судна снабжения  
**Fig. 14.** Deadweight vs a) draft and b) depth of PSV

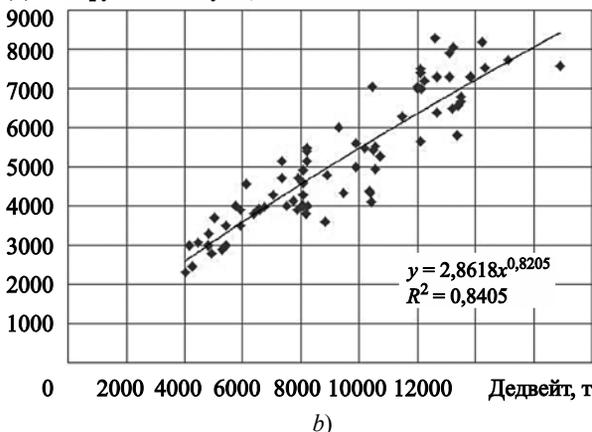


**Рис. 15.** Зависимости от дедвейта: а) площади  $S_{гн}$ ; б) длины  $L_{гн}$  грузовой палубы судна снабжения  
**Fig. 15.** Deadweight vs a) cargo deck area  $S_{cd}$  and b) cargo deck length  $L_{cd}$  of PSV

Мощность главных двигателей, кВт



Длина грузовой палубы, м



**Рис. 16.** Зависимости мощности главных двигателей от а) дедвейта; б) кубического модуля судна  
**Fig. 16.** Main engine power vs а) deadweight and б) cubic number of PSV

X-bow в разных странах. Фирма Ulstein констатирует, что при эксплуатации в районе Северной Атлантики, где 74 % времени волны достигают 2,5 м, суда с конструкцией носовой части X-bow при высоте волн 2,5–10 м составляет 7–16 % в зависимости от скорости хода судна и состояния моря. США построили эсминец DDG-1000 Zumwalt, имеющий аналогичные обводы носовой оконечности. Еще раньше австралийская компания Incat применила такие же обводы носовой оконечности корпуса для своих высокоскоростных катамаранов, а США в 2002 г. ввели в состав своих ВМС боевой корабль, принимавший участие в войне в Ираке – катамаран HSV-X1 Joint Venture с формой корпуса, аналогичной австралийской.

Таким образом, суть идеи использования такого типа носа судна/корабля заключается в волно-пронзающем эффекте, кардинально улучшающем мореходность судна, практически исключает сляминг и значительно снижает потери скорости на волнении, вибрацию корпуса и вертикальные перегрузки. Это очень актуально для судов рассматриваемого типа, поскольку для них чрезвычайно важны всепогодность и бесперебойная работа в условиях развитого волнения. Но на тихой воде суда с анализируемой носовой оконечностью преимуществ перед судами с традиционными обводами не имеют.

Далее на рис. 13–15 даны зависимости  $L$ ,  $B$ ,  $H$ ,  $T$ ,  $L_{гп}$ ,  $S_{гп}$  в функции от величины  $DW$ . Используя их, возможно, получив главные размерения судна, определиться с выделением на судне грузовой палубы, используя рекомендации из предлагаемых

ниже регрессионных зависимостей и данных табл. 2 по величинам  $L_{гп}/L$ ,  $L_{гп}$ ,  $S_{гп}$ .

На рис. 16 даны зависимости  $N_{сэу} = f(DW)$  и  $N_{сэу} = f(LBH)$  как способ получения в первом приближении величины мощности СЭУ. Большинство судов снабжения имеют электродвижение (пульсивные установки с электрической передачей энергии Z-Drive, L-Drive и Azipod, рис. 17 (см. вклейку)), что целесообразно из-за необходимости обеспечения множества постоянно меняющихся режимов использования мощности главных двигателей, а также из-за наличия весьма энергоемких дополнительных потребителей энергии в виде ПУ и/или винторулевых колонок, функционирующих от электропривода как средства обеспечения динамического позиционирования. Размещение дизель-генераторов легко становится возможным в носовой половине судна, освобождая таким образом кормовую часть судна под грузовые отсеки и позволяя оптимально организовать все работы по прямому назначению такого судна.

Имеет место наличие на этих судах значительных запасов мощности главного двигателя (табл. 3), что обусловлено использованием средств динамического позиционирования (подруливающее устройство и/или винторулевая колонка) на ходовом режиме, а также потребностью в предотвращении потерь скорости хода на волнении, чтобы гарантировать бесперебойность поставок расходных материалов на объекты снабжения.

Учитывая практически неограниченные условия эксплуатации судов снабжения, высокие требования к их всепогодности, штормовой мореход-

**Таблица 3.** Мощность судовых энергетических установок и запас мощности у судов снабжения

**Table 3.** Engine output and power margin of PSVs

Названия судов снабжения	Мощность главных двигателей (СЭУ), кВт	Требуемая мощность винторулевых колонок, как движителей, кВт	Запас на работу подруливающих устройств («винт в трубе»), %
Demarest Tide	5800	4500	22
Torrens Tide	5600	3900	30
Conti	4730	3000	36
Hercules	8065	6000	25
Wise Tide	5400	3300	38

ности, безопасности (как их собственной, так и по отношению к обслуживаемым ими объектов), понятно, почему этим судам уделяется столь пристальное внимание со стороны контролирующих органов на уровне ИМО, Регистра судоходства, Госгортехнадзора, Природоохранных ведомств РФ [12–17], в нормативных документах которых обеспечение их безопасной эксплуатации выделяется отдельными параграфами или особыми директивами. Это подтверждается и специальной резолюцией Комитета Безопасности ИМО MSC.235(82) в виде «Руководства по проектированию и конструкции судов снабжения морских установок», «Кодекса безопасной практики перевозки грузов и людей судами снабжения морских установок» (Кодекс ССМУ), особыми разделами, касающимися таких судов в «Международном кодексе остойчивости судов в неповрежденном состоянии» (Кодекс ОСНС 2008 г.). Названными документами, а также Правилами Регистра судоходства регламентируются, в частности, параметры и характеристики остойчивости, вид их диаграмм остойчивости, особенно при перевозке на палубе штабелей труб в условиях обледенения. Помимо остойчивости, особо регламентируются требования к непотопляемости, конструкции корпуса и, в частности, к толщинам и подкреплениям грузовой палубы, устройству привальных брусев, сливных шпигатов для осушения палубы, которая оснащается прочным сплошным фальшбортом. Регламентируются также минимально допустимая высота надводного борта в корме  $>0,005 L$ , условия перевозки людей, опасных, сухих и жидких грузов (особенно топлива), требования к способам и средствам грузовых операций, проводимых в открытом море.

## Заключение

### Conclusion

Суда снабжения (PSV и/или MPSV) платформ разведки и добыче нефти и газа на шельфе – важное звено освоения богатств углеводородных залежей со дна Мирового океана.

Суда имеют устоявшийся архитектурно-конструктивный тип, обусловленный характером его функционирования и состоящий в наличии развитой носовой надстройки, по длине составляющей 30–35 % длины судна, с высоким расположением палубы бака или использованием форм носовой оконечности с ее передней стенкой, являющейся продолжением форштевня вверх (бульбообразной формы, X-Bow, Axe-Bow), что обусловлено стремлением к увеличению устойчивости на курсе, уменьшению заливаемости, смягчению продольной качки и вертикальных перегрузок и предотвращению слеминга на интенсивном волнении.

Форма судовой поверхности судов этого назначения подобна таковой у буксиров, рыболовных судов, т.е. тех судов, которые характеризуются высокими требованиями к маневренности, поворотливости, минимизации диаметра циркуляции, динамическому позиционированию. Это достигается уменьшенными значениями отношения  $L/B$  и коэффициентов полноты, подъемом килевой линии в сторону кормы.

Рассматриваемые суда относят к объектам с высокой степенью механизации и автоматизации управления ими и их СЭУ, системами и профильным оборудованием.

В мировой практике сформирован комплекс нормативных документов ИМО, Регистра судоходства, Госгортехнадзора и т.п., особо регламентирующих проектирование, постройку и эксплуатацию судов

снабжения морских установок как объекта повышенной опасности в морских операциях на шельфе.

В представленной работе сформулирован образ такого судна как объекта проектирования, предложен ряд проектных рекомендаций и зависимостей для определения его основных параметров и характеристик.

## Список использованной литературы

1. Суда обслуживающего флота. История. Современность Перспективы: аналитический обзор / [Под общ. ред. *О.Я. Тимофеева*]. Санкт-Петербург: Крыловский гос. науч. центр, 2018. 267 с.
2. *Иогансен К.В.* Спутник буровика: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Недра, 1990. 303 с.
3. Развитие судов снабжения и концепция многофункционального судна снабжения для морских нефтегазодобывающих платформ на шельфе Российской Арктики и Дальнего Востока / *Гармаш Д.Е., Карпова Н.А., Мартулев П.С., Наумова Т.Б.* // Судостроение. 2013. № 4(809). С. 33–39.
4. *Макеев Г.А.* Разработка теоретических основ и практических методов оптимизации количественного и качественного состава флота судов обслуживания МБУ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.08.03 / Макеев Г.А.; [Место защиты: С.-Петерб. гос. мор. техн. ун-т]. Санкт-Петербург, 2008. 22 с.
5. *Мацкевич В.А., Мацкевич А.В.* Практическое проектирование транспортных судов: [в 2 ч.]. Ч. 1. Москва: Nedra publishers, 2015. 192, [2] с. (Библиотека Gazprom International; т. 9).
6. *Добрынин А.Я., Царев Б.А.* Особенности оценки мощности при проектировании судов обеспечения буровых установок // Морской вестник. 2013. Спец. вып. № 1(10). С. 101–106.
7. *Кондратенко А.А., Таровик О.В.* Сравнительный анализ существующих методов определения функционального и количественного состава флота судов обеспечения // Труды Крыловского государственного научного центра. 2016. № 94(378). С. 201–214.
8. *Храмушин В.Н., Царев Б.А.* Пути создания судов с высокой штормовой мореходностью // Морской вестник. 2015. № 1(53). С. 11–14.
9. *Зайкин Д.А.* Планирование работы флота обеспечения морской ледостойкой стационарной платформы методами имитационного моделирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / Зайкин Д.А.; [Место защиты: Гос. ун-т морского и речного флота им. С.О. Макарова]. Санкт-Петербург, 2019. 183 с.
10. *Огай С.А.* Модели определения характеристик при создании многоцелевых судов для арктических и замерзающих морей. Владивосток: Дальнаука, 2018. 314 с.
11. *Демешко Г.Ф., Пазухин В.Ю., Сандревская К.Н.* Особенности проектирования полупогружных судов // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. № 1(391). С. 109–121.
12. Руководство по проектированию и конструкции судов снабжения морских установок 2006 года: резолюция MSC. 235 (82) с поправками в MSC.335(90). Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2013.
13. Кодекс безопасной практики перевозки грузов и людей судами снабжения морских установок (Кодекс ССМУ). Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2010. 34 с.
14. Руководство для перевозки и перегрузки ограниченных количеств вредных и опасных жидких веществ, перевозимых наливом на судах снабжения буровых установок: резолюция А.673(16): с поправками. Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2013; То же [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420373574> (дата обращения: 02.0.2021).
15. Правила безопасности при разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе: ПБ 08-623-03. Москва: Науч.-техн. центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2003. 85 с. (Серия 08. Нормативные документы по безопасности, надзорной и разрешительной деятельности в нефтяной и газовой промышленности; Вып. 9).
16. Правила классификации и постройки морских судов / Российский морской Регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2020.
17. Международный кодекс остойчивости судов в неповрежденном состоянии 2008 года (Кодекс ОНС 2008 года): принят резолюцией MSC.267(85): с поправками. 3-е изд., доп. Санкт-Петербург: ЦНИИМФ, 2016. 242 с.
18. *Ritchie G.* Offshore Support Vessels: a practical guide. London: The Nautical Institute, 2008. XII, 163 p.
19. *Erikstad S.O., Levander K.* System Based Design of Offshore Support Vessels // Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Marine Design Conference. Glasgow: Dept. of Naval Architecture and Marine Engineering, University of Strathclyde, 2012. P. 1–17.
20. *Gibson V.* Supply Ship Operations. Ledbury: Oilfield Publications, 1999. VII, 192 p.
21. *Sincock P., Sondhi N.* Drag anchors for floating systems / MSL Engineering. Sheffield: HSE Books, 1993. 84 p. (Offshore technology report; OTH 93 395).

## References

1. Support ships. History. State of the art. Prospects. Analytical review. Under general editorship of *O. Timofeev*. St. Petersburg: Krylov State Research Centre, 2018. 267 p. (in Russian).

2. *K. Iogansen*. Driller's Companion. Reference book. 3<sup>rd</sup> edition, revised and extended. Moscow: Nedra, 1990. 303 p. (*in Russian*).
3. *D. Garmash, N. Karpova, P. Martulev, T. Naumova*. Evolution of support ships and concept of multi-purpose supply vessel for offshore oil & gas facilities on Russian Arctic and Far Eastern shelf // Sudostroyeniye (Ship-building). 2013. No. 4(809). P. 33–39 (*in Russian*).
4. *G. Makeev*. Development of theoretical fundamentals and practical optimization methods for composition and numbers of PSV fleet. Author's summary of Cand. Sci. Theses, 05/08/03 (*in Russian*).
5. *V. Matskevich, A. Matskevich*. Practical design of cargo vessels. In 2 Parts. Part 1. Moscow: Nedra Publishers, 2015. 192 p. (*in Russian*).
6. *A. Dobrynin, B. Tsarev*. Peculiarities of power assessment in PSV design // Morskoy vestnik. 2013. Special Issue 1(10). P. 101–106 (*in Russian*).
7. *A. Kondratenko, O. Tarovik*. Comparative analysis of existing methods for defining the functional and numerical strength of support fleet // Transactions of the Krylov State Research Centre. 2016. Vol. 94(378). P. 201–214 (*in Russian*).
8. *V. Khramushin, B. Tsarev*. Design approaches to ships with good seakeeping in stormy conditions // Morskoy vestnik. 2015. No. 1(53). P. 11–14 (*in Russian*).
9. *D. Zaikin*. Simulation-based planning of PSV fleet operations for fixed ice-resistant marine platform. Cand. Sci. Theses. 05.22.19 (*in Russian*).
10. *S. Ogay*. Project definition models for Arctic and ice-going multi-purpose vessels. Vladivostok: Dalnauka, 2018. 314 p. (*in Russian*).
11. *G. Demeshko, V. Pazukhin, K. Sandrevskaya*. Design peculiarities of semisubmersibles // Transactions of the Krylov State Research Centre. 2020. Vol. 1(391). P. 109–121 (*in Russian*).
12. Guidelines for the design and construction of Offshore supply vessels, 2006. Resolution MSC. 235(82) with amendments to MSC.335(90). St. Petersburg: TsNIIMF, 2013 (*Russian translation*).
13. Code of Safe Practice for the Carriage of Cargoes and Persons by Offshore Supply Vessels (OSV Code). St. Petersburg: TsNIIMF, 2010. 34 p. (*Russian translation*).
14. Guidelines for the transport and handling of limited amounts of hazardous and noxious liquid substances in bulk on offshore support vessels (MSC.184(79). Res. A.673(16) with amendments. St. Petersburg: TsNIIMF, 2013. Also available at: URL: <http://docs.cntd.ru/document/420373574> (accessed on: 02.0.2021) (*in Russian*).
15. Safety rules in exploration and development of oil and gas fields on continental shelf. PB 08-623-03. Moscow, Scientific & Technical Center for Industrial Safety, Federal Mining and Industrial Inspectorate of Russia (Gosgortekhnadzor), 2003. 85 p. Series 08. Regulatory documents on safety, supervision and issue of clearances in oil and gas industry. Issue 9 (*in Russian*).
16. Rules for Classification and Construction of Sea-Going Ships. Russian Maritime Register of Shipping, St. Petersburg, 2020 (*in Russian*).
17. International Code on Intact Stability, 2008 (IS 2008), adopted by MSC. Res. MSC.267(85), with amendments. 3<sup>rd</sup> edition, extended. St. Petersburg: TsNIIMF, 2016, 242 p. (*Russian translation*).
18. *G. Ritchie*. Offshore Support Vessels: a practical guide. London: The Nautical Institute, 2008. XII, 163 p.
19. *S.O. Erikstad, K. Levander*. System Based Design of Offshore Support Vessels // Proc. of the 11<sup>th</sup> International Marine Design Conference. Glasgow: Dept. of Naval Architecture and Marine Engineering, University of Strathclyde, 2012. P. 1–17.
20. *V. Gibson*. Supply Ship Operations. Ledbury: Oilfield Publications, 1999. VII, 192 p.
21. *P. Sincock, N. Sondhi*. Drag anchors for floating systems / MSL Engineering. Sheffield: HSE Books, 1993. 84 p. (Offshore technology report; OTH 93 395).

#### Сведения об авторах

*Демешко Геннадий Федорович*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой проектирования судов ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». Адрес: 190008, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3. Тел.: +7 (812) 714-28-74. E-mail: morcenter@mail.ru.

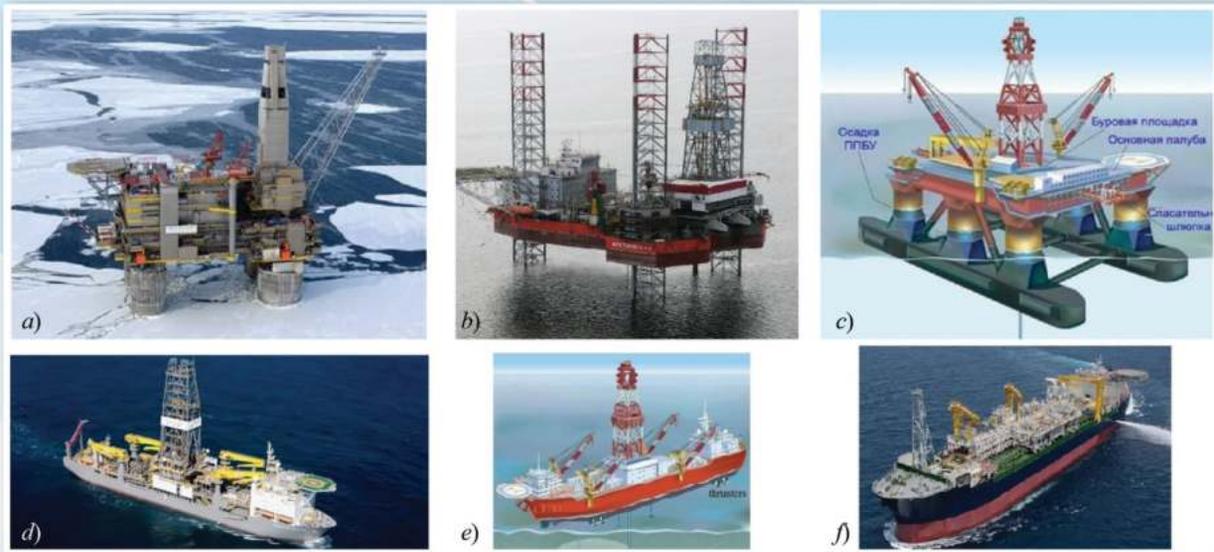
*Децик Роман Андреевич*, магистрант ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». Адрес: 190008, Россия, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3. Тел.: +7 (953) 358-32-55. E-mail: roman\_detsik@mail.ru.

#### About the authors

*Gennady F. Demeshko*, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of ship design, St. Petersburg State Marine Technical University. Address: 3, Lotsmanskaya st., St. Petersburg, post code: 190008, Russia. Tel.: +7 (812) 714-28-74. E-mail: morcenter@mail.ru.

*Roman A. Detsik*, Master student of St. Petersburg State Marine Technical University. Address: 3, Lotsmanskaya st., St. Petersburg, post code: 190008, Russia. Tel.: +7 (953) 358-32-55. E-mail: roman\_detsik@mail.ru.

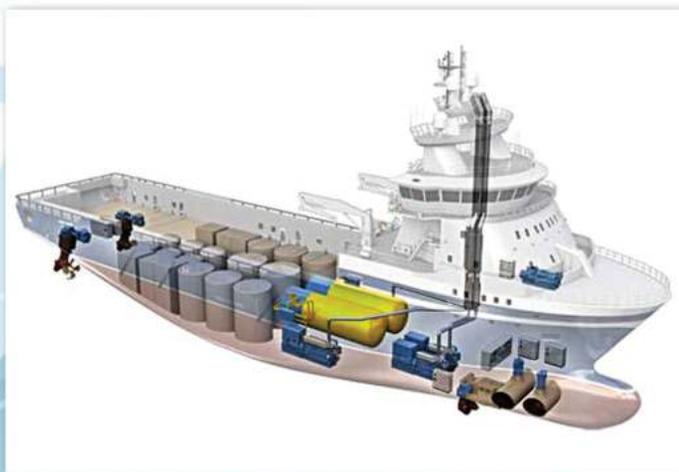
Поступила / Received: 01.12.20  
Принята в печать / Accepted: 03.03.21  
© Демешко Г.Ф., Децик Р.А., 2021



**Рис. 1.** Буровые установки и суда: а) стационарная, б) самоподъемная, в) полупогружная, д) и е) буровые суда, ф) FPSO  
**Fig. 1.** Drilling platforms and drillships: a) fixed; b) jack-up; c) semi-submersible; d) and e) drillships; f) FPSO

**Рис. 2.** PSV компании Kongsberg (Норвегия), проект UT 755.  $L_{нб} = 78,7$  м;  $B = 16$  м;  $T = 5,1$  м;  $H = 7$  м.  $DW - 3200$  т, груз на грузовой палубе – 1600 т. Ее площадь  $S_{гп} = 670$  м<sup>2</sup>. Под грузовой палубой емкости для сыпучих грузов (250 м<sup>3</sup>) и для бурового раствора (800 м<sup>3</sup>). Судовая энергетическая установка на СПГ (2 емкости, обозначены желтым цветом). Двигатели – две винторулевые колонки. В носу – 2 подруливающих устройства типа «винт в трубе» и одна винторулевая колонка

**Fig. 2.** Kongsberg (Norway) PSV designs: UT 755.  $L_{ov} = 78.7$  m;  $B = 16$  m;  $T = 5.1$  m;  $H = 7$  m;  $DW - 3200$  t, cargo deck capacity 1600 t; cargo deck area  $S_{cd} = 670$  m<sup>2</sup>. The spaces under cargo deck accommodate the reservoirs for bulk cargo (250 m<sup>3</sup>) and drilling mud (800 m<sup>3</sup>). Power plant: LNG-as-fuel (2 reservoirs, shown in yellow). Propulsion: 2 pod units. Bow propulsors: 2 tunnel thrusters, 1 pod propulsion unit



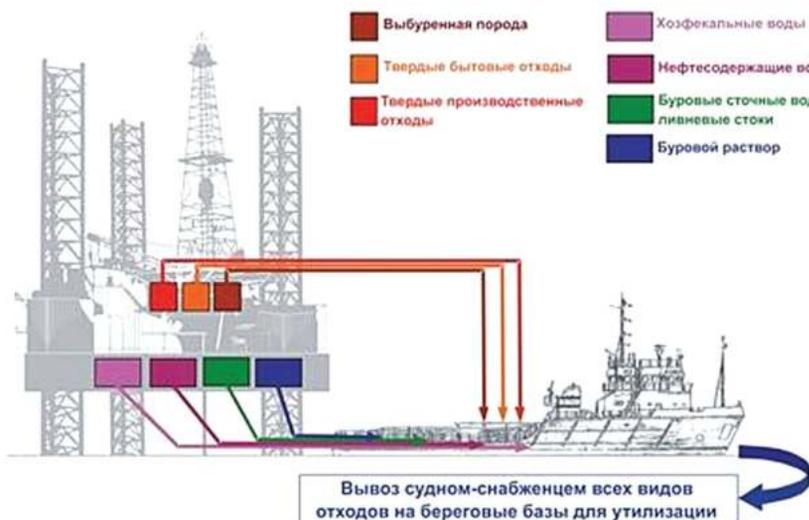
**Рис. 5.** Многоцелевое судно обеспечения VS 4528 MPSV компании Wartsila (Финляндия).  $L_{нб} = 89,1$  м;  $B = 22$  м;  $T = 5,1$  м;  $H = 9$  м.  $DW - 5300$  т.

Площадь грузовой палубы  $S_{гп} = 1040$  м<sup>2</sup>. Под грузовой палубой емкости для сыпучих грузов (330 м<sup>3</sup>) и бурового раствора (1500 м<sup>3</sup>). На левом борту кран г/п 150 т. Судовая энергетическая установка – 4 дизельных генератора × 1950 кВт. 2 винторулевых колонки типа L-Drive. В носу 3 подруливающих устройства

**Fig. 5.** Wartsila (Finland) VS 4528 MPSV multi-purpose supply vessel:  $L_{ov} = 89.1$  m;  $B = 22$  m;  $T = 5.1$  m;  $H = 9$  m,  $DW - 5300$ ; cargo deck area  $S_{cd} = 1040$  m<sup>2</sup>. The spaces under cargo deck accommodate the reservoirs for bulk cargo (330 m<sup>3</sup>) and drilling mud (1500 m<sup>3</sup>). The port side accommodates the crane (capacity 150 t). Power plants: 4 × 1950 kW diesel gensets. Propulsion: 2 L-Drive pod propulsion units, 3 bow thrusters



Принцип "нулевого сброса" при работе самоподъемной плавучей буровой установки "Астра"



Количество бурового раствора, шлама, буровых, сточных, нефтесодержащих и хозяйственных вод, а также продуктов испытания скважины, поступивших с СПБУ "АСТРА" и судов обеспечения в 1999-2000-2001 (8 месяцев) году согласно накладным.

	Шлам, м <sup>3</sup>	Отработанный буровой р-р, м <sup>3</sup>	Буровые сточные воды, м <sup>3</sup>	Продукты испытания скважины, м <sup>3</sup>	Хозфекальные воды, м <sup>3</sup>	Нефтесодержащие воды, м <sup>3</sup>
Всего	2242.8	8413	4743.7	3000	8697	1002

Рис. 7. Роль судна-снабженца в обеспечении принципа «нулевого сброса»

Fig. 7. Role of PSV in the implementation of "zero discharge" principle

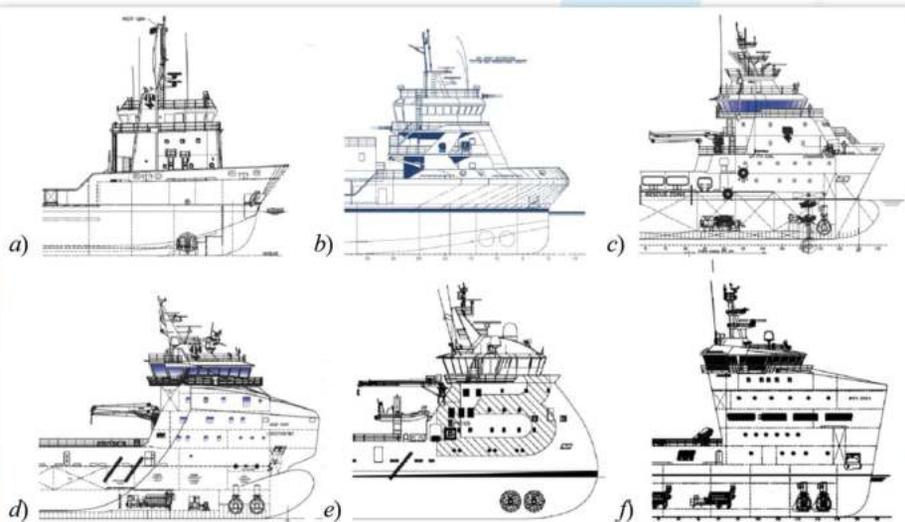


Рис. 12. Эволюция носовых оконечностей судов снабжения: а) наклонный форштевень; б) прямой форштевень; в) и д) бульбообразная форма; е) X-Bow. Патент фирмы Ulstein, Норвегия, 2006 г.; ф) Axe-Bow компании Damen, Голландия

Fig. 12. Evolution of PSV bows: a) raked bow; b) straight bow; c) and d) bulbous bow; e) X-Bow (patented by Ulstein, Norway, in 2006); f) Axe-Bow (Damen, Holland)



Рис. 17. Типы винторулевых колонок: а) Z-Drive; б) L-Drive; в) Azipod

Fig. 17. Various designs of pod propulsion units: а) Z-Drive; б) L-Drive; в) Azipod