

УДК 629.5.011, 629.563, 621.548, 81`373
DOI: 10.37890/jwt.vi71.258

Обзор средств океанотехники морского ветроэнергетического сектора

С.А. Казьмин¹

А.В. Лобанов²

О.Я. Тимофеев¹

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург, Россия

² ПАО «Газпром», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. В связи с подписанием в 2016 году «Парижского соглашения по климату» крупнейшие вертикально-интегрированные нефтегазовые компании различных стран должны пересмотреть свою деятельность в сторону уменьшения углеродного следа. В этой связи лидеры отрасли формируют новые подходы к дальнейшему развитию и расширению бизнеса в новых условиях, их капитал вовлекается в смежные сферы деятельности, в частности, в развитие ветряной энергетики в Мировом океане. В статье рассматриваются вопросы классификации членами международной ассоциации классификационных обществ морских инженерных сооружений и флота обеспечения ветроэнергетической индустрии от морских ветряных турбин, имеющих стационарные и плавучие основания, до судов, которые выполняют операции по их строительству, установке, ремонту, техническому обслуживанию, инспекции. Кроме того, в работе освещаются вопросы использования оффшорного флота и технических средств ветроэнергетического сектора в современных реалиях, перспективы их дальнейшего развития в России и в мире.

Ключевые слова: ветроэнергетика, океанотехника, классификация, морская ветряная турбина, судно, обеспечение, классификационное общество, ВИЭ, декарбонизация.

Overview of ocean technology of the wind energy sector

Sergey A. Kazmin¹

Aleksey V. Lobanov²

Oleg Ya. Timofeev¹

¹ St. Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia

² PJSC Gazprom, Saint Petersburg, Russia

Abstract: In connection with the signing of the Paris Climate Agreement in 2016, the largest vertically integrated oil and gas companies in various countries should reconsider their activities in the direction of reducing their carbon footprint. In this regard, industry leaders form new approaches to the further development and expansion of business in new conditions, their capital is involved in related areas of activity, in particular, in the development of wind energy in the oceans. This article discusses the classification of offshore engineering structures of the wind energy industry by members of the international association of classification societies, from offshore wind turbines with fixed and floating substructures, to ships that perform operations for their construction, installation, repair, maintenance, inspection, etc. In addition, the paper highlights the issues of using the offshore fleet and technical means of the wind energy sector in modern realities, the prospects for their further development in Russia and in the world.

Keywords: wind energy, ocean technology, classification, offshore wind turbine, vessel, support, classification society, RES, decarbonization.

Введение

Энергетика – ключевой сектор экономики, играющий сегодня важнейшее значение в функционировании и существовании любого государства, так как именно этот обширный сектор экономики, являющийся совокупностью отраслей, обеспечивает энергоресурсами другие отрасли. Топливо-энергетический комплекс включает в себя нефтедобывающую, нефтеперерабатывающую, газовую, угольную и другие промышленности, а также электроэнергетику, которая неразрывно взаимосвязана с другими отраслями.

Относительно недавно, в начале 2000-х, образовался новый ключевой сегмент энергетики, появившийся на стыке судостроения, электроэнергетики и нефтегазовой отрасли. Некогда убыточные морские ветряные турбины (далее – МВТ) в новых условиях успешно прошли испытания на прототипах, поэтому сегодня мы наблюдаем появление одного из перспективнейших рынков, тех самых МВТ, поднявшийся спрос на них, а также на суда, которые обеспечивают их строительство и снабжение. И теперь, когда ситуация на международном климатическом поле стремительно меняется в связи с подписанием Парижского соглашения по климату, крупнейшим мировым компаниям и концернам нефтегазового сектора необходимо уделять пристальное внимание декарбонизации своего бизнеса. Большинство компаний видят в этом перспективу и заявляют, что к 2050 году до 50% производимой в мире энергии будет поступать из возобновляемых источников, к которым помимо классических ветряных турбин также относятся еще солнечные панели и приливные электростанции. Мэйджоры рынка, обладающие значительными ресурсами, далеко не вчера начали инвестировать в развитие этих технологий и их коммерциализацию. Exxon Mobil, Chevron, PetroChina, CNOOC, Eni, Petrobras и европейские British Petroleum, Total, Equinor и Royal Dutch Shell уже реализуют крупные проекты и вкладывают значительные средства в конкурентной борьбе на энергетическом рынке, разрабатывают новые стратегии, развивают новые сегменты бизнеса, снижая риски и уходя от углеродного следа. Многие инвесторы отмечают, что все это приведет к снижению объемов инвестиций в геологоразведочные работы, в связи с чем спрос на традиционные ресурсы может превысить предложение, и цены на топливную продукцию значительно возрастут.

Таким образом, рынок МВТ в настоящее время переживает серьезный «бум», так как все больше потребителей хотят получать «зеленую» энергию, а современная мировая экологическая повестка настроена на сокращение углеродного следа. Кроме того, обвал рынков сырья в 2020 году, в частности нефти товарных марок Brent и WTI, вплоть до отрицательных котировок на фьючерсные контракты, привел к росту спроса и повышению цен на МВТ и фрахтовых ставок на обслуживающий флот (в частности, на суда типа WTIV – Wind Turbine Installation Vessel, которые выполняют строительно-монтажные работы при установке турбин в оффшорных зонах).

Стоит отметить, что в настоящее время морские ветряные турбины в основном эксплуатируются и строятся на стационарных опорных основаниях (главным образом, это монолитное основание (Monopile) или основания ферменного типа (Jacket)); плавучие платформы не получили столь широкого развития. Вместе с тем, отраслевые исследования и оценки экспертов классификационных обществ показывают, что уже в ближайшее десятилетие активный спрос на МВТ с плавучим основанием будет неуклонно расти.

Разновидности морских ветряных турбин и судов обслуживающего флота

Специалисты норвежского классификационного общества DNV (Det Norske Veritas) считают, что скоро наступит новый этап энергетического перехода, который

требует целенаправленного внедрения новых технологий. Реализация проектов создания МВТ открывает возможности для внедрения новых, более технологически сложных и мощных ветряных турбин и будет играть решающую роль в переходе к более чистому энергоснабжению, внося значительный вклад в увеличение суммарной мощности морской ветровой генерации. По данным DNV прогнозируется, что к 2050 году суммарная мощность морских ветряных турбин вырастет во всем мире до более чем 264 ГВт. [1] При этом плавучие ветроэлектростанции смогут обеспечить к 2050 г. до 2% общемирового потребления электроэнергии, а стоимость электроэнергии, вырабатываемой плавучими ВЭС, упадет за этот период примерно на 70%.

После успешного создания и демонстрации первых прототипов проектов морских ветряных турбин, в настоящее время морская ветроэнергетика делает серьезные шаги в коммерциализации. Если эти технологии преодолеют свои основные проблемы: высокие затраты и относительно низкую надежность, то средняя расчетная себестоимость производства электроэнергии на протяжении жизненного цикла морских ветроэлектростанций снизится в среднем по миру до 40 долларов США за МВт·ч к 2050 году. Столкнувшись с вызовами, множеством передовых концептуальных разработок и новых игроков на этом рынке, отрасль нуждается и предпринимает все возможные шаги для минимизации рисков и максимизации шансов на успешную реализацию новых проектов.

Существуют различные концепции реализации оффшорных ветроэнергетических систем, но все они содержат одинаковые составляющие [2]:

1. Морская ветряная турбина (Offshore Wind Turbine), состоящая из: (Рис. 1)
 - ротора-гондолы (Rotor-Nacelle Assembly - RNA), включающей генератор и трансмиссию (вариатор), которые преобразуют движение ротора в электричество, а ротор создает движение за счет ветра, действующего на лопасти;
 - опорной конструкции, поддерживающей гондолу, ступицы и лопасти, состоящей из: башенной конструкции, опорного основания и фундамента или свайного основания (обеспечивает фиксацию компонентов надводной турбины на морском дне).

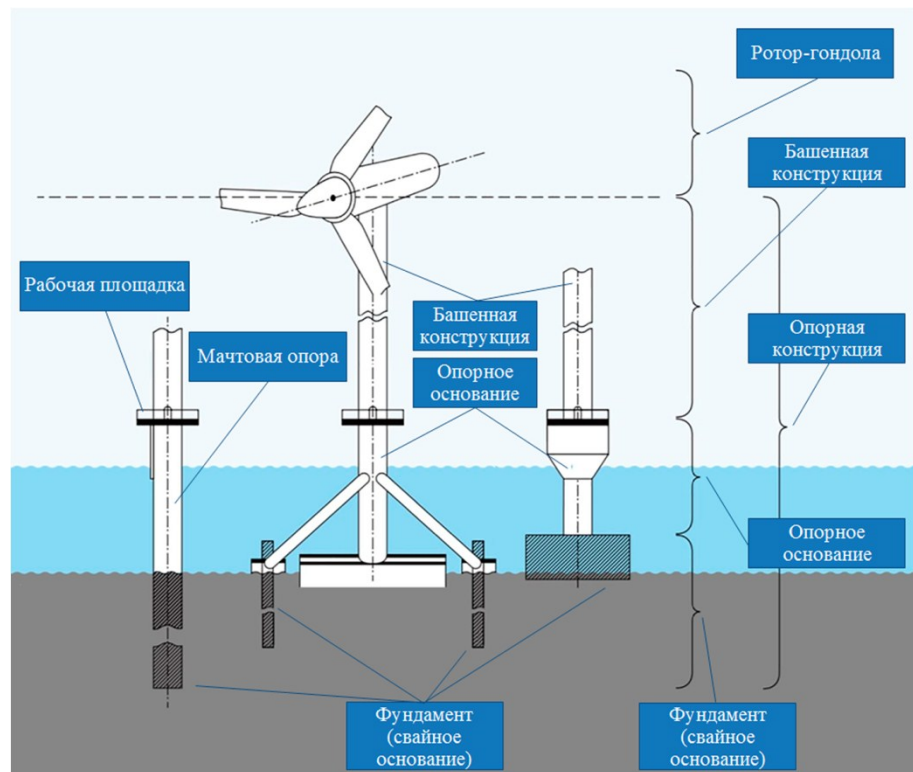


Рис. 1. Схема конструктивного устройства морской ветряной турбины [2, с. 8]

2. Морская электроподстанция (Offshore Substation) – обеспечивает трансформацию электроэнергии, вырабатываемой турбинами, для более эффективной передачи энергии. Морская электроподстанция аккумулирует и стабилизирует электроэнергию, вырабатываемую турбинами, подготавливая ее для передачи на берег, включает в себя: (Рис. 2)

- верхнее строение, включающее различное оборудование;
- опорную конструкцию – опорное основание и фундамент (свайное основание).

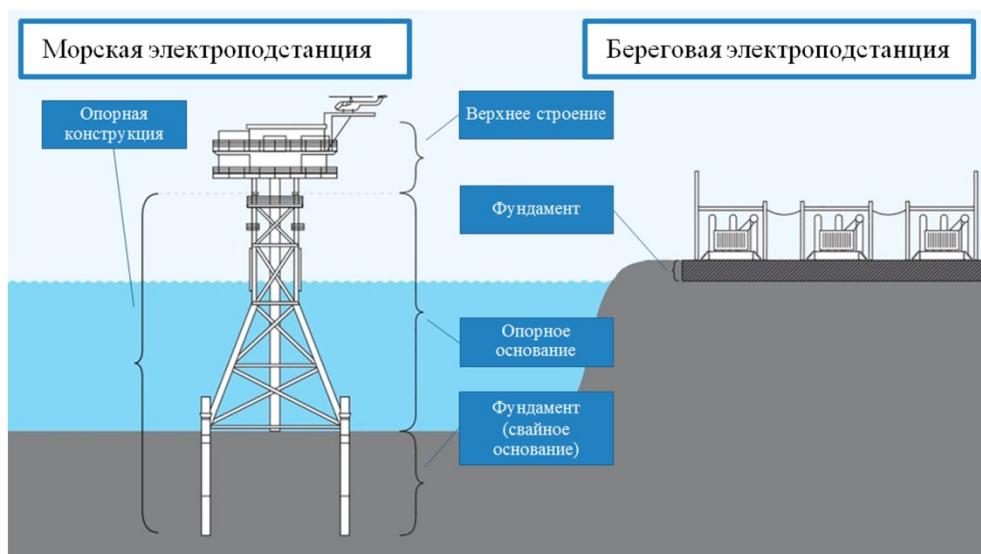


Рис. 2. Схема конструктивного устройства морской электроподстанции [2, с. 9]

3. Кабельных участков магистральных силовых кабелей, представляющих собой: (Рис. 3)

- активный кабель генератора;
- силовой кабель или совокупность кабелей, сеть массивных кабелей, соединяющих ветряные турбины в единую энергосистему и подающих энергию от турбин на морскую электроподстанцию;
- «экспортный» силовой кабель (как правило, достаточно глубоко заглубленный с целью снижения воздействия на окружающую среду и морскую экосистему, а также исключения разрушения пляжей и береговой линии). Он передает энергию с морской электроподстанции на береговую. Заглубление и проводка кабеля осуществляются, как правило, горизонтальным бурением. Береговое подключение осуществляется к существующей сети передачи электроэнергии.



Рис. 3. Схема работы ветроэнергетической цепочки передачи энергии с ветряных турбин на линии электропередачи [2, с. 7]

Жизненный цикл морской ветряной турбины можно описать следующими характерными обязательными для выполнения морскими операциями:

- инженерные изыскания на месте установки;
- установка опорной конструкции (фундамента (свайного основания), опорного основания, рабочей палубы и башенной конструкции) для турбины;
- установка собственно турбины (ротор-гондолы и лопастей);
- прокладка траншей;
- укладка «экспортного» кабеля;
- укладка кабеля между отдельными элементами морского ветроэнергетического комплекса;
- монтаж опорной конструкции (фундамента (свайного основания) и опорного основания) морской электроподстанции;
- монтаж верхнего строения электроподстанции;
- пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию;
- специальное техническое обслуживание;
- подводный осмотр (инспекции) оборудования;
- периодическое техническое обслуживание;
- капитальный ремонт или модернизация;
- вывод из эксплуатации и ликвидация (утилизация).

Для выполнения всех перечисленных задач и морских операций необходим специализированный флот, который является частью обширного понятия оффшорного флота. Часть судов существующего сегодня флота обслуживания морских ветряных турбин прошла конверсию (модернизацию) из судов нефтегазопромыслового флота [3, 4]. Например, к ним можно отнести:

- судно буксир-завозчик якорей (АНТТВ - Anchor Handling Tug Supply Vessel), предназначенное для обработки якорей, буксировки их к месту и использования для закрепления МВТ на месте;

- кабелеукладочное судно (СЛВ - Cable-Laying Vessel), как правило, оснащенное оборудованием для заглабления кабеля, таким как «ножевой кабелеукладчик», используемым для одновременной прокладки и заглабления, или специализированным траншейным дистанционно управляемым подводным аппаратом, гидравлическими салазками или вертикальным инжектором;

- многофункциональное судно обеспечения строительных (строительно-монтажных, подводно-технических) работ (ОСВ - Offshore Construction vessel);

- судно обеспечения эксплуатации МВТ и других шельфовых объектов (SOV/OSV (Service Operation Vessel; Offshore Support/Supply Vessel), главным образом предназначенное для обеспечения размещения технического персонала на период работ у МВТ и его высадки на объект производства работ, имеющее, как правило, специализированный трап и кран большой грузоподъемности, а также обеспечивающее размещение более 60 человек и обладающее хорошими мореходными качествами, увеличивающими окно погоды. Примечательно также, что данной группе судов, имеющих специализированный телескопический стабилизированный трап (установленный в соответствии с отраслевыми стандартами), может быть присвоена дополнительная словесная характеристика в символе класса «Walk 2 Work»;

- судно для установки опорных конструкций и забивки свай (FIV - Foundation installation vessel), зачастую обеспечивающее также транспортировку на палубе

нескольких колонных или ферменных оснований с береговой базы к месту установки в море, оборудованное захватывающим устройством для свай, гидроударником и инструментом для шумоподавления (некоторые суда данного типа являются самоподъемными);

- судно для установки ветряных турбин (WTIV - Wind turbine installation vessel), как правило, самоходное и самоподъемное, имеющее малую высоту борта, крупногабаритный кран, большую площадь рабочей палубы для перевозки объемных и тяжелых грузов, а также достаточную вместимость помещений;

- дежурное, аварийно-спасательное судно (SV - Stand-by Vessel);

- высокоскоростное судно, предназначенное для перевозки экипажей и обслуживающего персонала (CTV - Crew Transfer Vessel);

- судно, предназначенное для технического обслуживания и ремонта подводных сооружений и установок (IMRV - Inspection, Maintenance and Repair Vessel) – высокотехнологичное судно, которое, кроме того, может быть оснащено оборудованием для выполнения других задач: обеспечения водолазных работ, очистки корпусных конструкций от коррозии (биологического обрастания) и несложных строительных работ.

Более 40% всего оффшорного флота находится под надзором трех крупнейших классификационных обществ в составе Международной ассоциации классификационных обществ: ABS, DNV и BV (Рис. 4). Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что данные компании имеют наибольший опыт в области надзора и классификации оффшорного флота и объектов прибрежной инфраструктуры, чем другие классификационные общества. Далее рассмотрим их отдельные документы по классификации МВТ.

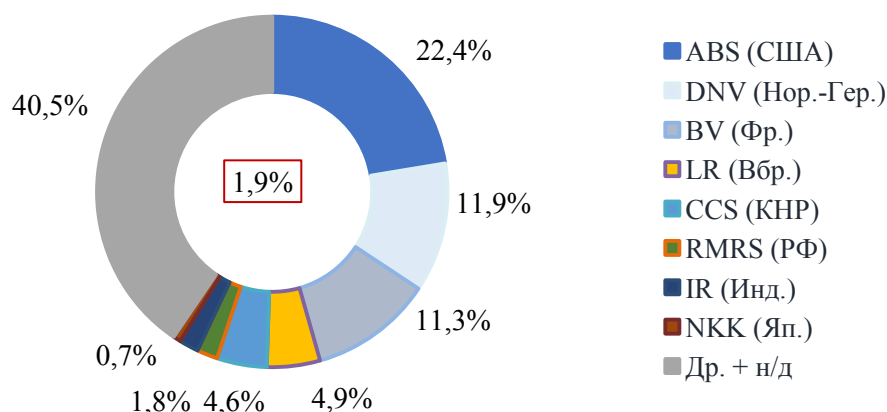


Рис. 4. Распределение оффшорных судов по классификационным обществам (по данным Clarksons Research)

Конструкция МВТ состоит из опорного основания, башенной конструкции, соединяющей опорное основание с ротор-гондольным агрегатом, находящимся над поверхностью воды, а также фундамента (свайного основания), представляющего собой монолитное сооружение или геотехническую конструкцию, расположенного на морском дне и передающего нагрузки, действующие на турбину, на дно. Опорная конструкция технологически может быть реализована разными способами, в

зависимости от особенностей того или иного проекта, условий окружающей среды в месте установки, расположения кабельно-электрической сети, особенностей грунта и глубины моря в месте установки. Крепление опорного основания к морскому дну может быть осуществлено с помощью свай, несущей плиты (опоры) или с использованием других типов фундамента - поэтому каждой МВТ помимо основной словесной характеристики может быть также присвоена дополнительная словесная характеристика в зависимости от типа ее основания или фундамента (свайного основания). В применяемой классификационными обществами классификации отражены несколько основных разновидностей таких оснований – их можно разделить на два вида по способу удержания: стационарный (опирается на дно) и плавучий (обладает плавучестью и имеет соответствующую систему удержания).

В таблице 1 представлены обобщенные данные подходов к классификации по типу конструкции основания МВТ, реализуемые основными участниками рынка в сегменте оффшорной индустрии, в таблице 2 – более подробное описание каждого типа.

Таблица 1

Классификация основных типов конструкций оснований морских ветряных турбин, принятая в различных классификационных обществах и энергетическом агентстве Rystad Energy [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

Тип ¹¹	Типология в русскоязычной терминологии	DNV ¹²	ABS ¹³	BV ¹⁴	Rystad Energy ¹⁵
Floating Substructure (FTS) На плавучем основании	Конструкция с подводным основанием цилиндрического типа (типа SPAR)	Spar	Spar-Type	Spar	Spar buoy
	Конструкция со стабилизирующими колоннами	Column-stabilized	Column-Stabilized	Semi-submersible/ Column stabilized	Semisubmersible
	Полупогружная конструкция	Semi-submersible			
	Конструкция с натяжными связями (типа TLP)	Tension leg platform (TLP)	TLP-Type	Tension leg platform (TLP)	Tension-leg platform
	Баржа (полупогружная баржа)	Barge	Barge-Type	Barge	не используется (неприменимо) ¹⁶
	Глубоководная плавучая конструкция (с увеличенной осадкой)	Deep draught floater (DDF)	не используется (неприменимо)	не используется (неприменимо)	то же

¹¹ Таблица составлена на основе данных документов, указанных в сносках^{1, 2, 3, 4}.

¹² FTS: [5, с. 13, 14]; FXS: [6, с. 13, 14].

¹³ FTS: [7, с. 11, 32]; FXS: [8, с. 17].

¹⁴ FTS: [9, с. 8, 9], [10, с. 9].

¹⁵ FTS: [11]; FXS: [11].

¹⁶ Данные в соответствующих документах не были найдены.

	Конструкция с натяжными связями (с ограничениями вертикального перемещения)	Heave restrained TLP (HRTLP)	то же	то же	»
	Глубоководная плавучая конструкция (с ограничениями вертикального перемещения)	Heave restrained DDF (HRDDF)	»	»	»
Floating Substructure (FTS) На плавучем основании	Конструкция судового типа	Ship-shaped	»	»	»
	Конструкция башенного (ферменного) типа с гибкой связью	Articulated tower	»	»	»
	Конструкция башенного (ферменного) типа («упругая» конструкция)	Compliant tower	»	»	»
	Плавучие конструкции иного типа (мультиплатформы, гибридные конструкции)	не используется (неприменимо)	Other Types of FTS	»	Multi/hybrid
Fixed Substructure (FXS) На стационарном основании	(Стальная) конструкция ферменного типа	Jacket	Steel Jacket Type Structure	»	Jacket
	Монолитная конструкция, имеющая основание, заглубленное в грунт	Monopile	не используется (неприменимо)	»	Monopile
	Конструкция гравитационного типа	Gravity based	Gravity Structure	»	Gravity-based
	Самоподъемная конструкция	не используется (неприменимо)	Self-Elevating Unit	»	не используется (неприменимо)
	Конструкция, крепление которой осуществляется с помощью фундамента или свай, заглубленных в морское дно	то же	Pile-Supported	»	то же
	Конструкция башенного (ферменного) типа («упругая» конструкция)	»	Compliant Tower	»	»

Важно понимать, что для запуска в эксплуатацию различных типов МВТ необходимо провести определенный перечень тестовых испытаний и лабораторных исследований. Исходя из этого тезиса, следует, что плавучие типы оснований, такие как TLP, Semi-submersible, Column-stabilized, Barge и Spar – далеко не новые разработки. Опыт и знания в области таких оснований для МВТ переняты из нефтегазового сектора, где данные конструкции уже многократно проверены временем и испытаны в реальных проектах. Безусловно, существуют определенные различия между нефтегазовыми и морскими ветряными сооружениями: в частности, основания МВТ будут более уязвимы к внешним нагрузкам, экстремальным природным явлениям, чем различные МСП или ПБУ, так как имеет место огромнейшая разница в габаритах надводной части и массе. Но, в любом случае, любой опыт эксплуатации и исследований дает новую информацию, применяемую и исследуемую на практике.

Таблица 2

Описание основных типов оснований морских ветряных турбин [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

№	Словесная характеристика на английском	Описание на русском
1	Spar Spar buoy	Плавучая стабилизированная по весу и плавучести конструкция с якорными линиями с подводным основанием цилиндрического типа (типа SPAR), с относительно большой осадкой по сравнению с баржами, полупогружными типами и основаниями типа TLP
2	Column-stabilized	Конструкция со стабилизирующими (как правило, конструктивно и пространственно разнесенными) колоннами, обеспечивающими плавучесть и остойчивость
3	Semi-submersibles*	Полупогружная плавучая конструкция с относительно небольшой осадкой, имеющая несколько крупногабаритных стабилизирующих колонн, обеспечивающих плавучесть и остойчивость, соединенных друг с другом горизонтальными связями (конструкциями) и имеющая якорные линии. <i>*Полупогружные плавучие конструкции обычно рассматриваются, как один из типов конструкций со стабилизирующими колоннами</i>
4	Barges	Стабилизированная плавучая конструкция с относительно большой свободной поверхностью и небольшой осадкой (баржа)
5	Tension leg platforms (TLP)	Вертикально ориентированная плавучая конструкция, система удержания которой состоит из тросов и вертикально-наклонных связей с якорями, закрепленными на морском дне
6	Deep draught floaters (DDF)	Плавучая конструкция с подводным основанием цилиндрического типа (типа SPAR) или аналогичного типа с большей (по сравнению с баржами и полупогружными конструкциями) осадкой, значительно снижающей влияние ветровых и волновых нагрузок
7	Heave restrained TLP (HRTLP)*	Плавучая конструкция с вертикально-наклонными связями, имеющая возможность свободно крениться, но имеющая ограничения с точки зрения вертикальных перемещений. <i>*Особый тип конструкции TLP (практически не реализован до настоящего времени)</i>

8	Heave restrained DDF (HRDDF)*	<p>Плавающая конструкция с подводным основанием цилиндрического типа (типа SPAR) или аналогичного типа с большей (по сравнению с баржами и полупогружными конструкциями) осадкой, имеющая возможность свободно крениться, но имеющая ограничения с точки зрения вертикальных перемещений.</p> <p><i>*Особый тип конструкции DDF</i></p>
9	Ship-shaped	Плавающая конструкция судового типа
10	Articulated tower*	<p>Конструкция башенного (ферменного) типа, которая с помощью гибкой связи соединена с морским дном посредством карданного шарнира и удерживается вертикально за счет действующей на нее выталкивающей силы. Конструкция может свободно колебаться в любом направлении и не передает никакого изгибающего момента на основание.</p> <p><i>*Такие конструкции закреплены на морском дне как стационарные конструкции, но используют плавучесть как неотъемлемую часть несущей системы</i></p>
11	Compliant tower	<p>Конструкция башенного (ферменного) типа («упругая» конструкция) относительно небольшого диаметра с гибкой связью, имеющая массу и жесткость, позволяющую снижать воздействие ветра, волн и течения за счет относительно свободных колебаний.</p> <p>Период собственных колебаний таких конструкций обычно превышает 25 секунд, поэтому их собственные колебания, как правило, не совпадают с периодом волн. Стабилизация такой конструкции также может частично обеспечиваться средствами плавучести, для боковых удерживающих устройств могут использоваться наклонные связи-оттяжки</p>
12	Multi/hybrid	<p>В то время как большинство концепций МВТ подпадают под одну из трех доминирующих классификаций, на быстро развивающемся рынке плавучих ветряных турбин существуют вариации, которые еще не прошли четкой стандартизации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - мультитурбинные (как правило, массивные полупогружные платформы, на которых установлено более одной ветряной турбины); - гибридные (быстро развивающиеся технологические концепции, предусматривающие, например, включение в состав конструкции плавучей ветровой платформы устройства для получения энергии волн)
13	Jacket	Стальная ферменная конструкция гравитационного типа
14	Monopile	Монолитная конструкция, имеющая опорную конструкцию, заглубленную в грунт в качестве фундамента
15	Gravity Structure	Конструкция гравитационного типа, основание которой устанавливается непосредственно на морском дне
16	Self-Elevating Unit (to be Used as the Substructure)	<p>Самоподъемная установка с подвижными опорами, способная поднимать свой корпус над поверхностью моря на опорах, которые опираются на морское дно, и предназначенная для использования в качестве основания МВТ.</p> <p>Корпус самоподъемной установки обладает достаточной плавучестью для транспортировки. Опоры такой установки могут быть сконструированы таким образом, чтобы заглубляться в морское дно, снабжены специальными опорными башмаками или могут опираться на дно</p>
17	Pile-Supported Substructure	Конструкция, крепление которой осуществляется с помощью фундамента или свай, заглубленных в морское дно

Отдельные типы оснований не нашли на сегодняшний день широкого применения, а находятся лишь на стадии концептуальной или проектной разработки, либо на этапе лабораторных исследований.

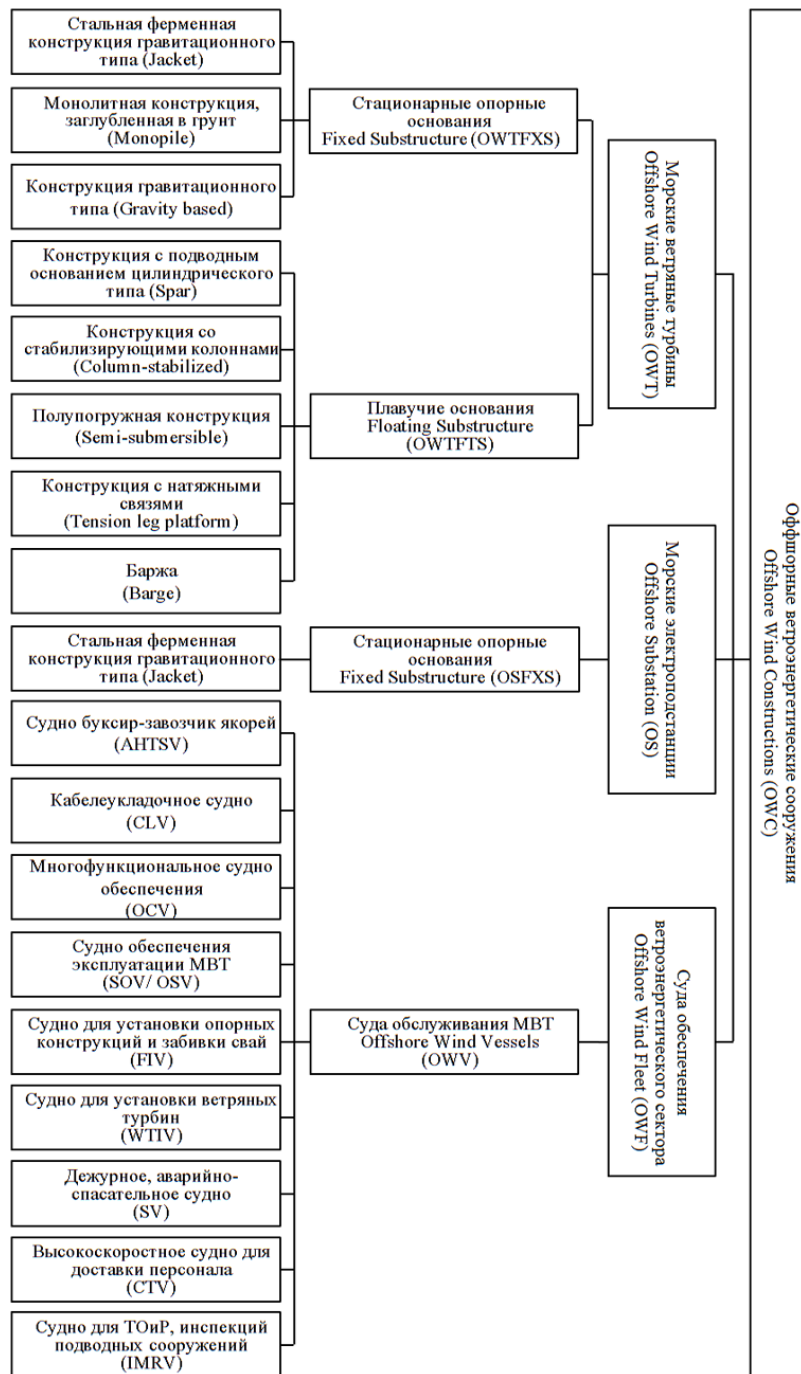


Рис. 5. Основные типы сооружений и судов морской ветроэнергетической промышленности

Например, в документах DNV упоминаются основания типов HRTLР и HRDDR – при этом в настоящее время отсутствуют примеры их использования на реальных проектах, так как они находятся на начальных этапах проектирования по шкале TRL17.

Основные типы стационарных и плавучих оснований МВТ, а также основные типы судов флота обеспечения ветроэнергетического сектора представлены на рис. 5.

Заключение

Рассматриваемая в статье отрасль быстро развивается, и в этой связи можно отметить, что различные страны находятся сегодня на разных этапах развития альтернативной энергетики, каждая компания имеет свои взгляды, технологии, знания и опыт, а также подходы к реализации тех или иных проектов и выбору технико-технологических решений в данной области.

Несмотря на то, что компании отрасли достигли успехов разного уровня, все перечисленные в данной работе классификационные общества проявляют заинтересованность в развитии таких технологий с целью увеличения коммерциализации своих технических решений, обеспечения своего устойчивого технологического развития, развития мировой науки, а также улучшения условий жизни общества.

Стоит отметить, что представленные в статье подходы энергетического агентства Rystad Energy демонстрируют некую единую, систематизированную и структурированную систему классификации морских ветряных турбин.

При этом можно констатировать, что в нормативно-технических документах ФАУ «Российский морской регистр судоходства» не представлена классификация морских ветряных турбин и предназначенных для их обслуживания специализированных судов, что, по мнению авторов, связано с тем, что в России пока отсутствуют релевантные оффшорные проекты и энергетические компании, реализующие сколь-нибудь масштабные проекты морской ветроэнергетики. Однако уже в ближайшем будущем ситуация в этом сегменте может поменяться и для отечественных компаний нефтегазового сектора, так как крупнейшие российские компании ТЭК обладают значительными средствами, необходимыми для инвестиций в передовые проекты для выхода на новый рынок.

Список литературы

1. Официальный сайт DNV. Floating Offshore Wind. URL: <https://www.dnv.com/focus-areas/floating-offshore-wind/index.html>
2. Официальный сайт DNV. Service specification. DNVGL-SE-0073. Project certification of wind farms according to IEC 61400-22. Edition December 2014. 66 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/SE/2014-12/DNVGL-SE-0073.pdf>
3. Официальный сайт ABS. Rules for Building and Classing. Marine Vessels. Part 5D. Offshore Support Vessels for Specialized Services. January 2022. 299 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/1_marinevesselrules_2022/mvr-part-5d-jan22.pdf

17 Шкала TRL (Technology readiness levels) определяет уровни технологической готовности изделий (решений) для различных инновационных отраслей и предполагает уровни (стадии) от 1 (концептуальная проработка) до 9 (реализуемое проектное решение, прошедшее испытания, экспертизу, реализованное в прототипе и готовое к промышленному производству). [12]

4. Казьмин С. А., Кораблева М. С., Лобанов А. В., Тимофеев О. Я. Особенности классификации судов нефтегазопромыслового флота // Известия КГТУ
5. Официальный сайт DNV. Standard. DNL-ST-0119. Floating wind turbine structures. Edition June 2021. 167 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/ST/2021-06/DNV-ST-0119.pdf?elqTrackId=79B99851A6FD53600CBBFDFB11483F9C&elqaid=1744&elqat=26>.
6. Официальный сайт DNV. Standard. DNV-ST-0126. Support structures for wind turbines (Preview copy). Edition December 2021. 32 p. URL: https://brandcentral.dnv.com/fr/gallery/10651/others/d034ae6575e84991bd5cea3d509ea385_hi.pdf?_ga=2.15508342.1780752005.1646153185-442399091.1645462355
7. Официальный сайт ABS. Guide for Building and Classing. Bottom-Founded Offshore Wind Turbines. July 2020. 161 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/offshore/176_bowti/bowt-guide-july20.pdf
8. Официальный сайт ABS. Guide for Building and Classing. Floating Offshore Wind Turbines. July 2020. 184 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/offshore/195_fowti/fowt-guide-july20.pdf
9. Официальный сайт BV. Offshore Wind. Moving to floating, with trust. Technology report. September, 2021 #9
10. Официальный сайт BV. Classification and Certification of Floating Offshore Wind Turbines. January 2019. Rule Note NI 572 DT R02 E. 81 p. URL: https://erules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/572-NI_2019-01.pdf
11. Rystad Energy. Offshore vessel report. 4Q 2021. Vessel analytics
12. Официальный сайт DNV. Service specification. DNV-GL-0422. Certification of floating wind turbines. Edition July 2018. 68 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/SE/2018-07/DNVGL-SE-0422.pdf>

References

1. Official site of the DNV. Floating Offshore Wind. URL: <https://www.dnv.com/focus-areas/floating-offshore-wind/index.html>
2. Official site of the DNV. Service specification. DNVGL-SE-0073. Project certification of wind farms according to IEC 61400-22. Edition December 2014. 66 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/SE/2014-12/DNVGL-SE-0073.pdf>
3. Official site of the ABS. Rules for Building and Classing. Marine Vessels. Part 5D. Offshore Support Vessels for Specialized Services. January 2022. 299 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/1_marinevesselrules_2022/mvr-part-5d-jan22.pdf
4. Kazmin S. A., Korableva M. S., Lobanov A. V., Timofeev O. Ya. Features of the classification of vessels of the oil and gas field fleet. Izvestiya KGTU = KSTU News.
5. Official site of the DNV. Standard. DNL-ST-0119. Floating wind turbine structures. Edition June 2021. 167 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/ST/2021-06/DNV-ST-0119.pdf?elqTrackId=79B99851A6FD53600CBBFDFB11483F9C&elqaid=1744&elqat=2>
6. Official site of the DNV. Standard. DNV-ST-0126. Support structures for wind turbines (Preview copy). Edition December 2021. 32 p. URL: https://brandcentral.dnv.com/fr/gallery/10651/others/d034ae6575e84991bd5cea3d509ea385_hi.pdf?_ga=2.15508342.1780752005.1646153185-442399091.1645462355
7. Official site of the ABS. Guide for Building and Classing. Bottom-Founded Offshore Wind Turbines. July 2020. 161 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/offshore/176_bowti/bowt-guide-july20.pdf
8. Official site of the ABS. Guide for Building and Classing. Floating Offshore Wind Turbines. July 2020. 184 p. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/offshore/195_fowti/fowt-guide-july20.pdf
9. Official site of the BV. Offshore Wind. Moving to floating, with trust. Technology report. September, 2021 #9
10. Official site of the BV. Classification and Certification of Floating Offshore Wind Turbines. January 2019. Rule Note NI 572 DT R02 E. 81 p. URL: https://erules.veristar.com/dy/data/bv/pdf/572-NI_2019-01.pdf
11. Rystad Energy. Offshore vessel report. 4Q 2021. Vessel analytics

12. Official site of the DNV. Service specification. DNV-GL-0422. Certification of floating wind turbines. Edition July 2018. 68 p. URL: <https://rules.dnv.com/docs/pdf/DNV/SE/2018-07/DNVGL-SE-0422.pdf>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Казьмин Сергей Алексеевич, студент кафедры «Океанотехники и морских технологий», Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121, Санкт-Петербург, улица Лоцманская, дом 3, e-mail: kazmin.energy@gmail.com

Лобанов Алексей Валериевич, начальник отдела обеспечения морской деятельности судостроения и эксплуатации морской техники, ПАО «Газпром», 197229, Санкт-Петербург, проспект Лахтинский, дом 2, корпус 3, строение 1, e-mail: al.lobanov@adm.gazprom.ru

Тимофеев Олег Яковлевич, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Кораблестроения и океанотехники», Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 190121, Санкт-Петербург, улица Лоцманская, дом 3, e-mail: oleg_timof@mail.ru

Sergei A. Kazmin, Student of the Department of «Ocean Engineering and Marine Technologies» of the State Marine Technical University, Lotsmanskaya Street, 10, Saint-Petersburg, 190121, Russia, e-mail: kazmin.energy@gmail.com

Aleksey V. Lobanov, Head of the Marine Activity Support Department of Shipbuilding and Marine Equipment Operation, PJSC Gazprom, Lakhtinsky Avenue, 2, 3, 1, Saint-Petersburg, 197229, Russia, e-mail: al.lobanov@adm.gazprom.ru

Oleg Ya. Timofeev, Doctor of sciences (Technical), Professor, Dean of the Faculty of «Shipbuilding and ocean engineering» of the State Marine Technical University, Lotsmanskaya Street, 10, Saint-Petersburg, 190121, Russia, e-mail: oleg_timof@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.04.2022; опубликована онлайн 07.06.2022.
Received 20.04.2022; published online 07.06.2022.