

Применение ветровых электрогенераторов на морском нефтегазовом месторождении

В.А. Перфилов, А.А. Хуадонов, В.В. Ярошик

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградского Государственного технического университета*

Аннотация: В данной статье показана возможность применения ветровых электростанций, расположенных в море, для обеспечения энергией морских строений, таких, как нефтегазовые платформы, а также прибрежные населенные пункты.

Ключевые слова: Ветровая электростанция, ветрогенератор, шельфовая электростанция, генератор «SIEMENS», морское нефтегазовое сооружение (МНС), нефтегазовое месторождение, прибрежное поселение.

В данной статье нами будет рассмотрена шельфовая электростанция для снабжения электроэнергией морских нефтяных платформ и прилегающих населенных пунктов. Шельфовые ветровые электростанции (рис. 1) строят в море на расстоянии 10—60 километров от берега, и они обладают рядом преимуществ:

- их практически не видно с берега;
- они не занимают землю;
- они имеют большую эффективность из-за регулярных морских ветров.

Шельфовые электростанции строят на участках моря с небольшой глубиной. Башни ветрогенераторов устанавливают на фундаменты из свай, забитых на глубину до 30 метров. Электроэнергия передаётся на землю по подводным кабелям [1,2].

Шельфовые электростанции более дороги в строительстве, чем их наземные аналоги. Для генераторов требуются более высокие башни и более массивные фундаменты. Солёная морская вода может приводить к коррозии металлических конструкций.



Рис. 1 Шельфовая ветряная электростанция [3].

Для строительства и обслуживания подобных электростанций используются самоподъемные суда.

Рассмотрим пример использования ветровой энергии на месторождении имени В.Филановского в Каспийском море. Для обеспечения энергией месторождения используют 4 газовые турбины производства «SIEMENS» мощностью 13,4 МВт, а также один резервный генератор мощностью 2 МВт. Общая мощность данных электрогенераторов составляет 55,6 МВт. Энергия распределяется между всеми сооружениями данного месторождения, а также передается на близлежащее «ракушечное» месторождение.

Для реализации поставленной цели необходимо установить на небольшом отдалении от месторождения ветровую электростанцию. В данном районе глубина морского дна составляет 6-9 м. [4]. Основываясь на том, как расположены и связаны между собой месторождения в акватории Каспийского моря, было решено, что оптимальной зоной для строительства

ветряной электростанции является район юго-западного месторождения им. В. Филановского на расстоянии 3 км (рис.2).

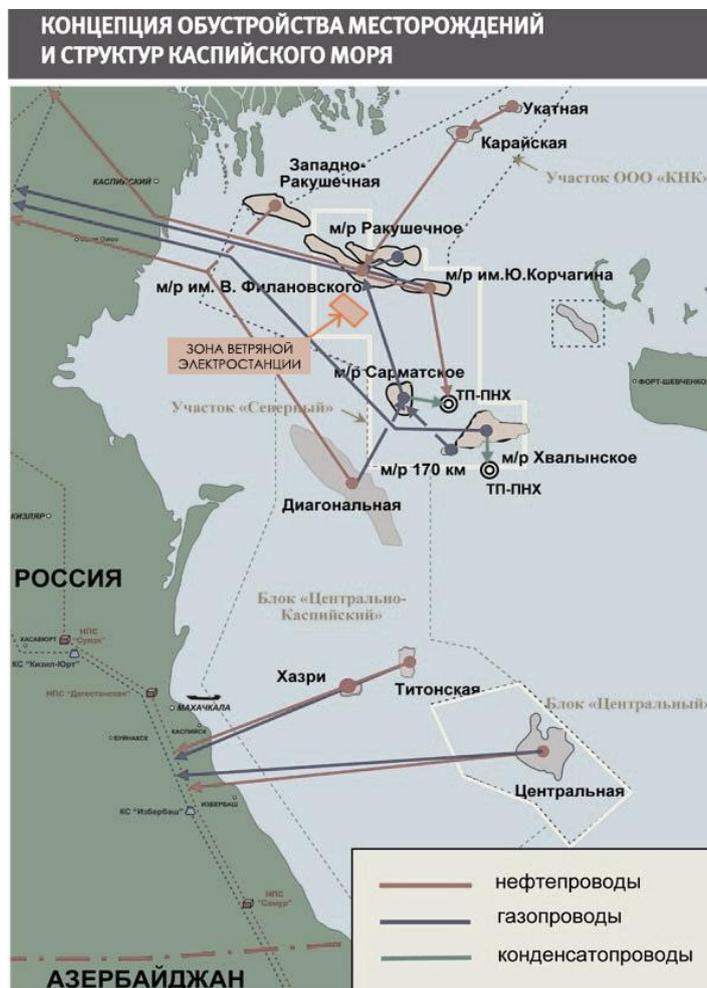


Рис.2 Расположение зоны ветряной электростанции относительно нефтяных месторождений [5].

Существует несколько типов фундаментов, на которые устанавливается ветрогенератор, а именно:

- Моно-свая;
- «Тринога»;
- Стальная решетчатая конструкция в форме усеченной пирамиды, устанавливаемая на четырех сваях.

Все эти типы оснований используются давно, проверены и хорошо себя зарекомендовали. С ними, однако, есть две проблемы. Первая: колоссальная

трудоемкость и стоимость работ, связанных, к тому же, с серьезным вмешательством в окружающую среду. Вторая: шум при проведении работ. Касается это шумового загрязнения морской среды.

Ветряная электростанция будет расположена на Мангышлакском пороге, грунтом которого является песчанистый ил [6], чьи свойства указаны в ГОСТ 25100-2020. В данном районе из-за особенности грунта следует использовать основания, закрепленные при помощи свай [7]. Хорошим вариантом будет применение основание типа «тринога».

После выбора оптимального типа фундамента для дальнейшего строительства, необходимо определиться с моделью ветрогенератора. В современной сфере промышленной ветроэнергетики есть 4 крупных производителя. Это компании «SIEMENS», «General Electric», «GOLDWIND». Каждая из них может представить множество моделей ветрогенераторов, предназначенных для разного рода задач и ситуаций. От каждого из производителей будет выбрана модель, соответствующая поставленным условиям.

Компания «SIEMENS» может представить генераторы линейки GT. Они хорошо подходят для работы как на суше, так и на море. Диапазон их мощностей может быть от 250 кВт до 10 МВт. Из представленных компанией возможных моделей лучшим вариантом будет ветрогенератор GD PM-W. Принцип его действия основан на работе постоянных магнитов, что способствует долгой и надежной работе, не требует частого обслуживания. Также данный ветрогенератор способен достигать мощности 10 МВт.

В свою очередь компания «General Electric» готова предоставить ветрогенератор модели Haliade-X. Данный «ветряк» имеет мощность 12 - 14 МВт, ротор длиной 220 метров, лопасть длиной 107 метров.

Комбинация более крупного ротора, более длинных лопастей и более высокого коэффициента мощности делает Haliade-X менее чувствительным к

изменениям скорости ветра, в то время как ветряная турбина Haliade-X хорошо подходит для сред с высокой и средней скоростью ветра. Ее большая мощность может производить энергию даже при более низких скоростях ветра, увеличивая прибыль и резко снижая нормированную стоимость энергии. Это важная особенность ветрогенератора от «General Electric».

Компания «GOLDWIND» поставляет генераторы разных мощностей. Одним из них с самой высокой производительностью является GW 6.X. Принцип работы турбины основан на технологии прямого привода с постоянным магнитом. Гибкая конструкция регулировки мощности позволяет выбрать индивидуальный уровень мощности. Имея принцип работы, схожий с ветрогенератором Haliade-X, может увеличивать генерацию энергии при низкой скорости ветра. Турбина от «GOLDWIND» обладает мощностью в 6 МВт.

Каждый из представленных ветрогенераторов имеет свои особенности. Турбина от «SIEMENS» благодаря принципу постоянных магнитов позволяет работать дольше и стабильнее без проведения ремонтных работ. «Haliade-X» от «General Electric» обладает возможностью вырабатывать большее количество электроэнергии при слабом ветре, чем аналоги от других производителей. Компания «GOLDWIND», в свою очередь, смогла совместить хорошие стороны перечисленных выше турбин, но не смогла похвастаться высокой мощностью, только 6 МВт.

Основываясь на показателях трех компаний-производителей для поставленной задачи по обеспечению электроэнергией морского нефтегазового месторождения, можно сделать вывод, что стоит использовать ветрогенератор «Haliade-X». Причиной этого является, как его способность генерировать до 14 МВт, так и возможность увеличить количество получаемой энергии при слабом ветре.

Применение ветрогенераторов на предельной мощности может привести к быстрому износу или другим проблемам. Поэтому следует использовать их с мощностью 9-10 МВт. В таком случае, для обеспечения необходимой энергией месторождения потребуется установка 6 ветрогенераторов «Haliade-X» от «General Electric».

Для полноценной работы электростанции потребуется прокладка кабелей для совместного подключения группы турбин и соединения с морскими подстанциями, необходимых для повышения напряжения, а также строительство фундаментов для закрепления ветряных турбин в море.

Процесс строительства ветряной электростанции в рассматриваемой ситуации можно разделить на этапы: погрузка необходимого оборудования на баржу, транспортировка, строительство фундамента, монтаж башни, установка гондолы и лопастей, прокладка кабелей и установка трансформатора на дне.

В порту складироваться сваи, элементы башни, гондолы и лопасти. Элементы в зависимости от этапа строительства постепенно погружаются на баржи и впоследствии доставляются по Волго-Каспийскому морскому каналу (ВКМСК). Для транспортировки и дальнейшей установки в море всей конструкции следует использовать самоподъемную многофункциональную платформу. Соответствующей нашим требованиям является несамоходная самоподъемная строительная платформа «ТЕМП-1». Длина этой конструкции достигает 45 м., ширина 17 м. На имеющемся пространстве можно будет расположить как элементы конструкции, так и оффшорный кран производства «Liebherr» BOS 35000. Данный кран имеет максимальную грузоподъемность в размере 1250 т., а также вылет стрелы в 102 м. Исходя из размеров и массы выбранного нами «ветряка» «Haliade-X» от компании «General Electric», выбор подобного крана будет верным. Длина башни с ротором достигает 113 м. Если прибавить к этому высоту фундамента вместе

со сваями, то станет ясно, что длины вылета стрелы крана не хватает в данной ситуации. В этой ситуации поможет конструкция несамходной самоподъемной строительной платформы. Она способна достигать высоты 40,65 м. с поднятыми колоннами. Данная особенность позволит компенсировать недостающую длину стрелы крана для монтажа гондолы и лопастей. На платформу к крану будут подготовлены вибромолот и домкрат для гидророзжима свай.

Для транспортировки готовится буксирный ордер, состоящий из 2 буксиров-толкачей типа ОТ-2000 (ОТ-2400), в качестве кормовых одерживающих буксиров, ТБС типа «Светлый» в качестве головного буксира, а также ТБС типа «Взморье» в качестве резервного.

После выхода из ВКМСК при помощи оффшорного крана и установленного вибромолота происходит забивка свай, 3 на каждый фундамент. По завершению работы со сваями проводится монтаж фундамента типа «тринога». Используя кран и самоподъемную строительную платформу, проводят постепенную сборку башни и дальнейшую установку гондолы с лопастями.

При помощи кабелеукладочного судна готовые «ветряки» соединяют кабелями электроснабжения. Далее готовую линию электропередач подводят к подстанции, также установленной на дне, чтобы преобразовать и передать энергию на ЛСП-1. С этой платформы будет проводиться распределение на остальные конструкции на месторождении им. Ю. Корчагина. Для укладки кабелей на морское дно и обеспечения им безопасности применяют подводный кабелеукладчик ножевого типа. Закапывать кабель в грунт в прибрежных зонах необходимо для того, чтобы уберечь его от якорей, траллов и прочей человеческой и животной деятельности. Используется данный метод в прибрежных зонах на небольших глубинах. Само устройство двигается по дну на специальных полозьях. Обычный подводный

кабелеукладчик прорывает не очень широкую, 0.1 — 0.2 м, и неглубокую, ~0.7 м, траншею, в которую закладывается кабель. Само оборудование буксируется судном со скоростью примерно 3 км/ч и связано с ним отдельным кабелем для контроля состояния самого устройства и проводимых им работ.

По окончании всех строительных и монтажных работ шельфовая электростанция начнет обеспечивать электроэнергией все сооружения на месторождении. Потребность в использовании потокового газа во время добычи отпадет. Реализация подобного проекта на морском месторождении позволит уменьшить количество затрачиваемого газа для газовых турбин, снизит выброс CO₂, а также после полной выработки добываемых ресурсов перенаправить получаемую энергию в населенные пункты или близлежащие месторождения.

Не стоит ограничивать применение подобного проекта лишь обеспечением электроэнергией морских нефтегазовых месторождений. Возможность установки ветрогенераторов в море позволит обеспечивать электричеством побережные поселения или небольшие города [8]. Так как не всегда имеется возможность развернуть большую ветровую электростанцию на суше, для подобного рода задачи можно использовать площадь моря. На побережьях северных морей расположено множество городов и поселений. Зачастую энергоснабжение в данных регионах затруднено, в основном применяются теплоэлектростанции [9]. Использование альтернативных источников принесет большую положительную реакцию: снижение выброса вредных веществ в воздух, снижение количества потребляемого топлива для электростанций [10,11]. Конечно, установка ветрогенераторов возможна не во всех местах. Нельзя проводить строительство и дальнейшее развертывание «ветряков» в районах с сильными ветрами, поскольку в дальнейшем оно способно привести к поломке или выходу из строя

оборудования [12]. Опираясь на карту ветровых районов, указанную в приложении Е СП 20.13330.2016, можно будет определить место будущих ветровых электростанций.

В будущем шельфовые электростанции позволят постепенно обеспечить множество поселений, а также и морские сооружения стабильной и экологически чистой энергией, снизят количество выбрасываемого в атмосферу CO₂. Применение альтернативных источников энергии позволит постепенно отказаться от традиционных, плавно снижая зависимость от использования добываемых нефтегазовых продуктов и иных видов топлива.

Литература

1. Ritchie Hannah, Roser Max. Renewable Energy // Our World in Data, 2017. URL: ourworldindata.org/renewable-energy#wind-energy.
 2. Хуадонов А.А., Перфилов В.А. Сборник «Повышение конкурентоспособности отечественной науки: стратегии, технологии, модели. Альтернативные источники в море». 2020. - С. 17.
 3. Альтернативное энергообеспечение. // URL: gidrotochka.kiev.ua/оборудование/альтернативное-энергообеспечение.html
 4. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения. Учебник для вузов. Часть 1. Конструирование, 2006 г., 555 стр. – С. 16.
 5. Лукойл пробурил новую скважину. // URL: caspienbarrel.org/ru/2018/11/lukojl-proburil-innovatsionnuyu-skvazhinu-na-kaspii/
 6. Серебрякова О.А. Инженерно-минералогический состав грунтов Каспийского моря. // Геология. Известия отделения наук о земле и природных ресурсов академия наук республики Башкортостан. 2009. №14. – С. 74.
 7. Панасюк Л.Н., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф., Чантха Хо. Новые виды свай // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. - URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/437.
-

8. Мудрецов А.Ф., Тулупов А.С. Вопросы развития альтернативной энергетики в России // Вестник Том. гос. ун-та. Экономика. 2016. № 4. – С. 38.
9. Вовка В.С., Гудместад О.Т., Ермаков А.И., Золотухин А.Б., Лосета С., Мищенко И.Т., Шхинека К.Н., Якобсен Р.А. Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике. // Нефть и газ, 2000. – С. 555-558.
10. Ritchie Hannah, Roser Max. Energy. // Our World in Data. 2014. URL: ourworldindata.org/energy.
11. Керимов И.А., Дебиев М.В., Магомадов Р.А-М., Хамсуркаев Х.И. Ресурсы солнечной и ветровой энергии Чеченской республики. // Инженерный вестник Дона, 2012, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/677
12. Бердигулов А.Н. Проблема освоения шельфа Северных морей // Информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований. 2020. С. 45.

Reference

1. Ritchie Hannah, Roser Max. Our World in Data. 2017. URL: ourworldindata.org/renewable-energy#wind-energy.
 2. Khuadonov A.A., Perfilov V.A., Sbornik «Povyshenie konkurentosposobnosti otechestvennoj nauki: strategii, tehnologii, modeli». Al'ternativnye istochniki v more. 2020. p. 17.
 3. Al'ternativnoe jenergoobespechenie [Alternative energy supply]. URL: gidrotochka.kiev.ua/оборудование/альтернативное-энергообеспечение.html
-

4. Borodavkin P.P. Morskie neftegazovye sooruzhenija. Uchebnik dlja vuzov. Chast' 1. Konstruirovanie [Offshore oil and gas facilities. Textbook for universities. Part 1. Design]. 2006, 555 pp, p. 16.

5. Lukoil proburil novuju skvazhinu. [Lukoil drills a new well]. URL: caspianbarrel.org/ru/2018/11/lukoil-proburil-innovatsionnuyu-skvazhinu-na-kaspii/

6. Serebrjakova O.A. Geologija. Izvestija otdelenija nauk o zemle i prirodnyh resursov. Akademija nauk respubliki Bashkortostan. 2009, p. 74.

7. Panasjuk L.N., Akopjan V.F., Akopjan A.F., Chantha Ho. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/437.

8. Mudrecov A.F., Tulupov A.S., Vestnik Tom. gos. un-ta. Jekonomika, 2016, № 4, p. 38.

9. Vovka V.S., Gudmestad O.T., Ermakov A.I., Zolotuhin A.B., Loseta S., Mishhenko I.T., Shhineka K.N., Jakobsena R.A., Neft' i gaz, 2000. pp. 555-558.

10. Ritchie Hannah, Roser Max. Energy. Our World in Data. 2014. URL: ourworldindata.org/energy.

11. Kerimov I.A., Debiev M.V., Magomadov R.A-M., Hamsurkaev H.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2012/677

12. Berdigulov A.N. Problema osvoenija shel'fa Severnyh morej. Sbornik statej «Informacionnye tehnologii kak osnova progressivnyh nauchnyh issledovanij», 2020, p. 45.