

УДК 621.311.24

**ШЕЛЬФОВЫЕ ВЕТРЯНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ. УСЛОВИЯ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ
OFFSHORE WIND FARMS. DESIGN AND PLACEMENT CONDITIONS**

Н.В. Авдеюк, Ю.А. Зайцева

Научный преподаватель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Audziayuk, Y. Zaitsava

Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** в статье затрагивается тема морских ветряных электростанций, разновидности их фундаментов.*

***Annotation:** the article deals with the topic of offshore wind farms and the types of their foundations.*

***Ключевые слова:** ветроэнергетика, шельфовые ветряные электростанции, фундамент.*

***Keywords:** wind energy, offshore wind farms, foundations.*

Введение

Ветряные электростанции (ВЭС) – это комплекс из нескольких ветроэлектрических установок, расположенных в одном или нескольких местах и соединённых в одну сеть. Ветряные электростанции так же могут называть ветряными парками (ветропарками). Шельфовые ВЭС находятся в море, на расстоянии 10 - 60 метров от берега. Они имеют ряд преимуществ, таких как: их практически не видно с берега, они не занимают территорию на земле, имеют большой коэффициент использования мощности относительно наземных ВЭС из-за регулярных морских ветров.

Основная часть

Морская ветроэнергетика превосходит по потенциалу ископаемое топливо, предлагая чистую и более доступную энергию из возобновляемого источника. Ожидается, что через 30 лет более четверти европейской электроэнергии будет производиться в море.

На данный момент в Великобритании строится самая большая шельфовая ВЭС “Dogger Bank” мощностью 3,6 ГВт, ввод в эксплуатацию которой планируется в 2026 году. Из уже работающих шельфовых ветряных электростанций самой большой в мире является “Hornsea Wind Farm”. Станция располагается в Северном море у побережья Йоркшира, Великобритания. Она состоит из четырех ветропарков, два из которых уже введены в эксплуатацию. Суммарная мощность двух работающих ветропарков, состоящих из 339 турбин, 2604 МВт. С введением ещё двух ветропарков планируется увеличение суммарной мощности до 6000 МВт.

Морские ветряные электростанции схожи с сухопутными объектами ветряной энергетики. Как и наземные ветропарки морские ВЭС требуют тщательного планирования и подготовки проекта до этапа строительства. В

большинстве случаев в проект закладывается дистанционное управление ветряными турбинами с центрального пункта управления. В целях экономии средств чаще проектируются объекты ветроэнергетики, состоящие из множества турбин. Часто турбины шельфовых ВЭС так же, как и наземных расположены рядами в виде высаженных в ряд деревьев.

Так как морские ветряные электростанции расположены в море, а морская среда – это источник критических климатических воздействий (таких как коррозия и предельные температуры), то такие проекты должны получать сертификат соответствия критериям, тщательно проверяться на безопасность и качество оборудования.

Электрические кабельные линии проложены по морскому дну. На берегу расположена накопительно-распределительная электростанция, которая принимает электроэнергию приходящую с кабелей ВЭС и распределяет ее по потребителям. Для того, чтобы экономически выгодно проложить кабельные линии и снизить затраты на обслуживание особенно важно выбирать правильное место для строительства морских ветропарков.

Существует два вида морских ветряных электроустановок (ВЭУ): стационарные (с опорой на морское дно) и плавучие. Фундамент для стационарных установок на шельфе может быть выполнен из стальных свай, бетона и многоопорных структур. Опыт в эксплуатации нефтяных платформ показывает, что коррозия не является основной проблемой в открытом море. При правильной защите от коррозии фундамент может прослужить более 50 лет. При выборе фундамента полагаются на основные факторы: глубина, течение, высота волны.

Основными типами фундамента для ВЭУ являются:

- Бетонный короб;
- Односвайное основание;
- Ферменные конструкции;
- Баккет-фундамент.

При таком виде фундамента, как бетонный короб, ВЭУ фиксируется на морском дне под весом самого фундамента. Аналогичный метод используется при строительстве мостов. Короб изготавливается из стали и бетона, транспортируется и погружается на морское дно, а после заполняется гравием и песком. Данный вид фундамента является экономически невыгодным при глубине более 10 метров, и применяется только на мелководье.

Самым простым видом фундамента на шельфе является односвайное основание из стали. При таком виде фундамента стальная труба вбивается в морское дно, что является достаточно простым и быстрым способом установки при помощи копра для забивания свай. Минусами такого метода являются: большой уровень шума, который вредит морским млекопитающим, и невозможность его применения на каменистом дне.

Фундамент в виде ферменной конструкции имеет решётчатую структуру и применяется на больших глубинах (более 20 метров). Башня ВЭУ связывается с рамной конструкцией, выполненной из труб, и распределяет нагрузку на

несколько ног или на решетку, которые крепятся или к коробу, или к сваям. Для свайного закрепления может применяться меньшее сечение, чем при односвайном, что делает процесс забивания свай значительно проще.

Относительно новый вид фундамента баккет-фундамент (от англ. bucket – ведро) представляет собой стальную емкость гигантского размера в виде перевернутого ведра (кессон), которая может устанавливаться на морское дно без всякой его подготовки. Так же кессон называют Mono Bucket (“моно-ведро”). Кессон устанавливается на морское дно, а потом из него выкачивают воздух, в ходе этого он устанавливается абсолютно горизонтально к морскому дну. Такой технологический принцип давно применяется в офшорной добыче нефти и газа, но в ветроэнергетике ранее не применялся. Такой фундамент требует на 25% меньше стали по сравнению с моно-свайей, что позволяет сделать его установку абсолютно бесшумным мероприятием. После окончания срока службы данный вид фундамента очень легко демонтируется с помощью подачи в кессон сжатого воздуха.

В практике широко распространены плавучие конструкции. На глубине более 50 метров экономически невыгодно и тяжело в установке жесткое закрепление за грунт, поэтому была предложена идея плавучих сооружений. Такой корпус закрепляется к морскому дну с помощью тросов и якорных устройств. Данный вид фундамента широко используется в нефтедобывающей отрасли.

Заключение

Офшорная ветроэнергетика является более выгодной относительно наземных ветроэнергетических установок, за счет более высокой скорости ветра в море, чем на суше, поэтому шельфовые ветряные электростанции вырабатывают больше электроэнергии на единицу установленной мощности. Такие станции являются более выгодными экологии, поскольку не оказывают большого влияния на людей и ландшафт. Прогнозируется, что морская ветроэнергетика будет приобретать все большее значение в будущем.

Литература

1. Основания ветроэнергетических установок на шельфе и их защита от размыва [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/7\(34\)/3_nesterov_34.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2015/7(34)/3_nesterov_34.pdf) – Дата доступа: 08.07.2023
2. Морская энергия ветра [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.d9e39b52-65958434-0008d66c-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Offshore_wind_power – Дата доступа: 08.07.2023
3. Организация шельфовой ветряной электростанции [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=67528> – Дата доступа: 08.07.2023
4. Универсальный фундамент – прорыв в офшорной ветроэнергетике? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://engineering-ru.livejournal.com/520673.html> – Дата доступа: 08.07.2023