

Альтернативные варианты

Конструкций ветроустановок большой мощности

Соколовский Юлий Борисович, к.т.н., Роткин Владимир Михайлович, к.т.н.

Статья посвящена альтернативным вариантам конструкций ВЭУ большой мощности. Рассмотрена традиционная конструкция ВЭУ большой мощности и несколько альтернативных. Ветроэнергетика сталкивается с проблемой размеров ВЭУ, поскольку лопасти становятся длиннее футбольных полей. В гонке за более крупными турбинами эксперты призывают к замедлению роста и большей стандартизации.

169 ветряных турбин, вращающихся у побережья Йоркшира, являются инженерным подвигом: каждая восьмимегаваттная модель, построенная датским производителем Orsted, может обеспечивать электроэнергией дом в течение 24 часов за один оборот 81-метровых лопастей турбины. В десятках миль к северу конкурирующий разработчик ветряных электростанций SSE уже поднимает ставки, предлагая свои новейшие турбины, где один оборот 107-метровой лопасти может обеспечить электроэнергией дом в течение двух дней. Скачок размеров турбин в ветряной промышленности, где лопасти могут достигать высоты, превышающей высоту Рокфеллер-центра в Нью-Йорке, и обеспечивать электричеством миллионы домов, отражает ожесточенную гонку за масштабами, продолжавшуюся в течение последнего десятилетия.

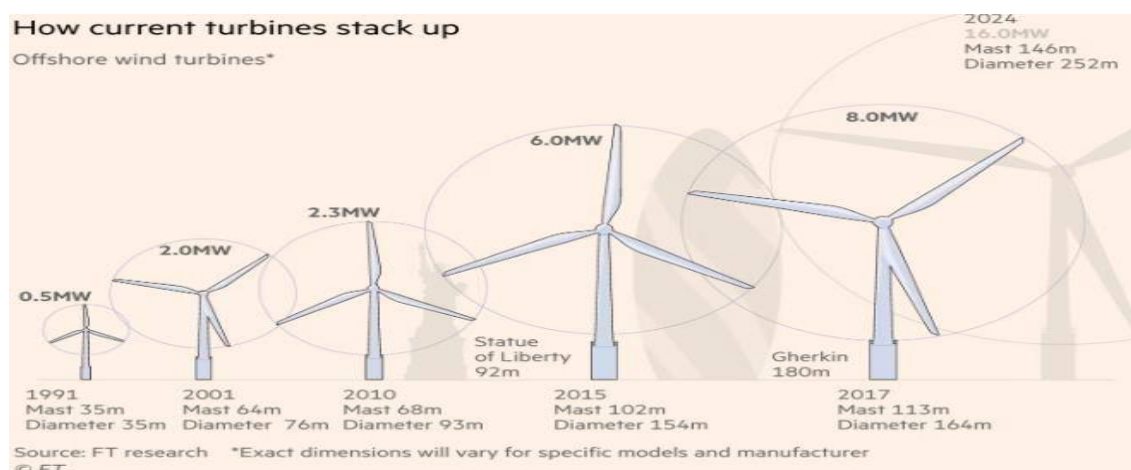


Рис.1

Быстрый темп развития, стимулируемый разработчиками ветряных электростанций и производителями турбин, помог снизить затраты и доказал, что отрасль может сыграть важную роль в декарбонизации энергетической системы. Но критики опасаются, что гонка теперь может начать приносить больше вреда, чем пользы, поскольку цепочки поставок из всех сил пытаются наверстать упущенное и возникают вопросы о технических рисках и прибыльности производителей турбин. Многие руководители отрасли хотят положить конец эпохе роста ветротурбин и провести период стандартизации их моделей. Хотя ограничение на размер турбин также серьезно обсуждается в отрасли, многим разработчикам все еще трудно устоять перед соблазном рекламируемой более высокой эффективности. Производители турбин также сталкиваются с продолжающейся конкуренцией за более крупные ветряки, особенно со стороны китайских конкурентов. Быстрые темпы разработки означают, что модели внедряются до того, как эффективность существующих моделей будет наблюдаться в долгосрочной перспективе, что поднимает вопросы о том, осмыслены ли потенциальные проблемы.

Иллюстрацией ВЭУГВ большой установленной мощности может служить установка высотой 280м, действующая в Дании. Vestas V236-15 MW собрана для оценки эксплуатационных характеристик на полигоне в Эстерильд в Западной Ютландии и введена в опытную эксплуатацию. Диаметр ротора установки составляет 236 м при длине лопастей 115,5 м. Вырабатываемая на пике мощность достигает 15 МВт. На основе этой установки разработаны проекты целого ряда морских ВЭУГВ в Европе и США. Годовая выработка электроэнергии Vestas V236-15 MW достигает 80 ГВт·ч.



Рис.2. Ветроустановка Vestas V236-15

ВЭУБМ-1. В связи с этим проведено ряд разработок альтернативных конструкций, увеличивающих “ометаемую” площадь ВЭУ не за счет увеличения лопастей [1-6]. Работа такой ВЭУ с вертикальным валом (ВЭУВВ) [7] обеспечивается обязательно при расположении вала в плоскости перпендикулярной вектору внешнего ВП. При горизонтальном положении вала такой ВЭУВВ для эффективной работы необходим дополнительный механизм ориентации. В то же время горизонтальное расположение ВЭУВВ с 2N ветророторов с лопастями и валами параллельными земле и соединенными муфтами, позволяет в 2N раз увеличить суммарную “ометаемую” площадь и мощность ВЭУБМ-1. Одновременно ликвидируется проблема опрокидывающего момента, присущая при увеличении мощности традиционным конструкциям, отпадает необходимость применения максимально допустимых по величине и прочности лопастей. ВЭУ большой мощности [8], показанная на Рис.3, 4 представляет собой составную ВЭУБМ-1 с горизонтальным расположением валов и лопастей нескольких ВЭУВВ.

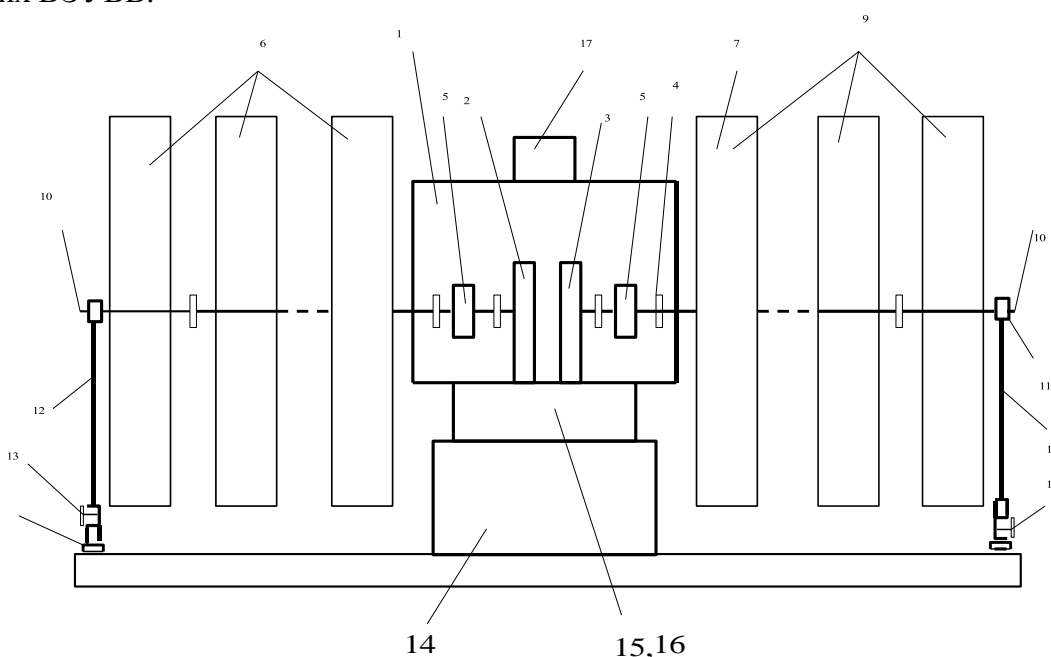


Рис. 3. ВЭУБМ-1(со стороны внешнего ВП).

1 - гондола, 2, 3 - генераторы, 7 - ветророторы ВЭУВВ, 6, 9 - комплекты ветророторов, 4 - соединительные муфты, 5 - ускоряющие редукторы, 10 - валы ветророторов обоих комплектов 6, 9, 11 - подшипники, 12 - транспортные стойки с колесами и электроприводами, 13, 14 - рельсовый круг, 15 - башня на которой закреплена гондола 1 с подшипником рыскания 16, 17- блок управления электроприводами колес -13 с датчиками направления и скорости ВП.

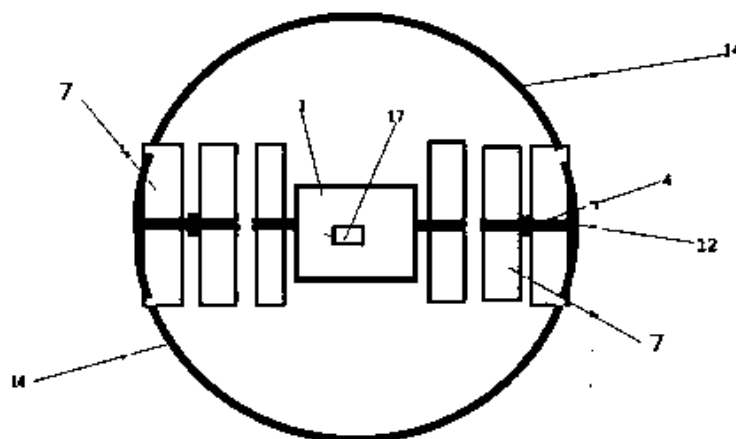


Рис. 4. ВЭУБМ-1 (вид сверху).

1-гондола, 4 - соединительные муфты, 7 -ветророторы ВЭУВВ, 12 - транспортные стойки с колесами и электроприводами 13, 14 - рельсовый круг, 17- блок управления электроприводами колес 13 с датчиками направления и скорости внешнего ВП.

Для повышения пускового момента ВЭУБМ -1 лопасти каждой ВЭУВВ в обоих комплектах сдвинуты относительно лопастей соседних ВЭУВВ на угол $-\frac{\pi}{n}$. Одинаковые редукторы 5 всех комплектов ВЭУВВ обеспечивают практически одинаковую скорость вращения генераторов 2, 3, что в перспективе упрощает передачу электроэнергии потребителям.

Конструкция ВЭУБМ-1 позволяет существенно увеличить ее “ометаемую” площадь и мощность при приемлемых размерах лопастей ВЭУВВ по сравнению с известными мощными ВЭУГВ традиционной конструкции.

В ВЭУБМ-2 применены лопасти приемлемой величины. ВЭУБМ-2 с N^*M ВЭУ с горизонтальным валом (ВЭУГВ) имеет блок управления с комплектом датчиков. Он управляет электроприводами двух ведущих колес -12. $2*N$ валов-1 ВЭУВГ закреплены в виде консолей на M горизонтальных участках базовой конструкции -8 с помощью подшипников- 3. На концах N валов-2 с помощью муфт-5 присоединены входные валы- 6 N конических редукторов -4. Выходные валы- 7 через муфты -5 соединены с выходными валами -7 соседних конических редукторов-4. Конец каждого из M таких составных валов через муфту- 5 присоединен к одному из M энергетических блоков -9. А выходы последних присоединены к сети потребителя. Базовая конструкция- 8 установлена на рельсовом кольце -10 и опирается на три колеса. Два ведущих колеса -12 с электроприводами расположены на диаметре рельсового кольца, а третье опорное колесо- 11 устанавливают посередине между ними. Ведущие колеса -12 по командам из блока управления производят ориентацию базовой конструкции- 8 ВЭУБМ-2, обеспечивая положение N^*M ветроколес-1 в вертикальной плоскости перпендикулярной направлению внешнего ВП.

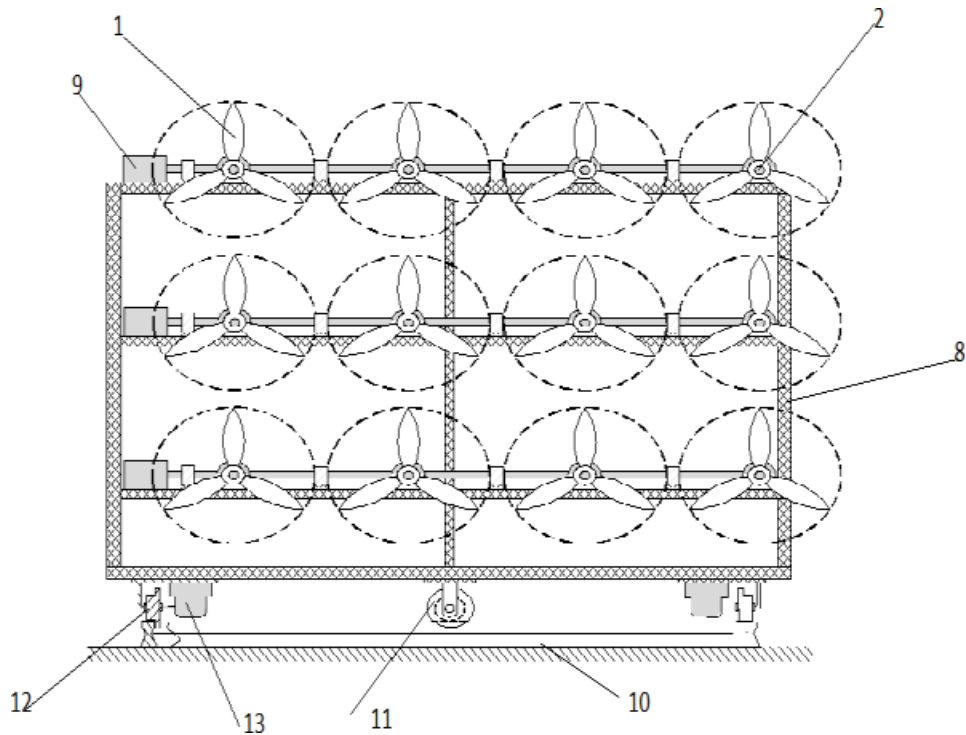


Рис. 5. ВЭУБМ-2 с N*M ветроколес ВЭУГВ (вид со стороны внешнего ВП).
 1 - ветроколесо, 2 - валы ветроколес, 3 - подшипники, 8 - базовая конструкция, 9 - энергетический блок, 10 - рельсовое кольцо, 11 - опорное колесо, 12 - ведущие колеса, 13 - электроприводы ведущих колес.

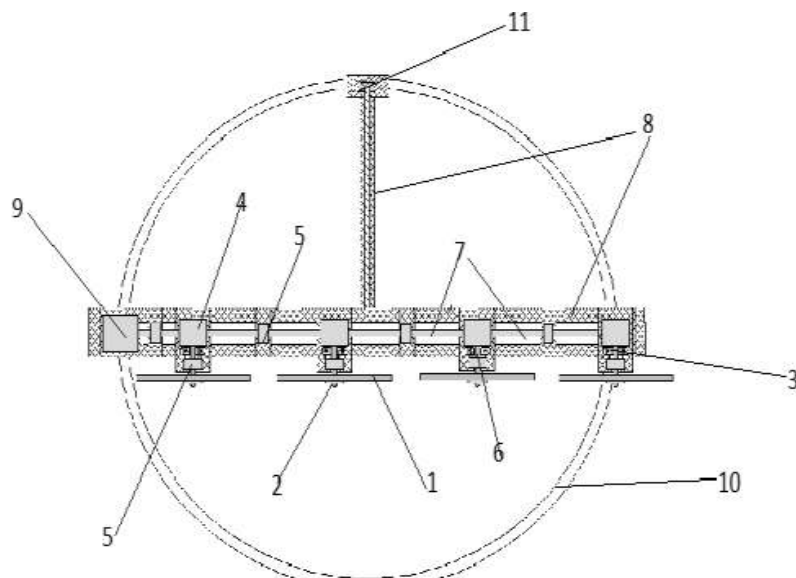


Рис. 6. ВЭУБМ-2 с N*M ветроколес ВЭУГВ (вид сверху).
 1 - ветроколесо, 2 - валы ветроколес, 3 - подшипники, 4 - конические редукторы, 5 - соединительные муфты, 6 - входные валы редукторов, 7 - выходные валы редукторов, 8 - базовая конструкция, 9 - энергетический блок, 10 - рельсовое кольцо

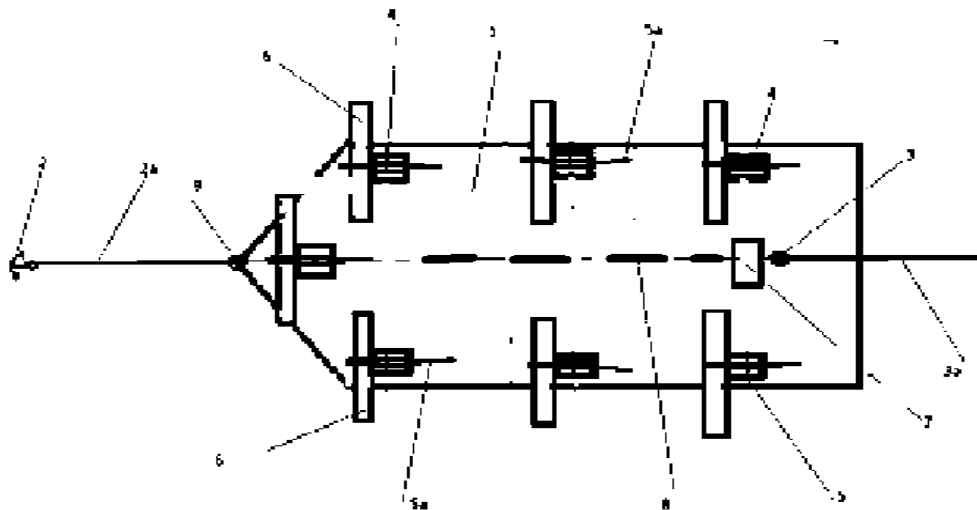


Рис.9.

1 - ПП, 2 - якорь, 2а – якорная цепь, 3 - флюгер-парус, 3а - мачта флюгера (с электроприводом поворота), 4 - главный вал – трансмиссия - генератор, 5 -башня, 5а - подпорная балка, 6 - ветроколесо ВЭУГВ, 7 - энергетический и управляющий блок, 8 - диаметральной плоскости, 9 - носовой шарнир.

При небольшой площади бортов ПП для его эффективной ориентации вводится дополнительное оборудование. С помощью датчика (12) и контрольного флюгера (11) контролируется положение диаметральной плоскости (8) относительно направления ВП. При отклонении ВП от диаметральной плоскости (8) регулируется положение силового флюгера (3), который обеспечивает автоматическую ориентацию ПП (контроль положения диаметральной плоскости, проходящей через линию симметрии на палубе ПП(8)) и расположенные симметрично относительно нее оси ВЭУГВ (6) по направлению ВП. При огромных ПП их ориентацию можно осуществлять с помощью двигателей, но обязательно вокруг условного якоря (центра вращения ПП в процессе ориентации). Отсутствие индивидуальных средств ориентации у ВЭУГВ при применении рассмотренного **Способа** существенно удешевляет такой ветропарк.

Литература.

- [1] Соколовский Ю.Б. Способ преобразования энергии воздушного потока в поступательное движение крыла. Патент RU № 2777428, опубликован 05.05.2021г., Бюл. № 13.
- [2] Соколовский Юлий Борисович, Иванов Илья Андреевич, Роткин Владимир Михайлович. Ветродвижитель. Патент RU № 2765324, опублик.28.01.2022г,Бюл.№ 4.
- [3] Соколовский Юлий Борисович, Иванов Илья Андреевич. Полячек Михаил Максимович Ветроэнергетическое устройство. Патент RU № 2778960. Опубликовано 29.08.2022г. Бюл.№ 25.
- [4] Соколовский Юлий Борисович, Иванов Илья Андреевич. Ветроэнергетическое устройство. Верт. Патент RU № 2789139... Опубликовано 30.01.2023г.Бюлл.№ 4.
- [5] Ю.Б. Соколовский. Ветроэнергетическая установка/ Ю.Б. Соколовский, Л.Г. Лимонов// Патент Украины № 153402, 28.06.2023. Бюл.№ 26.
- [6] Л.Г. Лимонов. Способ преобразования энергии воздушного потока во вращательное движение электромеханической установки /Л.Г. Лимонов, Ю.Б. Соколовский// Патент Украины № 124122, 21.07.2021. Бюл. № 29.
- [7] Ю.В. Грахов. Ротор ветряной установки с вертикальной осью/ Ю.В. Грахов, В.П. Кривоспитский, В.Ф. Максимов, Е.В, Соломин, Р. Холстед, Г. Даглбакка// Патент RU № 2347104, 20.02.2009г.
- [8] Ю.Б, Соколовский. Ротор ветряной установки большой мощности/ Ю.Б, Соколовский, И.А. Иванов// Заявка на Патент РФ № 2023106718, 21.03.2023г.

[9] Ю.Б. Соколовский. Ветроходвигатель с N*M лопастных винтов/ Ю.Б. Соколовский, А.Ю. Соколовский, О.Ю. Иванова// Заявка на Патент РФ № 2023115201, 08.06.2023.

[10] Гуревич В.А.Соколовский Ю.Б. Соколовский А.Ю.Хейфец А.Б. Способ ориентации установок с горизонтально-осевыми пропеллерными турбинами. Патент RU № 2588914. Опубликовано: 10.07.2016г. Бюл. № 19.