

УДК 51-74

Сынчиков Дмитрий Сергеевич,
студент Высшей школы энергетики нефти и газа,
ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) Федеральный
университет имени Ломоносова»

Научный руководитель:
Марьяндышев Павел Андреевич,
доктор технических наук, доцент, и.о. ректора,
Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация: Данная работа посвящена сравнению и математическому описанию данных с измерительных приборов, установленных на мачте, и данных со спутника.

Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что использование ископаемого топлива для выработки электроэнергии сопряжено с трудностями доставки данного топлива, а также с негативным влиянием на окружающую среду. Исследование ветроэнергетического потенциала будет способствовать развитию энергетики, основанной на использовании возобновляемых источников.

Ключевые слова: Архангельская область, ветроэнергетика, ветроэнергетическая установка, ветроэнергетический потенциал, метеорологическая мачта, спутниковые данные, анемометр.

Для обеспечения человечества энергией в подавляющем большинстве используются источники на основе различных видов ископаемого топлива. Массовое использование полезных ископаемых в качестве топлива привело к загрязнению окружающей среды до критических значений, к угрозе истощения запасов полезных ископаемых. Для решения этих глобальных проблем ведется поиск альтернативных источников энергии. В этом качестве рассматриваются и атомная энергетика, и так называемые чистые источники энергии, в число которых входят установки, использующие энергию ветра [1].

Потенциал энергии ветра на Земле очень велик и составляет по оценкам Всемирной метеорологической организации $170 \cdot 10^{12}$ кВт·ч в год. Это дает возможность выработки ветроэнергетическими установками энергии в количестве $1.18 \cdot 10^{13}$ кВт·ч в год, что многократно превосходит количество потребляемой в мире энергии [2].

Энергия ветра использовалась еще в глубокой древности, но низкая удельная плотность этой энергии, зависимость от погодных условий, несовершенство её преобразования в более удобные виды энергии, ограничивало широкое использование этого природного источника. В настоящее время появилось много различных установок для преобразования энергии ветра в электроэнергию [3].

Для оценки ветроэнергетического потенциала исследуемых регионов применяются технологии SODAR и LIDAR.



SODAR (SOnic Detection And Ranging) – системы, которые используются для дистанционного измерения структуры вертикальной турбулентности и профиля ветра в нижних слоях атмосферы.

Ветровой профилемер является метеорологическим инструментом. Принцип его действия подобен принципу работы радара с тем отличием, что используется звук вместо радиоволн. Данное устройство посылает звуковые волны в атмосферу и принимает их после отражения от слоев с различной плотностью и скоростью движения воздуха. Анализ принятого звукового сигнала позволяет судить о скорости и направлении ветра на различных высотах от земли и турбулентных неоднородностях нижнего слоя атмосферы [4].

Высота исследуемого слоя атмосферы с помощью ветровых профилемеров достигает нескольких сотен метров. Она максимальна в местах, характеризующихся низким уровнем окружающего акустического шума и умеренно высокой относительной влажностью воздуха.

В пустынях, например, диапазон высоты ниже, так как затухание звука в сухом воздухе сильнее.

Большинство существующих ветровых профилемеров – многоосевые, выявляются параметры воздушной среды в трех или более фиксированных радиальных направлениях. Однако основной тенденцией дальнейшего развития является использование технологии фазированной антенной решетки. Она даёт возможность управления зондированием атмосферы в любом направлении.

LIDAR (Light Detection and Ranging) – технология измерения расстояний с помощью светового луча [5].

LIDAR как прибор представляет собой, как минимум, активный дальномер оптического диапазона.

- Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства.
- Атмосферные лидары способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей и поглощающей свет.
- Разновидностью атмосферных лидаров являются доплеровские лидары, определяющие направление и скорость перемещения воздушных потоков в различных слоях атмосферы.

Для оценки возможности использования энергии ветра используются приборы, расположенные на метеорологической мачте, которая находится в Архангельской области на исследовательской базе САФУ. На мачте установлены приборы, измеряющие скорость и направление ветра – анемометры и флюгеры, датчики атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, контроллер-передатчик информации (модуль связи).

Мачта имеет ферменную конструкцию из стали и дополнительно крепится к земле вантовыми растяжками, удерживающими мачту при сильном ветре. Мачта оборудована молниеотводом, расположенным на отметке 43м (рис. 1).



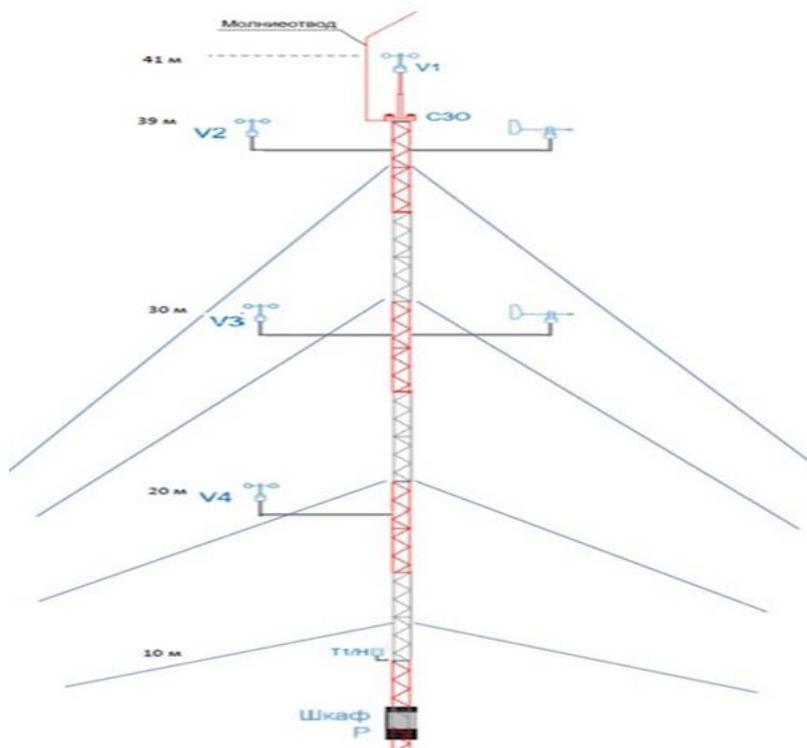


Рисунок 1. Схема расположения измерительных приборов на метеорологической мачте

Данная метеорологическая мачта оборудована специальными приборами для измерения скорости ветра, температуры, влажности и определения направления воздушного потока.

Для измерения скорости ветра применяются анемометры первого класса фирмы Thies Clima. Они расположены на высотах 20, 30, 39 и 41 метр от поверхности земли.

Для измерения направления ветра применяются флюгеры Thies Clima. Они расположены на высотах 30 и 39 метров от поверхности земли. Данные приборы применены по причине надежности марки и наличия функции подогрева, предназначенной для защиты прибора от замерзания.

Температура и влажность воздуха измеряются датчиком марки Aqara, расположенном на высоте 7 метров от поверхности земли.

Данные со всех приборов собираются в контроллер-передатчик, расположенный в шкафу, смонтированном у основания мачты, и передаются на электронную почту.

Для определения ветроэнергетического потенциала Архангельской области производились сравнения силы ветра, снятые с приборов учета, расположенных на исследуемой мачте и показания силы ветра, взятые со спутника NASA.

В данной статье было проведено сравнение скорости ветра за август по данным метеорологических приборов, установленных на мачте, расположенной в Архангельской области и данным спутника NASA с 2013 по 2022 года.

Развертывание ветряных электростанций перемещается с равнинной местности на труднопроходимую из-за наличия там более сильных ветров. Оценка рельефа местности с использованием методов геодезического бурения возрастает из-за увеличения высоты метеорологических мачт. Техническое обслуживание, необходимое после установки, делает этот подход еще более дорогостоящим. С другой стороны, технологии дистанционного исследования являются более дешевыми решениями, но их точность в сложных ландшафтах все еще остается под вопросом.



На рисунке 2 показана среднесуточная скорость ветра за август 2022 года на высоте 10 м. Средняя скорость ветра с приборов учета мачты равна 2,19 м/с, со спутника NASA – 2,91 м/с.

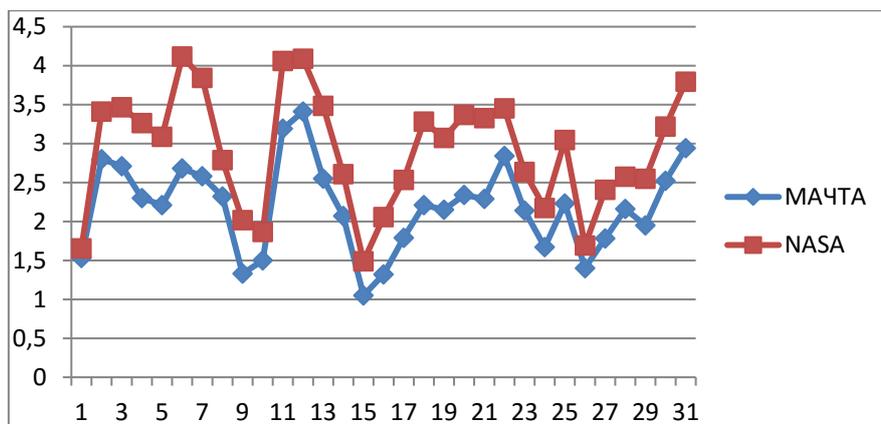


Рисунок 2. Среднесуточная скорость ветра за август 2022 года на высоте 10 м

Измерения были проведены на холмистой местности, процессы оценки были проведены в соответствии с требуемыми стандартами. Технологии показали некоторые различия в анализе скорости ветра. В среднем скорость ветра, измеренная на высоте 10 метров, составляет 2,19 м/с для мачты, и 2,91 м/с для спутниковых данных лаборатории NASA. Скорость ветра, измеренная на высоте 50 метров, в среднем составляет 2,72 м/с для мачты, и 4,19 м/с для спутника NASA.

Спутниковые данные лаборатории NASA показывают среднюю скорость ветра за период с 2013 по 2022 гг., которая составляет 2,13 м/с для высоты 10 м и 3,99 м/с для высоты 50 м.

Таким образом, скорость ветра на высоте 50 метров в среднем выше в 1,5, чем на высоте 10 метров.

На рисунке 3 взяты показания с высоты 50 м. Средняя скорость ветра с мачты – 2,72 м/с, со спутника NASA – 4,19 м/с.

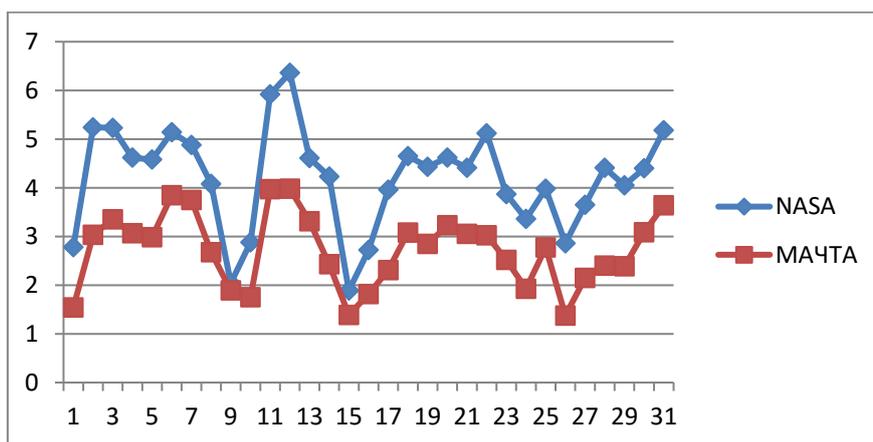


Рисунок 3. Среднесуточная скорость ветра за август 2022 года на высоте 50 м

Можно заметить, что показания скорости ветра со спутника NASA выше, чем с мачты, это можно объяснить тем, что измерение скорости ветра по данным со спутника было выполнено с погрешностями, так как сигнал, посылаемый спутником, преодолевает большие расстояния.

Сравнение выбранных высот в данной работе проводилось в соответствии с международными стандартами. В статьях на схожую тематику анализировались скорости



ветра на аналогичных высотах. Так же в обеих работах применялись схожие метрологические приборы: чашечные анемометры, термометры, флюгеры и измерители влажности воздуха. Несмотря на схожесть, в конструкции приборов присутствуют некоторые отличия, в чашечных анемометрах.

Различия в результатах данных работ связаны с различными скоростями ветра, характерными для местностей, в которых установлены метрологические мачты. Мачта с приборами, примененная в данной работе, установлена в холмистой местности с лесными массивами.

Результаты проведенных измерений позволяют сделать следующие выводы:

1. В ходе замеров среднесуточной скорости ветра на высоте 10 и 50 м с приборов учета мачты и со спутника NASA было обнаружено, что показания со спутника были в 1,33 раза больше показаний с мачты на высоте 10 м, и в 1,59 раза больше на высоте 50 м. Средняя скорость ветра на высоте 10 м составила 2,18 м/с, а на высоте 50 м – 2,73 м/с.

2. Скорость ветра на 50 м была в среднем в 1,5 раза выше, чем на высоте 10 м, что объясняется отсутствием на высоте 50 м каких-либо значительных препятствий для прохождения воздушного потока.

3. Территория Архангельской области обладает определенным потенциалом для развития ветряной энергетики.

Список литературы:

1. Журавлев Г.Г., Задде Г.О. Оценка ветроэнергетического потенциала Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 376. С. 175–181

2. Гарипов М.Г. Ветроэнергетика // Статья в журнале – научная статья. 2013. С. 64 – 66.

3. Журавлёв Г.Г. Оценка ветроэнергетического потенциала Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 274. С. 83–97

4. Измерение характеристик ветрового потока установкой содар для определения ветроэнергетических ресурсов [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-harakteristik-ventrovogo-potoka-ustanovkoy-sodar-dlya-opredeleniya-ventoenergeticheskikh-resursov> (дата обращения: 23.10. 2022)

5. Роль лидара в современных транспортных средствах [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-lidara-v-sovremennyh-transportnyh-sredstvah> (дата обращения: 23.10. 2022)

