МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Изменение среднемесячных значений скорости ветра с высотой на
территории Волгоградской области**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

по направлению 05.03.05. Прикладная гидрометеорология

студента 4 курса географического факультета

Акиньшина Артема Алексеевича

Научный руководитель
асистент

Подпись, дата

Е. И. Ормели

Зав.кафедрой
к.г.н., доцент

Подпись, дата

М.Ю.Червяков

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Неравномерное распределение давления у земной поверхности, в следствии неравномерного прогрева подстилающей поверхности, вызывает перемещение воздуха. Воздух находится в постоянном движении, существуют восходящее движение и нисходящее движение, а также его распространение в горизонтальной плоскости. Ветер всегда дует из области повышенного давления в область пониженного давления.

Влияние ветра на цивилизацию всегда было и останется колоссальным, ведь он способен как помогать, так и разрушать с невероятной силой. Для многих прикладных инженерных задач, помогая человечеству в развитии воздушного и водного транспорта, при проектировании высотных сооружений и эксплуатации ветроэнергетических установок, ветер в то же время с лёгкостью раздувает лесные пожары, разрушает возведённые человеком строения самых разных масштабов. Чтобы прогнозировать это, нам нужно знать значения скорости ветра в АПС (атмосферном приземном слое) до 500м.

Изменчивость ветра во времени и пространстве велика из-за постоянно наблюдаемой турбулентности разного масштаба: циклонов, антициклонов или вихрей меньшего масштаба. В результате этого имеет место его постоянная смена не только, как по направлению, так и по скорости. Так как ветер характеризуется величиной и направлением, его рассматривают как вектор.

Основными характеристиками ветра являются скорость, сила и направление.

Скорость ветра измеряется в метрах в секунду (м/с) или в километрах в час (км/ч), в некоторых странах скорость ветра измеряется в узлах; 1 узел приблизительно равен 0,5м/с.

В своей практике моряки скорость ветра выражают в условных единицах – баллах – и называют ее силой ветра, которая оценивается по 12-балльной шкале Бофорта (1 балл $\approx$ 2 м/с).

Направление ветра определяется той стороной горизонта, откуда дует ветер (южный, юго-восточный).

Для многих прикладных инженерных задач. Необходимы данные о распределении ветра и температуры в слое до 200-300 метров. Такие сведения нужны для оценки энергетических параметров ветра при проектировании высотных строений и эксплуатации ветроэнергетических установок.

Одной из задач является определение предельных ветровых нагрузок и воздействий. Так как существующая сеть аэрологических станций не позволяет довольно подробно описать пространственную изменчивость ветра и температуры в пограничном слое, то для оценки характеристик атмосферного пограничного слоя (АПС) зачастую используются гидродинамические, макро –или мезомасштабные, модели атмосферы, которые воссоздают вертикальный профиль ветра в расчетной сеточной «области». Цели и задачи работы:

- 1) Проведение аналитического обзора научной и учебно-методической литературы по теме изменение скорости ветра по высотам до 500 метров.
- 2) Углубленное изучение потенциалов возобновляемых источников энергии (ВЭУ)
- 3) Анализ документированных потенциалов в области ветроэнергетики на территории Волгоградской области
- 4) Проведение серии экспериментов, направленных на моделирование скорости ветра на высотах до 200 метров

Основное содержание работы. Ветер - это движущиеся массы воздуха. Перемещаются воздушные потоки из-за того, что на поверхности Земли существуют области, где сталкиваются холодный и горячий воздух. Горячий воздух стремится подняться вверх (здесь находятся зоны низкого давления), а холодный, наоборот, опуститься к поверхности Земли (области высокого давления). Потоки воздуха перемещаются из зоны высокого давления в зоны низкого. Так возникает ветер.

Есть ветры мирового значения — муссоны и пассаты. Они дуют через параллели и меридианы. Другие же ветры дуют на небольших территориях — их называют местными, например бризы.

Скорость ветра - расстояние, проходимое воздухом в единицу времени (м/с). Она определяется специальными приборами флюгером Вильда и анеморумбометром на метеорологических станциях, в полевых условиях — анемометрами различных моделей. Скорость ветра также могут выразить визуально в баллах (по двенадцатибалльной шкале Бофорта), отмечая название ветра.

На скорость ветра влияют такие факторы как: перепады давления, трение и плотность воздуха. Разность давлений вычисляется горизонтальным барическим градиентом. Это изменение давления по нормали (т.е. перпендикулярно) к изобаре в направлении уменьшения давления на единицу расстояния - длину 1° меридиана или 100 км. Чем больше разница в давлении, то есть горизонтальный барический градиент, тем сильнее ветер. Трение снижает скорость ветра, поэтому по мере увеличения высоты над поверхностью земли ветер становится сильнее. На высоте ветер усиливается по причине более низкой плотности воздуха там. Больше всего это чувствуется в горах, на их вершинах или перевалах, где создаются условия аэродинамической трубы. Показатели скорости ветра важно учитывать и в некоторых аспектах повседневной жизни, например, при строительстве высотных сооружений, таких как жилые здания и телебашни.

Средняя скорость ветра за определенный промежуток времени, например, за день, месяц, год или несколько лет является его главной характеристикой, так как именно она определяет его интенсивность и эффективность использования энергии ветра. Средняя скорость ветра представлена как среднее арифметическое, полученное в результате серии измерений скорости, выполненных с регулярными интервалами в течение определенного промежутка времени.

В метеорологии за направление ветра принято брать ту сторону горизонта, откуда дует ветер.

Выше пограничного слоя в свободной атмосфере формируется ветер, который называется градиентным (U_g) – это установившееся движение воздуха при отсутствии силы трения. Если центробежная сила равна нулю, то градиентный ветер называется географическим – он формируется под действием силы горизонтального барического градиента и силы Кориолиса. При установившемся движении эти силы уравниваются.

Происхождение ветра вызывается силой горизонтального барического градиента, приводящей в движение частицы воздуха. Барическим градиентом называется отношение изменения величины атмосферного давления к расстоянию, на котором это изменение происходит. Потому что, при проведении на карте погоды между соседними изобарами используют разности давлений (4 - 5 миллибар), получается, что чем меньше расстояние между изобарами, тем больше значение горизонтального градиента и, соответственно, в данном районе. Если на частицы действовала бы только сила барического градиента, то они из областей высокого давления двигались бы в область пониженного перпендикулярно к изобарам. Но, в момент, когда частица воздуха прибывает в движение, на неё начинает влиять сила Кориолиса, образуемая благодаря вращению Земли, а если частица перемещается по криволинейной траектории, то, дополнительно – центробежная сила.

Сила Кориолиса в северном полушарии устремляется отклонить частицу вправо от направления её движения (в южном – наоборот). Частичка воздуха продолжает отклоняться от нормали к изобаре до тех пор, пока сила барического градиента не уравновесится суммой сил Кориолиса и центробежной. Суммарное воздействие данных сил приводит к тому, что частицы воздуха в свободной атмосфере (выше 1000 м от земной или водной поверхности, где не действует сила трения) в средних широтах передвигаются по касательным к изобарам.

Разработаны различные математические модели, учитывающие изменение скорости ветра и вертикального коэффициента турбулентной диффузии с высотой в приземном слое атмосферы (ПСА). Экспериментальные исследования показали, что в приземном слое атмосферы толщиной несколько десятков метров для скорости ветра с хорошей точностью выполняется логарифмический закон. Влияние рельефа местности в этой зависимости учитывается с помощью параметра шероховатости подстилающей поверхности Z_0 .

В исследованиях, посвященных изучению изменения скорости ветра с высотой, ярко прослеживаются проблемный (предметный) подход и связь с решаемыми задачами. Это обуславливает выбор и исходных данных (срочные, суточные и месячные и средние максимальные скорости), и методов их климатической обработки. В частности, к ним относятся проблемы учета влияния мезомасштабных явлений (бризы) на развитие процессов тепло- и влагообмена, турбулентного трения, происходящих в пограничном слое атмосферы. Их решение включает ряд задач:

- параметризация законов распределения ветра с высотой для использования в уравнениях движения;

- рассеивание вредных примесей в атмосферном воздухе в заданный момент времени;

-прогноз вертикального сдвига ветра в авиации для обеспечения безопасности взлета и посадки летательных аппаратов [1]. В результате изучения вертикальных профилей скоростей ветра были получены интерполяционные формулы в виде (формулы 1 и 2):

$$\frac{\vec{V}_z}{\vec{V}_h} = \left(\frac{z}{h}\right)^m \quad (1)$$

$$\vec{V}_z = \vec{V}_h \frac{\ln z - \ln z_0}{\ln h - \ln z_0} \quad (2)$$

где V_z и V_h - средние скорости ветра на произвольной высоте z и флюгера h , м;

z_0 – параметр шероховатости;

m – безразмерный параметр.

Эти параметры в общем случае зависят от турбулентности, стратификации атмосферы и местных физико-географических условий.

В стандартах большинства стран Западной Европы параметр m взят равным 0,14. Параметр шероховатости для равнинной части территории России взят неизменным и равным 0,2, хотя в последние десятилетия общего мнения в отношении параметров m и z_0 не сложилось.

На метеостанциях района фиксирующие приборы (флюгеры и анемометры) находятся на высотах от 6 до 18 м. Для приведения скоростей ветра к одной высоте (за нее принят уровень 10м) можно прибегнуть сведениями о вертикальном профиле ветра, который описывается степенной или логарифмической функцией. По большинству метеостанций поправочный коэффициент на высоту изменяет среднюю скорость ветра только на несколько десятых долей метра. Подсчеты показывают, что

отличие высоты ветроизмерительного прибора на ± 2 м от уровня 10 м меняет среднюю скорость ветра всего на 0,1 м/с, следовательно, в этом диапазоне указанную поправку можно не включать.

Ветер на разных высотах в атмосфере Земли для каждой точки поверхности характеризуется скоростью, которая является переменной в пространстве и времени, зависящей от многих условий местности, сезона года и атмосферных условий. Следовательно, все процессы прямо связаны с применением текущего значения скорости ветра, в частности, генерация электроэнергии в ветроэлектрических установках (ВЭУ), обладают сложным случайным характером, так что их характеристики обладают статистическим разбросом и неопределенностью средних прогнозируемых значений. Следовательно на нынешнем уровне изучения задача их оценки формулируется как создание вероятностного изображения случайного процесса путем разбиения всего временного процесса на отдельные временные интервалы, каждый из которых можно использовать приближение стационарности, то есть независимости всех определяемых параметров от времени. В качестве периода стационарности могут быть взяты разные временные интервалы с соответствующей точностью описания, в зависимости от реальных условий случайного процесса. В частности, в некотором приближении можно считать процесс неизменным во всем рассматриваемом времени, например, в течении дня, месяца или года.

Для систематизации характеристик ветровой энергии в определенной местности с целью ее эффективного использования, как правило, разрабатывается ветроэнергетический кадастр, представляющий собой комплекс аэрологических и энергетических характеристик ветра, позволяющих установить его энергетическую ценность, а также подходящие характеристики и режимы работы ВЭУ. Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

- Среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра;

- Повторяемость скоростей, типы и параметры функции распределения скоростей;
 - Максимальная скорость ветра;
 - Распределение ветровых периодов энергетических затиший по длительности;
 - Удельная мощность и удельная энергия ветра
- Источниками получения исходной информации являются:
1. Метеостанции, на которых осуществляются измерения всех метеопараметров, в том числе и скорости ветра.
 2. Метеостанции непрерывного наблюдения, как правило, сооружаемые на площадках установки ВЭУ.
 3. Аэрологические станции (зонды и шары), запускаемые на разные высоты.

Для получения расчетных скоростей ветра над территорией Волгоградской области использованы среднемесячные значения аэрологических станций за период с мая 2021 года по апрель 2022 года на данной территории для высот до 200 м, так как средняя высота ветряка 180-220 метров.

Значения скоростей ветра фактические и смоделированные по высотам.

На основе данных, полученных в ходе практики заметно, ярко выраженное увеличение значения среднемесячных значения скорости ветра с высотой. Также заметна высокая скорость ветра на территории г. Камышин.

На втором месте по среднемесячным значениям скорости ветра, находится территория г. Волгоград.

На третьем – метеостанция рабочего поселка Елань.

Четвертое место занимает г. Калач на Дону.

На пятом месте – территория рабочего поселка Даниловка.

Минимальные значения наблюдаются над территорией рабочего поселка Иловля.

Россия имеет потенциал для производства и экспорта возобновляемой электроэнергии. 2020 год по праву считается годом становления ветрогенерации в России, так как удалось запустить большое число промышленных ВЭС. Главной проблемой ветроэнергетики в России – малый объем внутреннего рынка, гарантированного программой государственной поддержки, так как в стране отсутствует климатическая и экологическая повестка.

Заключение. Неравномерное распределение давления у земной поверхности вызывает перемещение воздуха. Воздух находится в постоянном движении, существуют восходящее движение и нисходящее движение, а так же его распространение в горизонтальной плоскости. Ветер всегда дует из области высокого давления в область пониженного давления.

Изменчивость ветра во времени и пространстве велика благодаря постоянно наблюдаемой турбулентности разного масштаба: циклонов, антициклонов или вихрей меньшего масштаба. Вследствие этого имеет место его систематическая смена не только, как по направлению, так и по скорости. По причине того, что ветер отличается как величиной, так и направлением, его можно рассматривать как вектор.

Скорость, сила и направление являются основными показателями ветра. Таким образом, в данной работе мы узнали, что структура ветра определяется, в основном, природой поверхности. Вследствие непрерывного изменения давления во времени и пространстве скорость и направление ветра постоянно меняются. С высотой скорость ветра меняется из-за убывания силы трения.

Характеризуется двумя основными элементами: направлением, в котором перемещается воздух, и скоростью, с которой происходит это перемещение. Вследствие трения движущегося воздуха о землю скорость ветра вблизи поверхности меньше, чем на высоте. По той же причине меняется и направление. Ветер на высоте совпадает с направлением изобар, а вблизи земли он пересекает их. В спокойных условиях (без термических

явлений) над землей поток не является турбулентным, и наибольшее изменение скорости ветра происходит вблизи поверхности. Если местность пересеченная, нижний слой становится турбулентным, увеличивается толщина пограничного слоя, то есть слоя, в котором изменяется скорость ветра.

Характеристики высотного ветра зависят от места и высоты. Эти показатели можно увидеть на высотных картах погоды. На них видно, что чем меньше разница между соседними изобарами, тем выше значение скорости ветра.

В последнее время, ветер весьма активно используется, как и энергетический ресурс. Волгоградская область в частности имеют большой потенциал развития «зеленой» энергии.

Для использования ВЭУ разрабатывается ветроэнергетический кадастр.

В данном исследовании проводился анализ скорости ветра на высотах до 200 метров, так как средняя высота ветряка составляет 180-220 метров. Период исследования май 2021 года – апрель 2022. При моделировании скорости ветра, в работе был использован степенной закон.

На основе этих данных, можно сделать вывод, что Волгоградская область имеет большой потенциал развития в сфере возобновляемой энергии.